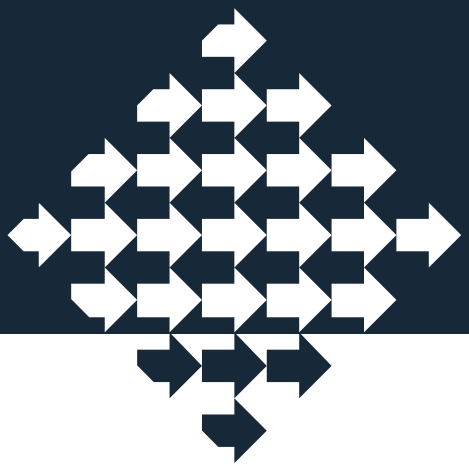


VITEL

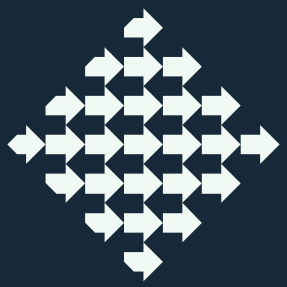
Zbornik referatov

Dvaintrideseta
delavnica o telekomunikacijah

PAMETNA OMREŽJA INFORMACIJSKE DRUŽBE

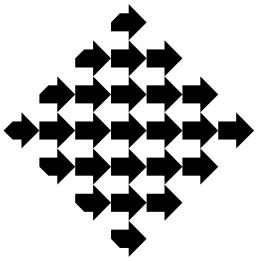
16. in 17. maja 2016

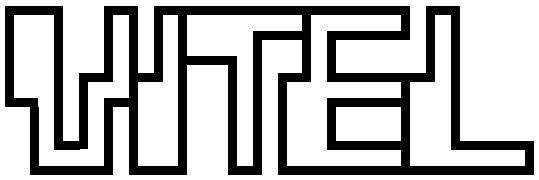
Brdo pri Kranju



Slovensko društvo za elektronske komunikacije
Elektrotehniška zveza Slovenije

SLOVENSKO DRUŠTVO ZA ELEKTRONSKE KOMUNIKACIJE
ELEKTROTEHNIŠKA ZVEZA SLOVENIJE





Dvaintrideseta delavnica o telekomunikacijah

PAMETNA OMREŽJA INFORMACIJSKE DRUŽBE

ZBORNIK REFERATOV

16. in 17. maja 2016 Brdo pri Kranju, Slovenija

32. delavnica o telekomunikacijah VITEL

ZBORNIK REFERATOV

32 Workshop on Telecommunications VITEL

PROCEEDINGS

Vsi referati v tem zborniku so recenzirani.

All papers in this proceedings have been peer reviewed.

Organizirata / *Organised by*:	Slovensko društvo za elektronske komunikacije
	Elektrotehniška zveza Slovenije
Pokrovitelj / *Sponsored by:*	IEEE Communications Society

Uredil / *Editor*:	Tomi Mlinar
Priprava za tisk / *Prepress:*	Tomi Mlinar
Naslovnica / *Cover design:*	Nikolaj Simič, Filip Samo Balan, Aleksander Vreže
Izdajatelj / *Publisher:*	Slovensko društvo za elektronske komunikacije
Tisk / *Printing house:*	Tidis, d. o. o., 2016
Število izvodov / *Copies:*	100

ISSN 1581–6737

Kazalo prispevkov

Table of contents

16. 5. 2016

17. 5. 2016

Zgodovina delavnic o telekomunikacijah VITEL

History of Workshops on Telecommunications VITEL

1993: 1. *ISDN omrežja in storitve v Sloveniji*, Brdo pri Kranju
1994: 2. *Mobilne in brezvrvične telekomunikacije*, Brdo pri Kranju
1995: 3. *Podatkovna omrežja in storitve v Sloveniji*, Brdo pri Kranju
1995: 4. *Načrtovanje, upravljanje in vzdrževanje komunikacijskih omrežij*, Brdo pri Kranju
1997: 5. *Varnost in zaščita v telekomunikacijskih omrežjih*, Brdo pri Kranju
1997: 6. *Zbliževanje fiksnih in mobilnih omrežij ter storitev*, Brdo pri Kranju
1998: 7. *Telekomunikacije in sprejetje Slovenije v Evropsko unijo*, Brdo pri Kranju
1999: 8. *Omrežja IP, internet, intranet, ekstranet*, Brdo pri Kranju
1999: 9. *Upravljanje omrežij in storitev*, Brdo pri Kranju
2000: 10. *Mobilnost v telekomunikacijah*, Brdo pri Kranju
2001: 11. *Dostop do telekomunikacijskih storitev*, Brdo pri Kranju
2002: 12. *Poslovne telekomunikacije*, Ljubljana
2002: 13. *Kakovost storitev*, Brdo pri Kranju
2003: 14. *Varnost v telekomunikacijskih sistemih*, Brdo pri Kranju
2003: 15. *Mobilni internet*, Brdo pri Kranju
2004: 16. *Pametne stavbe*, Brdo pri Kranju
2005: 17. *Telefonija IP (VoIP)*, Brdo pri Kranju
2005: 18. *Storitev trojček = Triple play*, Ljubljana
2007: 19. *Brezžični širokopasovni dostop*, Brdo pri Kranju
2007: 20. *Optična dostopovna omrežja*, Brdo pri Kranju
2008: 21. *Povsem IP–omrežja*, Brdo pri Kranju
2009: 22. *Širokopasovna mobilna omrežja*, Brdo pri Kranju
2009: 23. *Konvergenčne storitve v mobilnih in fiksnih omrežjih*, Brdo pri Kranju
2010: 24. *Prehod na IPv6*, Brdo pri Kranju
2011: 25. *Internet stvari*, Brdo pri Kranju
2011: 26. *Komunikacije in računalništvo v oblaku*, Brdo pri Kranju
2012: 27. *Telekomunikacije in zasebnost,* Brdo pri Kranju
2012: 28. *Pametna mesta*, Brdo pri Kranju
2013: 29. *Infrastruktura za izpolnitev digitalne agende in kaj po tem – primer Slovenije;* Brdo pri Kranju
2014: 30. *Omrežja prihodnosti,* Brdo pri Kranju
2015: 31. *Kritična infrastruktura in IKT,* Brdo pri Kranju

Zgodovina mednarodnih simpozijev VITEL

History of International Telecommunication Symposium VITEL

1992: *VITEL*, Ljubljana
1994: *Subscriber Access*, Ljubljana
1996: *Broadband Communications Prospects and Applications*, Ljubljana
1998: *Mobility and Convergence Communication Technologies*, Ljubljana
2000: *Technologies and Communication Services for the Online Society*, Ljubljana
2002: *NGN and Beyond*, Portorož
2004: *Next Generation User*, Maribor
2006: *Content and Networking*, Ljubljana
2008: *DVB–T and MPEG4*, Bled
2010: *Digital Television Switchover Process*, Brdo pri Kranju

Uvodnik

Foreword

Za tematiko dvaintridesete delavnice o telekomunikacijah VITEL smo si izbrali naslov Pametna omrežja informacijske družbe.

Omrežje je v svoji osnovi globalno povezan tehnološki sistem za prenos podatkov na daljavo in njihovo napredno obdelavo, ki ga uporabljajo različni uporabniki za različne aplikacije. Omrežje se mora hitro odzivati na zelo hitre spremembe zahtev uporabnikov, omogočiti mora vpeljavo povsem novih aplikacij in se prilagajati novim tehnološkim in poslovnim trendom. Hkrati pa je omrežje zaradi svoje razprostranjenosti dober vir dodatnih informacij, tako za svoje delovanje kot za uporabniške aplikacije. Priča smo vpeljavi različnih oblik programabilnosti v omrežja, ki zato postajajo vse bolj funkcionalna in prilagodljiva, oz. na kratko »pametna«.

Pričakovani pozitivni vpliv zmogljivejših in bolj »pametnih« omrežij na razvoj celotne družbe je tako pomemben in vsestranski, da ga strokovna javnost že enači z naslednjo industrijsko revolucijo. Te razvojne priložnosti v Sloveniji preprosto ne smemo zamuditi. Ključna bo vloga slovenske informacijsko komunikacijske industrije ter strokovnjakov v tem procesu in če bomo vsi skupaj tudi pametni, lahko ustvarimo zgodbo o uspehu.

Razlog je v dejstvu, da so telekomunikacijska omrežja postala osnovna infrastruktura sodobne informacijske družbe. Danes, v prihodnje pa še toliko bolj, razvitost omrežja odločilno vpliva na priložnosti posameznikov na vseh področjih zasebnega in javnega življenja, enako daljnosežne vplive pa ima tudi v gospodarstvu, javnem sektorju in civilni družbi.

Nove tehnološke rešitve ali koncepti so vsekakor uporabni gradniki za pametna omrežja. Seznanili se bomo z možnostmi, ki jih prinašajo najnovejše tehnologije, kot so programabilnost omrežja v pojavnih oblikah SDN, NFV, virtualizacija omrežja in računalništvo v oblaku, internet stvari in različne mobilne tehnologije za povezovanje. Videli bomo, da so med ključnimi izzivi procesi za obvladovanje in upravljanje pametnih omrežij. Avtorji delijo z nami najnovejše informacije, zanimive izkušnje in dileme o primernosti in posledicah inovativnosti v različnih segmentih, kar predstavlja dolgoročne poslovne izzive za vse deležnike. Pametna informatizacija se ne bo zgodila sama od sebe, ampak moramo za njeno polno uveljavitev in izrabo vsi, tako stroji kot ljudje, primerno sodelovati s takšnim spreminjanjem procesov, da nam bodo v dolgoročno korist.

Spoštovani udeleženci 32. delavnice o telekomunikacijah VITEL, trdno sem prepričan, da je tema letošnje delavnice in prispevki, ki jo obravnavajo z več zornih kotov, tako zanimiva in aktualna, da je vredno poslušati in prebrati prav vse prispevke. Vsak avtor se na svoj način ukvarja s problemom dolgoročnega razvoja pametnih omrežij in skuša pokazati pot do realizacije na osnovi že pridobljenih izkušenj. Verjamem, da vsi koščki posebej sestavljajo zanimivo delavnico, ki nam bo dala, če ne že recepta za rešitev vseh vaših izzivov, pa vsaj izvrsten namig, kako se soočiti s prihodnostjo. Zato hvala vsem avtorjem in udležencem!

Brdo pri Kranju, 16. maja 2016

mag. Alojz Hudobivnik,
predsednik programskega odbora

Programski in organizacijski odbor delavnice

Programme and Organizing Committee

Programski odbor delavnice

Programme Committee

Alojz Hudobivnik, predsednik
Ana Robnik
Andrej Kos
Ivica Kranjčevič
Tomi Mlinar
Nikolaj Simič

Organizacijski odbor delavnice

Organizing Committee

Nikolaj Simič, predsednik
Ivica Kranjčevič
Tomi Mlinar

Ali bi Charlie Chaplin v pametnih omrežjih našel nov navdih?

Ana Robnik Iskratel, d.o.o., Kranj

Povzetek — Pametna omrežja so v prvi vrsti poslovna kategorija, šele nato so tudi tehnološka. Zlivanje različnih vrst omrežij v omrežja »All-IP« s pridruževanjem informacijskih tehnologij in tehnologij svetovnega spleta se je nadaljevalo s povezovanjem ne le ljudi, ampak tudi stvari v internet. To je pripeljalo do naslednje stopnje zlivanja, zlivanje sektorja IKT z ostalimi gospodarskimi sektorji in javnim sektorjem. To zlivanje vključuje tehnologije, ki omogočajo, da so aplikacije in storitve sektorjev učinkoviteje spojene z omrežji in informacijami. Omogoča tudi učinkovitost poslovnih procesov in avtomatizacijo ter spodbuja inovativnost in spremembo poslovnih modelov, ki prinašajo preobrazbo gospodarstva in odnosov v družbi. IKT industrija je resnični pospeševalec digitalizacije vertikalnih trgov. Zato upravičeno trdimo, da se je 4. industrijska revolucija že začela in da so pametna omrežja del nje.

Ključne besede — pametna omrežja, inovacija, industrijska revolucija, 5G, SDN, NFV, IoT, velepodatki, vseprisotna inteligenca, oblak, odprtokodne rešitve

Abstract — Smart networks are in the first place a business category, only then a technological one. The convergence of different categories of networks to "all IP" networks together with information and WEB technologies continues through connecting not only people, but also things to the Internet. This has led to the next level of convergence of the ICT sector and other vertical and governmental sectors. This convergence includes technologies that enable applications and services to be efficiently coupled with network and information. It also tackles intensively the efficiency of business processes and automation, and encourages innovation and change in business models that bring the transformation of economics and social interactions. The ICT industry is a real booster towards the digitalization of vertical markets. This justifies completely the fact that the 4th industrial revolution has already started and the smart networks are a part of it.

Keywords — smart networks, innovation, industrial revolution, 5G, SDN, NFV, IoT, big data, ubiquitous intelligence, cloud, open source solutions

I. O PAMETNIH OMREŽJIH

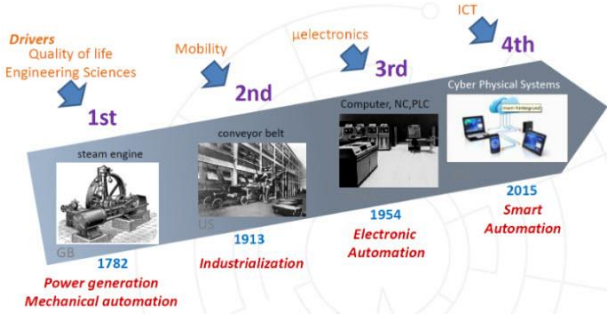
Beseda pameten (ang. Smart) je že mnogo let vseprisotna v povezavi z različnimi subjekti, objekti in pojmi, pa tudi v povezavi z videzom in načinom uporabe. Tako imamo pametne ljudi, pametne naprave, pametne domove, pametne sisteme, pametne tovarne, pametna elektroenergetska omrežja, pametna mesta in skupnosti, pametno državno upravo, pametne okoliščine, pametno asistenco, pametno avtomatizacijo. Pridevnik "pameten" v večini zgornjih primerov opisuje tesno spojenost z infokomunikacijskimi omrežji in storitvami, oziroma splošneje z digitalnimi tehnologijami. Digitalno gospodarstvo (ang. Digital economy) in omrežena družba (ang. Networked Society) gresta z roko v roki s pametnimi omrežji, njihov medsebojni vpliv in razvoj pa je del digitalne preobrazbe (ang. Digital transformation).

Kaj so pametna omrežja in storitve v njih? Pametne aplikacije in storitve so zmožne hitrega in učinkovitega povezovanja naprav z uporabnikom in med seboj, učenja iz predhodnih razmer ter sporočanja rezultatov tega procesa drugim napravam in uporabnikom [3]. O pametnih infokomunikacijskih omrežjih oz. pametnih omrežjih IKT so razpravljali in jih opredeljevali IKT eksperti v gospodarsko in družbeno naravnanih organizacijah kot je Organizacija za gospodarsko sodelovanje in razvoj (OECD) [3] in Svetovni gospodarski forum (WEF) [2]. Zanje so pametna omrežja in storitve IKT v povezavi z javnim sektorjem in s pametno avtomatizacijo v industrijskih sektorjih začetek 4. industrijske revolucije. Pričakujejo, da se bodo infokomunikacijska omrežja in storitve v njih preoblikovali tako, da se bodo sposobni prilagoditi in podpreti dvo- ali večstranske poslovne modele s spremenjeno strukturo dodane vrednosti blaga in storitev, tudi zaradi agilnosti in vitkega poslovanja. Nove tehnološke zahteve za pametna omrežja so povezane s primeri uporabe vertikalnih sektorjev in s temeljnimi tehnološkimi gradniki pametnih omrežij [2, 3]: oblačno infrastrukturo in programjem (ang. Cloud infrastructure [50], Softwarization), internetom stvari (ang. Internet of Things – IoT [51]) ter velepodatki (ang. Big Data) in analitikami (ang. Analytics) [52].

II. PAMETNA OMREŽJA IN 4. INDUSTRIJSKA REVOLUCIJA

A. *Inovacije spreminjajo svet*

Zgodovina tehnološkega napredka zadnjih 250 let pred nastopom četrte industrijske revolucije nas uči, da se vsakih 50–80 let pojavita tehnološki in ekonomski val, ki bistveno spremenita industrijo ter človeštvo dojemanje dela in prostega časa. V zadnjih dveh se tehnološke pridobitve za zasebno, poslovno in industrijsko rabo zelo prepletajo. Na spodnji sliki je kronološki in vsebinski pogled na dosedanje 4 revolucije, kot ga vidi nemška pobuda »Industry 4.0« [4].



Slika 1: Štiri industrijske revolucije, vir: Industry 4.0, vir [4]

Gonilo zadnje je sektor IKT in pametna avtomatizacija. Poglejmo si jih pobliže, da lažje razumemo četrto.

B. *Prva industrijska revolucija*

Prvi industrijski revoluciji je botroval izum parnega stroja in izkoriščanje vodnih virov, človeka je nadomestil delovni stroj, pojavita se parnik in parna lokomotiva, kar pomeni večjo mobilnost. Iz Anglije je pljusknil val industrializacije v preostali del Evrope, njena posledica je razcvet drugih panog, n.pr. tekstilne industrije. Se še spomnite Charlesa Dickensa in njegovih knjig?

C. *Druga industrijska revolucija*

Ko parni stroj nadomesti motor z notranjim izgorevanjem ter glavna vira energije postaneta nafta in elektrika, se začne druga industrijska revolucija. Težišče industrijskega napredka se seli v Severno Ameriko, uvedeta se množična proizvodnja in tekoči trak. Se še spomnite filma Charlesa Chaplina Moderni časi? Bil je zaskrbljen zaradi brezposelnosti in avtomatizacije, družbenih posledic depresije in naraščajočega nacionalizma.

Izumi v širšem obdobju prehoda iz 19. v 20. stoletje so prinesli napredek na področju zapisa in izmenjave informacij (telefon, radio, filmska kamera, gramofon), energetike (dinamo, žarnica z ogleno nitko, izmenični tok, transformator) in prometa (ladijski vijak, kolo in dizelski motor kot sestavni del avtomobilov, letalo). Hitrejši dostop do informacij in vse hitrejše premoščanje razdalj sta pospeševala trgovanje, uvedeno je bilo tudi zavarovalništvo in bančništvo. In ne pozabimo, bil je čas 1. svetovne vojne.

D. *Tretja industrijska revolucija*

Pred in tik po drugi svetovni vojni je obdobje zametkov tretje industrijske revolucije, ki jo zaznamujejo informacijske tehnologije, mikroelektronika in elektronska avtomatizacija. Če imata prva in druga revolucija vpliv na človeka kot proizvajalca, ima tretja tudi vpliv na človeka kot potrošnika. Gonilo napredka je bila druga svetovna vojna, se še spomnite Charlieja Chaplina in filma Veliki diktator?

Izum tranzistorja in integriranih vezij ter odločitev o zapisu podatkov v obliki 0 in 1 je temelj za izum osebnega računalnika kot ga poznamo iz osemdesetih in njegovo povezovanje v omrežje internet za osebno rabo v devetdesetih ter iskanje informacij in poslovno povezovanje v medmrežje v zadnji dekadi 20. stoletja. Mobilne komunikacije v devetdesetih in ob prehodu tisočletja ter družabna omrežja in pametne naprave z aplikacijami v zadnjih 10 letih sta zadnja vala informacijske dobe, ki sta omogočila dostop do storitev ICT in informacij od koderkoli kadarkoli. Z uvedbo novih pametnih naprav se število naprav povečuje, v domu je že danes dvakrat ali več kot dvakrat toliko pametnih naprav kot je stanovalcev. Zabavnim in poučnim vsebinam na svetovnem spletu se je pridružila industrijska in poslovna raba svetovnega spleta. Zaradi vlaganj v informacijsko tehnologijo s sočasnim uvajanjem sprememb poslovnih in industrijskih procesov se je dvigovala produktivnost, s svetovnim spletom in družabnimi omrežji se je spremenilo tudi trženje in prodaja (dolgi rep, oglaševanje). Informacijska doba je omrežila zasebne in/ali poslovne uporabnike med seboj ter jim olajšala procese medsebojnega sodelovanja, tudi preko družbenih omrežij in ponudnikov digitalnih storitev (Facebook, Netflix, Google, Apple, …).

E. *Četrta industrijska revolucija*

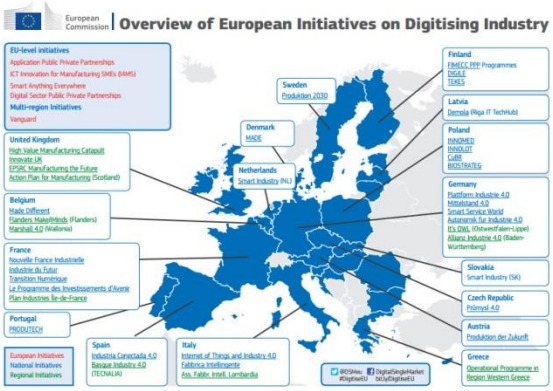
Obdobje, v katerem živimo, je nova industrijska prelomnica, ki je omrežila tudi stvari in procese, ne le znotraj posameznih sektorjev, ampak medsektorsko. Digitalna preobrazba gospodarstva ter domačega in družbenega okolja daje povsem novo dimenzijo medsebojnemu sodelovanju v digitalnem ekosistemu, ki omogoča neslutene sinergijske učinke in inovacije. Ni tudi zanemarljivo dejstvo, da se industrijski napredek nezadržno seli v Azijo.

Na svetovnem nivoju – gledano regijsko – si niso enotni ali jadramo na zadnjem valu 3. industrijske revolucije (Severna Amerika) ali na prvem četrte. Svetovni gospodarski forum [2] 4. industrijsko revolucijo utemeljuje zaradi novih:

- fizičnih pojavnih oblik (avtonomna vozila, 3D tiskanje, napredna robotika, novi materiali – grafen),
- digitalnih tehnoloških oblik (IoT, veriga blokov – bitcoin, tehnološko omogočevalna platforma (ljudje, sredstva in podatki)– technology enabled platform (people, assets and data) za ekonomijo na zahtevo – Uber) in
- bioloških oblik (genetika – genom in vpliv na gensko zaporedje).

V Nemčiji so četrto industrijsko revolucijo poimenovali Industrija 4.0 (ang. Industry 4.0) in njihov pogled je skladen s pogledom Svetovnega gospodarskega foruma. Industrija 4.0 je združen pojem »kibernetsko-fizičnih sistemov (povezava računalniških sistemov, ki nadzorujejo fizične elemente), interneta stvari in interneta storitev na osnovi zbranih podatkov« [4].

Poleg nemške obstajajo ostale nacionalne in regijske pobude v EU, ki so prikazane na spodnji sliki [41].



Slika 2: Pregled evropskih pobud digitalizacije industrije,vir [41]

19. aprila 2016 je Evropska komisija pod taktirko komisarja za digitalno gospodarstvo in družbo Guentherja Oettingera začela z udejanjanjem strategije za digitalizacijo evropskega gospodarstva, ki bo povezala nacionalne in regijske strategije in je prvi del paketa za Enotni digitalni trg v Evropi [5]. Izpostavljenih je pet tehnoloških področij: omrežje 5G, računalništvo v oblaku, internet stvari, podatkovne tehnologije in kibernetska varnost.

Na evropskem nivoju v Sloveniji ni razpoznane nacionalne pobude, da bi jo umestili na sliko, žal. Področje (S)Industrija 4.0 je sicer eno od treh prednostnih področij v slovenski strategiji pametne specializacije [42], ki vključuje tovarne prihodnosti, zdravje–medicino in mobilnost. Ker je bilo področje IKT s področja (S)Industrija 4.0 izdvojeno in umeščeno na področje Pametna mesta in skupnosti, se je izgubil pomen, kot ga imajo iniciative v drugih državah. Naj

poudarimo, da pod okriljem Gospodarske zbornice Slovenije teče projekt Slovenija 5.0, ki je hkrati ime za »komunikacijsko-vsebinsko platformo za ozaveščanje različnih javnosti o pomenu industrije in nujnosti njenega razvoja na podlagi razvojnih programov, ki jih imajo največ možnosti, da jih bo moč unovčiti na trgu« [48]. Pripravili so tudi dokument Manifest industrijske politike [49].

Izstopajoča je tudi vizija industrijskega interneta (ang. Industrial Internet) podjetja General Electric Co [30], ki povezuje odlične stroje, napredno analitiko in ljudi pri delu.

Če vse zgoraj omenjene tehnološke gradnike, ki omogočajo digitalno preobrazbo, damo na skupni imenovalec, naštejemo naslednje: okolje sodelovanja in navidezna resničnost, oblačna infrastruktura in omrežje kot programje, internet stvari in velepodatki z analitikami. Vsi ti gradniki so tudi vitalni deli pametnega omrežja.

F. Zakaj četrta Industrijska revolucija in ne četrti val tretje revolucije?

Dano gibanje poteka na širokem področju in ima svetovni značaj, v primerjavi s prejšnjimi tremi pa se dogaja s pospešeno hitrostjo. Nekateri vidijo v njem izjemne poslovne priložnosti in vire zaslužkov, drugi občutno zniževanje obstoječih stroškov na vseh področjih delovanja ali prerazporejanje sredstev kot osnovo za novo organsko rast. Žal bo za nekatere pomenilo tudi izgubo delovnih mest, brez pravočasne preobrazbe pa tudi nazadovanje ali propad.

Paradigmi, kot sta »Industrija 4.0« in »Industrijski internet«, revolucionarno vplivata na celotni življenjski cikel proizvodov in storitev. Novi poslovni modeli so dopolnjeni z različnimi oblikami medsebojnega poslovnega sodelovanja in vplivajo na operativno-tehnološke in poslovne procese. Na ta način ne le razširjajo obseg poslovanja, ampak tudi portfelj proizvodov in storitev podjetij na povsem nova področja dejavnosti. Spreminja se tudi lastništvo proizvodov in storitev (odprtokodne rešitve [53], deljena sredstva). Odpirajo se nove gospodarske panoge in ekonomske kategorije (on-demand economy [54]). Z omreženjem stvari in procesov v različnih sektorjih ter njihovim povezovanjem z uporabniki in med seboj nastajajo tudi razširjene verige vrednosti in ekosistemi, ne le združljivih partnerjev, ampak tudi konkurentov. Vse to je osnova za dvo- ali več-smerni poslovni model ter prerazporejanje vlaganj, ki upravičujejo dodatna vlaganja v nove tehnološke rešitve.

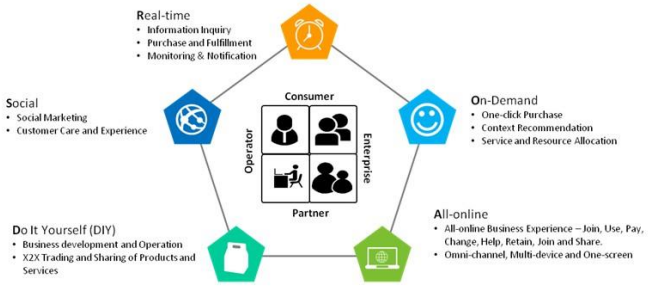
Poglejmo si to na zgledu. Poučen je zgled s področja prometa, kjer smo s povezanim vozilom v omrežje pridobili inovativnost v poslovnem modelu zaradi neposredne povezljivosti uporabnika in ponudnika storitve in učinkovitimi algoritmi na podlagi geolokacijskih storitev in nove tehnološko-poslovne platforme (Uber, Lyft, Airbnb), ki je grožnja klasičnim taksi službam. Na področju avtomatizacije in uvedbe naprednega programja smo dobili avtonomna vozila (samovozeče vozilo, brezpilotni letalniki, …). Samovozeče vozilo bo omogočilo neslutene novosti in možnosti v opremljanju notranjosti vozila, ki postaja s tem vse bolj podobno dnevni sobi ali delovnemu prostoru. Nekateri menijo, da je bila tudi ta inovacija resna spodbuda nemškemu železniškemu potniškemu prometu k prenovi. Ne smemo pozabiti tudi navezave med različnimi tipi prometa z učinkovitimi usklajevanji urnikov (t.i. multimodalnost) in povezave vseh vrst tovornega prometa z logističnimi centri. Ureditev prometa je del pametnega mesta, avtobusi n.pr. lahko postanejo komunikacijski prehodi v omrežje za zajem podatkov iz objektov, ko se vozijo mimo njih (n.pr. zajemi podatkov s števcev). In tu so električna vozila, ki so lahko bodisi porabniki bodisi hranilniki hkrati ter so del pametnih mikro elektroenergetskih omrežij (mikro grid) ali celo na nacionalni ravni (električni avtobusi). Kot zadnje naj omenimo področji javne varnosti in tercialne dejavnosti kot je zavarovalništvo. S povezanim avtomobilom v mobilno omrežje smo dobili javno storitev eKlic, ki je samodejni klic v sili za vozila (ang. eCall). Že pred tem pa so vozila prestižnejših znamk uvedla različico storitve eKlic tretjih proizvajalcev (ang. 3rd party eCall). Storitev eCall se nadgrajuje še za tovornjake, ki prevažajo nevarne snovi, motoriste, avtobuse, s podporo naprednim video in podatkovnim storitvam v storitvi eCall nove generacije na osnovi NG 112 in IMS omrežja pa se povečuje nabor storitev in učinkovitost reševanja ter navezave na zavarovalništvo. S tem v zvezi se pojavlja tudi poslovni model virtualnega mobilnega operaterja (MVNO, ang. Mobile Virtual Network Operator) in uporaba mobilne kartice e-SIM, katere lastniki niso več sami operaterji omrežja. S konceptom MVNO so na primer v celoti podprli storitev ERA-GLONASS, rusko različico storitve eCALL.

Zaradi tako močnih medsebojnih gospodarskih vplivov in tudi vplivov na medsebojne človeške interakcije in interakcije z napravami ter novih materialov je to upravičeno nova industrijska revolucija.

G. Zahteve 4. industrijske revolucije za pametna omrežja in njihove deležnike

Vseh zahtev danes niti še ne poznamo oziroma jih ne znamo predvideti. Infokomunikacijska omrežja in storitve, ki zagotavljajo varno in zanesljivo vseprisotno komunikacijo imajo danes enako vlogo kot so jo imela elektroenergetska omrežja v prejšnjem stoletju, ko si nismo predstavljali več življenja brez njih, danes pa še manj brez obeh. Zahvaljujoč mobilnim, brezžičnim in fiksnim širokopasovnim storitvam smo povezani povsod in vedno.

Prve po pomenu so zahteve, ki so povezane z uporabnikom, velikokrat slišimo izraz »uporabnik v središču«, »usmerjenost na uporabnika«, »osredotočenost na uporabnika«. Pametna omrežja in storitve morajo zagotavljati uporabniško izkušnjo današnjega Interneta, podobno kot je ta, ki jo imajo že danes digitalni naturščiki v zasebnem in poslovnem svetu (ang. Digital Natives). Ti zahtevajo uporabniško izkušnjo z oznako ROADS (Real time, On demand, All online, Do-it-yourself (DIY) and Social) [6], ki postaja novo merilo uporabniške izkušnje v digitalni dobi.



Slika 3: ROADS – merilo uporabniške izkušnje v digitalni dobi, vir [6]

Uporabniki so iz govornih storitev prešli na podatkovne in video storitve z novim pogledom na vrednost informacij. S tem ne mislimo, da bo klasični telefonski klic izumrl, vendar ga bo vse težje realizirati, problemi so že danes s storitvama VoLTE in ViLTE (Voice/Video over LTE). Uporabniki zahtevajo storitve po njihovi meri, ki so preproste za uporabo, hitre za dobavo in uporabo ter na voljo po potrebi, vendar takoj. Sami razvijajo posel in prodajo, uporabljajo družbena omrežja za trženje, pametne naprave za delo in zabavo.

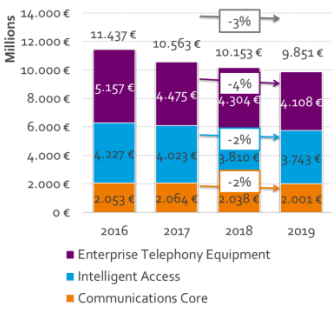
Druga po vrsti je zahteva po agilnih in vitkih operacijah, ki se hitro prilagajajo spremembam in dobavi storitev. Ta zadeva tako omrežja in storitve, avtomatizacijo dobave in orkestracijo storitev ter učinkovite procese pri deležnikih.

Tretja zahteva je vzpostavitev odprtega ekosistema deležnikov, odprtega poslovnega modela oz. sodelujočega poslovnega modela (ang. Open business model, Collaborative business model [17]) in kulture DevOps (ang. development and operations [45]), kjer sodelujejo ne le partnerji oz. strokovnjaki različnih področij, ampak tudi tekmeci. Pomembno za ta model je, da so vključeni tudi končni uporabniki. Glavne prednosti so pohitritev in zmanjšanje stroškov razvoja in komercializacije, deljena tveganja med deležniki, učenje od ekspertov in uporabnikov, priprava prepričljivejše ponudbe vrednosti, krepitev skupnosti lojalnih uporabnikov in izvajalcev testiranj, navezava na vrednote kot so odprtost in sodelovanje.

III. PAMETNO OMREŽJE SO V PRVI VRSTI SPREMENJENI POSLOVNI MODELI

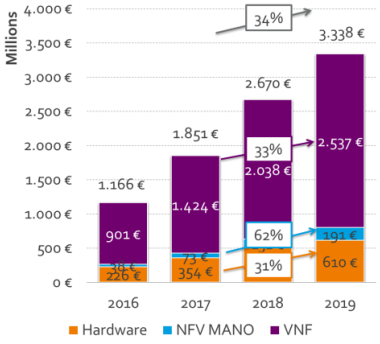
Operaterjem so se pogoji poslovanja bistveno spremenili s prihodom ponudnikov storitev OTT (ang. Over-the-top). Model Telco-OTT je znan od leta 2011 oz. od začetka 2012 in povezuje ponudnike storitev dostopovnih in prenosnih omrežij s ponudniki digitalnih storitev in aplikacij, ki uporabljajo dano omrežje. Kot nam je vsem znano, ponudniki storitev OTT – Apple, Google, Facebook, Microsoft, Netflix, Amazon in drugi – že danes uspešno konkurirajo klasičnim operaterjem na podatkovnih, govornih in video storitvah. Uporabljajo namreč poslovni model sodelovanja z uporabniki v kombinaciji z oglaševalskim poslovnim modelom ter vitek operativni model, ki je bil uveljavljen v IT. OTT operaterji infokomunikacijskim storitvam dodajajo storitve avtomatizacije in poslovanja v obliki rešitev za pametni dom in za podjetja, operaterji pa trojčkom in četverčkom dodajajo še peterčke in več.

Na podlagi virov [16] so v tržnjskem oddelku podjetja Iskratel pripravili za interne potrebe napoved v zvezi s komunikacijskim tržnim potencialom po kategorijah opreme, ki nakazuje upad prihodkov s tega področja pri operaterjih. Zajeti sta regiji EMEA in CALA.



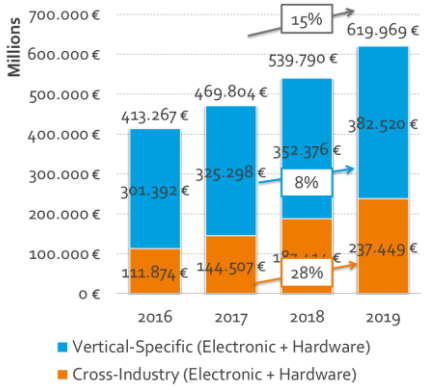
Slika 4: Tržni potencial do leta 2019 po kategorijah opreme, vir [16]

Zanimiva je ocena rasti virtualiziranih omrežnih funkcij, predvsem pa njihovega upravljanja in orkestracije, ponovno v regijah EMEA in CALA.



Slika 5: Rast prodaje strojne opreme, virtualnih mrežnih funkcij ter njihovega upravljanja in orkestracije, vir [16]

V današnjem času se ekosistemu ponudnikov govornih, podatkovnih in multimedijskih storitev v omrežju pridružujejo še deležniki ostalih sektorjev, ki bodo želeli imeti podprte poslovne modele, ki bodo dovoljevali tudi njihovo inoviranje. V nadaljevanju je napoved rasti prodaje v posamičnih vertikalnih sektorjih in medindustrijsko v regijah EMEA in CALA.



Slika 6: Napoved rasti prihodkov za vertikalne sektorje in med-industrijsko povezovanje, vir [16]

V dobi digitalnih storitev in oblačnih storitev, med katerimi je tudi omrežje ponujano kot storitev – tudi v obliki storitev na zahtevo – se bodo uveljavili novi poslovni modeli [20], kot so najemni modeli, plačilo po uporabi in po porabi ne le virov, ampak tudi na podlagi časovnega kriterija oz. sprotno plačilo zahtevane storitve. Prav tako je še vedno aktualen poslovni model oglaševanja.

Glede na relacije med operaterji, kupci in partnerji so v veljavi dosedanji poslovni modeli tipa podjetje-podjetje (ang. Business to Business B2B), podjetje-potrošnik (ang. Business to Customer – B2C), podjetje-podjetje-X (ang. Business to Business to X – B2B2X, vsebovana tudi prodaja na debelo, ang. wholesale), internetni ogled – prodaja v trgovini in obratno (ang. On-line to Off-line – O2O).

Povezovanje storitev IKT s storitvami vertikalnih, domenskih sektorjev prinaša tudi nove možnosti v verigi ustvarjanja nove in dodane vrednosti ter povezovanja med deležniki ob razširjanju dejavnosti. Možnost prerazporejanja investicij, operativnih stroškov in prihodkov narekuje nove poslovne modele in različne oblike sodelovanja med deležniki v podaljšani vrednostni verigi kot so javno-zasebno

partnerstvo (ang. Public-Private Partnership [55]) in poslovni model deljenih prihodkov (ang. Revenue Sharing [56]) kot najpomembnejša. Z učinkovitim horizontalnim povezovanjem funkcijskih področij pa omogočamo prehod iz hierarhične v mrežno organiziranost posameznih deležnikov znotraj sebe in med seboj (n.pr. deležniki v elektrogospodarstvu, kot so ponudniki prenosnih elektroenergetskih sistemov, distribucijskih omrežij in dobaviteljev električne energije, operaterjev omrežij…). Tako so omogočena zlivanja verig ustvarjanja vrednosti v različnih panogah, vključujoč raznorodne deležnike. Cilj teh zlivanj in podaljšanih verig pa je predvsem razvoj trajnostnih modelov financiranja, ki so lahko uspešni tudi v tako povezanem svetu. Posebno dimenzijo poslovanju pa dodajo še regulatorji posameznega sektorja in njihovo usklajeno medsebojno delovanje (n.pr. regulativa na področju telekomunikacij v povezavi z uporabo plačljivega spektra za energetiko, javno varnost, itd.). Regulativa med sektorji ostaja še vedno šibka točka v prenekaterih državah.

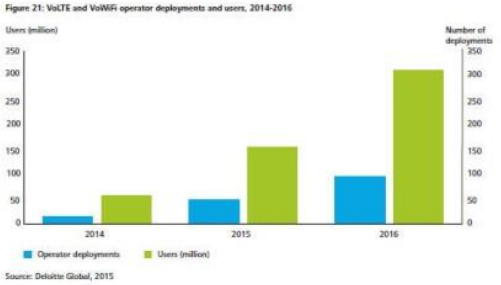
Po raziskavi MIT Sloan [1], so podjetja, ki se prilagajajo digitalnem svetu, 26 % bolj dobičkonosna kot njihovi vrstniki iz panoge. Tu so velike priložnosti za vse, ki bodo uspešni v vlogi sistemskih integratorjev, torej tudi za operaterje.

IV. SVETOVNI IN EVROPSKI PRISTOPI K REŠITVAM ZA PAMETNA OMREŽJA

V nadaljevanju se razglejmo po rešitvah, ki so vodilne v evropskem in svetovnem merilu na področju infokomunikacijskih omrežij. Izstopajoče in po naši presoji najobetavnejše je koncept 5G, ki je celostno gledano veliko več kot omrežje samo.

A. *5G je več kot omrežje*

Omrežji 1G in 2G sta ponujali s svojimi tehnologijami mobilne komunikacije, omrežji 3G in 4G pa nudita širokopasovne mobilne komunikacije. V svoji zasnovi so bila načrtovana za mobilne telefone. 5G [7, 33, 46] pa je več kot različne kategorije omrežij skupaj. Je ekosistem, ki vključuje tudi omrežja, ki bodo omogočala trajno povezovanje stvari, naprav, ljudi ter raznorodnih industrij in sektorjev, torej popolnoma povezano družbo za vse potrebe in namene. Uporabljene bodo vse obstoječe nadgrajene tehnologije in novo razvite tehnologije za področja, kjer današnje tehnologije niso več zadostne. Že obstoječe omrežje 4G se spopada s težavami prenosa govornih (VoLTE) in video (ViLTE) storitev v LTE omrežju. Od 360 operaterjev v 124 državah le 80 operaterjev vlaga v VoLTE, pri čemer je pri 14-ih že v obratovanju. Spodnja slika prikazuje uporabnike in ponudnike storitev VoLTE in VoWiFi (Voice over WiFi).



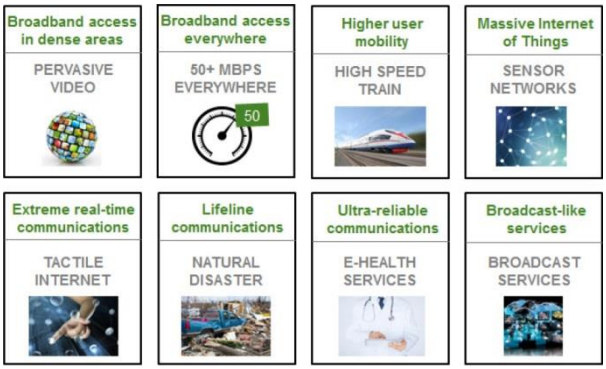
Slika 7: Rast uporabnikov in ponudnikov storitev VoLTE in VoWiFi v svetu v letih 2014-2016, vir [47]

Poglejmo si v nadaljevanju, kakšen je torej pogled združenja operaterjev v NGMN Alliance na 5G in kakšna je arhitektura in načrtovalski principi javno-zasebnega partnerstva 5G PPP. Oboji razmišljajo o letu 2020 kot letu prvih postavitev bistveno nadgrajenih omrežij 5G. Zelo konkreten je japonski operater NTT DoCoMO, ki želi to rešitev dati v množično uporabi leta 2020, ko bodo olimpijske igre na Japonskem.

i. *NGMN Alliance in 5G*

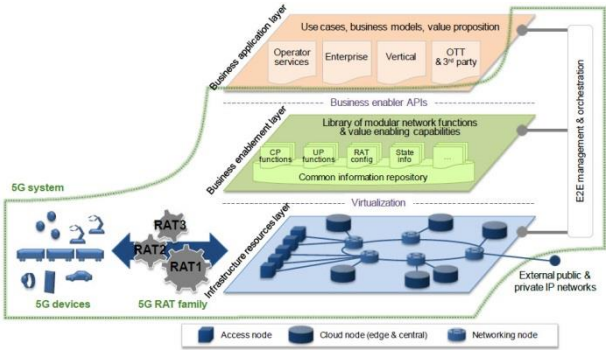
NGMN Alliance je združenje operaterjev v svetu od leta 2007. Svojo vizijo, primere uporabe in poslovne modele je predstavilo leta 2015 v dokumentu [46]. V njem so definirali, da je 5G ekosistem na celotni poti, ki omogoča popolno mobilnost in povezano družbo. Omogoča ustvarjanje vrednosti do strank in partnerjev prek obstoječih in nastajajočih primerov uporabe, na podlagi izkušnje in z vzdržnim poslovnim modelom.

Na spodnji sliki so prikazane družine primerov uporabe, ki so vhod za zahteve za 5G. Za vsako družino je navedenih nekaj reprezentativnih primerov uporabe, n.p. v družini množični IoT imamo pametne nošenčke (ang. Wearables), senzorska omrežja in video nadzor ter za vsakega od njih zahteve za uporabniško izkušnjo in sistemske zmogljivosti.



Slika 8: Družine primerov uporabe, vir [46]

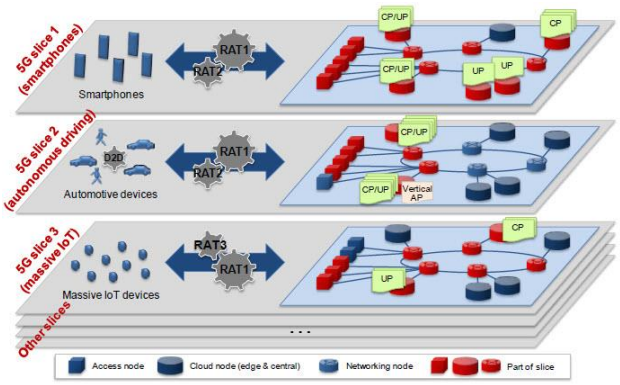
Načrtovalski principi za radijsko omrežje, jedrno omrežje ter operativne in upravljavske funkcije določajo predlagano arhitekturo sistema 5G, ki jo sestavljajo naprave 5G, družine radijskih tehnologij 5G, infrastruktura in viri, ki so virtualizirani na voljo nivoju funkcij za omogočanje posla. Posebej omenimo tudi tu pomen upravljanja in orkestracije po vseh nivojih in na celotni poti.



Slika 9: Arhitektura 5G sistema, vir [46]

V dokumentu je predstavljen koncept mrežne rezine, ki jo imenujejo 5G rezina (ang. 5G slice) in jo definirajo kot množico 5G funkcij in pridruženih funkcij v napravah, ki je

vzpostavljen v sistemu 5G in prilagojen na način, da podpira komunikacijsko storitev za posameznega uporabnika ali storitev. Naslednja slika prikazuje več takih rezin v enotnem fizičnem omrežju.



Slika 10: 5G rezine, vir [46]

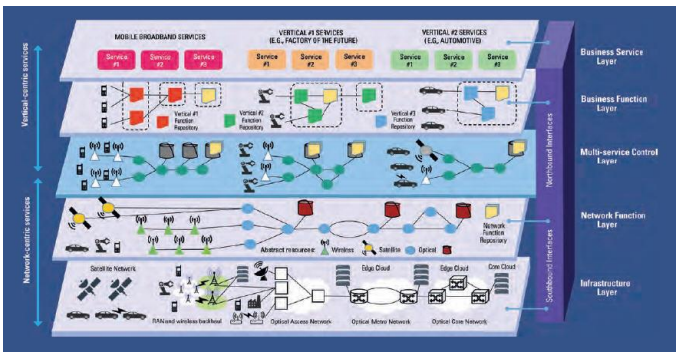
ii. 5G PPP in 5G

Pomembno za nastanek omrežje 5G je, da nastaja na svetovnem nivoju na čelu z vodilnim evropskim javno-zasebnim partnerstvom 5G PPP [7]. Evropskim proizvajalcem so Apple, Samsung, Huawei in drugi vzeli primat pri mobilnih napravah in pri zabavni elektroniki, zato so izjemna prizadevanja, da ostajajo arhitekture omrežij 5G primarno v Evropi. 5G PPP je podpisala dvostranske sporazume in sicer je junija leta 2014 Evropska komisija podpisala sporazum z Ministrstvom za znanost Južne Koreje, marca 2015 je 5G PPP podpisala sporazuma z 4G Americas in 5GMF, septembra 2015 pa z IMT–2020 (5G) Promotion Group, sodelujejo tudi z Japonskim NTT DoCoMo.

V zadnjem dokumentu [8] skupine 5GPPP iz marca 2016 o njihovi viziji infrastrukture 5G so navedeni naslednji cilji glede na zmogljivost omrežja 4G, ki jih proučujejo in jih bodo uzakonile organizacije ITU–R, 3GPP in NGMN:

- 1000 × povečanje količine podatkov (mobilni prenos) na geografskem območju z dosego cilja 0,75 Tb/s (množični dogodki)
- 1000 × povečanje števila povezanih naprav z dosegano gostoto ≥ 1 milijon priključkov na kvadratni kilometer,
- 100 × povečanje prenosa uporabnikovih podatkov z doseženo najvišjo hitrostjo podatkov terminala ≥ 1 Gb/s za aplikacije iz oblaka v pisarnah,
- 1/10 × porabe energije v primerjavi z letom 2010, pri čemer promet hkrati dramatično narašča,
- 1/5 × v prehodnem času (Latency) od konca do konca z zakasnitvijo ≤ 5 ms
- 1/5 × v operativnih stroških upravljanja omrežja (OPEX)
- 1/1000 × v času uvajanja storitev z doseganjem popolnega uvajanja v ≤ 90 minut,
- zagotovljena hitrost prenosa podatkov na uporabnikovi strani ≥ 50 Mb/s,
- sposobnost podpore IoT terminalov ≥ 1 trilijon,
- zanesljivost storitve ≥ 99.999% za posebne kritične storitve (mission critical),
- podpora mobilnosti pri hitrostih ≥ 500 km/h za prevoze po kopnem,
- natančnost lokacije terminala na prostem ≤ 1 m.

Vizija arhitekture omrežja 5G v povezavi z vertikalami nazorno ponazarja naslednja slika.

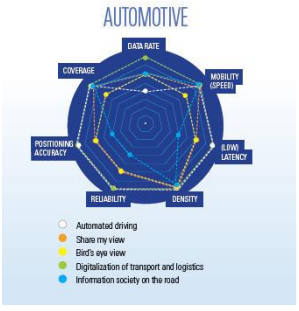


Slika 11: Vizija arhitekture omrežja in storitev 5G, vir [8]

Storitve razdeli v te, ki so osredotočene na omrežje in te, ki so osredotočene na vertikale in posel. Tako imamo infrastrukturni nivo, kjer so vse vrste omrežja: satelitsko, mobilno, brezžično, optično dostopovno, metro in jedrno omrežje ter razpršena ali centralna oblačna infrastruktura. Nad tem je nivo omrežnih funkcij različnih tehnologij in njihov repozitorij. Naslednji nivo je krmiljenje raznorodnih infokomunikacijskih storitev, ki so povezani z vertikalami, sledi ravnina poslovnih funkcij vertikal in njej ravnina poslovnih storitev vertikal, kjer so širokopasovne storitve v obliki n-terčkov (n=1..4) le nabor storitev sektorja IKT. Tem se pridružujejo ostale storitve vertikal, n.p. storitve zabave in varnosti v avtomobilu.

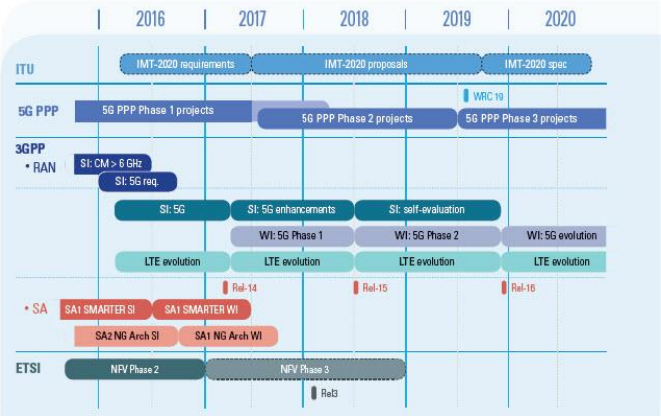
Vizija arhitekture in gradnikov v njej se udejanja v projektih finančnega inštrumenta HORIZON 2020. Za nadaljnje proučevanje na tem mestu navedimo le najpomembnejše: 5G–ENSURE, 5G–EXCHANGE, 5G NORMA, 5G–XHAUL, CHARISMA, COGNET, COHERENT, EURO–5G, FANTASTIC–5G, FLEX5GWARE, METIS–II oz. METIS2000, MMMAGIC, SELFNET, SESAME, SONATA, SPEED–5G, SUPERFLUIDITY, VIRTUWIND, XHAUL. Projekte najdete bodisi na povezavi https://5g–ppp.eu/ImeProjekta ali neposredno na http://www.ImeProjekta.eu/.

V tem dokumentu so poleg tehničnih zahtev za omrežja in arhitekturnih izhodišč navedeni tudi primeri uporabe za tovarne prihodnosti, avtomobilski sektor, e-zdravje, energetiko, mediji in zabava ter za vsak primer uporabe predstavljene tehnične zahteve za omrežje 5G. Ocenjevali so naslednje karakteristike: prenosna hitrost, mobilnost (hitrost), zakasnitev, gostota, zanesljivost, natančnost določanja položaja, pokritje. Oglejmo si primer avtomobilske industrije. Samodejna vožnja zahteva vse karakteristike v največji meri razen hitrosti prenosa podatkov, za informacijsko družbo na poti je pomembno pokritje, mobilnost in gostota. Ostali primeri so navedeni v [8].



Slika 12: Zahteve za omrežje 5G s strani primerov uporabe za avtomobilsko industrijo, vir [8]

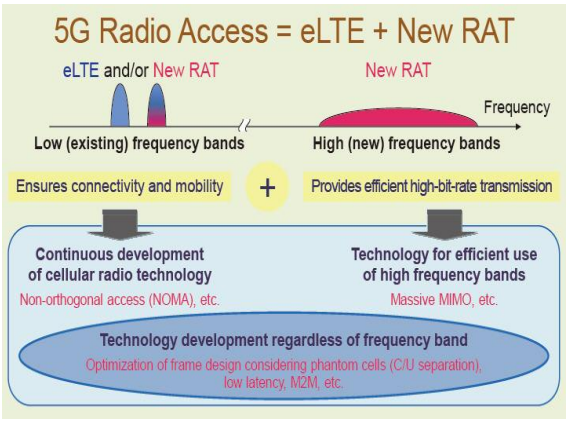
V nadaljevanju je tudi časovnica standardizacije posameznih komponent 5G do leta 2020, ki se bo izvajala v ITU, 3GPP in ETSI. To je izjemnega pomena zaradi medobratovalnosti in uveljavljanja izdelanih arhitektur.



Slika 13: Plan standardizacije omrežij 5G, vir [8]

iii. Tehnični koncept 5G japonskega operaterja NTT DOCOMO

V projektu METIS–I in METIS–II oz. METIS 2000 sodeluje tudi glavni japonski operater NTT DOCOMO [9], ki ima ambicije dati v množično uporabo 5G omrežje v letu 2020 v času olimpijskih in paraolimpijskih iger. Že danes imajo eno od najnaprednejših implementacij tehnologije LTE–Advanced in storitve Xi LTE Service, ki je brezžična povezava na osnovi LTE tehnologije. Njihova glavna področja raziskav in razvoja so radijski dostop in heterogena omrežja, in sicer so pred odločitvijo, ali nadgrajujejo LTE tehnologijo z novimi tehnološkimi razširitvami (ang. enhanced LTE – eLTE), ki bo zadostila novim potrebam po pasovni širini in odzivnosti, ali pa bodo šli v povsem nov razvoj radijskega dostopa. Na spodnji sliki so nakazane vse te dileme.



Slika 14: Tehnični koncept NTT DOCOMO, vir [9]

B. Podjetje Nokia Bell Labs in preobrazba »The Future X Network«

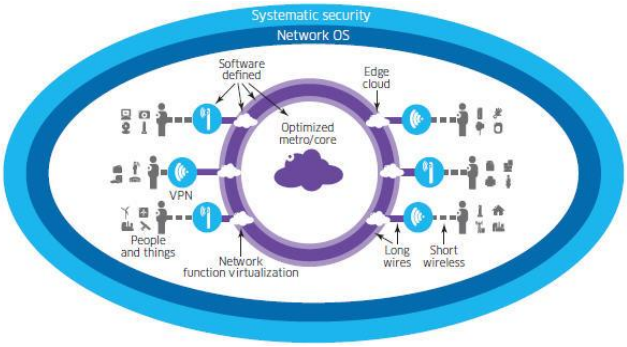
Markus Weldon je s svojim izjemnim potencialom prispeval k pobudi 5G PPP in v svoji knjigi predstavil pogled na digitalno preobrazbo s konceptom »The Future X Network« [11]. Preobrazba bo po njegovem trajala 10 let, zato so vsi faktorji sprememb, glede na obstoječe, naravnani na večkratnik števila 10. Temeljna tehnološka gonila so:

- dinamični pristop k omrežjem, ki daje občutek navidezne neskončne kapacitete, ki presegajo vse sedanje znanstvene, informacijske in tehnične omejitve za omrežje z vključenim oblakom (Cloud/SDN/NFV) (ang. Cloud-integrated network (CIN), ki poleg vhodnih in izhodnih mehanizmov omogoča tudi inteligenco,
- med seboj povezani stroji in naprave (IoT), ki bodo pošiljale in sprejemale veliko količino novih digitalnih informacij kot tudi preoblikovale proizvodno področje z n.p. 3D tiskalniki ter
- nove tehnike analize podatkov, ki temeljijo na sklepanju glede na potrebe in informacije skupaj z novimi sistemi navidezne inteligence (big data in analitika), ki pa bodo človeški inteligenci le v pomoč.

Nove dimenzije in zahteve omrežij CIN so naslednje [11]:

- vgradnja oblaka na robu (ang. Edge cloud) za optimalno zmogljivost (prepustnost in zakasnitev) in ekonomičnost tako za virtualne omrežne funcije kot za performančno kritične storitve,
- gradnja novih omrežij ultra visokih kapacitet in podpora neprestanim spreminjanjem konfiguracij,
- potreba po programsko opredeljenih omrežjih (SDN) na vsej poti, ki dinamično povezujejo razpršena in raznolika delovna bremena, omrežja in naprave, pri čemer gradijo virtualne omrežne poti ali rezine omrežij,
- gradnja konvergenčnih arhitektur ultra ozkopasovnih in ultra širokopasovnih dostopovnih omrežij, ki so hkrati optimirane za ljudi, prostor in stvari,
- potreba po omrežnem OS, ki abstrahira vse omrežne vire in upravlja kapacitete od izvora do ponora,
- potreba po sistematičnem pristopu k varnosti.

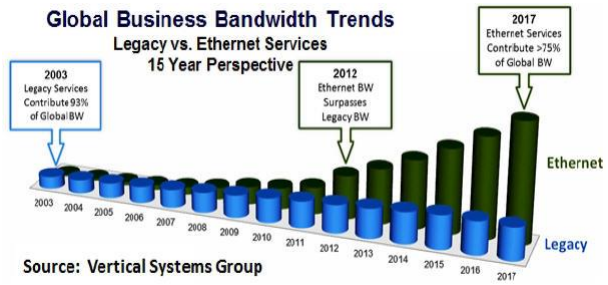
Na spodnji sliki je shematski prikaz arhitekture CIN in potrebne spremembe omrežja ob potencialno 100 × povečanih kapacitetah. Prva se imenuje oblak na robu (Edge Cloud) in druga ponovno porazdeljeno dostopovno in agregacijsko omrežje z ultra-visoko pasovno širino in ultra-majhno zakasnitvijo, ki omogoča tudi lokalno zaključevanje prometa med napravami in stvarmi.



Slika 15: Shematski prikaz arhitekture CIN, vir [11]

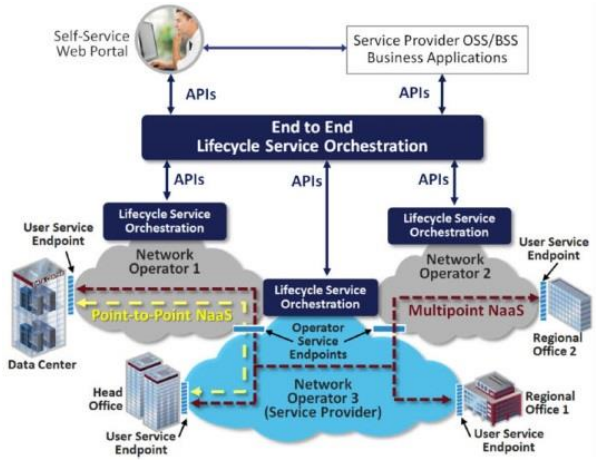
C. »The Third Network« – vizija in strategija MEFa

Novembra 2014 je Metro Ethernet Forum (MEF) predstavil svojo vizijo in strategijo omrežja »The Third Network« v dokumentu TheThirdNetwork Agile, Assured, Orchestrated [12]. MEF je standardiziral Ethernet storitve, tudi operaterskega značaja, ki se vse bolj uporabljajo v omrežjih podjetij, v podatkovnih centrih, v širokopasovnem dostopu in v zalednih omrežjih (ang. backhaul). Naslednja slika prikazuje globalno naraščanje poslovne pasovne širine na osnovi Ethernet storitev, kar je bilo izhodišče za vizijo.



Slika 16: Porast Ethernet storitev do leta 2017, primerjava s klasičnimi storitvami, vir [12]

»The Third Network« bo omogočil povezovanje fizičnih in virtualnih storitvenih končnih točk in temelji na principu omrežje kot storitev (ang. Network as a Service – NaaS), kjer je za uporabnika storitev NaaS na voljo kot virtualno omrežje, namenjeno le njemu. Strateško bo to nadgradnja uspešnega modela CE 2.0, kjer bodo definirali zahteve za orkestracijo življenjskega cikla storitev in APIje za upravljanje in dobavo storitev [13], analize zmogljivosti, uporabo, analitiko in varnost omrežij v večoperaterskem okolju. Cilj »Third Network« je omogočiti agilna omrežja, ki nudijo zagotovljeno storitev povezljivosti z orkestracijo preko več omrežnih domen in operaterjev. Na spodnji sliki je njihova vizija omrežja za poslovne stranke.



Slika 17: Koncep »The Third Network« za poslovne stranke, vir [12]

Koncept prinaša le malo novega, dodaja virtualne vmesnike in orkestracijo življenjskega cikla storitev na celotni poti.

D. *Podjetje Accenture in Digitalno omrežje 3.0 pri Ponudnikih storitev leta 2020*

Podjetje Accenture je predstavilo nivojski model Digitalnega omrežja 3.0 z asociacijo na sklad OSI [14], ki je osnova telekomunikacijskim omrežjem in aplikacijam. Na spodnji sliki so prikazani sloji. Na vsakem je tudi označeno, kateri gradniki omrežja potrebujejo strojno opremo in kateri so izključno programski. Tako zaznamo tudi nove tehnološke gradnike Cloud/SDN/NFV in vse vrste novih naprav. Poseben poudarek dajejo platformi za dobavo konvergentnih medijskih storitev in za digitalni zaslužek ter odprtosti preko APIjev na vseh nivojih.

Slika 18: Accenture in model Digitalno omrežje 3.0, vir [14]

E. *Rezultati doseženih hitrosti mobilnih in brezžičnih tehnologij*

Za konec omenimo, da so na v 5GIC (ang. 5G Innovation Centre at the University of Surrey) v testnih pogojih uspeli doseči hitrost 1 Tb/s v mobilnih omrežjih [23]. Leta 2011 je bil velik dosežek razvoj brezžične tehnologije Li-Fi (Light-Fidelity) na Univerzi v Edinburgu [24], kjer uporabljajo komunikacijo s pomočjo svetlobe iz LED svetilk in z njo dosegajo prenos do 224 Gb/s v laboratorijskih razmerah. Estonsko start-up podjetje in izumitelj Harald Hass predvidevata, da bo ta tehnologija na voljo za komercialno uporabo konec leta 2016.

V. TEHNOLOŠKI GRADNIKI

Omrežja, ki povezujejo nove tehnologije in so zmožna preobraziti gospodarstvo in medsebojne družbene odnose, so po definiciji tehnološka revolucija. Iz tehnoloških gradnikov tretje industrijske revolucije, kot so [15]:

- analogno in digitalno signalno procesiranje in računalniški sistemi, povezani v prva digitalna informacijsko-komunikacijska omrežja v letih 1940–1970),
- internet in razvoj širokopasovnih dostopovnih omrežij za dostop do digitalnih informacij in storitev na svetovnem spletu ter prve in druge generacije mobilnih omrežij, ki je zametek lokacijsko pogojenih storitev v letih 1985–2000
- računalništvo v oblaku in medsebojno povezani podatkovni centri, razvoj mobilnih naprav, mobilnega širokopasovnega digitalnega dostopovnega omrežja tretje in četrte generacije in »all-IP« omrežij ter družbena omrežja v letih 2000–2015,

smo po evolutivni poti prišli do gradnikov nove tehnološke revolucije, ki pa ima tudi značaj nove industrije revolucije.

Tehnološki gradniki, ki so omogočili in pospešujejo digitalizacijo, so:

- digitalno sodelovanje (ang. Digital Collaboration) in navidezna resničnost (ang. Virtual Reality),
- velepodatki, informacije vsega (ang. Information of Everything) in napredna analitika,
- računalništvo v oblaku in programsko opredeljena omrežja s konceptoma SDN/NFV (ang. *Software-Defined*

Networks/ ang. *Network Functions Virtualisation*, virtualizacija omrežnih funkcij) v povezavi z oblačno infrastrukturo,
– internet stvari IoT (ang. Internet of Things), napredni samodejni agenti in IoT platforme.

Lahko bi jih poimenovali tudi uporabnik je kralj, informacije in znanje so kraljica, učinkovitost, agilnost in stroški so »financ minister«, IoT pa so plebejci v pametnem omrežju. Skupaj pa predstavljajo napredni digitalni ekonomat. Pa si poglejmo na kratko vsakega od njih.

A. Digitalno sodelovanje in navidezna resničnost

V izjemno dinamično povezanem ekosistemu partnerjev različnih panog med seboj in z uporabniki potrebujemo učinkovite storitve enotnega sistema povezovanja znotraj organizacij, med organizacijami in organizacij z uporabniki. Ta segment storitev je zelo občutljiv, ker se na njem srečujejo ponudniki telekomunikacijskih storitev in ponudniki OTT storitev. Storitvam sodobnih govornih in video komunikacij od kjerkoli in kadarkoli se pridružujejo storitve sodelovanja [57], ki vključujejo ne le celotno podporo sestankom in dogovorom, ampak tudi celotno hrambo elektronske dokumentacije in vodenja kompleksnih projektov ter izobraževanj skupaj s podporo delovnim procesom ter sodelovanje z odprtokodno skupnostjo.

Temu se pridružuje vse bolj navidezna resničnost [58], ki ne le da bo oddaljenemu sodelovanju dala potrebno čustveno bližino v obliki virtualnih prostorov in občutenj srečanja, ampak bo spremenila tudi način skupnega načrtovanja izdelkov, izobraževanja in izmenjave znanj na delavnicah in pri samem delu zdravnikov, arhitektov, oblikovalcev, modnih ustvarjalcev, reševalcev, vojakov in drugih. Seveda bodo preizkusili to tehnologijo kot že mnoge doslej za posebne namene in nato na potrošnikih.

B. Računalništvo v oblaku in SDN/NFV

OTT ponudniki storitev so uspešni zato, ker svoje tehnološke rešitve gradijo na principih IT, kar pomeni nenamenska strojna oprema v podatkovnih centrih (ang. Commercial-off-the-shelf – COTS), oblačna infrastruktura in programje kot storitev (ang. Software as a Service) ter predvsem agilnost in vitkost vzdrževanja (OPEX) ter vlaganja glede na organsko rast (CAPEX). Predvsem pa računalništvo v oblaku uvaja nov poslovni model plačila po porabi in po trenutnih potrebah.

Na drugi strani so se pri operaterjih dogajale konvergence fiksne in mobilne telefonije, princip »All-IP« in ločitev krmilne ravnine od podatkovne ravnine ter nadzor podatkovnih tokov. IP-izaciji omrežja je sledila še IT-izacija omrežja na vseh ravneh, vključno s podatkovnimi in IT storitvami.

Omrežje kot programje (»Network Softwarization« [26, 27]) se uveljavlja z novim:

– arhitekturnim konceptom vodenja omrežja SDN (ang. *Software-Defined Networks*, programsko opredeljena omrežja), ki ločuje krmilno ravnino, ki se praviloma izvaja kot programje v oblaku in podatkovno ravnino, ki jo sestavljajo preprosta vozlišča (grobo rečeno okrnjena Ethernet stikala), implementirana na namenski strojni opremi ali celo kot programje na standardni opremi,
– tehnološkim konceptom NFV, ki omogoča izvajanje omrežnih funkcij na oblačni infrastrukturi. Vse več omrežnih funkcij je virtualnih omrežnih funkcij (VNF, ang. Virtual Network Function), primeri so virtualna naprava uporabnika (vCPE), virtualni IMS (vIMS), virtualni EPC (vEPC), virtualni požarni zid, itd,
– infrastrukturnim konceptom IaaS kot osnovno ravnino računalništva v oblaku, ki pa ga sestavljajo standardni strežniki, operacijski sistem, virtualizacijsko okolje s hipervizorji, operacijski sistemi za podporo elastičnosti in oblaku v celostnem pomenu. Podatkovno omrežje, ki povezuje podatkovne centre med seboj in strežnike v njih, so prve praktične implementacije koncepta SDN. Tako računalništvo v oblaku z zgoraj opisanim IaaS označujemo z SDNCC (ang. Software-Defined Network-based Cloud Computing).

Z zgoraj omenjenimi koncepti se gradijo virtualna omrežja in nove storitve s poslovnim modelom plačilo po porabi (pay-per-use, managed services, pay-as-you-go), in sicer omrežje kot storitev (ang. Network as a Service – NaaS [12]), omrežje na zahtevo (ang. Network on Demand – NoD [19]) za LAN in Wi-fi omrežja s tehnologijo SD–WAN (ang. Software Defined – Wide Area Network) kot primerom [35]. Analitska hiša IDC namreč predvideva, da bo do leta 2020 80 % infrastrukture IT kupljeno na osnovi modela plačaj-ko-greš oz. ko uporabljaš (ang. pay-as-you-go) [1]. Omrežje kot programje je izjemno zahtevno s stališča varnosti, zato se pojavljajo različni mehanizmi avtentikacije, med njimi tudi porazdeljena kriptografsko podpisana zaupanja vredna veriga sprememb (ang. Distributed blockchain) [10].

Spodnja tabela podaja primerjavo omrežne arhitekture SDN in NFV.

Tabela 1: Primerjalna tabela SDN in NFV

Kategorija	SDN	NFV
	Programje v omrežju (Software in the network)	Omrežje kot programje (The network in software)
Značilnosti	Ločitev krmilne ravnine od podatkovne, krmiljenje in programirljivost omrežja s centralne točke in preko APIjev iz storitev in aplikacij	Virtualizirane mrežne funkcije na strežnikih COTS (oblak centralno ali na robu) Ločitev funkcij od kapacitet (razširljivost)
Domene uporabe	Campus, podatkovni center (LAN,WAN)/ oblak (Cloud-enabled Networking –CEN) Mobilna omrežja Varnost	Omrežje ponudnika storitev Cloud-based Networking (CBN)
Naprave (ločitev HW od SW)	COTS strežniki in stikala	COTS strežniki in stikala
Prve aplikacije	Orkestracija oblaka (Clouds Interconnect) SD–WAN Varnost v omrežju (DoS, …)	Usmerjevalniki, požarni zidovi, prehodi, CDN, WAN pospeševalniki, zagotavljanje SLA
Novi protokoli	OpenFlow Odprtost za applikacije Odprtost za MANO	Definirani odprti vmesniki MANO
Standardi	Open Networking Forum (ONF) IETF ITU–T	ETSI NFV Working Group IETF ITU–T

C. *Velepodatki, informacije vsega in napredna analitika*

Velike količine podatkov prihajajo iz dveh virov. Uporabniki in stvari shranjujejo in izmenjujejo velike količine zahtevnejših večpredstavnih in spletnih informacij ter preprostih tekstovnih podatkov. Izmenjujejo jih nestrukturirano, bodisi lokalno bodisi v oblaku, in to v realnem času. Informacije vsega (ang. Information of Everything) so vir naprednim analitskim tehnikam.

Dodano vrednost podatkom in trženjsko vrednost ponujata[21]:

- federacija oz. združevanje podatkov iz različnih virov in semantična obogatitev,
- zmožnost ne le opisne analitike (ang. Descriptive analytics) z odgovorom na vprašanje "Kaj se je zgodilo?", ampak tudi napovedne analitike (ang. Predictive analytics) z odgovorom na vprašanje "Kaj se lahko zgodi?" in določevalne analitike (ang. Prescriptive analytics) z odgovorom na vprašanje "Kaj naj storimo?".

Zato potrebujemo nove tehnologije in algoritme, ne le zbiranja, prenosa, hrambe [34] in povpraševanja po podatkih, ampak tudi semantične tehnike, strojno učenje in metode logičnega sklepanja ter simulacijske in optimizacijske algoritme za dajanje priporočil in avtomatizacijo.

Omrežje je kritični dejavnik za udejanjanje katerekoli od strategij velepodatkov. Pri tem je pomembno, da je omrežje dovolj zanesljivo, prepustno in da omogoča odzivnost v realnem času.

Velepodatki imajo tudi neposredni pomen za samo omrežje [32], in sicer za analizo in načrtovanje, za optimizacijo razporeditve virov, ne le zaradi kompleksnosti omrežij in dinamike storitev v njih, ampak tudi spremenjenih poslovnih modelov, in za priporočila glede trženja storitev. Na podlagi zbranih podatkov iz omrežja in naprednih analitik ugotavljamo in napovedujemo mesta odpovedi, zastojev prometa, vdorov in motenj ter omogočimo pravočasno (samo)zdravljenje. Izboljšujemo lahko tudi uporabniško izkušnjo (ang. Quality of Experience – QoE) ter uvajamo dinamično pravila za prometne tokove in dodeljene vire v povezavi z okolico, napravami ali stvarmi, ki se priključujejo.

D. *IoT*

Sam pojem IoT je zagledal luč sveta leta 1999, uvedel ga je britanski podjetnik Kevin Ashton. Pri raziskovalni družbi Gartner so tehnologijo IoT označili za drugo najpomembnejšo tehnologijo v letu 2015 [1]. Mnogi opozarjajo, da so naprave IoT le naslednja oblika elektronike za zasebno in poslovno rabo in da ni revolucionarnega tehnološkega preskoka v sami napravi, razen seveda zahteve po daljšem avtonomnem delovanju pametnih stvari, kar vpliva na izbiro energentov in inovacije na področju baterij. Južnokorejski znanstveniki so iznašli grafenske baterije, na Stanfordu pa so namesto litija uporabili aluminij.

Kaj odlikuje IoT in kaj tehnološko potrebujemo [21, 22, 51]? Stvar je lahko katerokoli blago, predmet, naprava, orodje, aparat, zgradba, vozilo, žival, človek, rastlina, zemljišče, … Pomembno za tehnologijo IoT je, da mora biti stvar povezljiva v omrežje in z drugimi stvarmi ter sposobna pošiljati podatke v omrežje brez človekovega neposrednega vpliva in delovanja. Običajno je to zelo pogosto pošiljanje majhne količine podatkov s pomočjo brezžičnih tehnologij (6LoWPAN [37], Z-Wave [38], ZigBee [39], Bluetooth LE [40]) in v ta namen prilagojenimi protokoli (CoAP, XMPP, RESTful http, MQTT, DDS). Če je mobilna ali fiksna povezljivost, ki je seveda tudi možen način povezovanja stvari, aortni in venski del krvožilnega sistema komunikacij, nas brezžično IoT povezovanje spominja na človekovo kapilarno ožilje. Združenje IIC (Industrial Internet Consortium) razvija specifikacijo za prenos energije prek omrežja naprav IoT in samodejni preklop napajanja na alternativne vire energije ob izpadu primarnega vira.

Stvar mora biti pametna, mora imeti torej tudi računsko moč. Na voljo so različni mikrokontrolerji za manj kot dolar, ki jih lahko programirate in povežete njihove vhode in izhode tako, da so pametne stvari sposobne čutenja (ang. sensing) podobno kot človek s svojimi čutili. V ta namen se uporabljajo senzorji in atenuatorji ali druga tipala za pridobivanje podatkov. Pametne stvari enostavno povežemo med seboj neposredno (n.p. wireless mesh network) ali posredno preko prehodov (ang. M2M/IoT Gateways), njihovi podatki pa se združujejo v skupni IoT platformi, ki je najpogosteje v oblaku (na robu ali v centru). IoT prehode lahko obravnavamo podobno kot WEB strani in dostopamo do njih preko APIjev. Kot prehod nam lahko služi preprost mini računalnik Raspberry Pi z Linuxom, na katerega priključite tudi video kamero ali povežete z mikrokrmilnikom Arduino. Take vrste rešitev na področju ICT lahko vzporejamo z rešitvami na področju uporabe alternativnih virov za lokalno pridobivanje energije, n.pr. mikro gridi v domačem okolju (sonce, voda, zrak) – princip DIY.

Velik izziv ostaja medsebojna združljivost stvari na nivoju protokolov, enostavneje pa se združujejo njihovi podatki in pretvarjajo v informacije, ki jih uporabljajo druge storitve ali aplikacije, ki jih prikazujejo uporabnikom v prijazni in razumljivi obliki. Vse to se dogaja bodisi na računsko zmogljivejših pametnih stvareh (samodejnih agentih v robotih in samovozečih vozilih) ali v oblaku. Ne smemo pozabiti tudi na zahteve po odzivnosti. Če smo v svetu aplikacij in storitev zadovoljni s sekundnim odzivom, v sedanjem omrežju s 50 ms odzivom, pa je na nivoju pametnih stvari industrijskega interneta potrebna odzivnost pod 10 ms (n.pr. za samodejno vožnjo so to 3 ms). Internetno povezljivost ranga 1 ms imenujemo tudi taktilni internet ali internet dotika, toliko namreč potrebuje človeško telo, da se odzove na bolečino.

Z nastopom »interneta stvari« zgodb ne pripovedujejo le zbrani prijatelji in znanci ob večerih, naši predniki zahvaljujoč pisavi in izumu tiska, oddaje televizijskega programa in multimedijski zapisi na svetovnem spletu. Zgodbe odslej pripovedujejo tudi stvari in naprave. Tako kot sta teleskop in nanoskop razširila dimenziji prostranega in nano-miniaturnega, tako biti in bajti v napravah ter informacije in storitve v oblaku razširjajo in dajejo neslutene nove dimenzije in možnosti inoviranja. Podatki se spreminjajo v informacije, znanja in modrost, kar vse predstavlja neprecenljivo vrednost, in to ne le merjeno v denarju.

E. *Varnost in zasebnost, zakonodaja in regulativa*

Skupni izziv za pametna omrežja pri uporabi vseh zgoraj omenjenih tehnoloških gradnikih je, kako vgraditi varnost in spoštovati zasebnost. Zaradi uporabe teh tehnologij v vertikalnih sektorjih z industrijskim značajem obstaja velika verjetnost, da bodo te rešitve predmet pogostih varnostnih napadov, in tudi ti so vse bolj pretkani in z veliko mero

vgrajene inteligence. Spomnimo se samo blokade zavornega sistema samovozečega vozila ali razkritja podatkov bolnikov z aidsom v Veliki Britaniji. Decembra 2015 je bil izveden tudi prvi vdor v sistem SCADA v operativnem centru Prykarpattyaoblenergo v Ukrajini [29]. Z izključitvijo 30 razdelilnih transformatorskih postaj in nato še dveh sosednjih centrov so posegli v elektroenergetsko omrežje in brez elektrike je ostalo več kot 230.000 gospodinjstev in industrijskih uporabnikov.

Po drugi strani pa pametna omrežja povečujejo stopnjo varnosti na vseh področjih (varnost v domu in na javnih prostorih). Mogoče nam dajejo še prevelik občutek varnosti.

V pametnih omrežjih je varnost ne-le vgrajena v omrežja, vgrajena mora biti tudi v podatke in v operativne procese. S stališča varnosti IoT sta najpomembnejši kategoriji avtentikacija kritičnih podatkov in osnovni prožilci akcij. Dopolnjujejo jih vgrajene politike varnosti v samih napravah, ki dostopajo do teh storitev in podatkov ter ekosistem partnerjev, ki jim zaupamo in imajo vzpostavljen skupni program politike varnosti. Sledljivost podatkov (geolokacija, uporaba proizvoda, bolezni, i.t.d.) posega tudi na področje zasebnosti, zato je podatke potrebno opremiti s psevdo identifikacijo »ang. pseudonomization« in jih uporabljati anonimizirane za nadaljnjo uporabo.

Pametna omrežja in 4. industrijska revolucija so enaka grožnja zasebnosti kot pa varnosti. Informacije, ki jih pridobimo o uporabniku o njegovem zasebnem in družbenem življenju, so lahko vir zlorab. To področje pa ne pokriva več tehnologija in etika, ampak države s svojo politiko, zakonodajo in regulativo. Bolj kot kdajkoli prej je pomembna industrijska lastnina in avtorsko pravo, slednje predvsem v zvezi z obstoječimi multimedijskimi vsebinami.

Pri pripravi rešitev moramo upoštevati izhodiščne zahteve in iz njih izpeljane arhitekturne koncepte, načrtovalske principe in tehnološke gradnike za pametna omrežja. Vse te gradnike standardizirajo v infokomunikacijskih standardizacijskih organizacijah, združenjih in tehnoloških platformah kot so ITU–T, ETSI, 3GPP, IETF, Future Networks, 5GPPP, OneM2M, MEF, OASIS, W3C, EuroCloud in ostalih domenskih standardizacijskih organizacijah in združenjih kot so ISO, CEN, CENELEC, Smart Grids, in drugih. Za občutek širine področij navedimo, da so za področje IoT našteli več kot 150 takih organizacij.

Za regulatorje bo pomembno področje ureditev radiofrekvenčnega spektra na regionalnem in svetovnem nivoju. Pomanjkanje sodelovanja pri določanju licenčnega spektra za 4G je lahko dober zgled za izboljšanje v omrežjih 5G. Spekter je izjemno pomemben omejen naravni vir, zato je z njim potrebno delati izjemno tenkočutno, da bodo frekvence na voljo za tako obsežno področje delovanja.

Zaradi vpletenosti ključnih področij, ki obsegajo telekomunikacije v povezavi z ostalimi industrijskimi panogami in prosumerje (potrošnik in proizvajalec hkrati), bo regulativni proces kompleksen in dolg.

VI. PAMETNA OMREŽJA IN DRUŽBENI VPLIV

Kako bo 4. industrijska revolucija vplivala na življenje in delo ljudi, še ni povsem jasno [25]. Na svetovnem gospodarskem foruma v Davosu 2016 [36], je Joe Biden na podlagi poročila izrazil bojazen, da bodo šle vse koristi v roke nastale »elite« in da bo še naprej čutiti slabljenje srednjega sloja, predvsem zaradi izgube in varnosti služb. Umetna inteligenca vsepovsod lahko prestopi mejo služenja človeštvu in služi posameznikom. Navidezna resničnost in igre lahko popačijo pogled na svet in soljudi, v človeški naravi je, da se z določenimi pojavi težko sooča, zato mu ni dano vedenje o njegovi prihodnosti v naprej.

Zanimivi so trendi izginjanja ne le srednjega sloja, ampak tudi delavskega sloja ter z njim delavskega in sindikalnega gibanja. Novi pristopi v poslovanju in (ne)zaposlovanju v obliki pogodbenega dela so oblikovani na principih samozaposlenih delavcev brez socialnega in drugega pravnega varstva v primeru nesposobnosti za delo. Tudi to prinaša s seboj vsesplošna povezanost. Pomislite, da vas pride iskat domov Ubrovo samovozeče vozilo.

Vse močnejše družbeno gibanje je tudi odprtokodnost, ki ji vse bolj zaupajo tudi operaterji, kar se odraža na odprtem pozivu po pripravi rešitev na področju NFV. Odprta delovna mesta so še ena od oblik odprtosti, tokrat na področju zaposlovanja. Vse bolj se daje pomen interdisciplinarnim znanjem in veščinam (kultura devops, digitalni voditelj [31]).

Družbeni vplivi 4. industrijske revolucije bodo tudi izjemno pozitivni, če bomo vlagali v znanje in dodatne veščine, rutinska dela pa bodo lahko opravljali roboti, 3D tiskalniki, samovozeča vozila in ponudniki informacij. Najpomembnejše je, da ta čas ljudje porabijo za udejanjanje inovativnih idej in aktivnosti, ki morajo zamenjati rutinska dela ter ohranjajo zdravje in dobro počutje. Z večjo vključitvijo v skupnosti in s skrbjo za dobre medsebojne odnose je dejanska vrednost neprecenljiva.

VII. ZAKLJUČEK

Četrta industrijska revolucija je tu in naredimo vse, da bo v dobro človeštva. Ker pa smo tudi priča 3. svetovni vojni po delih, bi Chaplin po vsej verjetnosti ponovil znameniti govor iz Velikega diktatorja, prosto preveden iz interneta [44]:

»Razvili smo hitrost, a smo se zaprli vase; stroji, ki ponujajo izobilje, so nas pustili v pomanjkanju. Naše znanje nas dela cinične, naša bistrost pa neusmiljene in krute. Preveč mislimo in premalo čutimo. Bolj kot stroje potrebujemo humanost, bolj kot bistrost potrebujemo ljubeznivost in prijaznost. Brez teh vrednot bo življenje nasilno in vse bo izginilo.«

Zato je tako pomembna interdisciplinarnost in povezava gospodarskih panog, tudi sektorja IKT, s humanističnimi in družbenimi vedami. Tudi na področju pametnih omrežij.

LITERATURA

[1] Poročila analitskih hiš (IDC, Gartner Group, OVUM, MIT Sloan, …)

[2] World Development Report 2016, Enabling Digital Development, Six digital technologies to watch, 5.4.2016 na strani http://www.worldbank.org/en/publication/wdr2016

[3] OECD. (2013), "Building Blocks for Smart Networks", *OECD Digital Economy Papers*, No. 215, OECD Publishing, Paris. DOI: 5.1.2016 na strani http://dx.doi.org/10.1787/5k4dkhvnzv35-en

[4] Domača stran Industry 4.0 in tamkajšnje reference, https://en.wikipedia.org/wiki/Industry_4.0

[5] Strategija digitalizacije evropske industrije, 25.4.2016 na straneh https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/digitising-european-industry , https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/towards-5g , https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/cloud , https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/internet-things , https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/big-data , https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/cybersecurity

[6] Qian Sheng, DIGITAL-NATIVE ARCHITECTURE ENABLES DIGITAL TRANSFORMATION, TM Forum Perspectives 2016/17

[7] Domača stran 5G PPP https://5g-ppp.eu

[8] Poročilo 5G empowering vertical industries, 15.4. 2016 na strani https://5g-ppp.eu/wp-content/uploads/2016/02/BROCHURE_5PPP_BAT2_PL.pdf
[9] Y. Kishiyama, A. Benjebbour, S. Nagata, Y. Okumura, T. Nakamura, »NTT DOCOMO 5G Activities – Towards 2020 Launch of 5G Services,« NTT DOCOMO Technical Journal Vol. 17 No 4., April 2016
[10] Use of a globally distributed blockchain to secure SDN, 15.4. 2016 na strani http://www.ciosummits.com/Guardtime_KSI_Use_of_a_globally_distributed_blockchain_to_secure_SDN_whitepaper_1602.pdf
[11] M.K. Weldon and Bell Labs Research, CTO, and Consulting Staff, The Future X Network: A Bell Labs Perspective. CRC Press, 2015. ISBN 978–1498759267
[12] MEF The ThirdNetwork Agile, Assured, Orchestrated, Vision and Strategy, November 2014, 15.4. 2016 na strani
[13] Service Operations Specification MEF 55, Lifecycle Service Orchestration (LSO): Reference Architecture and Framework, Marec 2016, 15.4. 2016 na strani https://www.mef.net/Assets/Technical_Specifications/PDF/MEF_55.pdf
[14] Accenture: The Digital Network 3.0 in the Services Providers of 2020: Creating Value from Disruption, 15.4. 2016 na strani https://www.accenture.com/us-en/insight-open-systems-interconnection-model-networking.aspx
[15] Internet Society Global Internet Report 2015, Mobile Evolution and development of the Internet, 2.4.2016 na strani http://www.internetsociety.org/globalinternetreport/assets/download/IS_web.pdf
[16] Tomo Bogataj: interna marketinška dokumentacija, združene napovedi IHS 2016, Gartner 2016, WorldBank 2016
[17] Business model, Open business model, 2.4.2016 s strani https://en.wikipedia.org/wiki/Business_model http://tbmdb.blogspot.si/2009/06/what-is-open-business-model.html
[18] ONUG Software-Defined WAN Use Case, A white paper from the ONUG SD-WAN Working Group https://opennetworkingusergroup.com/wp-content/uploads/2015/05/ONUG-SD-WAN-WG-Whitepaper_Final1.pdf ,
[19] Network On-demand, 23.4.2016 s strani http://enterprise.alcatel-lucent.com/?solution=NetworkOnDemand&page=overview
[20] Verizon: Digital transformation powers your business. 10.4.2016 na strani http://www.verizonenterprise.com/digitaltransformation/
[21] Verizon: State of the Market: Internet of Things 2016, 10.4.2016 na strani http://www.verizonenterprise.com/verizon-insights/state-of-market-internet-of-things/2016/
[22] Verizon: State of the Market THE INTERNET OF THINGS 2015, 10.4.2016 na strani http://www.verizonenterprise.com/resources/reports/rp_state-of-market-the-market-the-internet-of-things-2015_en_xg.pdf
[23] 5G researchers manage record connection speed, 16.4.2016 na strani http://www.bbc.com/news/technology-31622297
[24] LiFi: illuminating communications, 16.4.2016 na strani http://www.computescotland.com/lifi-illuminating-communications-8233.php
[25] Monitor Svet, marec 2016
[26] Tom Nolle Blog, http://blog.cimicorp.com/
[27] Domača stran SDX Central https://www.sdxcentral.com/
[28] Walker and Associates Skinny Wire, Volume X, Issue 1, https://walkerfirst.com/uploads/files/literature/Skinny%20Wire%2016W%20Web%20Final.pdf
[29] https://www.wired.com/2016/03/inside-cunning-unprecedented-hack-ukraines-power-grid/
[30] GE (NYSE: GE), The Industrial Internet, 10.3.2016 na strani https://www.ge.com/digital/industrial-internet
[31] William A. Fischer, Ste digitalni ali analogni voditelj?, IECD, 28. knjižica leta
[32] IEEE Network, Big Data for Networking, January/February 2016, Vol.30, No. 1
[33] IEEE Tutorial, Emerging Concepts and Technologies Towards 5G Wireless Networks
[34] BlockChain Database, 10.3.2016 na strani https://en.wikipedia.org/wiki/Block_chain_(database) http://ieee-sdn.blogspot.si/2016/04/towards-quantum-singularity.html
[35] SD–WAN, 10.3.2016 na strani http://searchnetworking.techtarget.com/ezine/Network-Evolution/SD-WAN-makes-secure-networks-possible-in-hybrid-WANs
[36] The global, regional, and investment implications of the Fourth Industrial Revolution, UBS White Paper for the World Economic Forum Annual Meeting 2016, January 2016
[37] https://en.wikipedia.org/wiki/6LoWPAN
[38] https://en.wikipedia.org/wiki/Z-Wave
[39] https://en.wikipedia.org/wiki/ZigBee
[40] https://en.wikipedia.org/wiki/Bluetooth
[41] Overview of European Initiatives on Digitising Industry, 23.4.2016 s strani http://www.techniques-ingenieur.fr/actualite/wp-content/uploads/2016/04/OverviewofEuropeanInitiativesonDigitisingIndustry-1.pdf
[42] Slovenska strategija pametne specializacije – S4, 23.4.2016 s strani http://www.svrk.gov.si/fileadmin/svrk.gov.si/pageuploads/Dokumenti_za_objavo_na_vstopni_strani/S4_dokument_potrjeno_na_VRS_150920.pdf
[43] Domača stran podjetja Uber, 23.4.2016 s strani https://www.uber.com/
[44] Charlie Chaplin- The Great Dictator, The Barber's speech, 16.4.2016 s strani https://en.wikiquote.org/wiki/Charlie_Chaplin
[45] Domača stran DevOps, 23.4.2016 s strani http://devops.com/
[46] NGMN 5G White Paper V1.0 by NGMN Alliance, 16.4.2016 s strani https://www.ngmn.org/fileadmin/ngmn/content/downloads/Technical/2015/NGMN_5G_White_Paper_V1_0.pdf
[47] Deloitte, VoLTE/VoWiFi: capacity, reach and capability, 16.4.2016 s strani https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/global/Documents/Technology-Media-Telecommunications/gx-tmt-prediction-voice-over-wifi-lte.pdf
[48] Domača stran GZS, projekt Slovenija 5.0, 16.4.2016 s strani https://www.gzs.si/slovenija_5.0/
[49] Projekt Slovenija 5.0, dokument Manifest industrijske politike, 16.4.2016 s strani https://vrhgospodarstva.gzs.si/Portals/Portal-Vrhgospodarstva/Vsebine/novice-priponke/manifest%205%200_tisk-slo.pdf
[50] Cloud Computing, 16.4.2016 s strani https://support.rackspace.com/white-paper/understanding-the-cloud-computing-stack-saas-paas-iaas/ https://en.wikipedia.org/wiki/Cloud_computing http://eurocloud.si/
[51] Internet of Things, 16.4.2016 s strani https://en.wikipedia.org/wiki/Internet_of_Things http://www.theinternetofthings.eu/ https://www.facebook.com/IoTSlovenia http://www.opcomm.eu/sl
[52] Big Data, Analytics, 16.4.2016 s strani https://en.wikipedia.org/wiki/Big_data https://en.wikipedia.org/wiki/Analytics
[53] Open Source Community, 16.4.2016 s strani https://opensource.com/ https://en.wikipedia.org/wiki/Open-source_software
[54] On-demand economy, 16.4.2016 s strani https://theondemandeconomy.org/
[55] Public-Private partnership, 16.4.2016 s strani https://en.wikipedia.org/wiki/Public%E2%80%93private_partnership
[56] Revenue Sharing, 16.4.2016 s strani https://en.wikipedia.org/wiki/Revenue_sharing
[57] Unified Communication and Collaboration, 16.4.2016 s strani http://www.gartner.com/it-glossary/unified-communications-and-collaboration-ucc/ https://en.wikipedia.org/wiki/Digital_collaboration
[58] Virtual Reality, 16.4.2016 s strani https://en.wikipedia.org/wiki/Virtual_reality

Ana Robnik je svetovalka za telekomunikacije, koordinira delo v standardizacijskih organizacijah in vodi raziskovalno skupino podjetja Iskratel. Svojo poklicno pot je po univerzitetnem študiju uporabne matematike na Fakulteti za matematiko, fiziko in mehaniko Univerze v Ljubljani in opravljenem magisteriju iz računalništva na Fakulteti za računalništvo Univerze v Ljubljani nadaljevala v razvojno raziskovalni enoti Iskra Kibernetika, nato pa v IT-oddelku Iskratela. Nato se je vključila v razvoj telekomunikacijskih produktov SI2000 in nato SI3000 ter do leta 2009 vodila sektor za upravljanje in nadzor omrežnih elementov.

Razvoj časovno kritičnih in samo-prilagodljivih aplikacij v oblaku

Vlado Stankovski, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Univerza v Ljubljani; Marko Bajec, Fakulteta za računalništvo in informatiko, Univerza v Ljubljani

Povzetek — V tem trenutku še ne obstaja metodologija za razvoj časovnokritičnih aplikacij v oblaku, kot so na primer aplikacije za zgodnje opozarjanje na katastrofo, sodelovalno obveščanje ali prenos dogodkov »v živo«. Cilj Evropskega projekta SWITCH je razviti novo metodologijo in sistem za kooperativno in sočasno programiranje ter nadzor aplikacij in infrastruktur, v katerem sta lahko v celotnem življenjskem ciklu aplikacij vključeni kakovost storitve in kakovost uporabniške izkušnje. V tem prispevku bomo predstavili osnovne elemente načrtovanega sistema SWITCH, za katerega na UL razvijamo komponente za nadzor in samoprilagajanje. Sistem SWITCH sestavljajo (i) interaktivno programsko okolje za razvoj časovno kritičnih oblačnih aplikacij in nadzor nad njihovim izvajanjem (SIDE), (ii) orodje za načrtovanje infrastruktur v realnem času za potrebe prenosa in izvajanja časovno kritičnih aplikacij v oblak (DRIP) ter (iii) platforma za avtonomno prilagajanje sistema, ki omogoča maksimalno pohitritev sistema med samim izvajanjem aplikacij (ASAP).

Ključne besede — časovnokritične aplikacije, oblak, samoprilagajanje.

Abstract — At the moment, there is no methodology for the development of time-critical applications in the Cloud, for example, catastrophe early warning systems, instant messaging or live-events broadcasting. The aim of the European research and innovation action SWITCH is to develop a new conceptual model for co-programming and control of applications and infrastructures in which the Quality of Service and Quality of Experience are included in the overall software engineering life-cycle. Here, we present the key elements of the planned system SWITCH for which we develop monitoring and self-adaptation components. The SWITCH system consists of (i) a SWITCH Interactive Development Environment (SIDE) for the engineering of time-critical applications and the monitoring of their execution, (ii) a Distributed Real-time Infrastructure Planner (DRIP) facilitating infrastructure planning and deployment of engineered applications to a selected Cloud and (iii) an Autonomous System Adaptation Platform (ASAP), allowing for maximal performance of the system during the execution of the applications.

Keywords — time-critical applications, Cloud, self-adaptation.

I. UVOD

Za obdobje, v katerem živimo, so značilni tehnološki napredki na vseh področjih ter visoka konvergenca tehnologij. Pomembnejši trendi so v zadnjem času prehod na protokol IPv6, brezžične tehnologije za komunikacijo med (pametnimi) napravami (angl. Machine-to-Machine, M2M), internet stvari (angl. Internet of Things, IoT) ter računalništvo v oblaku (angl. Cloud computing). Postopki razvoja in inženiringa programske opreme se morajo torej prilagajati vsem novim trendom. Zato si na začetku na kratko oglejmo, kaj programerjem pomenijo ti trendi.

IPv6 predstavlja novejši internetni protokol (angl. Internet Protocol, IP) s 128-bitnimi naslovi. V primerjavi z 32-bitno različico protokola (IPv4) ponuja Ipv6 večji naslovni prostor ter priključitev večjega števila naprav v internet. Napravam, kot so različni senzorji, aktuatorji pa tudi roboti, bo mogoče v kratkem dodeliti internetne naslove in jih posledično tudi upravljati prek medmrežja. Naslovov IPv6 je dovolj za vsako praktično uporabo, zaradi tega bomo lahko pravzaprav vsako pametno napravo priključili v omrežje, najsi bo v hišah, vozilih, podjetjih in podobno. Značilnost IPv6 je, da omogoča samodejno nastavitev omrežnih parametrov na uporabnikovem sistemu, poleg tega pa ima še nekatere druge prednosti, kot so na primer poenostavljena zasnova, možnosti za razširitve, olajšana mobilnost in vgrajeni mehanizmi za šifriranje.

Tehnologije in standardi M2M omogočajo samodejen prenos podatkov med stroji, napravami, senzorji in centralnimi sistemi z namenom nadzora in vodenja na daljavo s posredovanjem človeka ali brez njega. S čedalje večjo cenovno dostopnostjo tehnologije in vedno večjo prisotnostjo povezanih storitev lahko pričakujemo, da bo v naslednjem desetletju prek interneta povezanih na milijarde naprav.

Veliki premiki nastajajo tudi na področju računalništva v oblaku. Zaradi povečanega števila naprav, priklopljenih v medmrežje, lahko pričakujemo tudi povečanje zahtev po uporabi računskih in mrežnih virov. Nekateri napovedujejo, da se bodo te zahteve po računalniških virih povečale tudi do 700 % do leta 2020.

Ponudniki računalništva v oblaku zagotavljajo kakovost na ravni storitev predvsem znotraj svojih podatkovnih centrov (angl. Data Centres), vendar imajo različne aplikacije povsem različne zahteve po kakovosti, prav tako pa tudi njihovi končni uporabniki. Določene vrste aplikacij, kot so na primer, časovnokritične aplikacije, pa imajo zelo specifične zahteve, npr. maksimalno količino dovoljenega trepetanja (angl. jitter), minimalno pasovno širino (angl. bandwidth), zahteve po obdelavi velike količine podatkov (angl. Big Data) ipd. Zaradi teh in podobnih zahtev lahko zagotovimo bistveno boljšo kakovost storitev in kakovostnejšo uporabniško izkušnjo, če (1) znamo učinkovito upravljati z računskimi viri, npr. vnaprej ali v času izvajanja aplikacij spreminjamo količino dodeljenih računskih virov, kot so količina pomnilnika, tip procesorja, velikost shrambe ipd.; (2) prek uporabe tehnologij za programsko definirana omrežja na širokih območjih (angl. Wide Area - Software Defined Networking, WA-SDN) določamo mrežne vire, dodeljene posameznim aplikacijam; ter (3) omogočimo izvajanje aplikacij in storitev v računalniplkih oblakih, ki se nahajajo najbližje uporabnikovi lokaciji, kar omogoča med drguim tudi optimizacijo za delovanje časovno-kritičnih aplikacij.

Glede na omenjene tehnološke trende in zahteve časovnokritičnih, podatkovno občutljivih (npr. s stališča

varnosti podatkov) in drugih aplikacij je za pričakovati, da se bo v bližnji prihodnosti tudi bistveno spremenila metodologija razvoja programske opreme in tako tudi življenjski cikel programske opreme. Pričakujemo lahko tudi, da bo kmalu nastalo veliko mikro ali manjših geografsko porazdeljenih podatkovnih centrov. Na primer, posamezne »pametne« soseske ali stanovanjski bloki bodo lahko imeli svoj podatkovni center. Le-ta bo uporaben za nešteto novih aplikacij, ki bodo upravljale s pametnimi omrežji, logistiko, varnostjo, varčevanjem z energijo in podobno. Tudi naprave, ki jih imamo v naših domovih (npr. usmerjevalniki), na katerih je nameščen operacijski sistem, bodo lahko delovale kot računalniki. Na tak način si bodo manjše in večje naprave z zelo heterogenimi lastnostmi delile del računskega bremena. Ti manjši »oblački« bodo omogočili bistveno bolj povezano, zanesljivo, odporno in tudi decentralizirano (brez centralnega nadzora) izvajanje aplikacij računalništva v oblaku. Nekateri temu pravijo računanje na robu omrežja (angl. edge computing). Torej računske operacije se bodo premikale čim bližje podatkovnim virom.

Temu seveda sledijo tehnologije računalništva v oblaku ter tehnologije za razvoj in inženiring programske opreme. V nadaljevanju si bomo ogledali trenutno stanje teh tehnologij, primer časovnokritične oblačne aplikacije za prenos dogodkov v živo ter načrt sistema SWITCH, ki omogoča izvajanje časovnokritičnih aplikacij – med drugim – tudi na robu omrežja. SWITCH je projekt programa Obzorje 2020 s področja programskega inženiringa, na katerem sodelujemo [12].

II. RAČUNALNIŠTVO V OBLAKU, NA ROBU OMREŽJA

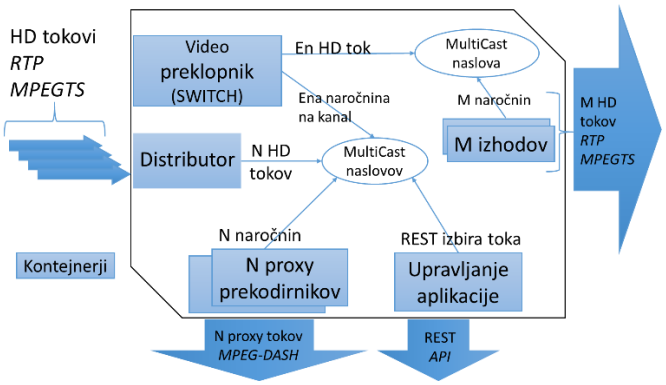
Tehnologije računalništva v oblaku so v preteklih nekaj letih dosegle novo kakovostno raven, saj je večje število podjetij prešlo na uporabo tehnologij kontejnerjev (oziroma vsebnikov) pri razvoju in inženiringu oblačnih aplikacij. Organizacija Cloud Native Computing Foundation (CNCF) [2], katere člani so vodilna računalniška podjetja, je predstavila svojo vizijo in tudi arhitekturo računalništva v oblaku, ki temelji na uporabi kontejnerjev. Različna podjetja trenutno razvijajo tehnologije, ki bodo omogočale prožno in učinkovito upravljanje aplikacij, sestavljenih iz kontejnerjev.

Pakiranje programov v kontejnerje je bistveno prožnejši, varčnejši in učinkovitejši način kot pakiranje programov na virtualne stroje. Primerjave med tehnologijami kontejnerjev in virtualnih strojev so bile že narejene in so dostopne tudi na svetovnem spletu. Danes obstaja veliko število shramb (repozitorijev) za slike kontejnerjev (angl. container images), kjer lahko brskamo po različnih funkcionalnostih, ki jih želimo vgraditi v naše oblakovne aplikacije. En izmed takšnih repozitorij je na primer Docker Hub [3]. Za razvoj aplikacij pa se uporablja vrsta različnih orodij, naj omenimo Juju Charms [4] in Fabric8 [5]. Obenem lahko uporabljamo tudi določene tehnologije, ki omogočajo programsko definirana omrežja, na primer, tehnologija Weave [6] ter programsko definirane shrambe – tehnologija CEPH [7]. Nekateri operacijski sistemi so tudi še posebej prilagojeni za delo s kontejnerji: takšna sta CoreOS [8] ali RancherOS [9]. Kubernetes [10] pa je zlasti pomembna tehnologija, ki jo lahko uprabljamo za avtomatizacijo posameznih opravil, npr. skaliranja komponent.

Vse te tehnologije in tudi nekatere druge nam pridejo prav, ko želimo razvijati oblačne aplikacije, ki se bodo izvajale na robu omrežja. V nadaljevanju si oglejmo eno tako aplikacijo, ki je povsem »kontejnerizirana« – oblačno aplikacijo za prenos dogodkov v živo.

III. PRIMER ČASOVNOKRITIČNE APLIKACIJE

Aplikacijo, ki jo predstavljamo v tem razdelku (slika 1), razvija podjetje MOG technologies [11]. Namenjena je predvajanju dogodkov v živo. Večje število kamer bo snemalo dogodek in pošiljalo podatke v obliki HD (angl. High Definition) tokov po protokolu (Real-time Transport Protocol, RTP) v oblak. Vsak podatkovni tok bo prekodiran v podatkovni tok slabše kakovosti in poslan prek medmrežja uredniku oddaje, ki se bo lahko nahajal kjer koli, tudi na drugem koncu sveta. Urednik bo lahko prek vmesnika (REST API) upravljal z aplikacijo, kjer bo lahko izbiral med ustreznimi podatkovnimi tokovi za predvajanje. Video preklopnik (SWITCH) bo potem posredoval izbrani tok vsebniku (angl. container), poimenovanem »izhod«. Izhod bo pripravil in razposlal video v visoki kakovosti vsem odjemalcem.



Slika 1: Shematski prikaz oblakovne aplikacije za prenos dogodkov v živo, ki je sestavljena iz večjega števila komponent – kontejnerjev.

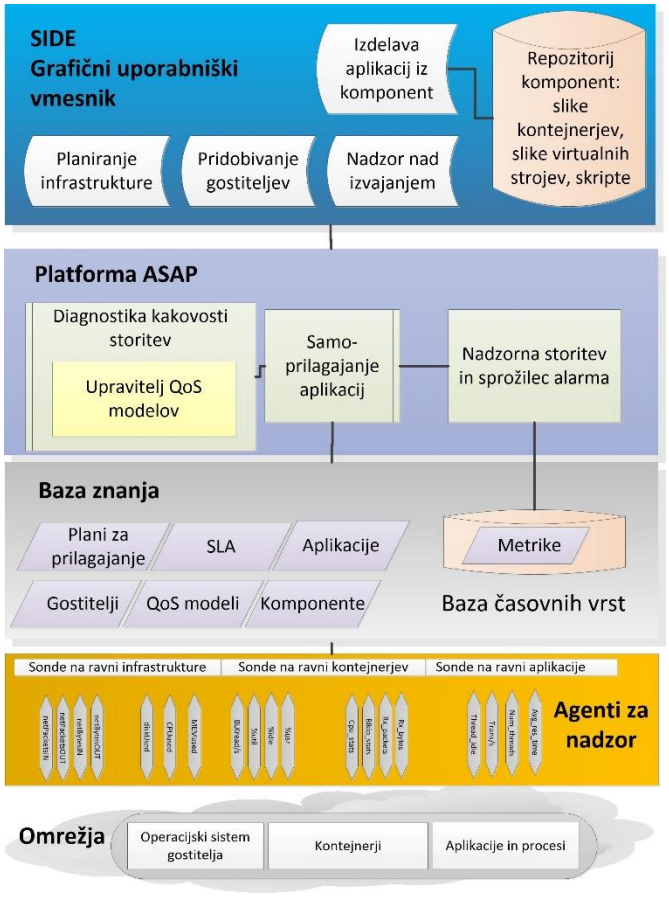
Okolje za programiranje te časovnokritične aplikacije torej mora omogočiti točno opredelitev računskih in mrežnih virov, ki so nujno potrebni za kakovostno izvajanje aplikacije v oblaku. Če se resolucija vhodnih ali izhodnih tokov spremeni, se spremenijo tudi zahteve po računskih in mrežnih virih. Zato je nujno potrebno uporabiti posamezne tehnologije, ki bi nam omogočile rezervacijo oz. spreminjanje količin dodeljenih virov aplikacije. Topologija postavitve same aplikacije je prav tako zelo pomembna. Določene povezave zahtevajo več mrežnih virov, zato moramo biti pozorni pri izbiri, kje točno se bo izvajala aplikacija in kakšne bodo mrežne povezave med komponentami.

V nadaljevanju si oglejmo arhitekturo sistema SWITCH, ki ga trenutno razvijamo in ki naj bi omogočil učinkovitejši razvoj, cenejše obratovanje in višjo kakovost pri razvoju časovnokritičnih oblačnih aplikacij.

IV. SISTEM SWITCH IN PLATFORMA ASAP

Sistem SWITCH je sestavljen (glej sliko 2) iz treh ključnih komponent: (i) interaktivnega programskega okolja (grafični uporabniški vmesnik) za razvoj časovno kritičnih oblakovnih aplikacij in nadzor nad njihovim izvajanjem (SIDE), (ii) orodja za načrtovanje infrastruktur v realnem času za potrebe prenosa in izvajanja časovnokritičnih aplikacij v oblaku (DRIP) ter (iii) platforme za avtonomno

prilagajanje sistema, ki omogoča maksimalno pohitritev sistema med samim izvajanjem aplikacij in storitev (ASAP).



Slika 2: Arhitektura platforme ASAP in povezave z ostalimi komponentami sistema SWITCH. Sistem DRIP omogoča planiranje topologij posameznih aplikacij vendar zaradi enostavnosti prikaza ni predstavljen na spodnji sliki.

Platforma ASAP je zelo pomemben del sistema SWITCH. Ko uporabnik definira svojo aplikacijo, se aplikacija namesti na izbranem ponudniku računalništva v oblaku. Oglejmo si delovanje platforme ASAP v trenutku, ko je aplikacija že nameščena na gostiteljskem operacijskem sistemu (razlaga sledi sliki od spodaj navzgor). Agenti za nadzor aplikacije zbirajo različne informacije o sami aplikaciji, na primer, o kakovosti mrežnih storitev, in sicer v komunikaciji med odjemalcem in kontejnerjem, ki obdeluje podatke v oblaku. Agenti preko svojih sond zbirajo tudi druge podatke, kot so količina dodeljenega pomnilnika in procesorskega časa posameznemu kontejnerju. Na višji ravni se podatki zbirajo v bazi časovnih vrst in nadalje obdelujejo. Baza znanja je sestavljena iz večjega števila konceptualnih modelov (ontologij), ki definirajo različne plane za prilagajanje aplikacij (npr. povečanje količine dodeljenega pomnilnika, zamenjava procesorja ipd.), koncepti dogovorov na ravni storitev (angl. Service Level Agreement, SLA), gostiteljev, modelov kakovosti storitev itd. Na najvišji ravni te arhitekture pa se nahajajo storitve, ki zbirajo in obdelujejo zbrane podatke, sprožajo alarme (ob različnih dogodkih, na katere je treba reagirati, npr. Pri znižanju kakovosti storitev). Samo-prilagajanje aplikacij pa se izvaja v povezavi s platformo DRIP, ki po potrebi lahko tudi zamenja ponudnika računalništva v oblaku ali spremeni topologijo posamezne aplikacije.

V. IZZIVI NA PODROČJU PROGRAMSKEGA INŽENIRINGA

Pri dosedanjem delu smo se ukvarjali z vrsto pomembnih vprašanj s področja razvoja programske opreme. Tu so cilji izboljšati produktivnost, nadgradljivost, razširljivost, učinkovitost, varnost in druge lastnosti razvoja programske opreme. V nadaljevanju na kratko navajamo nekatere izzive, ki se jim pri našem delu preprosto ne moremo izogniti.

A. Metodologije za izboljšanje produktivnosti

Proces razvoja programske opreme je zelo dobro raziskano področje, vendar se danes pojavljajo različni novi tehnološki in praktični izzivi, ki zahtevajo spremembe tudi v tem pogledu. Število programskih vrstic že dolgo ni več pravo merilo produktivnosti. Pomembneje je, kako kakovostna je razvita programska oprema, kakšna je njena uporabnost, kako je nadgradljiva, koliko razširljiva itd.

Pomembno je tudi čim hitreje zbrati povratne informacije s strani končnih uporabnikov o kakovosti njihove uporabniške izkušnje s programsko opremo. Tudi te informacije imajo vlogo pri samoprilagajanju aplikacij.

Danes lahko le zelo usposobljeni programerji izdelujejo oblakovne aplikacije. Pričakovati je mogoče, da bodo nove tehnologije, podobne tehnologiji SWITCH, prispevale h krajšim razvojnim ciklom oblačnih aplikacij, saj bodo omogočile veliko stopnjo avtomatizacije pri razvoju, med drugim tudi simulacijo delovanja in nadzorovano upravljanje kratkih razvojnih ciklov.

Postopki programskega inženiringa morajo upoštevati ne samo razvoj programov, temveč tudi njihovo namestitev v oblaku, na konkretni infrastrukturi ter možnosti za prilagajanje aplikacij v času njihovega izvajanja. DevOps [1] je gibanje, ki se osredotoča na razumevanje teh povezav in išče odgovore na vprašanja:

- programske kode: način pisanja programov in orodja za kontinuirano integracijo,
- prevajanje: orodja za verzioniranje, spajanje kode, status prevajanja,
- testiranje: določanje kakovosti storitev v fazi izvajanja v oblaku,
- pakiranje: shrambe (oz. repozitoriji) programskih komponent (npr. slik kontejnerjev ali slik virtualnih strojev), predpriprava na namestitev,
- različice: objava različic programske opreme, potrditev funkcionalnih in nefunkcionalnih zahtev, avtomatizacija objave novega programja,
- konfiguracija: konfiguracija infrastruktur in upravljanje ter
- nadzor: nad izvajanjem aplikacij in zajemanje uporabniških izkušenj.

B. Konteksti aplikacij

Na področju programskega inženiringa trenutno primanjkuje modelov, metode in orodja za načrtovanje aplikacij, ki temeljijo na konceptu interneta stvari. Življenjski cikel teh aplikacij je še vedno nejasen in bo potreboval še veliko razvoja. Primanjkuje tudi orodij za analizo kakovosti storitev za takšne aplikacije, ki temeljijo na premičnih in nepremičnih predmetih ter napravah, priklopljenih na medmrežje.

V takih okoliščinah se lahko programska oprema zaradi prilagajanja računalniških virov in infrastrukture, ki jih

potrebuje za svoje delovanje, izvaja bistveno bolj učinkovito, ceneje, pa tudi z višjo stopnjo kakovosti.

C. *Vzorci za načrtovanje aplikacij*

Novi urejevalniki za inženiring programske opreme, kot so urejevalnik SIDE projekta SWITCH, Juju ali Fabric8 so še posebej zanimivi, saj so aplikacije v teh urejevalnikih sestavljene z upoštevanjem določenih topologij. Zlasti v trenutku, ko je potrebno pretakati večje količine podatkov po omrežju, so posamezne topologije aplikacij izredno pomembne ter planiranje omrežnih infrastruktur za njihovo izvajanje. Programska okolja lahko omogočijo vrsto opozoril za programerje, tudi z uporabo pravil tipa »ta program se lahko izvaja varno samo, če je kontejnerju dodeljena minimalna količina pomnilnika v velikosti 2 GB«.

D. *Garancije kakovosti storitev*

Računalniški centri lahko uporabljajo specializirane tehnologije, ki vplivajo na kakovost storitev oziroma omogočajo ustrezno raven kakovosti storitev (npr. pasovne širine za prenos podatkov med točno določenimi strežniki znotraj računalniškega centra). Znana programja za določanje mrežnih karakteristik so denimo vSwitch [13] in OpenFlow [14].

Vendar je v odprtem okolju, kot je medmrežje, te garancije bisveno težje ali celo nemogoče doseči. Programski inženiring mora upoštevati, kar se največ lahko doseže pri zagotavljanju kakovosti storitev.

E. *Zasebnost in varnost*

Glavna vprašanja, s katerimi se ukvarjamo, so, ali lahko načrtujemo aplikacije na način, ki omogoča polno kontrolo uporabnikov nad njihovimi podatki, npr. prek izbire programsko definiranih shramb oz. izbiro infrastrukture, ki ji zaupajo in kjer želijo shranjevati svoje podatke. Ali lahko obenem ugotavljamo, kateri deli programske opreme so manj varni od drugih in podobno. Seveda obstaja tudi vprašanje varnih računskih operacij. Potem, ko se programi izvajajo na izbranem ponudniku računalništva v oblaku, je vprašanje, do kolikšne mere in na kakšen način jih lahko zaščitimo pred morebitno krajo (npr. intelektualne lastnine, kompleksnih algoritmov ipd.)

F. *Programski inženiring za velike podatke*

Pri programskem inženiringu lahko izrabimo tudi velike podatke za:

- študij razvoja aplikacij, analizo provenience itd.
- analizo trendov uporabe in zahtev končnih uporabnikov po uporabniški izkušnji,
- ugotavljanje različnih situacij pomembnih za učinkovitost oziroma kakovost storitev aplikacij
- ugotavljanje napak pri delovanju, npr. z uporabo različnih dnevnikov, ki nastajajo pri izvajanju aplikacij (angl. log files)
- kot smo lahko videli, je baza znanja SWITCH še posebej namenjena samoprilagajanju aplikacij v času izvajanja in tu pri odločanju pridejo prav vse informacije o okolju in posamezne aplikacije.

VI. ZAKLJUČEK

Predstavili smo načrt platforme ASAP in njene umestive v sistemu SWITCH, ki ga razvijamo z namenom omogočiti kooperativno in sočasno programiranje in nadzor aplikacij iter infrastruktur, v katerem so lahko v celotnem življenjskem ciklu aplikacij vključeni kakovost storitve in kakovost uporabniške izkušnje. Med našim razvojem se srečujemo z večjim številom različnih izzivov, ki zadevajo programski inženiring časovnokritičnih aplikacij v oblaku, ki smo jih predstavili v članku. Pričakovani je mogoče, da se bo vedno večje število podjetij odločilo za razvoj aplikacij z uporabo tehnologij računalništva v oblaku, zlasti v kontekstu interneta stvari.

ZAHVALE

Projekt SWITCH (Software Workbench for Interactive, Time Critical and Highly Self-adaptive Cloud Applications) je prejel sredstva iz programa Evropske Unije za raziskave in inovacije Obzorje 2020 na podlagi pogodbe številka 643963.

LITERATURA

[1] DevOps, https://en.wikipedia.org/wiki/DevOps
[2] Cloud Native Computing Foundation, https://cncf.io
[3] Docker Hub, https://hub.docker.com/
[4] Juju Charms, https://jujucharms.com/
[5] Fabric8, http://fabric8.io/
[6] Weave, https://www.weave.works/
[7] CEPH, http://ceph.com/
[8] CoreOS, https://coreos.com/
[9] RancherOS, http://rancher.com/rancher-os/
[10] Kubernetes, http://kubernetes.io/
[11] MOG Technologies, http://www.mog-technologies.com/
[12] SWITCH, http://www.switchproject.eu/
[13] Open vSwitch, http://openvswitch.org/
[14] OpenFlow, http://archive.openflow.org/

Vlado Stankovski je izredni profesor računalništva in informatike, zaposlen na Fakulteti za gradbeništvo in geodezijo, Univerze v Ljubljani (UL FGG). Področja njegovega raziskovalnega zanimanja so distribuirano računalništvo in računalništvo v oblaku.

Marko Bajec je redni profesor računalništva in informatike, zaposlen na Fakulteti za računalništvo in informatiko, Univerze v Ljubljani (UL FRI). Na UL FRI vodi Laboratorij za podatkovne tehnologije.

Pametna omrežja v slovenski logistiki

Andrej Planina, Špica International, Ljubljana

Povzetek — Naša življenja so postala zelo digitalna. Digitalna transformacija je vedno bolj prisotna tudi v poslovnem svetu, predvsem pri vseh sodelujočih v oskrbni verigi, od industrije, preko logistike do končnega potrošnika. Digitalno transformacijo oskrbne verige si predstavljamo kot močno brezšivno povezavo vseh igralcev v gospodarstvu od začetka do konca. Odločitve v enem sistemu imajo vpliv na druge sisteme. Hkrati si digitalizacije industrije ne moremo predstavljati brez tesne povezave analognega fizičnega sveta z digitalnim informacijskim svetom. Računalniki, ki nadzorujejo in upravljajo z oskrbno verigo in proizvodnjo morajo sproti dobivati točne informacije o tem, kaj se dogaja na cestah, kje so pošiljke, kaj se dogaja na proizvodni liniji, kateri polizdelki so prišli na vhodno rampo v skladišče in kateri končni izdelki že čakajo na prevoz.

Ključne besede — Internet stvari, IoT, digitalizacija poslovanja, digitalizacija industrije, digitalizacija oskrbne verige.

Abstract — DIGITALISATION OF INDUSTRY IN SLOVENIA WITH IOT

Our lives have become digital. Digital transformation is also present in business world especially in the operations of supply chain actors – from manufacturers, through warehousing and distribution including retail and the final consumer. Digital transformation of supply chain can be described as seamless integration of all companies, from the birth of a product until the moment it is finally used. Decisions in one system have effects in other systems. At the same time the digitized industry cannot operate without tight integration of physical world with digital virtual world. Computers managing supply chain operations need to have visibility of real-world situation, need to be informed about traffic situations, locations of shipments, situations on manufacturing lines, about materials which have arrived to the warehouse and about products waiting to be dispatched. New paradigm of connected digitized supply chain is already starting to show benefits to all participants of supply chain..

Keywords — Internet of things, IoT, digitalisation of industry, digitalisation of manufacturing, digitalisation of supply chain

1. KAJ JE TO INDUSTRIJA 4.0?

Industrija 4.0 je drugi izraz za Četrto industrijsko revolucijo. Pojem Industrija 4.0 so začeli uporabljati Nemci in nemška vlada je iniciativo Industrie 4.0 razglasila kot ključno za nadaljnji razvoj svoje industrije. Zanimivo je, da je to prva industrijska revolucija, ki je napovedana vnaprej. Ostale lahko analiziramo le iz zgodovinske perspektive. To nam daje prednost, da se nanjo pripravimo in jo v največji možni meri izkoristimo za preboj. Predviden ekonomski vpliv četrte industrijske revolucije je ogromen. Najprej pojasnimo, kaj je ta četrta industrijska revolucija. In kaj so bile prve tri? Kdaj so se zgodile?

A. Prva industrijska revolucija, 1760 – 1830

Prva industrijska revolucija se je zgodila, ko sta vodna in parna energija omogočili uvedbo mehanizacije namesto ročnega dela. Odpravila je najbolj težaška opravila v proizvodnji. Največje inovacije v tistem času so bile v tekstilni industriji, parni energiji in pri proizvodnih strojih. Pogoji bivanja so se začeli izboljševati, družbe so se začele hitreje razvijati.

B. Druga industrijska revolucija, 1870 – 1914

Druga revolucija ali tehnološka revolucija je uvedla masovno proizvodnjo, pomemben izum je bila elektrika. Pojavile so se železnice, telegraf, plinska in električna omrežja. Železniška mreža je povzročila mobilnost ljudi in idej, kar je pomenilo prvi pojav globalizacije. V proizvodnji so se pojavili električno gnani stroji – vsesplošna elektrifikacija.

C. Tretja industrijska revolucija, 1950 – še traja

Tretja ali digitalna revolucija pomeni prehod iz analogne in mehanske tehnologije k digitalni tehnologiji. Ključna zanjo je masovna proizvodnja in široka razprostranjenost digitalnih naprav, najbolj pogosto so to računalniki, prenosni telefoni in internet.

D. Četrta industrijska revolucija, DANES

Glede na mnenje World Economic Foruma [1] je kar nekaj razlogov, zakaj trenutni dogodki niso samo nadaljevanje tretje revolucije in zakaj gre za nov ločen fenomen četrte revolucije ali Industrija 4.0:

Hitrost – tako hitro, kot se spremembe dogajajo danes, se niso še nikoli v človeški zgodovini. Če se bile prejšnje revolucije linearne, današnje potekajo eksponentno.

Obseg – spremembe se danes dogajajo v skoraj vseh panogah, v vseh državah po vsem svetu.

Vpliv – globina in pomembnost sprememb povzroča spremembe celotnih sistemov, upravljanja in nadzora.

Četrta industrijska revolucija nam že prinaša napredne robote, avtonomen transport, 3D tiskanje, umetno inteligenco, napredne materiale, napredno biotehnologijo in še mnogo drugega.

E. Koristi in nevarnosti

Ko razmišljamo, kaj bo evropskemu gospodarstvu prinesla Industrija 4.0, navadno pomislimo samo na koristi. Ne smemo pa pozabiti niti nevarnosti, ki so pred nami, če evropska industrija ne bo zagrabila priložnosti. Študija Roland Bergerja »The Digital Transformation of Industry« [2] navaja, da so priložnosti za evropsko industrijo vredne 1250 milijard evrov, nevarnosti pa 605 milijard evrov.

Ista študija tudi navaja, da bosta prvi dve branži, ki bosta na udaru industrije 4.0, avtomobilska in logistična.

F. Povezani pojmi

S pojmom Industrije 4.0 je precej tesno povezan tudi pojem Interneta Stvari (Internet of Things, IoT). Pojem IoT

pomeni medsebojno povezavo strojev, naprav in predmetov, ne da bi pri tem sodeloval človek. Stroji se zato vedno bolj zavedajo svojega neposrednega okolja (senzorji so njihova čutila), vedno bolj se zavedajo dogodkov v širšem okolju (komunicirajo) in dogodke vedno bolje interpretirajo (umetna inteligenca).

Dieter Zetsche: digitalno povezovanje se razvija vedno hitreje. Danes v konkurenčnem boju ne moreš zmagati samo v realnem svetu, temveč je pomembna prevlada tudi v digitalnem svetu. [3]

2. VPLIV INDUSTRIJE 4.0 NA OSKRBNO VERIGO IN LOGISTIKO

Brez težav lahko rečem, da je poslovanje vseh podjetij že digitalno. Ni več podjetij, ki svojih procesov ne bi imela podprtih z digitalnimi računalniškimi orodji! Ne moremo pa reči, da so tudi vse oskrbne verige že resnično digitalne oskrbne verige!

Podjetja so večinoma dobro podprla svoje lastne procese, tukaj pa se je njihov proces digitalizacije poslovanja pogosto končal. Redko katero podjetje je svoje poslovanje dovolj tesno in digitalno povezalo s poslovanjem svojih dobaviteljev in kupcev, da bi bili lahko uspešni tudi v pogojih četrte industrijske revolucije. Še vedno uporabljajo stare poglede in stare procese, le da so podprti z digitalnimi orodji. Če že kaj, si preko EDI vmesnikov izmenjujejo naročila in dobave. Tukaj pa se zadeva navadno konča. Dejansko naročilo v sistem še vedno vnese človek.

Prostora za inovacije v oskrbnih verigah je torej še veliko ravno na področju povezovanja informacijskih sistemov in na področju avtomatskega proženja procesov oskrbe glede na dejanski ali napovedani odjem končnih kupcev. Visoko optimizirana in povezana oskrbna veriga deluje tako, da se naročilo izvede šele takrat, ko nastane dejanska potreba. Torej ko se polica v trgovini sprazni ravno toliko, da se splača naročiti minimalno količino tega artikla. Nič prej, saj v trgovinah ni prostora za zaloge in nič kasneje, saj potrošniki sovražimo, če na polici ne najdemo svojega izdelka. Naročilo dobavitelju se mora zgoditi avtomatsko, brez posega človeka

Slika 1: Shema oskrbne verige od proizvodnje, preko distribucije in transporta do prodaje.

Take digitalizacije oskrbne verige se ne da izvesti, dokler ne dosežemo štirih ciljev:

1. povezana oskrbna veriga (izmenjava vseh podatkov med vsemi akterji, od začetka do konca)
2. inteligentna oskrbna veriga (zbiranje podatkov, predvidevanje bodočih dogodkov)
3. skalabilna oskrbna veriga (pripravljena na bodočo rast)
4. hitra oskrbna veriga (brez odvečnih potrjevanj, brez čakanja, brez mrtvih časov)

Zveni enostavno, pa ni! Zaradi vedno večjega števila vedno manjših dobav se morata trgovec in dobavitelj res dobro organizirati. Primer dobre organizacije oskrbne verige je na primer dopolnjevanje zalog na prodajnih policah v drogerijah Muller. Včasih v trgovino dobijo od vsakega izdelka samo po en kos – ravno toliko, da lahko dopolnijo polico in dosežejo vnaprej planirano količino na polici. Vendar ne dostavljajo samo tega enega kosa, dostavljajo namreč vse manjkajoče artikle za eno trgovino hkrati. Vsak dan posebej. Da ima drogerija Muller oskrbo polic v vseh svojih trgovinah pod svojih nadzorom, so se odločili, da bodo sami skrbeli za svoje centralno skladišče in sami razvažali v svoje trgovine. Podobno delujejo tudi Mercator, Spar in Tuš.

Kaj naj v takem okolju naredi slovenska industrija? Ogromno se da še narediti. Najprej je potrebno poskrbeti, da imajo informacijski sistemi točne podatke o tem, kaj se dogaja v realnem fizičnem svetu. Avtomatsko je potrebno identificirati dogodke v celi oskrbni verigi, vsem zaposlenim na njihove osebne naprave sproti pošiljati navodila za delo, tako v skladiščih, kot tudi v trgovini, distribuciji in v proizvodnji. Ponekod to delajo kar preko slušalk! Video prikaz delovanja skladišča v Gorenju je na voljo na Youtube portalu [4].

Če bomo sedanje procese samo digitalno podprli, ne bomo naredili prav veliko. Procese v moderni in digitalni oskrbni verigi je potrebno postaviti na novo in ob tem dobro izkoristiti možnosti, ki nam jih nudi digitalno okolje.

3. VPLIV INDUSTRIJE 4.0 NA SLOVENSKA PODJETJA

K pisanju tega dela članka me je vzpodbudila najava Marca Andreessena da bodo leta 2035 vse fizične stvari označene s čipom [5]. Ker se že 20 let ukvarjam s sistemi za avtomatsko identifikacijo in v tem okviru tudi z RFID, me je taka vizija seveda zelo razveselila. Predstavljam si, kaj vse bo možno narediti, če se bo ta vizija uresničila! Vesel bom že ob vmesnem stanju, ko bodo označene vse pošiljke oziroma palete, na katerih potujejo stvari od proizvajalca do porabnika.

Prihaja čas vseprisotnih senzorjev, ki bodo imeli vpogled v fizični svet in bodo računalnikom omogočili zavedanje fizičnega sveta brez posredovanja ljudi. Vedno več je zelo konkretnih potreb in projektov, ki take sisteme že vzpostavljajo, še največ v logistiki in v avtomobilski industriji. V privatni sferi bo napredek razumljivo počasnejši, kar je tudi pravilno, saj je potrebno razrešiti problem zasebnosti.

Na trgu se pojavljajo start-up podjetja, ki se ne ukvarjajo samo z IoT tehnologijo, temveč na njeni podlagi ustvarjajo zelo konkretne rešitve in storitve: Samsara, Helium. Samsara na primer ustvarja sistem za sledenje dogodkov tekom oskrbne verige, ki zbira podatke, kaj se dogaja s pošiljko zdravil ali hrane od proizvodnje do trgovine. Predvsem so zanimive temperature in lokacije. Trenutno se to rešuje tako, da nekdo od delavcev v skladišču vzame papir in svinčnik, gre v hladilnico in v tabelo zapiše temperaturo. Če temperatura odstopa od dovoljene, odpravi težavo, tabelo z vpisanimi temperaturami pa nekdo pogleda vsakih nekaj ur ali dni. Samsara izdeluje temperaturne senzorje, ki se povežejo v internet in pošiljajo podatke o temperaturi. Ne pozabimo na slovensko podjetje L-Tek, ki dela enako zanimive in sposobne senzorje Firefly, ki se znajo celo sami povezati v Mesh omrežje in delajo na baterije. Zelo zanimivo in uporabno! Se spomnite malih letečih robotov Buzz Droid iz Vojne zvezd?

A. Kaj slovenski industriji prinaša digitalna transformacija?

V Sloveniji v povezavi z Industrijo 4.0 obstaja vsaj ena panoga, kjer so ti principi že dobro vpeljani in se jih ne da zaobiti. Gre za panogo proizvodnje avtomobilov, v kateri sodeluje kar precej pomembnih slovenskih podjetij, ki proizvajajo sestavne dele za avtomobilsko industrijo. Svetovna avtomobilska industrija, ki ji ritem narekuje Nemčija, je že desetletja nazaj ugotovila, da brez avtomatizacije in povezovanja ne bodo mogli premagati ameriških in azijskih proizvajalcev. Avtomatizacija, digitalizacija in izmenjava podatkov v teh podjetjih je napredna in izredno intenzivna. Kdor torej želi spoznati in pri sebi uvesti princip Industrije 4.0, naj si pogleda avtomobilsko industrijo!

Stopnja avtomatizacije je neposredno povezana tudi s stopnjo dodane vrednosti, ki se proizvaja v neki konkretni industriji. Višja kot je dodana vrednost, bolj so procesi avtomatizirani. Ni dovolj avtomatizirati samo mehanske procese na tekočem traku, temveč moramo povezati celoten proces oskrbe delovnih mest oz. na celoten proces nastajanja končnega izdelka. Ko kupec naroči nov avtomobil, skonfiguriran po svojih željah, se v celotni verigi poddobaviteljev začnejo proizvajati sestavni deli, ki jih bo končni sestavljalec avtomobila moral vgraditi v končni izdelek – avtomobil v točno določeni konfiguraciji. V taki oskrbni verigi so vsi člani izredno medsebojno odvisni, morajo si zaupati in izmenjevati informacije o stanju v proizvodnji. Izmenjevanje informacij mora biti avtomatično, pretok informacij med računalniški sistemi mora biti hiter in tekoč. Ko nemški planer proizvodnje v Mercedesu pri slovenskem proizvajalcu naroči sedež, svojih zahtev ne poda preko telefona – vse poteka avtomatično, pogovarjajo se le še računalniški sistemi.

V okviru pojma Industrija 4.0 se predpostavlja, da bodo računalniški sistemi tudi sami avtomatično zajemali podatke iz proizvodnih linij. Če se bo tako na primer pokvaril stroj za brizganje pene za sedeže v slovenskem podjetju, bo zamudo računalniški sistem sam sporočil v Nemčijo, kjer bodo spremenili načrt proizvodnje konkretnega osebnega avta. Industrija 4.0 s sabo pripelje tudi popolnoma drugačno razmišljanje glede organizacije in vodenja proizvodnje in celotnega vodenja podjetij. Še bolj pomembni postanejo zaupanje, agilnost, izmenjevanje informacij, povezovanje informacijskih sistemov, avtomatski zajem podatkov v proizvodnji in nenazadnje seveda tudi avtomatsko vodenje proizvodnih procesov in strojev.

Koncepte Industrije 4.0 bi si seveda želela vpeljati tudi podjetja izven avtomobilske industrije. Tisti, ki bodo dobro razumeli nove paradigme, bodo bolj zaželeni partnerji in bodo ustvarjali večjo dodano vrednost. Četrti industrijski revoluciji pa se ne bo možno izogniti.

Hkrati si digitalizacije slovenske industrije ne moremo predstavljati brez avtomatske identifikacije dogodkov v realnem svetu. Računalniki, ki nadzorujejo in upravljajo z oskrbno verigo in proizvodnjo morajo sproti dobivati točne informacije o tem, kaj se dogaja na cestah, kje so pošiljke, kaj se dogaja na proizvodni liniji, kateri polizdelki so prišli na vhodno rampo v skladišče in kateri končni izdelki že čakajo na prevoz. Digitalne prihodnosti ni brez RFID sistemov, ni je brez črtne kode in ni je brez senzorskih omrežij. Še kar nekaj let si bodo ljudje v skladiščih morali pomagati s prenosnimi čitalci črtne kode, vedno bolj pogosto pa bodo računalniki dobivali informacije avtomatsko, preko RFID značk in preko RFID čitalcev. Zaposleni v skladiščih in proizvodnji bodo vedno bolj pogosto samo še oskrbovali stroje in nadzirali delovanje celotnega sistema. To ni več fikcija, saj obstaja že več organizacij, kjer je RFID že v polni funkciji in prinaša zelo konkretne poslovne prednosti:

Zara Inditex:
https://www.youtube.com/watch?v=EpIinGX_sBc

Kraft Foods:
https://www.youtube.com/watch?v=3QyzwAvOoWE

Proizvodnja vojaških oblačil:
https://www.youtube.com/watch?v=_4PmgXrwKi0

Zanimiv je tudi pogled na sistem glasovnega vodenja opravil v skladišču Gorenje Servisa, kjer zaposleni ne uporabljajo računalnikov niti prenosnih čitalcev črtne kode, temveč z računalnikom komunicirajo preko slušalk in mikrofona:

Gorenje Servis:
https://www.youtube.com/watch?v=DeOuIwMX2Ws

B. Kaj naj naredi slovenska industrija? Pametne tovarne in pametno logistiko!

Pred nekaj tedni me je novinar RTV Slovenije vprašal, kakšne korake predlagam slovenskim podjetjem, da bi čim bolje izkoristili pri val četrte industrijske revolucije. Odgovoril sem mu nekako takole:

- Digitalna zrelost – zavedanje, izobraževanje, sodelovanje, oseba odgovorna za uvedbo Industrije 4.0 v poslovanje podjetja
- Izmenjava podatkov (EDI, RIP) – sodelujoči si bodo morali začeti bolj intenzivno izmenjevati informacije, brez zadržkov o poslovnih skrivnostih
- Avtomatska identifikacija – računalnikom je potrebno servirati čim več podatkov iz fizičnega sveta, da bodo znali bolje upravljati in se agilno odzivati na realne dogodke. Uporaba RFID tehnologij, črtna koda, RTLS sistemi, senzorji. Čim več podatkov zajemati avtomatsko.

Prvi dve branži, ki bosta na udaru industrije 4.0, bosta avtomobilska in logistična

4. KAKŠNA ZNANJA POTREBUJEJO ZAPOSLENI ZA USPEH V ČETRTI INDUSTRIJSKI REVOLUCIJI?

Avtomatski zajem podatkov in avtomatski premiki vseh predmetov zmanjšujejo potrebo po fizičnem delu. Fizično delo v oskrbni verigi je vedno manj potrebno, vedno več premikov je motoriziranih in avtomatiziranih. Celo pri nas se že dogaja, da vam niti paketa ne prinesejo več domov, temveč ga pustijo v omarici na najbližji bencinski črpalki. Naredili so že tudi robota, ki nam bo dostavljal pakete po domovih [6].

Pred nekaj dnevi sem prebral knjigo “Konec dela“, kjer je avtor Jeremy Rifkin že pred več kot 10 leti napovedal, da se fizičnemu delu izteka čas, ker ga bodo nadomestili roboti ali avtomati. Pa ne samo fizičnemu delu, čas se izteka tudi vsem operativcem in celo middle managementu. Njihovo delo bodo nadomestili med seboj povezani informacijski sistemi, ki bodo upravljali z vsemi premiki artiklov in pošiljk.

Kaj preostane delavcem v skladiščih in njihovim vodjem? Rifkin pravi, da jim ni prav veliko pomoči, saj avtomatizacija

spreminja prav vsa področja. Delo ni več pomembno, pomembna je pamet. Premiki so hitri, ne smemo čakati.

Kaj preostane middle-managementu? Postaviti morajo take procese in tako organizacijo, da bodo njihova podjetja uspešna tudi v okolju polne digitalizacije poslovanja in v pogojih četrte industrijske revolucije. Če tega ne bodo naredili, bodo njihova podjetja neuspešna in bodo propadla. Nadomestili jih bodo tisti, ki se bodo prilagodili novim zahtevam trga.

Mislite, da je to nemogoče? DB Schenker je postavil skladišče, kjer se skladiščni regali sami premikajo po prostoru in se pripeljejo do človeka, da vzame želeni artikel [7].

Kako si lahko slovenska pomagajo pri prehodu v digitalno oskrbno verigo? Obstajajo rešitve za proizvodnjo, skladišča, logistiko in maloprodajo. Slovenska podjetja so v zadnjih nekaj letih že uspešno dokončala nekaj res izjemno zanimivih in koristnih projektov na temo digitalizacije oskrbne verige.

A. Kaj naj naredijo direktorji, vodje logistike in vodje skladišč naredijo?

Časi za vodje v logistiki niso enostavni. Dogaja se cel kup stvari, investicije so omejene, kupci zahtevajo vedno več, priložnosti ni malo. Kaj naj naredijo? Česa naj se lotijo?

i. Prepoznati trende

Trenutno najbolj vroči trendi so IoT (Internet stvari), RFID, avtomatizacija postopkov, izmenjava informacij s partnerji. Spremljati je potrebno dogodke in sejme v tujini in doma, pogovarjati se je potrebno z dobavitelji logistične tehnologije. Pogovarjati se je potrebno tudi z dobavitelji in kupci, angažirati je potrebno zunanje svetovalce.

ii. Avtomatska identifikacija predmetov

Vaša naslednja aktivnost bo gotovo povezana z avtomatskim prepoznavanjem predmetov, artiklov in pošiljk na vseh pomembnih točkah v oskrbnem procesu. Na vhodu, pri vsakem premiku, na izhodu, pri spremembi lokacije – vse je potrebno zabeležiti in spremembe posredovati v nadzorni sistem. Seveda mora biti identifikacija narejena s čim manj dela in čim manj zamudami, narejena mora biti avtomatsko. Idealna sta RFID in črtna koda. Branje črtne kode ne sme vzeti več kot desetinko sekunde, branje RFID pa se mora dogajati brez zaustavljanja viličarja – kar med njegovo vožnjo!

Konkretno take sisteme uporablja na primer Pošta Slovenije, ki ima vse svoje transportne vozičke opremljene z aktivnimi RFID značkami in sproti v realnem času spremlja prisotnost svojih vozičkov v svojih treh glavnih logističnih centrih. Na ta način lahko upravljajo z vozički in vedo, kje so in kam so namenjeni. Beleženje lokacije se dogaja popolnoma avtomatsko, brez vsakega človeškega posega.

iii. Zaželene sposobnosti zaposlenih

Jasno je, da bodo imele spremembe velik vpliv na vso delovno silo, na vse zaposlene. V poročilu The Future of Jobs [8] je Svetovni ekonomski forum letos opozoril, da se mora delovna sila na spremembe pripraviti, sicer bo postala nepotrebna. Kaj pa predlagajo?

Vedno bolj zaželena sposobnost zaposlenih je sposobnost reševanja kompleksnih problemov. Svet postaja vedno bolj zapleten, enostavne probleme bodo reševali računalniki sami. Tudi kreativnost postaja vedno bolj zaželena lastnost.

Vsi se moramo pripraviti na bistveno drugačno prihodnost. Tudi zaposleni in vodje!

Pri pregledu spodnje tabele mi je padlo v oči še to, da nekaterim spretnostim pada pomembnost. Koordiniranje, pogajanja in kontrola kakovosti bodo postale manj pomembne. Dodatno WEF predvideva še to, da se bodo spremembe dotaknile prav vseh zaposlenih, od vodstev, preko srednjega managementa do delavcev v proizvodnji in skladiščih.

Top 10 skills

in 2020	in 2015
1. Complex Problem Solving	1. Complex Problem Solving
2. Critical Thinking	2. Coordinating with Others
3. Creativity	3. People Management
4. People Management	4. Critical Thinking
5. Coordinating with Others	5. Negotiation
6. Emotional Intelligence	6. Quality Control
7. Judgment and Decision Making	7. Service Orientation
8. Service Orientation	8. Judgment and Decision Making
9. Negotiation	9. Active Listening
10. Cognitive Flexibility	10. Creativity

Slika 2: Tabela predvidenih spremembe glede znanja zaposlenih [9]

LITERATURA

[1] Schwab Klaus: The Fourth Industrial Revolution: what it means, how to respond, 2016, http://www.weforum.org/agenda/2016/01/the-fourth-industrial-revolution-what-it-means-and-how-to-respond

[2] Roland Berger Strategy Consultants: The Digital Transformation Of Industry, 2015, http://www.rolandberger.com/media/pdf/Roland_Berger_digital_transformation_of_industry_20150315.pdf

[3] https://www.economicclub.org/doc_repo/Dieter%20Zetsche%20Transcript.pdf

[4] https://www.youtube.com/watch?v=DeOuIwMX2Ws

[5] http://www.telegraph.co.uk/technology/internet/12050185/Marc-Andreessen-In-20-years-every-physical-item-will-have-a-chip-implanted-in-it.html

[6] Starship Technologies Youtube kanal: https://youtu.be/MEWfsVPqKi4?t=63

[7] DB Schenker Youtube kanal: https://www.youtube.com/watch?v=udr0OOxmPbc

[8] http://www3.weforum.org/docs/WEF_Future_of_Jobs.pdf

[9] Poročilo Future of Jobs, World Economic Forum, 2016Ops,

Andrej Planina je že več kot 15 let zaposlen v podjetju Špica. Je strokovnjak za poslovne mobilne rešitve in tehnologije za samodejno identifikacijo. Svoje bogato znanje je pridobil z delom na projektih za številne organizacije v regiji. Je avtor nekaterih Špicinih zelo uspešnih rešitev in dobitnik nagrade za najboljšo inovacijo.

Državni računalniški oblak in prenova omrežja HKOM

Jurij Bertok, Mišo Vukadinović, Marko Erjavec, Direktorat za informatiko, Ministrstvo za javno upravo

Povzetek — Referat opisuje izvedbo državnega računalniškega oblaka v Republiki Sloveniji. Predstavljena je zasnova in arhitektura oblaka, storitve v tem oblaku in način upravljanja omrežja SDN. Opisane so tudi storitve, ki jih državni računalniški oblak nudi uporabnikom v okviru javne uprave in storitve javne uprave, namenjene državljanom.

Ključne besede — DRO – državni računalniški oblak, HKOM, storitve v oblaku, SDN, storitve javne uprave

I. UVOD

Hiter razvoj informacijsko-komunikacijskih tehnologij, politični, gospodarski, družbeni in spremljajoči drugi dejavniki omogočajo in zahtevajo preobrazbo informatike tako, da le-ta postane cenovno sprejemljivejša, učinkovitejša ter uporabniku prijaznejša. Računalništvo v oblaku je obetajoč model računalništva, ki lahko izpolni omenjena pričakovanja in ponuja dolgoročno stalnost informacijskega sistema. Podatkovni, aplikacijski in posledično organizacijski otoki ali silosi, ki so značilne paradigme sedanjega informacijskega sistema (državne) informatike so posledica nesistematičnega in neustreznega individualističnega pristopa k uvajanju informacijskih rešitev. Uvajanje računalništva v oblaku in izvajanje storitev računalniškega oblaka, ki bi bilo osnovano na izpostavljenih slabih paradigmah, ne bi prineslo želenih učinkov, ampak bi zagotovo stanje poslabšalo. Po drugi strani pa lahko metodološki prehod na oblačno arhitekturo s sledenjem ključnega koncepta »Everything-as-a-Service« (XaaS), zagotovi boljšo poravnavo med poslovno-organizacijskimi in tehnološkimi vidiki, učinkovitejšo interoperabilnost in integracijo, lažjo zmožnost elektronske podpore subjektov v javni upravi in izven, enostavnejšo avtomatizacijo poslovnih procesov in delovnih tokov, učinkovitejše zagotavljanje razvoja novih in vzdrževanja obstoječih e-storitev, poenostavitev in znižanje stroškov vzdrževanja aplikacij in infrastrukture ter večjo fleksibilnost uporabnikov IKT tehnologij in informacijskega sistema znotraj javne uprave in izven. Z vpeljavo interoperabilnostne hrbtenice in sistema poslovne analitike ter s konsistentnim upravljanjem infrastrukture in njihove varnosti, ki bo omogočala tudi uporabo lastnih naprav, pa lahko pomembno znižamo stroške vzdrževanja informacijskega sistema in prihranke usmerimo v razvoj novih e-storitev ter v obsežnejše inovacije.

II. DRO – DRŽAVNI RAČUNALNIŠKI OBLAK

Vzpostavili bomo zmogljive informacijsko komunikacijske sisteme, ki bodo uporabnikom znotraj državne uprave nudile učinkovito podporo pri sprejemanju odločitev in optimalnemu izvajanju nalog v nacionalnem in mednarodnem okolju na osnovi gospodarnega, zanesljivega in varnega dostopanja do podatkov ter povezljivosti. Uporabnikom storitev državne uprave (državljanom RS kot tudi pravnim osebam) bomo omogočili učinkovit, zanesljiv in enostaven dostop do storitev. Doseganje zmogljivosti temelji na procesno in storitveno naravnani organizaciji, mednarodno uveljavljenih standardih, interoperabilnostnih konceptih in enotni, storitveno usmerjeni arhitekturi komunikacijskih in informacijskih sistemov državne uprave ter na sodobnih sistemih poslovne analitike in spremljanja ključnih indikatorjev uspeha.

Državni računalniški oblak (DRO) predstavlja računalniško infrastrukturo, ki je v lasti države in jo upravlja država. Na tej infrastrukturi se izvajajo storitve, ki uporabljajo občutljive, osebne in druge podatke in informacije, ki jih država ne želi shranjevati izven svojega okolja. DRO je logična celota podporne infrastrukture ter strojne in računalniške programske opreme. Obsega npr. sisteme UPS, strežniške rezine, različne diskovne sisteme, dostopovne terminale, različne virtualizacijske platforme, operacijske sisteme, lastniško in odprtokodno programsko opremo, nadzorne sisteme, upravljavske sisteme, strojno in programsko definirane mrežne komponente itd. Investicijsko-infrastrukturni del vzpostavitve DRO je bil zaključen konec leta 2015. Standardne storitve, ki so bile preseljene na infrastrukturo DRO, so dosegljive na enak način, kot v preteklosti, nekatere nove storitve se uporabljajo interno, nekatere pa so v fazi testiranja ter funkcionalnega in varnostnega preverjanja. Po opravljenem preverjanju in potrditvi se bo vsaka posamezna storitev dodala v centralni katalog storitev DRO, pri čemer bodo uporabnikom zagotovljene tudi ključne infrastrukturne storitve, ki nimajo lastnega vnosa v centralni katalog (npr. za lokalne storitve vezane na uporabniško delovno okolje).

V skladu z načrtom implementacije DRO je bil prvi sistem, ki smo ga namestili na infrastrukturo DRO, carinski sistem Finančne uprave RS. Aplikacije carinskega sistema od konca januarja 2016 delujejo na najmodernejši tehnologiji, na zelo zmogljivi procesni, shranjevalni in komunikacijski infrastrukturi. Ne glede na to, da je ta trenutek infrastruktura DRO najsodobnejša med infrastrukturami držav članic EU, pa je posebnost zasnove DRO visoka stopnja zanesljivosti na podatkovnem nivoju. Od dneva namestitve se podatki carinskih sistemov obdelujejo v treh vzporednih podatkovnih zbirkah, v treh različnih sistemskih prostorih, na dveh geografsko oddaljenih lokacijah. Podatkovne zbirke so prilagojene tako, da se podatki vodijo v dveh sinhronih in dveh asinhronih kopijah. Pri tem smo dosegli poleg štirih kopij podatkov tudi geografsko razpršenost in zelo hiter preklop na rezervno kopijo v aktivnem nadomestnem informacijskem centru. Z opisano arhitekturo smo dosegli podvojenost infrastrukture tudi v času remonta ali morebitne okvare na eni od treh infrastruktur, ki sestavljajo DRO.

V fazi priprav za selitev v okolje DRO so sedaj sistemi upravnih notranjih zadev Ministrstva za notranje zadeve, infrastrukture upravnih enot ter ministrstev, ki so predmet načrta centralizacije IT državne uprave. Informatizacija javne uprave v širšem smislu (hibridni oblak, razvojno-inovativni oblak), pa se bo nadaljevala z vzpostavitvijo ustreznih alternativnih organizacijskih oblik, ki so predvidene za področja, ki niso zajeta v zgornji definiciji DRO

Projekt vzpostavitve DRO je prešel iz investicijsko-infrastrukturne faze, ki je bila uspešno zaključena, v fazo prenove starih in vpeljavo novih storitev, ki bodo zgrajene in pripravljene za delovanje v oblaku. Za vpeljavo in objavo teh storitev pa je potreben ustrezen razvojni cikel, ki temelji na vzpostavljeni oblačni arhitekturi in novih smernicah razvoja (referenčna arhitektura, vzorčna aplikacija, generične tehnološke zahteve, podprti standardi, protokoli in formati ipd.).

V DRO so pripravljene ali v pripravi storitve za zelo različna področja. Za notranje potrebe so bile izdelane infrastrukturne storitve IaaS (Infrastructure as a Service), delno tudi celotna računalniška okolja PaaS (Platform as a Service), slednja pa se skupaj s programsko opremo za končne uporabnike SaaS (Software as a Service) uvrščajo tudi v splošni del kataloga storitev. DRO tako ponuja oziroma bo ponujal npr. storitev centralne elektronske pošte, storitev hrambe elektronskih dokumentov, storitev centralnega varnostnega kopiranja, storitev univerzalne hrambe objektov (dokumentov, zadev, multimedijskih datotek), skupne gradnike (Varnostna shema, SI–CAS, SI–CES, Piwik, iskalnik, elektronski podpis, časovno žigosanje, elektronsko vročanje, izmenjava velikih datotek, storitveno vodilo), gostovanja informacijskih sistemov in spletnih predstavitvenih mest itn. vključno s storitvami s področja informacijske varnosti. Običajno se javni oblačni ponudniki osredotočajo samo na eno vrsto storitev (IaaS, PaaS ali SaaS), zato gre v primeru DRO za zelo kompleksen sistem, ki postavlja nove standarde v okviru državnega računalništva na evropskem nivoju in širše.

Jedro avtomatizacije postopkov oziroma orkestracijo opravil v DRO trenutno opravljajo programska orodja VMware vRealize (v sodelovanju z drugimi orodji kot so Puppet, ManageIQ, Cisco APIC idr.). Orkestracija infrastrukture je izvedena v dveh ločenih in povsem neodvisnih sklopih. Prvi sklop zajema npr. strežnike, diskovna polja in programsko opremo, v drugem sklopu pa se nahajajo vse mrežne storitve, ki so opisane v nadaljevanju (SDN). Tako je kadarkoli možno zamenjati tehnologijo in spremeniti upravljanje v vsakem od sklopov. Kompleksni procesi so razdeljeni na manjše enote, delovne tokove, storitve pa v funkcionalne rešitve povezujejo programski klici API (Application Programming Interface).

Upravljalci velikih omrežij smo si od nekdaj želeli konfigurirati naprave hitreje, bolj ponovljivo, bolj varno.

V preteklosti (daljni) so se pojavili VLAN-i, ki so omogočili povezovanje istega mrežnega segmenta preko več Layer2 naprav. Obstajale so tudi upravljalske naprave in protokoli, ki so omogočali avtomatsko konfiguracijo stikal med dvema končnima stikaloma (VTP).

Večinoma se je takšen način uporabljal za segmentiranje omrežja. Praviloma so takratna omrežja imela majhno število strežnikov.

Današnji čas prinaša veliko količino strežnikov na enem mestu (oblačne tehnologije). Koncentracija strežnikov ali navideznih delovnih postaj lahko zaradi segmentacije omrežja presega omejitev števila VLAN-ov (4096). 4096 je končno število VLAN-ov v protokolu 802.1q. Število VLAN-ov je pomembno, ker v veliki koncentraciji strežnikov ni nujno, da so vsi od ene skupine ali da se lahko med seboj vidijo. Smiselno je, da so med seboj ločeni. Različni proizvajalci so za povezljivost na Layer 2 razvili različne nove protokole (nekateri bazirajo na L3 povezavah) in razširili število VLAN-ov. Trenutno obstajajo: VxLAN, NvGRE, NSX, STT … V večini so izgubili L2 offload na fizičnih mrežnih karticah, kar pa rešujejo s povečano procesno močjo glavnega procesorja.

Pri velikem številu VLAN-ov upravljanje postane neučinkovito. Posebej težko je slediti spremembam, pobrisati omrežne nastavitve, ko se en strežnik ukine itd.

Tak način (VLAN-i) uporabe omrežne tehnologije ima naslednje pomanjkljivosti: kompleksnost konfiguracij, ki vodi do stagnacije in popolne nezmožnosti uvedbe sprememb; nekonsistentne politike – nekaterim strežnikom povečamo zaščito, nekaterim jo dodelimo premalo; nezmožnost povečevanja števila VLAN-ov (omejitve na 4096).

Da bi bolje obvladovali upravljanje konfiguracij, smo pred 10 leti dali razviti aplikacijo, ki je generirala konfiguracije na osnovi abstraktnih, standardiziranih podatkov, ki smo jih dopolnili s sintakso naprave in prepisali v naprave (copy-paste).

Večina proizvajalcev SDN opreme je generično sledila teoriji, da mora obstajati kontrolna enota, ki bo hranila vse podatke o povezavah in le-te ustrezno zapisala v fizične naprave – stikala.

Danes se ločijo ponudniki SDN rešitev na tiste, ki implementirajo SDN rešitev s fizičnimi stikali (Leaf-Spine) in tistimi, ki SDN realizirajo v virtualnih stikalih, podobno kot naredimo virtualni strežnik v hipervisorju (ESX, OVM, Xen, Hyper-V). Tehnologija fizičnih stikal je posebej primerna za privatne oblake, kjer so vnaprej znani pogoji in stopnja zaščite. Tehnologija virtualnih stikal je bolj primerna za javne oblake, kjer si vsak komitent-uporabnik zgradi svojo zaščito na virtualni platformi, ponudnik daje osnovno zaščito za vse komitente enako (večinoma Ddos, Stateful firewall, generični IDS/IPS).

S pojavom oblačnih tehnologij in posledično samopostrežnih kreiranj strežnikov v hypervisorjih, je smiselna avtomatizacija kreiranja strežnikov in omrežnih povezav. Avtomatizacija zahteva natančno določene postopke, natančno določene ponujene storitve. Avtomatizacija je možna samo ob skrajni standardizaciji storitev, ki jih samopostrežba ponuja.

V samopostrežbi večinoma ni vidna vloga omrežja. Jemljemo ga kot privzetega: veliko debelo pipo, skozi katero lahko pretočimo vse, kar strežnik, ki smo si ga zamislili v samopostrežbi, lahko generira. Mrežni promet naj vedno najde pot do svojega cilja. Da bi takšnim zahtevam zadostili je potrebno povečati prepustnost omrežja, njegovo vgrajeno inteligenco in zmanjšati kompleksnost. Današnje tehnologije v podatkovnih centrih omogočajo hitrosti 10 Gb/s in 40 Gb/s (napovedujejo se 100 Gb/s tehnologije).

Omrežje državnih organov HKOM se je soočilo z vsemi zgoraj naštetimi problemi. Velikost in raznolikost aplikacij, umestitev strežnikov v omrežje je presegla zmožnosti skupine, ki skrbi za omrežje in tudi finančne omejitve, da bi za normalno ceno še vzdrževala obstoječe omrežje.

Omrežje ima bistveno vlogo v poslovanju državnih organov z občani, podjetji in državnimi organi. Uporabniška izkušnja je postajala vedno slabša, kljub temu, da smo povečevali prepustnost povezav. Po desetih letih delovanja na eni tehnologiji (ki je bila v svojem času najnaprednejša) je bilo smiselno zamenjati tehnologijo. Pričakujemo, da bo prehodno obdobje trajalo še vsaj pol leta. Govorimo o selitvi velikega števila strežnikov iz starega omrežja na fizičnih strežnikih v novo omrežje na virtualnih strežnikih z oblačnimi storitvami. Vse obstoječe storitve morajo tudi v prehodnem obdobju delovati neprekinjeno, kar predstavlja precejšen izziv za lastnike aplikacij, skrbnike strežnikov in upravljavce omrežja.

DRO je privatni oblak, kjer državnemu organu, ki skozi samopostrežbo »najame« del procesnega, diskovnega in pomnilniškega medija (strežnik), ni dovoljeno, da bi skrbel za varnost omrežne povezave do svojih klientov in od klientov do strežnika. Varnost omrežne povezave večinoma rešujemo z napravami (programsko opremo) kot je IDS/IPS, Firewall, usmerjanje, dostopne pravice administratorjev, aplikativne omejitve itd. IDS/IPS, Firewall, usmerjanje, dostopne pravice administratorjev, aplikativne omejitve so varnostne storitve omrežja. V samopostrežbi uporabnik med drugim izbere tudi segment, v katerem bo postavil virtualni strežnik. S tem so določene tudi varnostne storitve in nastavitve, ki jih omrežje uveljavi nad prometom, ki ga strežnik prejema ali oddaja.

Za potrebe smiselne povezave med virtualnimi strežniki in omrežjem je bila razvita aplikacija, ki simultano kliče ustrezne vtičnike na virtualnem okolju in mrežnem krmilniku, da je v trenutku kreiranja virtualnega strežnika za njega zgrajena tudi omrežna povezava do ciljev, ki jih določi uporabnik-naročnik virtualnega strežnika, glede na umestitev v ustrezen segment omrežja.

V omrežju HKOM se SDN tehnologija uporablja za promet E–W (znotraj podatkovnega centra) in za promet N–S (podatkovni center, internet). S tem pridobimo fleksibilnost za možne bodoče spremembe postavitev varnostnih storitev (IPS, FW …), kakor tudi za uvedbo morebitne segmentacije med potencialnimi novimi oblaki (hibridnim, raziskovalnim).

Z uvedbo SDN je omrežje HKOM pridobilo naslednje koristi:

- Možnost avtomatizacije in hitrega odziva na zahteve uporabnikov;
- Možnost uveljavljanja varnostnih politik na omrežnem nivoju;
- Povečana varnost;
- Povečana vidnost aplikacij;
- Povečana skalabilnost;
- Povečana možnost kreiranja in dinamičnih premikov virtualnih strežnikov;
- Povečan nadzor nad spremembami v omrežju;
- Povečana zanesljivost konfiguracije naprav (manj napak – CLI).

Cross-lingual Global Media Monitoring

Marko Grobelnik, Gregor Leban, Blaž Fortuna, Aljaž Košmerlj, Blaž Novak, Artificial Intelligence Lab

Jozef Stefan Institute, Ljubljana, Slovenia

Abstract — Global media monitoring in real-time assumes handling large amount of textual data across different languages. We propose using text mining methods together with semantic processing to identify events from media and track the media reporting on them. We will demonstrate the proposed approach on operational media monitoring system that involves a large number of data streams in multiple languages. The system comprises a Cross-lingual Global Media Monitoring platform http://EventRegistry.org for (a) collecting media information from 300,000 news and social media sources, (b) performing linguistic and semantic processing in multiple languages, (c) forming events and event sequences, (d) streaming information about events in open data formats, (e) rich visualizations, and (f) search with complex queries for analysing global social dynamics. Challenges and technical solutions will be discussed.

Keywords — text mining, media monitoring, semantic annotation, cross-linguality, visualization

Povzetek — Spremljanje globalnih medijev v realnem času zahteva procesiranje velike količine besedil zapisanih v mnogo jezikih. Predlagamo uporabo statistične analize besedil (angl. text mining) in semantično procesiranje za identifikacijo in spremljanje medijskih dogodkov. Predstavili bomo sistem, ki zbira in procesira veliko število pisanih medijskih virov v raznih jezikih. Sistem za preko-jezično spremljanje globalnih medijskih dogodkov »Event Registry« (http://EventRegistry.org) ima naslednje glavne funkcije: (a) zbiranje novic iz preko 300.000 profesionalnih in socialnih medijev, (b) jezikovna in semantična analiza besedil v 100 jezikih, (c) identifikacija medijskih dogodkov in povezovanje dogodkov v medijske zgodbe, (d) kreiranje informacij o dogodkih v standardnih podatkovnih formatih, (e) bogat nabor prikazov (vizualizacij) in (f) iskalnik s kompleksnimi povpraševanje za analizo globalne socialne dinamike. Predstavili bomo izzive in tehnične rešitve.

Ključne besede — analiza besedil, spremljanje medijev, semantična anotacija, preko-jezičnost

I. INTRODUCTION

In this work we present a system "Event Registry" for global media monitoring. The system is a result of the work on EU funded FP7 project X-LIKE, where the goal was to create cross-lingual technologies, and to use them in the real-world scenarios. As a result, we created the system "Event Registry" using cross-linguality for analytics and information tracking in media.

The key goals, when building the system, were:

- To collect data from global media in real-time.
- To identify events and track evolving topics.
- To assign stable identifiers to events.
- To identify events across languages.
- To detect diversity of reporting along many dimensions.
- To provide rich exploratory visualizations.
- To provide interoperable data export.

II. RELATED WORK

In the world of services for news streaming there are several (all the relevant ones are commercial) that offer the streaming of news, blogs and social media across multiple publishers. **(1)** Some of these relevant services include Bloomberg Terminal, Spinn3r.com, NewzCrawler.com, StoryCrawler.com and several others. The common characteristic of these services is *operating at the level of a news article*, typically joined with simple meta-data describing the document. **(2)** Another kind of news service is provided by news aggregators (e.g. Google News, European Media Monitor, Feedly, Fark, Pulse, News360) providing *additional aggregation in the form of news clusters* and possibly some extracted metadata (e.g. named entities) – these kind of services typically don't stream data. **(3)** Yet another type of news streaming is provided by individual publishers (most notable are news agencies like AP, Reuters, AFP, DPA) which stream predominantly their own news on a commercial basis – *typically one article per event with limited semantic annotation*, often in multiple languages.

III. OUR APPROACH

In our project, we propose *news events streaming* with certain unique features, which, to the best of our knowledge, is not currently available in a joint form through any single service. The key features of our proposed service are: **(1)** operating at the level of "events" (not just individual articles), where an event is a complex object consisting of several semantic components extracted from a collection of articles (described later in the text); **(2)** creation of "Storylines" (i.e. event sequences), where each storyline is a sequence of events describing the evolution of a topic through time; **(3)** each individual article is semantically annotated and disambiguated through wikification (wikifier.ijs.si) for 100 languages into a common semantic vocabulary (updated with new terms once per hour); **(4)** cross-lingual clustering of articles into events across 100 languages (xling.ijs.si) using statistical interlingua; **(5)** extraction of meta data such as location and time of the event from the content of the articles; **(6)** the description of an event through the use of an infobox for the most relevant event-types; **(7)** provision of the events as semantic objects through real-time streaming and semantic faceted search.

The key aim of the proposed service is to fill the gap in the market of news streaming and news post-analysis with the combination of modern semantic, (cross)language, and machine learning techniques. The delivered data are interoperable with other semantic resources (such as LOD cloud) and delivered in standardized formats (such as IPTC Vocabularies for the Media) used in the publishing industry. Another goal is to complement the LOD cloud with news events data.

The architecture of the system consists from several components, connected in a software pipeline. The five major stages of the pipeline are:

Collecting the media data in real-time with a small delay from the time a news story appears on the web. For collecting the input data we use the service "NewsFeed" (http://newsfeed.ijs.si), developed as part of the project. It collects approx. 400,000 news stories per day.

Pre-processing steps which include semantic annotation, extraction of date references, cross-lingual article matching, and detection of article duplicates. All these components serve as preparation for the next stage, dealing with events.

Event construction phase takes on the input pre-processed news articles from the previous stage and performs article clustering, cross-lingual cluster linking, event formation, information extraction from events (e.g. location and other structured information), and identification of related events.

Event storage, maintenance and API interface is the last stage of the back-end system. Front-end system includes web interface and many visualization of the collected and pre-processed data.

Figure 1 shows the architecture of the system, structured as a pipeline of multiple components.

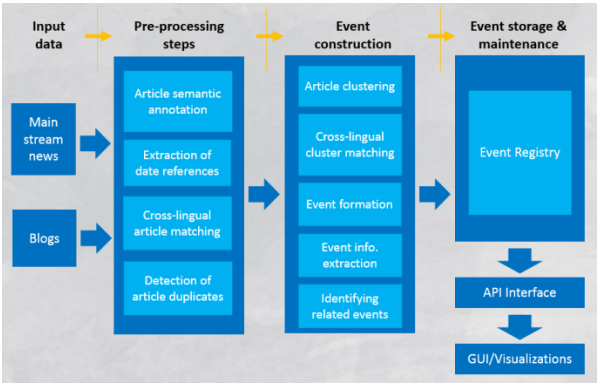


Figure 1: The architecture of the "Event Registry" system

IV. DATA BEING USED

In the project, we are using the following open data resources:

The data feed and database from the Global Media Monitor system "Event Registry" (http://eventregistry.org/) which collects, in real-time, main stream news and social media from over 300,000 sources in all world languages across all topics and domains. In the last two years (from mid-2013), the system collected over 100 million articles structured into over 4 million events (approx. 5000-10000 events per day).

DBpedia (and broader Linked-Open-Data like GeoNames and others) as a baseline broad coverage multilingual vocabulary for news article annotation.

Wikipedia page view statistics (https://dumps.wikimedia.org/other/pagecounts-raw/) providing an updated vocabulary (once per hour) of new Wikipedia terms.

IPTC News Codes and IPTC Subject Codes (https://iptc.org/standards/) for industrial standard annotation and schema definition for event-types (upcoming).

The above input data are primarily used for semantic annotation and disambiguation of multilingual plain text news articles into a semantic interoperable form to produce high quality (i.e. high precision and recall) events for further use.

V. SEMANTIC ANNOTATION OF EVENTS

The output data consist of objects, called "events", where **each "event" includes only extracted semantic data about a topic (not actual articles which might be the subject of a copyright)**. The key components of an event object are: **(1)** "*who?*" – social component, i.e. people, organizations, places, **(2)** "*what?*" – content component, **(3)** "*when?*" – temporal component, **(4)** "*where?*" – location, **(5)** "*sources*" – links to the news articles covering the event. **(6)** "*context*" – related events.

Event objects are delivered through real-time streaming and search API through REST interface. Technically, to consume the data from the service would require only a few lines of python code (examples: https://github.com/gregorleban/event-registry-python) or some other programming language. The data transmitted from the service are available in several formats (e.g. JSON, Storyline Ontology, and other popular forms of Linked Data) to be consumed by standard open source data consumers. To support social and related sciences, the data are exported and streamed in forms suitable for an immediate use within popular data analytic packages (like R or Matlab).

An example Python script communicating with the "Event Registry" API:

```
>>> from EventRegistry import *
>>> er = EventRegistry()
>>> q = QueryEvents()
# get events related to Barack Obama
>>> q.addConcept(er.getConceptUri("Obama"))
# and are related to issues in society
>>> q.addCategory(er.getCategoryUri("society issues"))
# and have been reported by the BBC
>>> q.addNewsSource(er.getNewsSourceUri("bbc"))
# return event details for first 30 events
>>> q.addRequestedResult(RequestEventsInfo(count = 30))
# execute query and obtain results
>>> res = er.execQuery(q)
```

The result of a query is a structured object in JSON representing rich information on the requested data:

```
'events': { 'resultCount': 122,
   'results': [
      {'articleCounts': {'eng': 54.0, 'total': 54.0},
      'categories': [{...}],
      'concepts': [{...}, ...],
       'eventDate': '2014-08-29',
       'eventDateEnd': '',
       'multiLingInfo': { 'eng': {
            'title': ..., 'summary': …}},
       'uri': '1211229', 'wgt': 9.0}
       }, …
]}
```

VI. VISUALIZATION OF EVENT DATA

The "Event Registry" system provides a rich set of visualizations as a result of queries to the system. The aim is to show complex data in a simple way allowing an end-user to understand about global social dynamics. Figures 2-7 present some of the main visualizations – more are available from the system itself.

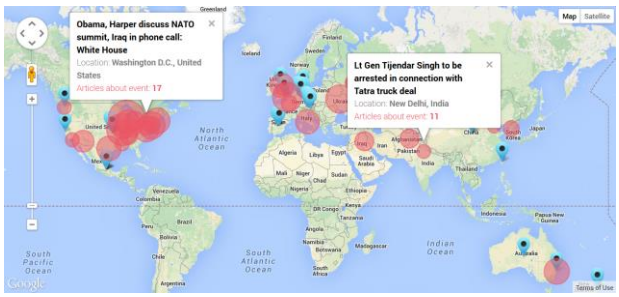


Figure 2: Life event tracking showing events as they appear by crawling live news streams.

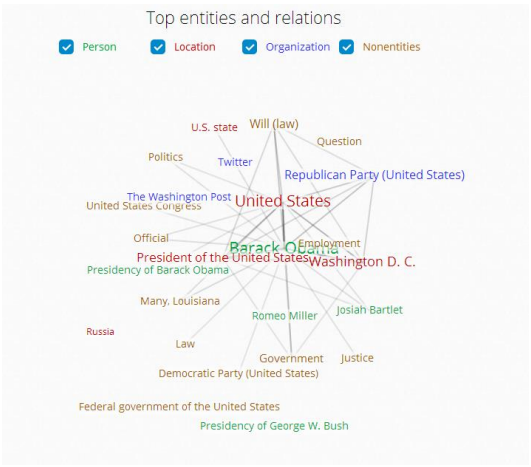


Figure 3: Network visualization of relations (co-location) between identified entities in events.

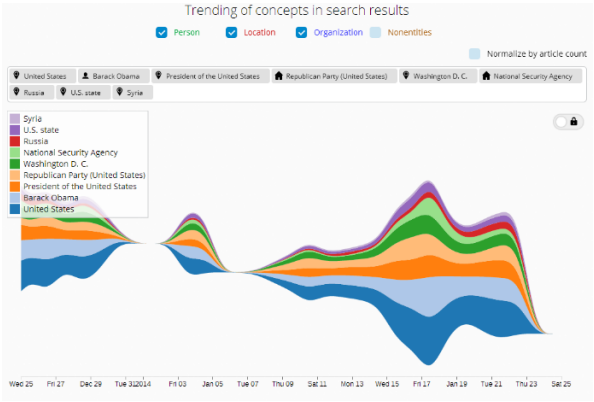


Figure 4: Collection of key event concepts visualized through trending concepts.

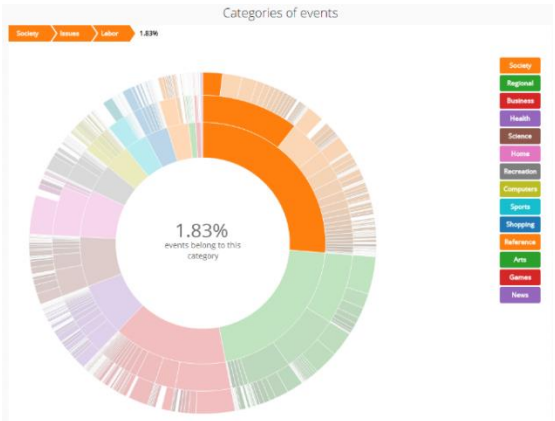


Figure 5: Events presented through a three level topic categorization.

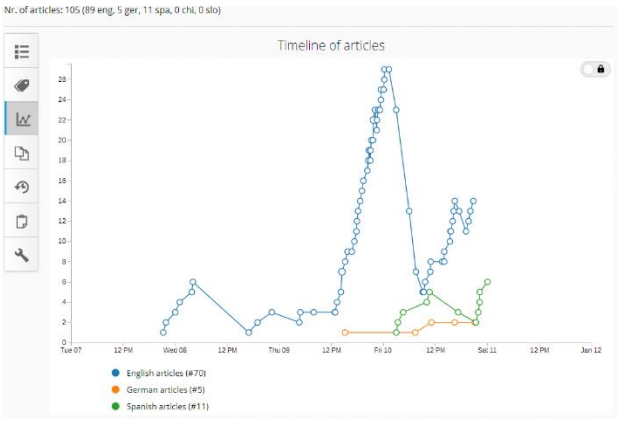


Figure 6: An individual event presented through a reporting dynamics (intensity of articles about an event).

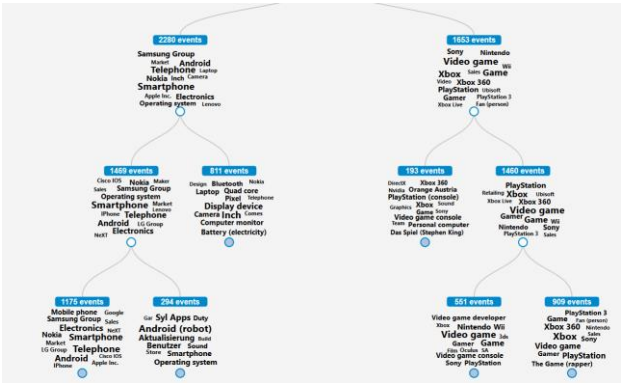


Figure 7: Hierarchy of events on a selected topic.

VII. EXAMPLES ON HOW THE SYSTEM IS BEING USED

The "Event Registry" service covers all aspects of public life, as seen through news reporting. Next, we present three example scenarios from real-life inquires.

(1) A hedge fund trading today using plain text news articles from e.g. Bloomberg Terminal cannot spot complex situations in the market because the news articles are not linked across languages and semantically compressed, consequently it is not able to find signals affecting the market.

(2) A media company runs into potential difficulties due to its lack of spotting relevant events in the long tail – consequently missing opportunities.

(3) Following a press-release, government officials have difficulties in tracking information propagation across languages, geographies and cultures in real-time – consequently not being able to react properly.

VIII. SUMMARY AND FUTURE CHALLENGES

We presented the system for global media monitoring "Event Registry" consisting of multiple components starting from a news crawler, cross-lingual semantic annotation, event construction and tracking and several more. The system provides data through a simple REST API interface in addition to a rich set of visualizations.

Some of the future challenges include extending the system with new functionalities, whereas "Event Registry"

will serve as a base platform. Some of the planned extensions include research and modules for:

- Understanding global social dynamics – How global society functions, what are commonalities, where the diversity appears and why?
- Integrating text-based media with TV channels – Integration with speech recognition, video processing, visual object recognition, face recognition, …
- Event prediction / Event-Consequence prediction – Understanding of causality in the social dynamics.
- Micro-reading / Machine-reading – Deep understanding of individual news documents.

ACKNOWLEDGMENTS

The system "Event Registry" was developed as part of the EU FP7 project X-LIKE (http://www.xlike.org/) with the project reference 288342.

Marko Grobelnik is a researcher at Jozef Stefan Institute working in various areas of AI. He was the coordinator of the X-LIKE project, where the system "Event Registry" was initially developed.

Gregor Leban is a researcher at Jozef Stefan Institute. Gregor is the main integrator and developer for the "Event Registry" system.

Blaž Fortuna is a researcher at Jozef Stefan Institute. He is major contributor to the underlying big-data processing and analytics engine QMiner (http://qminer.ijs.si/).

Aljaž Košmerlj is a researcher at Jozef Stefan Institute, working in the field of deep information extraction from textual data.

Blaž Novak is a researcher at Jozef Stefan Institute. He developed news crawler (http://newsfeed.ijs.si) used in the "Event Registry" system.

LTE – tehnologija pametnih omrežij na področju zaščite in reševanja

Boštjan Tavčar, Uprava RS za zaščito in reševanje, Ljubljana

Povzetek — Članek opisuje priložnosti, izzive, pasti in omejitve tehnologije LTE, gledano skozi problematiko radijskega pokrivanja. Narejena je primerjava z obstoječimi tehnologijami TETRA in DMR. V zaključku so opisani potrebni koraki za uspešen prehod na LTE PPDR.

Ključne besede — LTE, TETRA, DMR, PPDR, zankasta omrežja

Abstract — Article describes the opportunities, challenges, traps and limitations of the LTE technology viewed through the issue of the radio coverage. The comparison is made with existing technologies TETRA and DMR. Conclusion describes the necessary steps for a successful transition to LTE PPDR.

Keywords — LTE, TETRA, DMR, PPDR, mesh networks

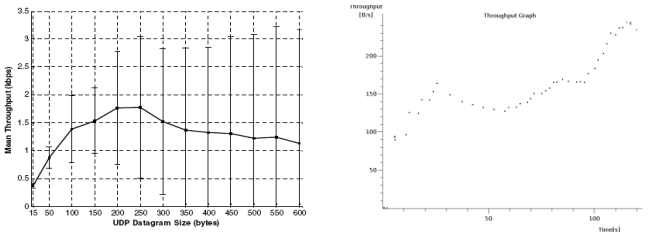
I. UVOD

Ko sem leta 2007 napisal v tistem času odmevni članek z naslovom »Ali je nov standard Digitalnega mobilnega radia DMR konkurenca Prizemnega snopovnega radia TETRA« [1], si nisem predstavljal, da bo DMR doživel tolikšen uspeh in da bo desetletje za tem še vedno aktualen. Ob tem seveda ne smemo pozabiti, da DMR tako kot TETRA predstavlja šele drugo generacijo namenskih sistemov radijskih zvez, za katero je značilno, da ne omogočajo učinkovitega prenosa podatkov. V članku, ki sem ga napisal leto kasneje »IP protokol v profesionalnih sistemih radijskih zvez«, sem pokazal bistvo problema in razblinil upanje, da bo na obstoječih tehnologijah kdaj možno učinkovito prenašati podatke. In kaj se je spremenilo v zadnjih desetih letih? Predvsem zahteve uporabnikov po vse večjih hitrostih prenosa podatkov, ki so z nekaj deset kb/s prerasle na nekaj deset, celo sto Mb/s. Naj spomnim, da sistem TETRA v osnovi omogoča bruto hitrost prenosa podatkov 36 kb/s oziroma 9 kb/s bruto po kanalu. Če odštejemo signalizacijo in glave IP paketov dobimo uporabno hitrost nekaj manj kot 2 kbit/s, v praksi celo pod 1 kbit/s. Pri sistemih DMR so rezultati podobni z razliko nekoliko zanesljivejših prenosov in manjših nihanj hitrosti ob prenosu. Nadgradnja TETRA2 obljublja bruto hitrost prenosa do 115 kbit/s, vendar zaradi uporabe modulacije 64-QAM zahteva višji nivo signala na sprejemniku, -91 dBm, kar je za 15 dB več kot pri TETRA, to pa pomeni večje število baznih postaj. Še večji problem se pojavi pri neposrednih komunikacijah radijska postaja – radijska postaja (DMO), ki so že v osnovni različici TETRA dosegale zgolj eno tretjino dometa klasičnih oziroma DMR radijskih postaj.

Učinkovit in hiter prenos podatkov je predpogoj za vzpostavitev pametnih omrežij. LTE je tehnologija, ki veliko obeta, tudi na področju zaščite in reševanja, vendar so odprta še številna ne zgolj strokovno tehnična vprašanja.

II. LTE – ODPRTA VPRAŠANJA

Dosedanja omrežja LTE omogočajo hitrost prenosa podatkov od bazne postaje proti terminalu s hitrostjo do 325,1 Mbit/s na kanalu pasovne širine 20 MHz ob uporabi modulacije 64 QAM z 4×4 MIMO in do 86,4 Mbit/s od terminala proti bazni postaji. To je neprimerno več, kot pri sistemih TETRA in DMR. Kaj uporabnikom povesta zgornja podatka? V komercialnih prospektih za sisteme TETRA piše, da le-ti omogočajo prenos podatkov s hitrostjo do 28,8 kbit/s, kar je teoretično najvišja možna hitrost, meritve v praksi razpoložljivih hitrosti prenosa podatkov na terenu (slika 1) pa pokažejo povsem drugo sliko. Ali gre torej za zavajanje uporabnikov?



Slika 1: Meritve hitrosti prenosa podatkov sistemih TETRA OTE v Grčiji in Sloveniji

Kakšne bodo dejansko razpoložljive hitrosti prenosa podatkov, je odvisno od več dejavnikov. Prva bistvena razlika med sistemi TETRA in LTE je v tem, da prvi delujejo kot vodovno komutirani sistemi, to pomeni, da je celotna kapaciteta kanala uporabniku dejansko na razpolago, drugi delujejo kot paketni sistemi, to pomeni, da se kapaciteta deli med vse uporabnike. Kolikšno prenosno hitrost bo posameznik imel na razpolago, je torej odvisno od skupnega prometa. Pri komercialnih uporabnikih podatkovni promet prevladuje nad govornim (tabela 1).

Tabela 1: pričakovane vrste prometa

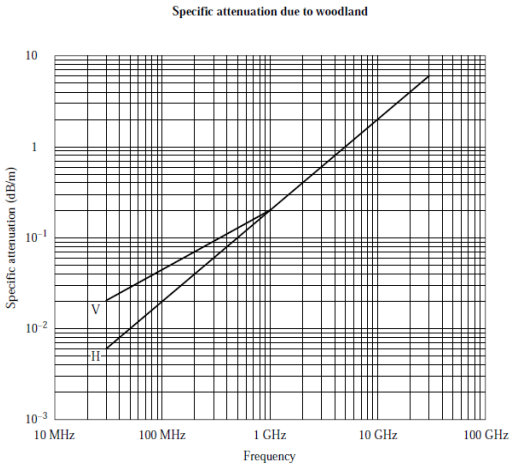
Aplikacije	Kategorija	Odstotek uporabe
VoLTE	V realnem času	30%
FTP	Po najboljših močeh	10%
Web	Interaktivno	20%
Pretočni video	Pretočno	20%
Igre	Interaktivno	20%

Pri namenskih komunikacijskih sistemih bodo odstotki sicer drugačni, lahko pa pričakujemo, da bo prevladoval podatkovni promet, verjetno pa bodo drugačni tudi parametri tega prometa, kar bo potrebno upoštevati v prometnih modelih.

Na razpoložljivo hitrost prenosa podatkov vpliva tudi razmerje signal/šum, ki se z oddaljenostjo od bazne postaje poslabšuje. Najvišje hitrosti prenosa podatkov tako lahko pričakujemo v bližini bazne postaje. Pri tem je potrebno upoštevati minimalno zahtevano jakost signala na vhodu sprejemnika, ki je odvisna od termičnega šuma (-174 dBm/Hz), šumnega števila prejemnika in uporabljene vrste modulacije) [10]. Referenčne vrednosti jakosti vhodnega signala sprejemnika bazne postaje (1) za link navzgor za modulacijo QPSK ½ se gibljejo od -106,6 dBm (0,8 Mbit/s) pri 1,4 MHz-kanalu do - 94,4 dBm (14,4 Mbit/s) pri 20 MHz-kanalu. Za primerjavo, pri 64-QAM 3/4 je referenčna vrednost jakosti vhodnega signala sprejemnika bazne postaje -78,9 dBm (64,8 Mbit/s) pri 20 MHz-kanalu.

$$Rx_{sen} = 10 \cdot \log\left(\frac{k \cdot T \cdot B}{1 \cdot 10^{-3}}\right) + S/N + F_{Rx} \qquad (1)$$

Zahtevano minimalno razmerje signal/šum S/N je pri 64-QAM za več kot 15 dB višje kot pri QPSK, kar neposredno vpliva na občutljivost sprejemnika. Dodatno težavo predstavlja slabljenje signala v prostoru, še zlasti v gozdovih, ki obkrožajo podeželje, zato bo tam primerneje uporabljati nižje ležeče frekvenčne pasove, 700 MHz, 400 MHz, ki pa imajo žal omejeno število razpoložljivih kanalov. Ne smemo tudi pozabiti, da je Slovenija ena od najbolj gozdnatih držav v Evropi, kar bo predstavljalo še dodatne probleme pri zagotavljanju pokritosti terena z radijskim signalom.



Slika 2: Specifično slabljenje radijskega signala v gozdu v odvisnosti od frekvence

Največje dopustne izgube na poti signala za modulacijo QPSK ½ pri hitrosti prenosa podatkov 0,8 Mbit/s znašajo okoli 139 dB, upoštevajoč moč oddajnika ročnega terminala 24 dB in dobitek antene bazne postaje 10 dB (400 MHz). Pri hitrosti prenosa podatkov 14,4 Mbit/s znašajo izgube okoli 128 dB, pri modulaciji 64-QAM ¾ pri hitrosti prenosa podatkov 64,8 Mbit/s pa zgolj 113 dB.

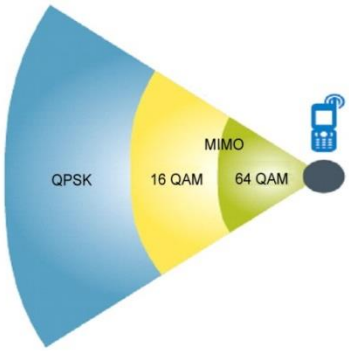
Velikosti celic baznih postaj upoštevajoč višino antene bazne postaje 50 m, višino antene terminala 1,5 m in model Okumura-Hata za podeželje, brez upoštevanja presiha in dušenj v naravi, je prikazan v tabeli 2.

Tabela 2: Primeri velikosti celic na podeželju

	QPSK ½ 0,8 Mbit/s	QPSK ½ 14,4 Mbit/s	64-QAM ¾ 64,8 Mbit/s
400 MHz	14,8 km	7,8 km	2,9 km
700 MHz	11,2 km	5,9 km	2,3 km
1500 MHz	9,2 km	4,9 km	1,9 km

Izračuni so narejeni po metodologiji iz tehničnega poročila ETR 300-1[3] poglavje 6.3.1.1 in služijo medsebojni primerjavi pričakovanega dometa radijskih komunikacij med posameznimi tehnologijami. V izračunih je upoštevan tudi frekvenčni pas 400 MHz, v katerem danes delujejo sistemi TETRA, v bodoče pa bi bil lahko namenjen tudi za LTE PPDR (Public Protection and Disaster Relief). V splošnem frekvenčni pasovi za LTE PPDR v Evropi še niso določeni.

Upoštevajoč podatke v tabeli 2 lahko zaključimo, da bo v omrežjih LTE hitrost prenosa podatkov neposredno odvisna od oddaljenosti od bazne postaje in bodo območja z zagotovljenimi najvišjimi hitrostmi prenosa relativno omejena, kot je to simbolično prikazano na (sliki 3).



Slika 3: Hitrost prenosa podatkov je odvisna od oddaljenosti od bazne postaje

Primerjava dometov radijskih zvez v sistemih DMR, TETRA in LTE je prikazana v spodnji tabeli 3.

Tabela 3: primeri velikosti celic na podeželju

	LTE 0,8 Mbit/s	TETRA 2 kbit/s	DMR 1 kbit/s
700 MHz	11,2 km		
400 MHz	14,8 km	20,6 km [3]	
170 MHz			47.3 km

Za prenos govora – VoLTE zadošča hitrost prenosa podatkov 4,75 kbit/s, zato je v tem primeru velikost celice pri frekvenci 400 MHz primerljiva z velikostjo celice v sistemu TETRA, to je 20 km.

III. NEPOSREDNE KOMUNIKACIJE

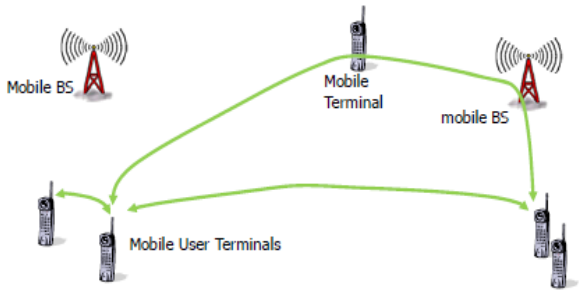
V namenskih sistemih radijskih zvez so zelo pomembne neposredne komunikacije med radijskimi postajami. To še zlasti velja za komunikacije med pripadniki sil za zaščito, reševanje in pomoč, kjer večina pogovorov na terenu v času reševanja poteka neposredno. Upoštevati je potrebno, da je organizacija reševanj odvisna od dometa neposrednih radijskih komunikacij. Na njihov domet vpliva predvsem

oddajna moč in občutljivost sprejemnikov radijskih postaj ter uporabljeni frekvenčni pas. Izračuni dometa neposrednih radijskih komunikacij so primerjalno prikazani v tabeli 4.

Tabela 4: Domet neposrednih radijskih komunikacij

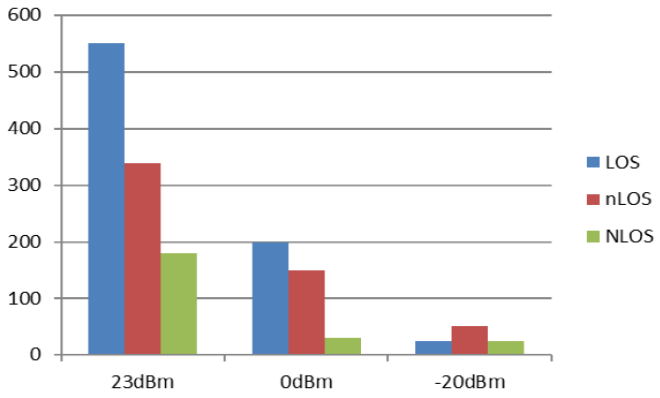
	LTE 0,8 Mbit/s	TETRA 2 kbit/s	DMR 1 kbit/s
700 MHz	1,2 km		
400 MHz	1,5 km	2.1 km	
170 MHz			5,7 km

Glede dometa so klasične in DMR radijske postaje v veliki prednosti. Pri sistemih TETRA so težave vsaj trikrat slabšega dometa radijskih postaj v neposrednem načinu delovanja dokaj neposrečeno reševali z repetitorji DMO. Pri omrežjih LTE te napake ne smemo ponoviti, zato je edina možna alternativa za neposredne komunikacije med terminali uporaba tehnologije zankastih omrežij. Ta bo predvidoma standardizirana v kasnejših različicah standardov (različica 14 ali kasneje), prav tako pa bo zahtevala razvoj novih kompletov integriranih vezij in uporabo drugačnih filtrov v terminalih [11].



Slika 4: Komunikacije v zankastih omrežjih

Na sliki 5 so prikazane meritve dometa neposrednih radijskih zvez, ki so jih v sklopu testiranj zankastih omrežij naredili pri podjetju Qalcomm [4]. Meritve so bile narejene pri frekvenci 2,6 GHz. Kontrolni izračun po zgoraj uporabljeni metodologiji [3] pri frekvenci 2,6 GHz in modulaciji QPSK ½ - 14.4 Mbit/s nam da domet 570 m, kar potrjuje ustreznost modela.



Slika 5: Meritve neposrednih komunikacij [4]

IV. OCENA POTREBNEGA ŠTEVILA BAZNIH POSTAJ

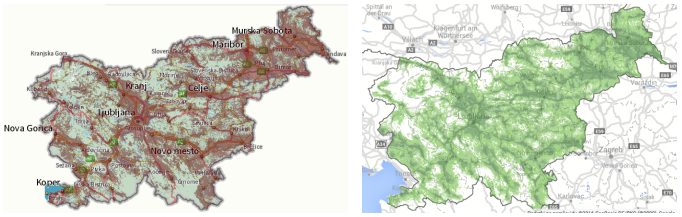
Kolikšno bo potrebno število baznih postaj LTE, da bo pokritost terena z radijskih signalom vsaj tako dobra, kot pri sedanjem sistemu DMR, je vprašanje, ki je bilo že pri sistemu TETRA predmet številnih, večinoma političnih špekulacij. Kljub temu bom poskušal podati vsaj okviren odgovor, saj je to eden od ključnih podatkov za oceno finančnih stroškov, kot tudi oceno zmožnosti zagotavljanja radijskih komunikacij ob velikih naravnih in drugih nesrečah, kot je bil primer ujme z žledom leta 2014.

S sistemom DMR lahko zagotovimo ustrezno pokritost Slovenije s 52 baznimi postajami, upoštevajoč tudi izkušnje iz sistema zvez ZARE. Na podlagi primerjalnih izračunov dometa baznih postaj DMR, TETRA in LTE (tabela 3) lahko ocenimo, da bi za primerljivo pokritost potrebovali 274 baznih postaj TETRA in 531 baznih postaj LTE oziroma 927 na frekvenčnem pasu 700 MHz (tabela 5). Za primerjavo lahko navedem, da ima Belgija v sistemu Astrid [5] 400 baznih postaj, kar bi preračunano na površino Slovenije zneslo 266 baznih postaj.

Tabela 5: Ocenjeno potrebno število baznih postaj

	LTE 0,8 Mbit/s	TETRA 2 kbit/s	DMR 1 kbit/s
700 MHz	927		
400 MHz	531	274	
170 MHz			52

Po podatkih na spletni strani http://www.mobilna-telefonija.com, je v omrežju LTE Telekoma Slovenije 791, Simobila pa 724 baznih postaj. Iz slik pokritosti (slika 5) je razvidno, da so najslabše pokrita hribovita območja južne, zahodne in severne Slovenije, kjer je tudi največ gozdnatih površin. V izračunih v zgornji tabeli (tabela 5) slabljenje radijskega signala v gozdu ni upoštevano, zato lahko z gotovostjo trdimo, da bo končno potrebno število baznih postaj najverjetneje večje od ocenjenega.



Slika 5: Pokritost omrežij LTE Mobitel in Simobil

Število baznih postaj ni pomembno samo s stališča zagotavljanja finančnih virov za izgradnjo, delovanje in vzdrževanje sistema, temveč tudi s stališča načrtovanja potrebnih človeških in materialnih virov za zagotavljanje delovanja sistema ob izjemnih stanjih, velikih naravnih in drugih nesrečah in vojni.

V. ZAKLJUČEK

Ne morem si kaj, da ne bi opozoril na 67. in 68. sklep Strateškega sveta za razvoj informatike v državni upravi, ki ju je ta sprejel na svoji osmi seji 30. marca letošnjega leta [8]. Sklepa se nanašata na izhodišča za izgradnjo enotnega

digitalnega radijskega omrežja državnih organov – omrežje LTE. Če pustimo ob strani dejstvo, da na Ministrstvu za javno upravo sploh nimajo strokovnjakov s tega področja in da tako kot tudi strateški svet zakonsko sploh niso pristojni za odločanje o vprašanjih komunikacijskih sistemov nacionalne varnosti, predvsem bode v oči gradivo, ki je bilo podlaga obeh sklepov in so ga pripravili na Ministrstvu za javno upravo. Uvod in praktične potrebe so opisane zelo na splošno in všečno. Tehnični podatki iz tabele skušajo dajati vtis strokovnosti, ki naj naredi vtis na nepoučene bralce, v bistvu pa kažejo na nerazumevanje problematike in teže naloge, ki so si jo zadali pripravljavci gradiva. Zaskrbljujoča je predvsem lahkotnost zaključkov, v katerih brez poglobljene finančne, strokovne in nacionalno–varnostne analize predlagajo ukrepe, ki bodo imeli dolgoročne posledice za državo. Očitno se niso ničesar naučili pri uvajanju sistema TETRA in se res »zgodovina ponavlja, prvič v obliki tragedije, drugič kot farsa«.

Upoštevajoč trenutno stanje na področju standardizacije tehnologije LTE PPDR in razpoložljivosti opreme na trgu lahko z gotovostjo zatrdimo, da bo slednja uporabna za prenos podatkov v naslednjih petih letih, za zanesljiv prenos govora in zmožnost uporabe neposrednih komunikacij po tehnologiji zankastih omrežij pa kasneje, po različici standardov 15 ali 16, ko bo sistem LTE PPDR lahko v celoti nadomestil današnja omrežja TETRA in DMR [11]. Predpogoj za to je zaključek standardizacije, saj bi uvajanje zasebnih rešitev posameznih proizvajalcev dolgoročno pomenilo za državo neprimerno višje stroške in tehnološke težave. V prehodnem času bo še vedno potrebno razvijati in vzdrževati obstoječe sisteme radijskih zvez, saj le na ta način lahko zagotovimo zanesljive in razpoložljive govorne komunikacije policiji, silam za zaščito reševanje in pomoč ter službam nujne medicinske pomoči. Predlog Ministrstva za javno upravo, da se vse aktivnosti na področju obstoječih sistemov radijskih zvez ustavijo je škodljiv za varnost ljudi in posredno za nacionalno varnost države na splošno.

Pred uvedbo sistema LTE PPDR je potrebno sprejeti odločitev, kolikšna naj bo pokritost terena z radijskim signalom. Določiti je potrebno odstotek pokritosti na posameznih geografskih območjih in zahtevano minimalno hitrost prenosa podatkov. Pri tej odločitvi morajo sodelovati vsi bodoči uporabniki, še zlasti s področja nacionalne varnosti. Na tej podlagi bo mogoče določiti predvideno potrebno število baznih postaj in druge opreme bodočega sistema. Temu sledi ocena potrebnih finančnih sredstev in načrt zagotavljanja le-teh, vključno s potrebnimi finančnimi sredstvi za vzdrževanje in uporabo ter nakup terminalne opreme. Izdelati je potrebno nacionalno varnostno oceno, katere sestavni del je ocena kibernetske varnosti, kar bo med drugim tudi osnova za izbiro modela izgradnje sistema, v javni, mešani ali zasebni lasti. Izdelati je potrebno načrt za zagotavljanje neprekinjenega delovanja, še zlasti v primeru izjemnih stanj, velikih naravnih in drugih nesreč in vojne ter zagotoviti denarna sredstva in potrebne strokovnjake za njegovo uveljavitev. In kar je najpomembnejše, čas je, da politika ne samo prisluhne stroki, temveč da tudi upošteva njene argumentirane predloge.

LITERATURA

[1] Boštjan Tavčar, Ali je nov standard Digitalnega mobilnega radija DMR konkurenca Prizemnega snopovnega radia TETRA, Ministrstvo za obrambo, Uprava Republike Slovenije za zaščito in reševanje, VITEL, 2007

[2] Boštjan Tavčar, IP protokol v profesionalnih sistemih radijskih zvez, Ministrstvo za obrambo, Uprava Republike Slovenije za zaščito in reševanje, VITEL, 2008

[3] ETSI, ETR 300-1 (maj 1997), Terrestrial Trunked Radio (TETRA), Voice plus Data (V+D), Designers Guide, Part 1, maj 1997

[4] Gualcomm, LTE Direct https://www.qualcomm.com/documents/lte-direct-trial-white-paper

[5] Astrid, http://www.mobilecomms-technology.com/projects/astrid/

[6] Simobil, https://www.simobil.si/omrezje/zemljevid-pokritosti

[7] Telekom, http://www.telekom.si/pomoc-in-podpora/teme-pomoci/pokritost-in-dostopnost/pokritost-mobilnega-omrezja

[8] Ministrstvo za javno upravo, http://www.mju.gov.si/fileadmin/mju.gov.si/pageuploads/JAVNA_UPRAVA/DIES/SKLEPI_8._seje_SS.pdf

[9] Bale Mallikarjun Sidram, T P Mithun, M Madhukar, BER, SNR, PAPR Analysis for Multiple Accesses in LTE, International Journal of Scientific & Engineering Research, Volume 4, Issue 7, July-2013

[10] ETSI, TS 136 101 V12.6.0 (2015-04), LTE, Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA), User Equipment (UE) radio transmission and reception, (3GPP TS 36.101 version 12.6.0 Release 12), april 2015

[11] David Chater-Lea, Mision Critical Aplication Progres in 3GPP, EENA conference 2016

Boštjan Tavčar je diplomiral na Fakulteti za elektrotehniko v Ljubljani na univerzitetni smeri telekomunikacije. Od leta 1994 je zaposlen na Ministrstvu za obrambo, na Upravi Republike Slovenije za zaščito in reševanje, v zadnjih letih kot vodja Centra za obveščanje Republike Slovenije. Skrbi za uveljavitev in razvoj informacijskih in komunikacijskih sistemov in enotne evropske številke za klic v sili 112. Je avtor aplikacije za klic v sili za gluhe in naglušne WAP112, ki je bila predhodnica storitev klica v sili naslednje generacije in za katero je Uprava RS za zaščito in reševanje v letu 2009 prejela mednarodno nagrado Evropskega združenja za klic v sili EENA. Je pobudnik vzpostavitve sistema eCall v Sloveniji, sodeloval pa je tudi pri njegovem razvoju. V preteklosti je sodeloval pri različnih evropskih projektih, U2010, MONET, ABSOLUTE, HeERO in drugih. Danes sodeluje pri projektih i-HeERO in NEXES. Bil je tudi član medresorskih skupin za uvedbo enotnega digitalnega radijskega omrežja državnih organov Republike Slovenije. Boštjan Tavčar je predavatelj na Višji strokovni šoli za telekomunikacije, Šolskega centra za pošto ekonomijo in telekomunikacije v Ljubljani in avtor več strokovnih člankov s področja telekomunikacij, informatike in varstva pred naravnimi in drugimi nesrečami.

Smart Networks for the Networked Society - IoT specific requirement and use cases

Martin Mellor, Ericsson

Abstract — This article and presentation will provide specific insights into specific IoT requirements that will be put upon tomorrow's networks. We will show some of the technologies that could support those requirements and some of the use cases we have worked upon with our customers. Additionally we will present business foundation for successful engagement of all IoT stakeholders through recently launched Ericsson IoT Accelerator.

Keywords — Internet of Thinmgs (IoT), mobile networks, 2G, 3G, 4G, 5G, NB-IOT

I. INTRODUCTION

The enablers of mobility, broadband and cloud are coming together to create transformation in our industries and our societies. Everything that benefits from being connected will be connected. Every industry is being disrupted and this pace of change will accelerate with the Internet of Things and 5G.

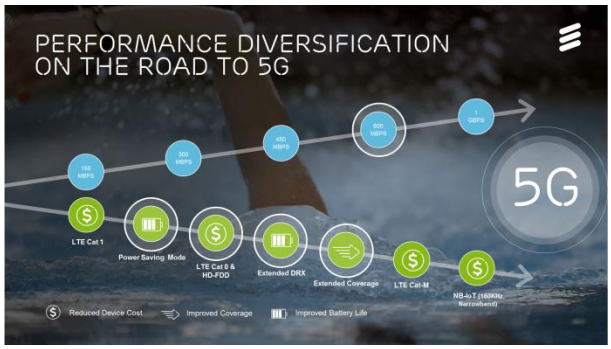
2G, 3G and 4G were specified by service providers and vendors for human use, but with 5G, something very different is happening. Industry 4.0 is leading the way with requirements on their IoT applications and so 5G will be designed primarily for machines which are expected to outnumber human usage by 10:1. Ericsson is forecasting 28 billion connected devices by 2021 and 50 billion connected devices well before 2030.

Picture 1: 15 billion devices in 2021

II. SMART NETWORKS OF FUTURE

There are countless examples of IOT applications spring up from connected water, vineyards, bus stops, cars, HGVs, crops, agriculture, animals… The limit will be our imagination. Smart Cities will make our lives easier with traffic management, smart grids, conected stadiums and healthcare.

To connect all these sensors and machines puts special requirements on the networks and battery life. Solid state batteries with a fit and forget approach are being developed and Ericsson is building on 2G and 4G standards to provide massive cellular connectivity with EC-GSM-IOT, LTE-CatM and NB-IOT. In addition to massive machine connectivity then there will also be the requirement for critical machine connectivity where security and availability are guaranteed.

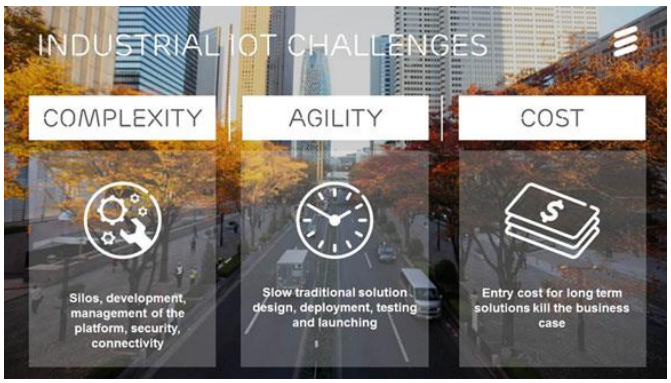


Picture 2: Performance diversification

IOT will transform our industries and cities but service providers need to careful that they are not only providing connectivity. The beneficiaries of 5G and IOT will be the industries saving costs and increasing revenue and service providers need to consider how they can increase their worth in the IOT value chain through service enablement and service creation. To facilitate this Ericsson has launched IOT Accelerator.

III. IOT ACCELERATOR

Ericsson's IoT Accelerator is a suite of software and services with three components, an IoT Platform, a Marketplace and Local Professional Services.



Picture 3: Industrial IoT challenges

IoT Platform: The IoT platform's capabilities include data management, billing, device management, connectivity services and analytics. IoT Accelerator leverages the Ericsson Cloud System to support hybrid cloud deployments. The

platform is offered as a service to enable customers to overcome the barriers of cost and complexity.

Marketplace: The Ericsson IoT Marketplace is both a repository of apps and a collaborative development site. It allows companies to develop solutions in close cooperation with ecosystem partners and – optionally – make them available to their own customers.

Local Professional Services: The offering includes Ericsson's complete portfolio of services, including everything from initial setup services to business consulting, application development and maintenance, systems integration and industry transformation services.

We are entering a new period of productivity driven by mobility, broadband and cloud and accelerated by IOT and 5G. Those that embrace Industry 4.0 and go through their own digital transformation will reap the benefits and will be the new business leaders in this period of unprecedented disruption.

LITERATURE

[1] IOT Accelerator – IOT Made easy, http://www.ericsson.com/spotlight/industries/our-industries/iot-accelerator

[2] NB-IoT: a sustainable technology for connecting billions of device, http://www.ericsson.com/thecompany/our_publications/ericsson_technology_review/archive/narrowband-iot-connecting-billions-devices

Martin Mellor has had 23 years in the telecommunications industry and is currently responsible for the pre sales and delivery of Ericsson's IT, Network and Media business in Central Europe. Previous roles in Ericsson include Head of Broadband Access Product Area, IP sales engagement, worldwide Profitable Video Delivery SET lead and Head of EP Central Europe. Before joining Ericsson in 2006, Martin worked with Racal (when Vodafone started) in HW & SW development and Marconi Communications where he was responsible for the Switching engineering department leading the Softswitch and IMS developments. Martin holds a joint honours degree in Pure and Applied Physics from Nottingham University.

Določitev uporabniškega mnenja s podatkovnim rudarjenjem IPTV-podatkov

Matej Kren, Urban Sedlar, Janez Bešter, Andrej Kos, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za elektrotehniko, Ljubljana

Povzetek — Televizija na osnovi protokola IP (IPTV) je v zadnjih letih postala eden od dominantnih načinov distribucije žive TV slike. Prinaša številne prednosti, med drugim večjo izbiro TV programov, video na zahtevo in interaktivne aplikacije. TV komunikatorje, ki so v uporabi v sistemih IPTV lahko obravnavamo tudi kot zmogljiva senzorska vozlišča, ki zbirajo velike količine podatkov tako o aktivnosti uporabnikov kot o kakovosti ponujane storitve. V tem prispevku se osredotočamo na dogodke, ki so jih generirali gledalci in analiziramo, kako lahko na osnovi psevdoanonimiziranega podatkovnega toka preklopov med kanali v omrežju IPTV, rudarimo in pridobimo informacije o naravi same vsebine TV programa. Prikazali bomo, kako lahko podatke IPTV omrežja uporabimo kot merilo uporabniškega mnenja. Predlagana metoda analizira televizijsko vsebino in meri implicitne odzive gledalcev v obliki menjave TV programa. Metodo bomo prikazali v različnih okoliščinah in s tem zarisali okvir za nadaljnje raziskave.

Ključne besede — IPTV, podatkovno rudarjenje, posredne povratne informacije uporabnikov

Abstract — IPTV has been widely deployed throughout the world, bringing significant advantages to users in terms of the channel offering, video on demand, and interactive applications. TV set-top boxes that are deployed in modern IPTV systems can be thought of as capable sensor nodes that collect vast amounts of data, representing both the user activity and the quality of service delivered by the system itself. In this paper we focus on the user-generated events and analyse how the data stream of channel change events received from the entire IPTV network can be mined to obtain insight about the content. We demonstrate that IPTV network data can be used as a measure for users' opinion. The proposed method analyses TV content and measures viewer's response. Finally, the method is demonstrated on different scenarios to illustrate the framework and motivate further research..

Keywords — IPTV, user opinion mining, implicit user feedback

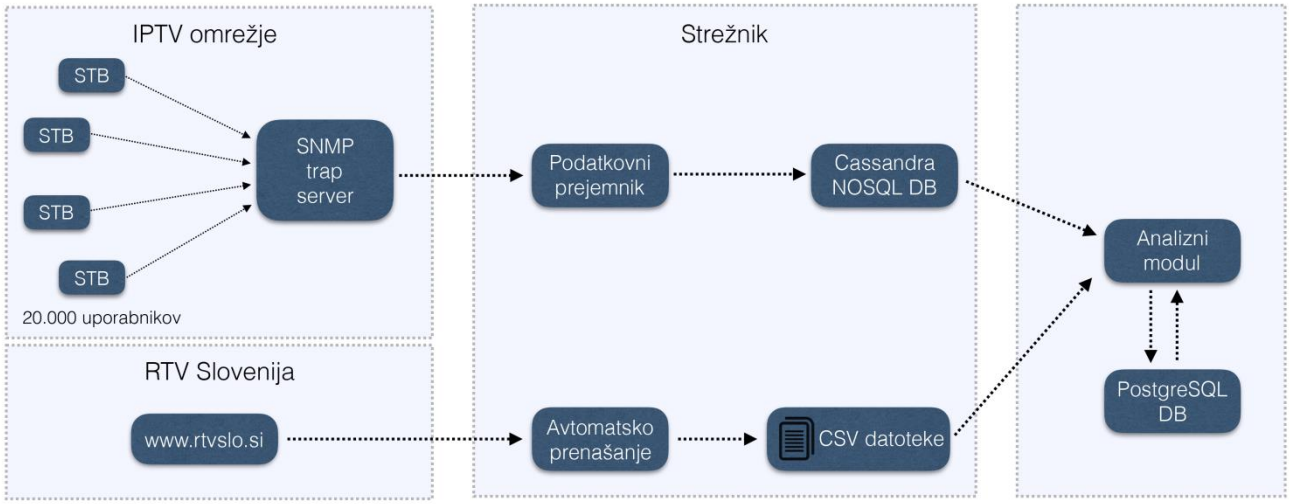
I. UVOD

Televizija na osnovi internetnega protokola (IPTV) je postala pomemben del moderne ponudbe trojček (angl. Triple Play). Poleg svojih prednosti, zlasti večje ponudbe vsebin in in interaktivnosti, takšni sistemi prav tako podpirajo enostavno zbiranje podatkov na več ravneh v sistemu [1-5]. Zbrani podatki omogočajo oceno kakovosti slike, ugotavljanje možnih težav pri dekodiranju slike/zvoka in pridobitev informacij o uporabniški aktivnosti. Eden izmed uporabniško-generiranih podatkovnih tokov v takšnem sistemu so tudi dogodki preklopov med TV programi, ki jih v teoriji lahko pridobimo bodisi iz poročil diagnostičnega modula TV komunikatorja, ali pa jih zajamemo direktno iz omrežnih elementov dostopovnega omrežja. Takšni preprosti podatki skrivajo veliko informacij o vedenju uporabnika in o vsebini programa, saj se vsak preklop programa zgodi zaradi kombinacije navad gledalca in vsebinskega konteksta [12].

Viri multimedijske vsebine so vedno bolj bogati (npr. deljenje videa, video na spletnih straneh itd.), pa tudi vedno bolj raznoliki in razpršeni, zaradi česar težje dosežejo ciljno publiko. Še več, uporabniki vedno težje ob pravem času dostopajo do medijske vsebine, ki in ko jo iščejo. Kljub temu uporabnik izbere vsebino predvsem glede na primernost, ki jo program ponuja. Iz tega razloga se informacijski sistemi in aplikacije, ki bi zadovoljile potrebo po prilagajanju vsebine, nenehno razvijajo in izboljšujejo. Televizijske hiše morajo pridobiti informacije o preferencah uporabnikov, če želijo uporabnikom ponuditi najprimernejše vsebine. Prav to je tudi razlog, da ponudniki televizijskih novic podajajo novice, ki jih ima ciljna publika najraje. Ključni del vsake aplikacije v tej domeni je ugotavljanje mnenj uporabnikov glede primernosti vsebine. Preference in povratne informacije uporabnikov lahko zbiramo skozi več kanalov; uporabniki lahko na primer poročajo o kakovosti izkušnje med gledanjem televizijske vsebine preko družabnih omrežij in tako lahko merimo priljubljenost programa s sledenjem objav na pripadajočih družabnih omrežjih. Največji problem s tem pristopom je, da upošteva le gledalce, ki so aktivni na družbenih omrežjih.

Najbolj zaželene metode za zbiranje povratnih informacij uporabnikov so posredne, saj bi vsako potrebno dejanje (za izražanje mnenja) pokvarilo uporabniško izkušnjo. Moderni sistemi omogočajo shranjevanje množice podatkov o obnašanju gledalcev. Navadno uporabniki, ki gledajo televizijo ne podajo nobenih povratnih informacij, kljub temu pa izrazijo svoje preference posredno, s preklapljanjem med TV programi, snemanjem ali dogodki videa na zahtevo. Eden glavnih izzivov je identificirati relevantna dejanja uporabnikov, ki jih lahko učinkovito uporabimo za ugotavljanje mnenj in preferenc uporabnika. Podatkovni tok preklopov med programi nam poda odziv uporabnikov na gledano vsebino, saj uporabnik pogosto preklopi med TV programi zato, ker bi se rad odmaknil od neželene vsebine. Podatkovni tok preklopov tako posredno poda negativno povratno informacijo, ki vsebujejo oceno vsebine ne le za celotno televizijsko oddajo, temveč tudi za manjše odseke televizijske oddaje.

V tem prispevku se bomo osredotočili na analizo podatkovnega toka preklopov med TV programi [1, 7]; podatke smo v psevdoanonimizirani obliki pridobili od ponudnika IPTV storitve. Iz teh podatkov nameravamo sklepati na zanimivost vsebine oddaj, ter predstaviti nov pristop za oceno televizijskih vsebin, ki upošteva manjše odseke vsebine in meri povratne informacije uporabnikov skozi čas trajanja televizijske oddaje. To bomo združili z informacijami o sami vsebini, ki jo dobimo iz opisa oddaje. Prikazali bomo nekatere vzorce, ki prikazujejo spremembe v gledalčevem zanimanju za temo skozi čas.



Slika 1: Sistemska arhitektura

II. SORODNE RAZISKAVE

Pri ugotavljanju mnenja uporabnikov moramo pri našem pristopu upoštevati tri vidike. Pristop temelji na posrednih povratnih informacijah, analizi podatkovnega toka preklopov in podatkovnega rudarjenja.

A. Posredne povratne informacije uporabnikov

Glavna naloga rudarjenja uporabniških mnenj je, da zazna uporabnikove preference, glede na prejšnje posredne povratne informacije. V [6] so avtorji prikazali primerjavo med neposrednimi in posrednimi sistemi za zbiranje povratnih informacij in zaključili, da je zamenjava med njimi možna. Če sistem pasivno sledi različnim vrstam obnašanja uporabnikov, kot je preklapljanje med kanali, dolžina gledanega kanala in katere kanale uporabniki gledajo ob določenem času dneva, je iz podatkov mogoče sklepati o preferencah uporabnikov ali njihovemu mnenju. Po drugi strani pa nimamo neposrednih informacij uporabnikov o njihovih preferencah, kakršne so na voljo pri veliko bolj raziskanem pristopu z neposrednimi povratnimi informacijami. Za našo analizo to pomeni, da nam bodo manjkali trdni dokazi o tem, katera vsebina je uporabniku všeč in katera ne. O uporabniških preferencah lahko sklepamo iz uporabniških navad in obnašanja ob gledanju televizijske vsebine.

V [16] je predstavljen faktorski model posrednih povratnih informacij, da bi prikazal preference uporabnikov. V [13] so posredne povratne informacije dopolnjene z neposrednimi povratnimi informacijami, da priporočijo televizijsko vsebino, ki temelji na podatkih elektronskega programskega vodiča (ang. Electronic Program Guide – EPG).

Oba pristopa prikazujeta preference uporabnikov samo glede na odziv na celotne dele vsebine; naš predlagani postopek ocenjevanja vsebine pa omogoča modeliranje mnenja in preferenc uporabnikov glede na odziv tudi na manjše odseke vsebine. Splošne uporabniške preference lahko določimo glede na odziv na celotno oddajo/film, vendar, če želimo določiti podrobnejše uporabniško mnenje, je koristno spremljati uporabniško vedenje ob samem gledanju vsebine, za kar potrebujemo natančne informacije o trenutni vsebini in trenutnem uporabniškem odzivu, ki so opisane v naslednjem poglavju.

B. Rudarjenje podatkovnega toka preklopov med programi

Preklopi med kanali dajejo temelje za ugotavljanje vedenja in preferenc uporabnikov [13, 14, 15]. Preklopi med kanali so uporabni, saj takoj pokažejo, kaj uporabnikom ni všeč. Če uporabnik med kanali ne preklaplja, je to možna indikacija tega, da mu je program všeč ali pa je do njega ravnodušen. Vsak preklop med kanali kaže, da je bila vsebina bodisi nerelevantna za uporabnika, bodisi pa, da ni bila to, kar je uporabnik pričakoval. V vsakem primeru dobimo signal neodobravanja s strani uporabnika. Ko se preklapljanje med kanali konča in komunikator ni ugasnjen, lahko predvidevamo, da je uporabnik našel preferirano vsebino, in jo ustrezno označimo.

Podatkovni tok preklopov med programi v našem primeru predstavlja posredno negativno povratno informacijo uporabnika, saj uporabnik implicitno negativno ocenjuje vsebino, ki jo konzumira.

C. Podatkovno rudarjenje uporabniških mnenj

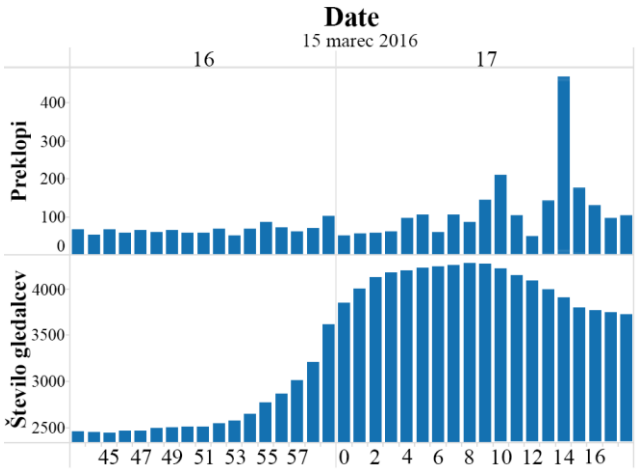
Mnenjsko rudarjenje je proces, ki ga uporabljamo za avtomatizirano pridobivanje znanja iz mnenj uporabnikov o določeni temi ali problemu. Raziskava rudarjenja mnenj uporabnikov je prikazana v [17] in opisuje obširno raziskano področje ugotavljanja mnenj uporabnikov iz besedilnih dokumentov. Raziskave se ukvarjajo z različnimi tehnikami, med drugim s strojnim učenjem in klasifikacijo dokumentov z oznakami negativni, pozitivni in nevtralni.

Reševanju problema mnenjskega rudarjenja iz informacij o vedenju uporabnikov v teh raziskavah ni bila posvečena posebna pozornost. Članek [11] opisuje funkcijo sistema, ustvarjenega za analizo obnašanja strank elektronskega poslovanja. Omogoča identifikacijo uporabnikov in pridobivanje informacij o obnašanju strank, ki so v interakciji na spletni strani; predstavljen sistem opravlja ocenjevanje in ovrednotenje mnenj.

Ugotavljanje mnenj uporabnikov v sistemih IPTV predstavlja izziv, saj je dostopnih manj informacij o vedenju uporabnikov. Sistem, predstavljen v naslednjem poglavju, omogoča analizo psevdoanonimiziranih podatkov o preklopih med TV programi in pridobivanje kontekstualnih podatkov o vsebini, ki nam bodo pomagali pri klasifikaciji.

III. MATERIALI IN PREDLAGANA METODA

A. *Podatkovno rudarjenje uporabniških mnenj*



Slika 2: Primer časovne serije preklopov med kanali in časovne serije gledalcev z enominutno razčlenjenostjo. Graf prikazuje 35 minut podatkov 15. marca 2016, en stolpec predstavlja eno minuto.

Viri podatkov sistema so razdeljeni na dva dela. Prvi del je omrežje ponudnika IPTV, drugi pa spletno mesto RTV Slovenije.

Slika 1 prikazuje visokostopenjsko arhitekturo sistema. Vsak televizijski komunikator v IPTV storitvi (ang. Set-Top-Box - STB) deluje kot izvor sporočil v omrežju IPTV in informacije posreduje na strežniško stran. Informacijski vir generira sporočilo, ki ga je sprožila aktivnost uporabnika (npr. vsakič, ko uporabnik spremeni kanal).). Na strežniku SNMP manager zbere vsa posredovana SNMP sporočila (SNMP traps), odstrani indentificirajoče informacije (v namen psevdoanonimnosti), in jih posreduje podatkovnemu prejemniku, ki jih shrani v nerelacijsko zbirko podatkov Apache Cassandra.

Shema zbirke podatkov je bila ustvarjena tako, da datum služi kot ključ, preklop kanala pa je vrednost v zbirki podatkov; to omogoča hitro zbiranje podatkov glede na čas. Nerelacijska zbirka podatkov in prej opisana shema sta potrebni zaradi velike količine dnevno ustvarjenih podatkov; obenem dolgoročna analiza zahteva tudi hiter dostop do podatkov podatkov.

Drugi del sistema temelji na pridobitvi podatkov o vsebini, s čimer lahko postopek določi, kaj je bilo ob določenem času v dnevu predvajano na določenem televizijskem kanalu. Raziskava je bila omejena na en sam televizijski kanal (RTV Slovenija 1) in na eno televizijsko oddajo (TV dnevnik), saj ta zagotavlja podnapise za gluhe in naglušne. Implementirali smo avtomatsko nalaganje dnevnih transkriptov s spletne strani RTV Slovenije; te transkripte smo dodatno obdelali, kot je opisano v naslednjem poglavju. Transkripti so v preprosti obliki (začetni čas, končni čas, stavek), kar omogoča enostaven uvoz v CSV datoteko.

B. *Podatki in njihova priprava*

Ker je sistem razdeljen na dva dela, so tudi podatki iz dveh domen, kar zahteva različno obdelavo.

Prvi tip podatkov so preklopi med TV programi. Podatke naložimo iz zbirke podatkov Cassandra v obliki datuma in časa, kanala in uporabnikove psevdoanonimne identitete. Ti podatki so agregirani, da oblikujejo časovno serijo podatkov, ki predstavljajo število preklopov med kanali v določenem času v dnevu z enosekundno natančnostjo. Ločena podatkovna zbirka nam omogoča poizvedbe, da lahko sledimo aktivnostim uporabnika, psevdoanonimno identiteto pa uporabljamo, da pridobimo vse preklope med kanali določenega uporabnika. Iz teh podatkov lahko pridobimo in oblikujemo uporabnikov urnik gledanja kanalov. S povezovanjem vseh podatkov vseh uporabnikov smo oblikovali časovno serijo podatkov, ki predstavljajo število uporabnikov, ki gledajo določen televizijski kanal v določenem času. Primer obeh časovnih serij je prikazan na Sliki 2.

Drug tip podatkov so podnapisi novic. Analizirali smo dnevne novice ob 19.00. uri, ki so dolge 60 minut. Osredotočili smo se na prvih 30 minut, ki so po naravi splošne (brez športa in vremenske napovedi). Novice so v slovenščini, kar predstavlja dodatne izzive pri vseh algoritmih besedilnega rudarjenja. Paziti smo morali na podporo nacionalnim znakom v fazi procesiranja podatkov: zajem podatkov, čiščenje in analiza. Nekateri algoritmi za ekstrakcijo teme [8], ustvarjeni za angleščino, zaradi prisotnosti različnih ne-ASCII znakov niso zadovoljivo delovali.

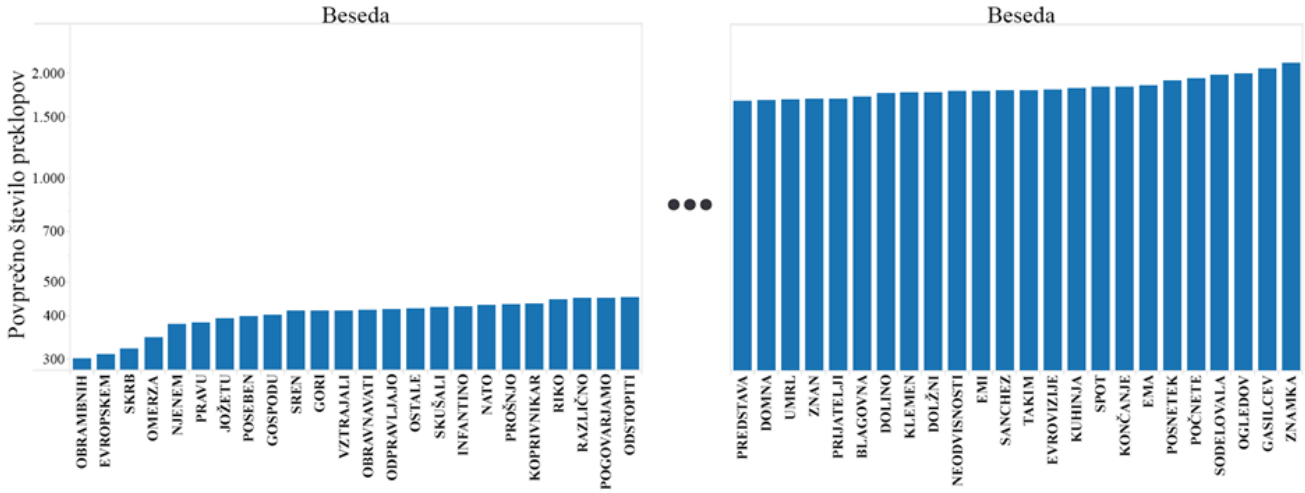
Prvi korak procesiranja besedila je zahteval izključitev nepomembnih besed (ang. stop words), ki so bile pridobljene iz [9]. Naslednji korak je bila lematizacija, ki je bila potrebna, a se je v slovenščini izkazala za zelo zahtevno. Ker proces ni bil 100% natančen, smo izvedi dve analizi: eno z lematizacijo in eno brez lematizacije. Lematizacija se je izkazala za koristno za analizo mnenj uporabnikov o določeni temi, kjer so bile besede z istim pomenom preprosto analizirane skupaj. A ko smo analizirali različne besede, uporabljene v oddaji, so se originali izkazali za bolj koristne, kot bomo prikazali v naslednjem poglavju. Ker je bila količina podatkov majhna, so bili podatki shranjeni v CSV datotekah v obliki »od, do, besedilo«. Od in do sta predstavljala čas in sekunde od začetka novic, besedilo pa je predstavljalo govorjeno besedo z odstranjenimi nepomembnimi besedami in opravljeno lematizacijo.

Dva podatkovna niza vsebujeta časovne žige, ki smo jih pred nadaljnjo analizo morali sinhronizirati. Podatki, ki so zajemali informacije o transkriptu, so vsebovali le čas od začetka oddaje, tako da smo morali določiti pravilni začetek oddaje. Določili smo odmik od začetka oddaje in dogodek preklopa kanala, ki smo ga ročno ustvarili na začetku oddaje. Našli smo 70-sekundni zaostanek med časovnim žigom dogodka in dejanskim časom in ga upoštevali v podatkovni analizi. Netočnosti v velikostnem redu nekaj sekund so še vedno mogoče, a smo ocenili, da to ne vpliva na analizo, ki deluje na večjem časovnem merilu.

IV. ANALIZA IN REZULTATI

A. *Metode*

Glavni cilj modela je bil določitev vpliva določenih besed na končne uporabnike. Analitski modul je pregledal besede, ki so bile zbrane iz transkriptov in jih združil s podatki o preklopih med kanali. Vpliv besed smo določili na osnovi števila preklopov med kanali v petih minutah, ki so sledile pojavitvi, in povprečnega števila gledalcev v petminutnem intervalu od časa, ko je bila beseda izgovorjena. Vsi tako pridobljeni podatki so bili shranjeni v relacijsko podtkovno bazo PostgreSQL.



Slika 3: Graf s povprečnim številom preklopov z besedami urejenimi naraščajoče. Na levi strani je začetek grafa in na desni je konec grafa.

B. *Ugotovitve in rezultati*

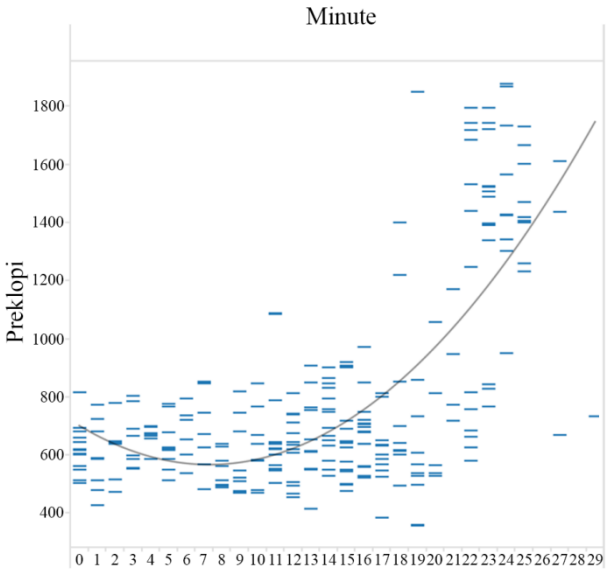
Ko analiziramo podatke o preklopih med kanali IPTV uporabnikov iz različnih delov Slovenije, imamo vpogled v preference gledalcev na nacionalni ravni. Prav zato je bil naš prvi cilj ugotoviti, če so določene besede in teme splošno negativno sprejete pri slovenskem občinstvu, ki spremlja novice.

Slika 3 prikazuje besede in povprečno število preklopov med kanali, ko se pojavijo. Besede so urejene glede na njihovo povprečno število preklopov med kanali. Ker smo zbrali okoli 30000 različnih besed, smo prikazali le začetek in konec grafa. Desna stran predstavlja besede, ki so pri slovenskem občinstvu splošno negativno sprejete, saj je povprečna številka preklopov med kanali visoka. Besede na levi strani grafa so najmanj negativno sprejete. Ker preklopi med kanali predstavljajo posredno negativno povratno informacijo, ne moremo sklepati, ali so te besede zares pozitivno sprejete, temveč le, da so najmanj negativno sprejete.

Naslednje vprašanje je naslovilo popularnost enakih novic in tem skozi čas. Ponudniki novic običajno podajo enake novice ob različnih časih, z manjšimi dopolnitvami izvorne novice. Naslovili smo temo »Drava« (kjer se je zgodila utopitev na začetku marca), saj je bila to pomembna tema v obdobju raziskave. Sklenemo lahko, da je v skoraj 90% primerih število preklopov naraslo, ko se je omenjena tema v oddaji ponovno pojavila. Slika 4 prikazuje omenjene podatke in trend, kjer je povečanje preklopov med kanali zarisana s kvadratno funkcijo.

V. DISKUSIJA

V analizi smo naslovili problem ponavljajočih se novic o temah, ki se dogajajo skozi daljše obdobje. V teh novicah ponudniki novic običajno ne podajo veliko novih informacij in je celoten odsek zgrajen iz povzetkov prejšnjih dogodkov in poda zelo malo novih informacij. Domnevamo lahko, da za redne gledalce novic, povzetki niso zelo zanimivi, kar jih privede do preklopa med kanali. Dodaten razlog za povečanje števila preklopov med kanali je, da imajo kasneje v oddaji ponudniki novic običajno debate o določeni temi, ki spet ne vsebujejo veliko novih informacij o temi.



Slika 4: Graf s preklopi med kanali na temo »Drava«, kjer so vse oddaje z novicami zarisane na istem grafu.

VI. NADALJNJE DELO IN ZAKLJUČKI

Podatki in opisana analiza bodo predstavljali temelj za naše nadaljnje delo. Analizo nameravamo razširiti z zunanjimi viri podatkov, kar bi omogočilo nadaljnjo klasifikacijo uporabnikov; mnenjske raziskave bi tako lahko vključevale tudi podatkovne tokove iz družbenih omrežij.

ZAHVALE

Avtorji bi se radi zahvalili podjetjema Telekom Slovenije in RTV Slovenija za vir podatkov in vse sodelovanje, ki je omogočilo to raziskavo. Delo je podprlo Ministrstvo za izobraževanje, znanost in šport Republike Slovenije in Javna agencija za raziskovalno dejavnost Republike Slovenije.

LITERATURA

[1] Sedlar, Urban, et al. »Contextualized monitoring and root cause discovery in IPTV systems using data visualization." Network, IEEE 26.6 (2012): 40–46.

[2] Kos, Anton, et al. »New benchmarking methodology and programming model for big data processing." International Journal of Distributed Sensor Networks 2015 (2015): 4.

[3] Sadiku, Matthew NO, and Sudarshan R. Nelatury. »IPTV: An alternative to traditional cable and satellite television.« Potentials, IEEE 30.4 (2011): 44–46.
[4] Obele, Brownson Obaridoa, et al. »On building a successful IPTV business model based on personalized IPTV content & services.« Communications and Information Technology, 2009. ISCIT 2009. 9th International Symposium on. IEEE, 2009.
[5] Xiao, Yang, Xiaojiang Du, and Jingyuan Zhang. »Internet protocol television (IPTV): the killer application for the next-generation internet.« Institute of Electrical and Electronics Engineers. 2007.
[6] White, Ryen W., Ian Ruthven, and Joemon M. Jose. »The use of implicit evidence for relevance feedback in web retrieval." Advances in Information Retrieval. Springer Berlin Heidelberg, 2002. 93–109.
[7] Kos, Anton, Vukašin Ranković, and Sašo Tomažič. »Chapter Four-Sorting Networks on Maxeler Dataflow Supercomputing Systems.« Advances in Computers 96 (2015): 139–186.
[8] "RAKE", https://github.com/aneesha/RAKE.
[9] "Označevalnik", http://www.slovenscina.eu/tehnologije/oznacevalnik.
[10] "Apache Cassandra," http://cassandra.apache.org/.
[11] Dziczkowski, Grzegorz, Katarzyna Wegrzyn-Wolska, and Lamine Bougueroua. »An opinion mining approach for web user identification and clients' behaviour analysis.« Computational Aspects of Social Networks (CASoN), 2013 Fifth International Conference on. IEEE, 2013.
[12] Kren, Matej, Andrej Kos, and Urban Sedlar. »Mining the IPTV Channel Change Event Stream to Discover Insight and Detect Ads.« Mathematical Problems in Engineering 2016 (2016).
[13] Zibriczky, Dávid, et al. »EPG content recommendation in large scale: a case study on interactive TV platform.« Machine Learning and Applications (ICMLA), 2013 12th International Conference on. Vol. 2. IEEE, 2013.
[14] Azgin, Aytac, and Yucel Altunbasak. »Analyzing performance tradeoffs for the delivery of concurrent channel change streams to enable fast channel change in IPTV networks." Consumer Communications and Networking Conference (CCNC), 2012 IEEE. IEEE, 2012.
[15] Azgin, Aytac, and Yucel Altunbasak. »Dynamic channel reordering to reduce latency during surfing periods in IPTV networks.« Broadcasting, IEEE Transactions on 59.3 (2013): 471–483.
[16] Hu, Yifan, Yehuda Koren, and Chris Volinsky. »Collaborative filtering for implicit feedback datasets.« Data Mining, 2008. ICDM'08. Eighth IEEE International Conference on. Ieee, 2008.
[17] Khan, Khairullah, Baharum B. Baharudin, and Aurangzeb Khan. »Mining opinion from text documents: A survey." Digital Ecosystems and Technologies, 2009. DEST'09. 3rd IEEE International Conference on. IEEE, 2009.

Matej Kren je magistriral 2014 na Fakulteti za naravoslovje in matematiko, Univerze v Mariboru. Trenutno nadaljuje študij na Fakulteti za elektrotehniko, Univerze v Ljubljani. Njegovo delo in raziskave so orientirane na rudarjenje ogromnih količin podatkov in rudarjenje podatkovnih tokov. Trenutna raziskava temelji na profiliranju uporabnikov IPTV omrežja z namenom izdelave boljšega predlagalnega sistema glede na uporabniške preference.

Z glavo v oblaku, trdno na tleh: elastična infrastruktura za storitve prihodnosti

Ana Robnik, Tomo Bogataj, Jože Orehar, Primož Švigelj, Ignac Zupan, Iskratel, Kranj

Povzetek — Operaterji omrežij in ponudniki storitev v skrbi za poslovno vzdržnost previdno vrednotijo poslovno vrednost rešitev, ki jih jim ponujajo proizvajalci. Poslovna pričakovanja narekujejo izbiro tehnologije za zagotavljanje naprednih storitev, uporabnost tehnologije v čim več scenarijih uporabe pa določa način izvedbe (strojnih in omrežnih) infrastrukturnih slojev. Ti sloji vključujejo napredne tehnologije, kot so programsko opredeljena omrežja ali virtualizacija omrežnih funkcij, zagotavljati pa morajo visoko elastičnost platforme, da bo kos tudi prihodnjim storitvam z visoko poslovno vrednostjo ter bo uporabna v inovativnih poslovnih modelih. Članek povzema Iskratelov strateški razmislek in oriše konkreten pristop k realizaciji elastične infrastrukture za storitve sedanjosti in prihodnosti – ne le za segment telekomunikacijskih operaterjev, marveč tudi za industrijske segmente energetike, pametnega transporta in javne varnosti.

Ključne besede — Oblačne storitve, oblačna platforma, vrednostna veriga, IoT, OTT, elastična infrastruktura, SDN, NFV, CSP, VNF, vIMS

Abstract — In their pursuit of business sustainability, network operators and service providers carefully evaluate the business value of vendor-provided solutions. Business-related expectations dictate the choice of technology for providing advanced solutions, while the range of applicable use cases defines the implementation of (hardware and network) infrastructure layers. Not only should these layers use modern technologies like software-defined networking or network-functions virtualisation; they must assure high elasticity of the platform, be able to provide future high-value services, and prove useful in innovative business models. The article summarises Iskratel's strategic considerations and outlines the concrete approach to implementation of elastic infrastructure for services of today and tomorrow – not only in the telco segment, but also in segments of energy, intelligent transport and public safety.

Keywords — Cloud services, cloud platform, value chain, IoT, OTT, elastic infrastructure, SDN, NFV, CSP, VNF, vIMS

I. MOTIVACIJA IN IZZIVI

Operaterji omrežij in ponudniki storitev se v krasnem novem svetu proste konkurence ponudnikov in razvajenih uporabnikov storitev soočajo z izzivom iskanja vzdržnosti poslovnega modela: kako optimirati investicije, zadrževati nivo prihodkov in obvladovati operativne stroške.

Vlaganje v (omrežno in storitveno) infrastrukturo je smiselno, če se v sprejemljivem času povrne iz prihodkov od upravljanih storitev, ki jih operater ponuja – a se ti odlivajo h konkurenčnim ponudnikom (ne pozabimo, da zakonodaja zahteva razvezovanje omrežij) in ponudnikom storitev OTT (angl. *over the top*), saj so slednje za končne uporabnike cenejše ali celo zastonj. Operaterji tako znižujejo investicije ali pa jih na novo osmislijo tako, da skušajo pouporabiti isto (strojno in omrežno) infrastrukturo še v drugih industrijskih vertikalah (npr. v energetiki, za pametna mesta ipd.) in/ali v segmentih z višjo poslovno vrednostjo.

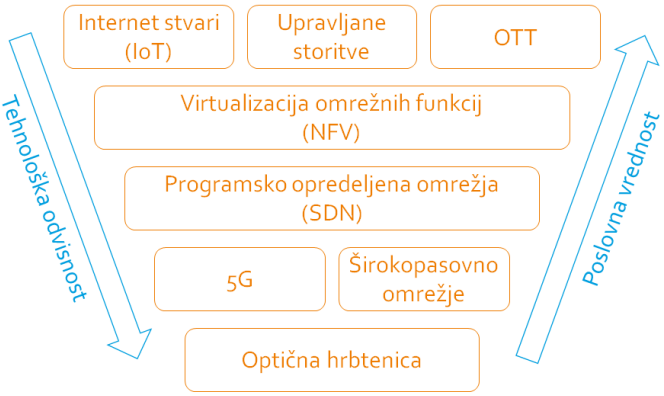
Sama oprema seveda ne prinaša prihodkov, prinašajo jih naročnine od storitev končnim uporabnikom. Na strani prihodkov se morajo zato operaterji truditi, da uporabnike zadržijo in obvladujejo njihov odliv. Za to imajo dve možnosti: ali se vdajo izzivu in sklenejo dogovor s ponudniki OTT (da si odščipnejo vsaj košček prihodkov), ali pa ponudijo uporabnikom bogatejše lastne upravljane storitve ali OTT. Slednje zahteva hitro odzivnost in prilagodljivost, storitve iz oblaka pa so tiste, ki operaterjem to omogočajo.

Z bogatenjem storitvene ponudbe nujno naraščajo operativni stroški zagotavljanja in prilagajanja storitev. Avtomatizacija upravljanja, možnost personalizacije storitev preko spletnih portalov za uporabnike, nastavljivost omrežja so orodja, s katerimi ponudniki storitev optimirajo operativne stroške (nekateri poročajo celo o 95 % znižanju).

Pod črto je posledična izbira tehnoloških rešitev pogojena le z možnostjo zagotavljanja vzdržnosti poslovnega modela.

Hkrati je ponudnikom težko poslovno vrednotiti vedno nove tehnološke trende, marketinško tvezenje in pretiravanje dobaviteljev, ki v krasnem novem svetu iščejo svoje poslovne priložnosti in se vanj na novo umeščajo.

Ponudniki dnevno poslušajo o programsko opredeljenih omrežjih (SDN, *Software-defined networking*), virtualizaciji omrežnih funkcij (NFV, *Network-functions virtualisation*), internetu stvari (IoT, *Internet of things*; IoE, *Internet of everything*), peti generaciji mobilnih omrežij (5G)... in skušajo vrednotiti poslovno vrednost.



Slika 1: Vrednostna veriga storitev in tehnologij

Slika 1 ilustrira vrednostno verigo: višja poslovna/tržna vrednost je seveda zgoraj in nižja spodaj. Na vrhu sobivajo upravljane storitve, IoT in OTT. A same v zraku ne stojijo. Višji sloji so tehnološko odvisni od nižjih, in brez nižjih ne morejo poslovno obstati. Upoštevanja vredno je spoznanje, da je potrebnost nižjih slojev utemeljena prav z višjimi: vsak višji sloj predstavlja najboljši scenarij uporabe za nižje sloje.

Za optimizacijo investicij morajo biti infrastrukturni sloji uporabni v čim več scenarijih uporabe (ki so više v verigi).

Glede na to mora (strojna in omrežna) infrastruktura zadostiti več zahtevam in pričakovanjem. Podpirati mora:

– raznolikost uporabe – od zanesljivega ozkopasovnega IoT do večgigabitnega videa ali navidezne resničnosti;
– raznolikost storitev na vrhu verige – tudi takih, ki jih danes še ne znamo niti predvideti;
– omrežje kot storitev (NaaS) in logično segmentacijo omrežja za posamezne aplikacije (t.i. *network slicing*);
– razširljivost, fleksibilnost in elastičnost omrežnih funkcij;
– optimalno izrabo strojnih in omrežnih virov;
– visoko razpoložljivost platforme in storitev na njej;
– raznoliko nosilno omrežje – od širokopasovne (optične) infrastrukture do prihodnjih brezžičnih omrežij 5G.

Selitve storitev v oblak in virtualizacije omrežnih funkcij se mora ponudnik lotiti z ustreznim poslovnim premislekom, ki narekuje tehnološko izvedbo.

II. ISKRATELOVA ELASTIČNA INFRASTRUKTURA

Iskratel je na globalnem trgu prisoten z rešitvami v več industrijskih segmentih: telekomunikacijskih in IKT-rešitvah za operaterje, energetiko, pametni transport in javno varnost. Stroškovno učinkovite rešitve temeljijo na iskanju sinergije in pouporabi infrastrukture v industrijskih segmentih.

V sklopu strateških usmeritev za naslednjo "petletko" smo se lotili realizacije elastične infrastrukture, ki bo zadovoljila prej naštete tehnološke potrebe in bo poslovno vzdržna. Osrednji del infrastrukture je "sendvič" treh slojev:

– spodnji sloj je programsko opredeljeno omrežje (SDN) za inteligentno dostavo storitev;
– srednji sloj je platforma za oblačne storitve (CSP, *Cloud-services platform*);
– zgornji sloj so virtualizirane omrežne funkcije (VNF, *Virtualised network function*).

Elastični infrastrukturni "sendvič" nosita fizična oprema in nosilno omrežje, na njem pa se izvajajo oblačne storitve z visoko poslovno vrednostjo.

V nadaljevanju opisujemo ključne lastnosti posameznih slojev infrastrukture in pristop k njihovi realizaciji.

III. TRDNO NA TLEH: PROGRAMSKO OPREDELJENO OMREŽJE ZA INTELIGENTNO DOSTAVO STORITEV

Tehnološko bistvo SDN so ločitev posredovalnega in nadzornega sloja, logično centralizirana krmiljenje in nadzor omrežja ter odprti vmesniki. Nadzorni sloj omogoča hitro konfiguriranje poti in storitev skozi posredovalni sloj, ta pa zagotavlja granularnost obdelave storitvenih tokov in logično segmentacijo omrežja.

Granularnost obdelave storitvenih tokov pri prenosu skozi omrežje (na uporabnika in storitev natančno) je pogoj za pozitivno uporabniško izkušnjo in personalizacijo, medtem ko logična segmentacija omrežja omogoča prilagajanje virov za posamezne aplikacije na vrhu vrednostne verige.

Danes je SDN že uveljavljen v podatkovnih centrih ter v optičnih transportnih omrežjih. Širšo uporabo SDN (skupaj z NFV) je pričakovati naslednje leto, kot perspektivni scenariji uporabe so prepoznani virtualizacija opreme pri uporabniku (vCPE), hkratna povezljivost v več oblakov, metro agregacija in SD-WAN (*software-defined wide area network*), storitve na zahtevo, virtualizirano mobilno jedro (vEPC, vIMS, vPCRF), IoT, lokalni oblak, zlivanje s 4G/5G idr.

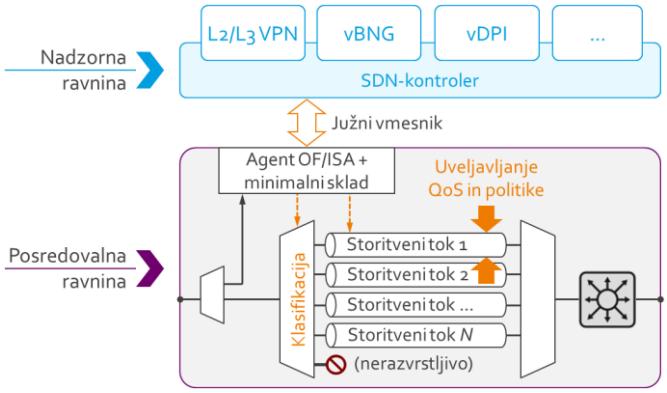
Iskratel je bil pionir uvedbe SDN v omrežje za dostavo storitev, osredotočil pa se je na dostopovno-agregacijski segment omrežja. Z lastno rešitvijo ISA (*Intelligent service access*) je decentraliziral storitveni rob in ga porazdelil po omrežju, bliže končnemu uporabniku.

Čeprav razvita pred komercializacijo SDN in od njega neodvisno, je rešitev ISA ločila nadzorni sloj od posredovalnega, upravljanje s storitvami in njihov nadzor pa logično centralizirala.

Rešitev ISA je v Iskratelovih dostopovno-agregacijskih izdelkih na voljo že nekaj let, njeno delovanje pa preverjeno "na terenu" v več komercialnih postavitvah.

Realizacija temelji na uporabi omrežnega procesorja, kar omogoča prilagodljivost, granularnost obdelave storitvenih tokov ter segmentacijo omrežja za posamezne aplikacije.

Slika 2 prikazuje realizacijo rešitve ISA v Iskratelovih dostopovno-agregacijskih izdelkih.



Slika 2: Realizacija programsko opredeljene arhitekture ISA

Rešitev omogoča enotnost upravljanja in nadzora storitev od kraja do kraja ter učinkovito integracijo upravljanja z možnostjo personalizacije, uporabniškega samoprilagajanja in avtomatizacije upravljanja s storitvami.

V današnji terminologiji SDN lahko ISA imenujemo za prvo komercialno SDN-aplikacijo.

IV. POVEZOVANJE SVETOV: PLATFORMA ZA OBLAČNE STORITVE

Iskratel se je zelo zgodaj srečal z zahtevo po dolgotrajnem vzdrževanju programske opreme pri operaterjih. Ta zahteva implicitno vsebuje zahtevo po enakem življenjskem ciklu operacijskih sistemov in strojne opreme, ki je ni možno izpolniti, zato kot logično rešitev ponuja prehod v virtualna okolja. Sama virtualizacija pa ne zadošča brez platforme za gostovanje aplikacij.

Ugotovili smo, da je najbolj optimalno, če hkrati s svojimi rešitvami dobavljamo tudi platformo za delovanje teh rešitev. Odločili smo se za izvedbo lastne platforme za oblačne storitve, pa tudi za oplemenitenje lastne rešitve z uporabo odprtokodnega programja, saj to omogoča boljšo združljivost in skladnost s standardnimi rešitvami. V prvi fazi smo ločili programsko in strojno opremo (virtualizacija). Nato smo dodali vmesnike za sistemske storitve (diagnostika, arhiviranje, dostop do baze...). Ker so zahteve naših kupcev po visoki razpoložljivosti storitev in zagotavljanju obnove storitev v primeru izpadov z geografsko redundančno izvedbo storitev samoumevne, smo v okviru prve verzije platforme podprli tudi zagotavljanje visoke razpoložljivosti in kakovosti storitev. Platforma je bila pri kupcih dobro sprejeta.

Logično nadaljevanje in zahteve operaterjev so nas vodile do naslednje različice platforme, ki je že oblačna, z orkestracijo po načelih virtualizacije omrežnih funkcij (NFV).

Realnost storitvenega okolja pri operaterjih je skupek rešitev različnih dobaviteljev, zato vsebuje veliko različne strojne opreme in različne platforme za podporo omrežnih funkcij. Praktično vsak dobavitelj predstavi lastno platformo, ki pa ne omogoča zadostne združljivosti med ponudniki programske opreme. Tako operaterji ne zmorejo slediti cilju znižanja stroškov, temveč se lahko zgodi, da dosežejo ravno nasprotno. Z naraščanjem števila elementov infrastrukture, ki jih je potrebno obvladovati na oblačni platformi, se je tudi pojavila potreba po orkestraciji funkcij, ki gostujejo v oblaku.

Naše vodilo za naslednjo verzijo platforme so bile:

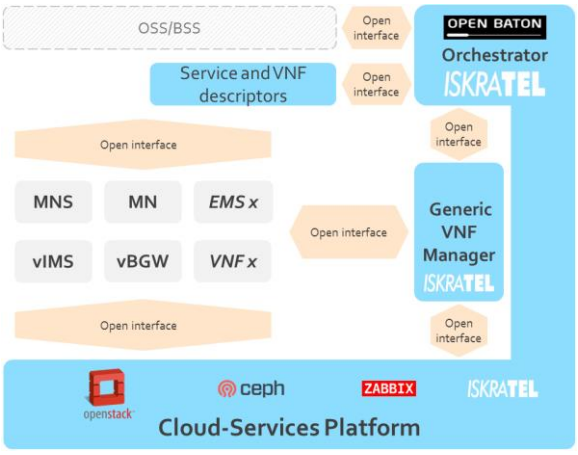
– zahteve operaterjev po avtomatizaciji, razširljivosti in pocenitvi storitev,
– poenotenje testnega in proizvodnega okolja,
– enotna oblačna platforma za vse naše storitve.

Temeljna izhodišča za funkcijske lastnosti platforme CSP (*Cloud-Services Platform*) so:

– uporaba zrele oblačne odprtokodne tehnologije (Openstack, OpenBaton, Zabbix, CEPH),
– upoštevanje zahtev standardov (ETSI NFV),
– standardizacija vmesnikov,
– razširljivost in elastičnost,
– avtomatizacija izvedbe rešitev,
– podpora "klasični" operaterski zanesljivosti storitev,
– sožitje "starih" in z NFV združljivih aplikacij,
– upravljanje življenjskega cikla oblačnih rešitev,
– podpora nadzoru SLA platforme.

Tako je CSP splošna oblačna platforma, namenjena za operaterske storitve, za gostiteljstvo virtualiziranih omrežnih funkcij in tudi za ostale IT/IoT-storitve.

Slika 3 prikazuje glavne gradnike platforme CSP v skladu z arhitekturnim modelom ETSI NFV.



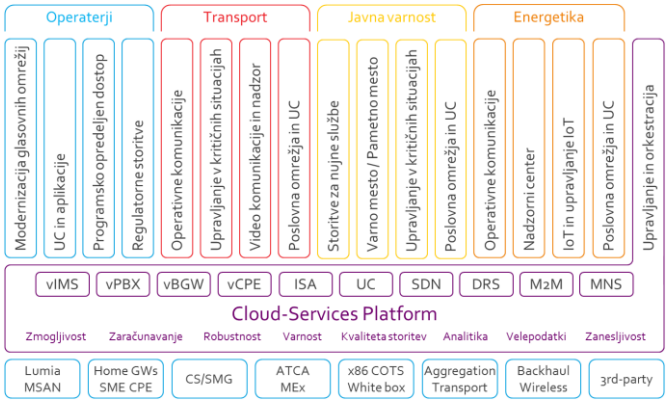
Slika 3: Glavni gradniki CSP v arhitekturi ETSI NFV

Platformo sestavljajo štirje glavni deli:

– Infrastruktura virtualiziranih omrežnih funkcij (NFVI, *NFV infrastructure*), ki zagotavlja sloj IaaS,
– Upravitelj infrastrukture (VIM, *Virtualised infrastructure manager*),
– Orkestrator, ki skrbi za življenjski cikel storitev in omogoča njihovo veriženje v kompleksnejše storitve,
– Upravitelj VNF (*VNF manager*), ki skrbi za življenjski cikel virtualiziranih (omrežnih in ostalih) funkcij.

Naj poudarimo, da je za uspešno izvedbo potrebno poleg programske kode, ki je v okviru odprtokodnih projektov na voljo vsem, dodati veliko kode, ki poveže posamezne projekte v učinkovito celoto, in realizirati funkcije, ki v izvorni kodi ne obstajajo (npr. podpora visoki razpoložljivosti, geografski redundanci ipd.).

Platforma CSP ni namenjena le ponudnikom telekomunikacijskih storitev, ki zahtevajo delovanje v okolju ETSI NFV, temveč predstavlja tudi enotno platformo za vse industrijske vertikale, ki jih s svojimi rešitvami naslavlja Iskratel. Lahko trdimo, da predstavlja splošno platformo, ki zares omogoča zlivanje storitev in doseganje ciljev stroškovne optimizacije, hitrejšega trženja storitev in integracije aplikacij različnih dobaviteljev v učinkovite, tržno zanimive storitve. Slika 4 ilustrira nekatere scenarije uporabe CSP.



Slika 4: Uporaba CSP v več industrijskih vertikalah.

V. Z GLAVO V OBLAKU: VIRTUALIZIRANE OMREŽNE FUNKCIJE

IMS (*IP multimedia subsystem*) je danes široko sprejet kot referenčna arhitektura za vsa prihodnja javna omrežja – tako fiksna kot mobilna. Ta splošna sprejetost IMS je očitna ne le v mobilnem svetu, kjer IMS velja za naslednika 2,5G/3G, temveč je močno podporo čutiti tudi s strani operaterjev fiksnih omrežij, saj je z IMS omogočeno tako nomadstvo uporabnikov kot tudi obogatitev sej z novo vsebino. Operaterji so v zadnjem letu stopili korak naprej proti novim tehnologijam: IMS zahtevajo v virtualnem okolju.

Virtualni IMS (vIMS) je prvi predstavnik Iskratelove družine izdelkov in rešitev, za katero je značilna uporaba v virtualnem okolju. Krmilni sloj vIMS (*IMS core*) je ključ do zlivanja dostopovnih tehnologij, storitev, vsebine in aplikacij. Omogoča priključevanje omrežij 2G/3G, 4G/LTE, brezžičnih lokalnih omrežij, širokopasovnega dostopa, kabelskih omrežij in celo prvotnih telekomunikacijskih sistemov. Jedrne entitete IMS so izvedene kot samostojne virtualizirane omrežne funkcije (VNF) na platformi CSP, v kateri ima posebno vlogo upravljanje funkcij VNF zaradi krovnega administriranja rešitve vIMS in masovnega vnosa naročnikov.

Za zadovoljitev sodobnih komunikacijskih potreb tako rezidenčnih naročnikov kot poslovnih uporabnikov poskrbijo v omrežju vIMS različne glasovne in podatkovne storitve in aplikacije na aplikativnih strežnikih. Za telefonske storitve skrbi TAS (*Telephony-applications server*), za prisotnost in hipno sporočanje skrbi IMPS (*Instant messaging and presence server*). Za poslovne uporabnike je pomembna stalna dosegljivost kjer koli, kar omogoča funkcija prehajanja (*roaming*), dosegljivost na različnih napravah (MDU, *Multi-*

device user) in poenoteno komuniciranje (UC, *Universal communications*), za rezidenčne naročnike pa je morda bolj zanimivo nomadstvo. Funkcionalnosti TAS in UC zagotavlja aplikativni strežnik AS kot samostojen VNF na platformi CSP.

Virtualni medijski strežnik (vMS) je naslednji izdelek, za katerega je značilna uporaba izključno v virtualnem okolju. V okolico (praviloma z IMS/vIMS) se povezuje preko vmesnika H.248. Uporabljamo ga v okolju IMS ali v omrežjih naslednje generacije (NGN, *Next-generation network*), na primer s klicnim strežnikom CS. Glavne funkcionalnosti so generiranje tonov obveščanja in tonov DTMF, sprejemanje in prepoznavanje tonov DTMF, izvajanje naznanil preko protokola RTP, posredovanje tokov RTP med parom naprav, izvajanje prekodiranja tokov RTP, izvajanje konferenčnih povezav med tokovi RTP.

Tudi vMS je nameščen kot samostojen VNF na komercialni platformi (COTS, *Commercial off-the-shelf*), medtem ko platforma CSP zagotavlja IaaS (*Infrastructure as a service*). Pri tem zaradi narave medijskega strežnika (npr. izvajanja konferenčnih povezav) še posebej prideta do izraza orkestracija ter zagotavljanje razširljivosti in elastičnosti.

VI. POGLED NAPREJ

Odlika Iskratelovih izdelkov in rešitev je vedno bila izjemna prilagodljivost okolju umeščanja. To so zagotavljali široka podpora krmilnih protokolov, granularnost obdelave podatkovnih tokov, upoštevanje zahtevane kakovosti storitev, univerzalnost rešitev in visoka prilagodljivost posebnim potrebam uporabnikov.

Z novimi tehnološkimi usmeritvami na področju SDN/NFV in enotno elastično infrastrukturo je na voljo popolna podpora konvergenci storitev (glasovnih, video, podatkovnih) v fiksnih, mobilnih in brezžičnih omrežjih ter na prehodih med njimi. V okviru dostopovnih rešitev jih bodo dopolnile storitve pametnih prehodov za potrebe IoT in različnih nivojev avtomatizacije.

Že podprtim IKT-storitvam se danes pridružujejo nove storitve z področij javne varnosti, železniškega in cestnega prometa in energetike. V teh bodo infokomunikacijske storitve, povezane z velepodatki (*big data*) in inteligentnimi sistemi, še globlje integrirane v digitalizacijo področij. Raznolike storitve se bodo združevale v rešitvah za pametne zgradbe, soseske, mesta, pri čemer sta elastična infrastruktura in konvergenca storitev še posebej pomembni za izboljšanje kakovosti življenja in okolja.

VII. ZAHVALA, LITERATURA IN AVTORJI

ZAHVALA

Avtorji se zahvaljujemo recenzentoma za vse predlagane popravke in izboljšave.

LITERATURA

[1] Poročila analitskih hiš IHS, Gartner, Heavy Reading, Ovum
[2] Strateška usmeritev Iskratela – interni dokumenti
[3] Produktni portfelj Iskratela v internih arhivih in na domači strani
[4] Domače strani s področja 5G, NFV, IoT in SDN

AVTORJI

Tomo Bogataj je zadolžen za strateški marketing Iskratelovih telekomunikacijskih rešitev za poslovni segment operaterjev in ponudnikov storitev. Ima dve desetletji izkušenj v telekomunikacijah, od raziskav in razvoja do produktnega vodenja in marketinga. Sooblikuje strategijo vpeljave SDN/NFV v Iskratelove rešitve. Je soavtor rešitve ISA, globalno prve vpeljave SDN v segmentu širokopasovnih storitev. Diplomiral in magistriral je iz elektrotehnike na Univerzi v Ljubljani v letih 1993 in 1997.

Ana Robnik je svetovalka za telekomunikacije, koordinira delo v standardizacijskih organizacijah in vodi raziskovalno skupino podjetja Iskratel. Svojo poklicno pot je po univerzitetnem študiju uporabne matematike na Fakulteti za matematiko, fiziko in mehaniko Univerze v Ljubljani in opravljenem magisteriju iz računalništva na Fakulteti za računalništvo Univerze v Ljubljani nadaljevala v razvojno raziskovalni enoti Iskra Kibernetika, nato pa v IT-oddelku Iskratela. Sodelovala je v razvoju telekomunikacijskih izdelkov SI2000 in SI3000 ter do leta 2009 vodila sektor za upravljanje in nadzor omrežnih elementov.

Jože Orehar je avtor oblačne platforme CSP in je v podjetju Iskratel arhitekt virtualizacijskih platform in oblačnih rešitev. Ima 25 let izkušenj na področjih razvoja programske opreme s poudarkom na arhitekturi, vodenju razvojnih skupin in podatkovnih strežnikih. Zadnje desetletje pa posveča največ svoje pozornosti in časa arhitekturam na področju virtualizacije in oblačnih rešitev. Pri rešitvah postavlja v ospredje odprto kodo in sodelovanje. Sodeluje s Fakulteto za računalništvo v Ljubljani, s katero je izpeljal več raziskovalnih projektov na temo oblačnih rešitev, podprtih tudi s strani EU. Zaključil je študij računalniškega inženirja na Fakulteti za računalništvo v Ljubljani.

Primož Švigelj, univerzitetni diplomirani inženir računalništva, od leta 1992 združuje delo v Iskratelu. Sodeloval je pri razvoju Siemensovih sistemov EWSD, vodil sektor tehnične prodaje za Siemensove rešitve, v zadnjem obdobju pa v produktnem vodenju skrbi za portfelj Iskratelovih jedrnih izdelkov s poudarkom na konvergenčnih komunikacijah v virtualnem okolju.

Ignac Zupan je leta 2000 diplomiral na Fakulteti za elektrotehniko v Ljubljani in je v Iskratelu zaposlen od leta 1997. V začetku je delal v sektorju za sistemsko programsko opremo, kjer je sodeloval pri prvi implementaciji rešitev xDSL in VoIP, sedaj pa dela v produktnem vodenju. Njegova področja dela so povezovanje Iskratelovih naprav in rešitev v IP-omrežja, omrežna varnost, varnost storitev VoIP ter arhitektura rešitev v oblaku. V zadnjih nekaj letih deluje kot produktni vodja Iskratelove oblačne platforme CSP in je avtor in produktni vodja Iskratelovega mejnega krmilnika sej (SBC).

Network Analytics – Core Data & Architecture Considerations

James O'Brien, IBM Central & Eastern Europe, Prague, Czech Republic

Abstract - This article will look at what 'network analytics means from a practical perspective in terms of data and architecture. The core data sources are for network analytics are reviewed. How these data sources can be connected with one another will be looked at. The relationship between network analytics and classical service assurance will be examined. A possible arrangement of domains & subcomponents specifically for network analytics/big data will be suggested. Finally case is made for why a general purpose platform for network analytics should be used. The primary focus of this paper is mobile radio network based network analytics. For the purposes of the discussion the focus will be on internal data sources

I. WHAT IS NETWORK ANALYTICS?

While 'Network Analytics' is a term that is being used by many vendors in the communications industry, there is no standard definition of what it means. In practice that the following definition fits well:

"Simply put, networking analytics provides insight into what devices are on the network and how they are communicating with each other. This helps networking teams who are increasingly responsible for more and more applications/services traversing the network via an increasing number of locations. So, the killer use-case is network troubleshooting (is it the app or the network?), but this analytics information could also be monetized by the network operator" [1]

This definition is useful because it gives some insight into the uses and the data main data sources. It also gives the perspective that although network monitoring is important there are also other use cases for this data. In addition to this definition network analytics is very closely related to 'big data'. As will be shown in section III Architectural Considerations from an architectural perspective Network analytics can be seen as applied 'Big Data' for Communications Service Providers.

II. CORE DATA SOURCES

Any successful data project will have a clear vision about the data that needs to be captured and the joins that need to be made to make the data useable. A review of TM Forum's list of big data use cases makes it clear that the use cases are found in all layers of the architecture and all domains [1]. Most use cases by TM Forum listed rely on combining Usage data with data from BSS systems. In this section an overview of the major data sources will be provided.

A. Transactional Usage Data and Network Monitoring Data

Although network data sources are complex and not easily intelligible they have some huge advantages:

– They are high quality – machine generated data is unlikely to have errors

– Are easily mapped to network devices, which in turn can be mapped to geographic locations

The major data types can be divided into following categories:

– **Network monitoring data/log data** – is normally addressable only to network elements[1]. After transactions these are seen as the most important data source. [1] Examples of this are Provider Routers, Cell Towers and Core network elements. This data is very rich in its range of technical parameters that are provided by some equipment. For radio networks this data is normally provided in batches by network work management systems, in data networks it is usually collected by active polling of network elements. For larger networks a resource performance management platform may be included in the Service Assurance stack to aggregate data from different NMS platforms.

– **Active Test** - Collection of data may be active or passive. Active test tools such as WireShark[2] are tools that actively interrogate or generate test signals. These are typically used in fault resolution.

– **Event data** sent to the fault management platform (s) by network elements and other monitoring systems in response to a failure.[3][4]

– **Transactional data sources** are the most important data sources for analytics projects. [1]

– **Signaling data** represents signaling protocol messages from the network, this is also referred to as Deep Packet Inspection (DPI). This data is normally collected from

[1] In wireline networks and in B2B environments it's possible that network monitoring and customer monitoring are synonymous

[2] https://www.wireshark.org/ Wireshark is protocol analyser that is very widely used for active testing of networks

[3] See the ITU standards for a defintion of alarm data formats[2]

[4] See ITU standards for event management [3]

passive probes or from equipment.[5] It is most interesting because:

- it contains a lot of subscriber related information,
- It is very fine grain so will capture call attempts even where no billing event is created.
- It is very low latency and can be delivered in near real time or streamed depending the vendor.

The number of records created by signaling interfaces can be massive (billions of records per day in a large network) and the cost of covering all the networks with probes can be high so careful selection is needed in selecting which interfaces to monitor.

- **Mediated Call Data Records (CDRs),** these are generated by the billing and charging processes and can be used for analytical purposes they contain, information covering the reason the call terminated, the A and B parties, the networks concerned, optionally they may include information on the type of device used (handset), depending on the configuration the CDR may also contain the cell from which a call originated.[6]

B. Dimensioning Data and Enriching data items

In order to use the base data created by the network and by service assurance tools its necessary to attach more data with to it to create more dimensions.

Business Support Systems

Data sources for these additional data items come from other systems used to capture orders for services and to hold data relating to subscribers and equipment. The specific names and number of systems involved will vary. In this article common terms are used to describe these systems.

- **Product Catalog** – The product catalog is a part of the Business Support System (BSS) stack used to master the list of all the products a telecommunications company sells to customers.[7]
- **Customer Management System** – Part of the BSS where a telecommunications company is required to retain a list of customers and/or where the company has 'postpaid'[8] clients. Where customers are not recorded there is normally a system that records all the active sim cards that have been sold.[9]
- **Provisioning & activation** – Systems that create entries for subscribers in the network. It is these systems that complete order processing.
- **Inventory/topology** – a telecommunications company will have an inventory that holds a detailed list of all the network equipment deployed in the network. Ideally this system will also hold a complete list of all equipment which is not deployed. As virtualization increases with the deployment of Software Defined Networks and Network Function Virtualization based network architectures, inventory systems will have to be augmented with data from orchestration platforms. While virtual entities are nothing new, the volumes, layering, dependencies and will increase dramatically in the near future. A high quality set of inventory data is needed for any network analytics project that needs an understanding of the topology of deployed services and network components.
- **Geographic information Systems (GIS)** today GIS tools are normally integrated into display tools rather than being full systems in their own right. [10]

C. Joining data to increase dimensions.

Data sources can be joined to other data on a number of dimensions, while not exhaustive these are some of the most important dimensions:

- **GPS coordinates**, these can be associated with Radio base stations and cells.
- **Network equipment identifiers –** unique identifiers for network equipment, ideally these should be common across all systems.
- **International Mobile Station Equipment Identity** (IMEI) the initial eight digits can be decoded into a Type Approval Code (TAC)[10] which can be mapped to specific equipment manufacturers and to specific models of device.
- **Mobile Subscriber ISDN Number –** is a number identifying a subscriber, basically the telephone number associated with the SIM.[11]
- **International Mobile Subscriber Identity (IMSI)** is a unique subscriber identifier and is stored in the SIM card and is passed to the HLR.

Having enriched data makes higher value analytical tasks possible as links between network data (usage & equipment) can be made to information about groups of subscribers or to

[5] For a description of protocols and where they fit in the radio network architectures see chapters 11, 12 & 13 of The Telecommunications Handbook [4]

[6] For a detailed description of 3G CDR's see 3GPP TS 32.298 V13.3.0 (2016-03) which can be found at: http://www.3gpp.org/DynaReport/32298.htm

[7] Enterprise product catalogs for telecoms are normally arranged in layers to support product lifecycle management and order decomposition processes, and may consist of several federated catalogs that focus on different layers in the OSS and BSS stacks. For a formal description of Product Catalog implementation see: https://www.tmforum.org/resources/standard/gb978-catalog-to-catalog-interface-r14-5-1/

[8] Mobile providers have two types of retail subscribers, prepaid and postpaid. In many jurisdictions there is no requirement to retain any details about prepaid subscribers. Understanding these unknown subscribers often becomes a network analytics task (segment users based on behavior).

[9] For an excellent summary of some of the implications of the difference between selling to known customers and simply selling prepaid SIM cards see Measuring mobile penetration [5]

[10] See GSMA documentation for a description of how IMEI numbers are constructed. http://www.gsma.com/newsroom/wp-content/uploads//TS_06_v9_0.pdf

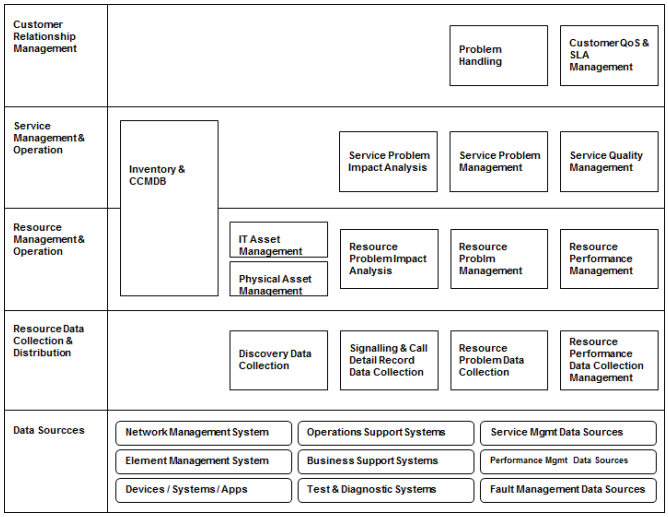
[11] For a formal definition of how numbers are managed see: https://www.itu.int/rec/T-REC-E.164/en

products and services. The majority of use cases for Big Data and Customer Experience Analytics rely on data sources. Understanding the dimensions and the issues involved in will inform decisions around the design of data structures for data in motion and in persistent storage.

III. ARCHITECTURAL CONSIDERATIONS

Establishing a clear scope for all systems removes complexity and makes it clearer who the stakeholders are for each system. Each OSS system has a clearly defined purpose, and can be located into the overall system architecture easily using TM Forum standards. Doing this for network analytics is harder as it is not clearly defined in standard architectures. This leads overlaps of responsibility with existing systems.

If a typical telecommunications reference architecture is used its clear that many of the existing functions in the Service Assurance stack will have a role in network analytics activities because they collect the data needed for network analytics from the network.



Picture 1: A standard Service Assurance Architecture

Looking at this it is possible to see that there are areas that already could be regarded as dealing with network analytics, notably the Customer Relationship Management layer and Service Management layer.

A. *The need for general purpose platforms*

Network analytics problems often require 'big data' solutions. The benefits of applying big data tools and architectures are that these tools are:

- more widely used than niche applications and
- are designed for massive scale
- usually designed to be deployed in virtual & cloud environments
- Many also have inbuilt redundancy being built to run on x86 architectures.[12]
- It is relatively speaking easier to find skilled people for general purpose platforms than for niche telco specific platforms.[13]
- Conceived with massive scale in mind.

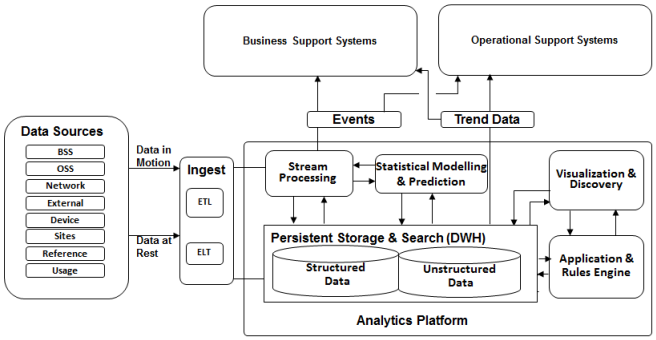
A separation of concerns should also be a consideration in the long term for any company moving into this area. Most source systems are designed as applications to solve specific problems. Using them beyond their core purpose is likely to have poor results. Considerations here:

- Cost of customisation
- An increased number of users may lead to application performance issues.
- The application delivery team may struggle to deliver on unforeseen and unintended use cases.
- Organisational & ownership issues – one part of the business owns a system but it is needed in another part of the business.

Taken together there is a need for general purpose analytics architecture that:

- Meets common enterprise wide needs
- Can Deliver scale
- Interface with source systems and data feeds
- Has a modular architecture so that additional components can be added in as needs emerge

There is a general consensus that a specific analytics architecture should be used.[14]



Picture 2: Analytics reference architecture

Exactly how and when the components are deployed is a matter of business priority based on the needs of the company as they emerge. TM Forum provides a maturity model for big data that is useful to get an understanding of where to start [9].

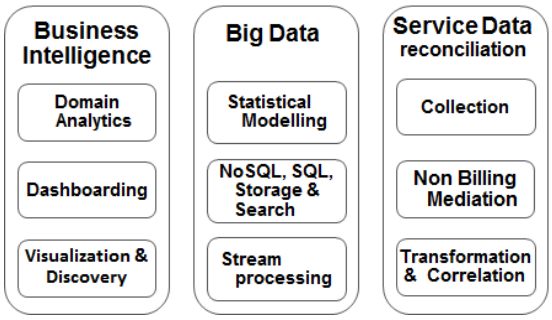
B. *Governance*

Breaking out network analytics/big data components into distinct blocks in the overall enterprise component architecture allows the enterprise to impose quickly a level of architectural management.

[12] A Prime example of resilient architecture is Hadoop

[13] A simple google search can illustrate this (30 April 30, 2016):
Jobs Hadoop - About 884.000 results (0,21 seconds)
Jobs Telecom - About 51.400.000 results (0,42 seconds)

[14] Various organizations & vendors have published suitable reference architectures.



Picture 3: Domains associated with Big Data and Network Analytics

In the domains in Picture 3 the Network Analytics, Big Data & Business Intelligence functions are placed into three related domains so that it is possible to collect all the functions associated with Network Analytics and big data into defined components. This allows all internal stakeholders to get a clearer idea of where data originates, ownership and which tools should be used to manage it. Different enterprises will have their own views how these domains should be organized & named etc.

The domains in Picture 3 are broken down as follows.

a. **Business Intelligence Domain -** has three areas:

- **Domain Analytics** – there are always specific analytic applications this services as a place holder for these and allows a level of architectural governance.
- **Dash-boarding** – ability to map & present & track KPI's & Scorecards which support the business
- **Visualization & Discovery** – ability to search and visualize historical and current data for complex patterns, ability to present aggregated long-term views of data.

b. **Big Data –** catches newer big data technologies and may also be used for more traditional components.

- **Statistical Modelling -** by placing modeling and prediction into this component it is possible for other domains to use this capability to introduce prediction and real-time scoring into business processes and decision management.
- **Persistent Storage & Search** – covers persistent storage:
  - '**No SQL**' solutions for persistent storage such as Hadoop, Graph databases, & document databases.
  - **SQL** Traditional relational databases and newer high performance SQL compliant in memory databases or massively parallel processing databases (MPP)
  - **Storage & Search** covers – functions that may be using indexing and storage technologies to create query-able archives (a typical use for Hadoop in fact). This is treated as separate as these often become transformation tools
- **Stream Processing -** contains generic Stream computing & complex event processing platforms.

c. **Service Data reconciliation -** this domain is specific to telecommunications and is used to locate the large scale analytics & mediation capabilities need for monitoring of Telecommunications Services. Traditionally as seen in Picture 1 many of these functions reside in Service Assurance. The view being advanced here is that these components should be formally grouped in some way that makes clear their role in the big data/network analytics stack.

It serves the need for transaction processing and analytics needed for processing of data from Probes, network equipment & CDR's. This domain fills the following roles:

- Capture subscriber usage patterns.
- Convert events into actionable Data
- Forms the collection & correlation needed for Data Monetization.

It has the following components:

- **Transaction Collection -** Based on Deep Packet Inspection tools (probes), fixed line Netflow, Pollers, classical automation.
- **Non Billing Mediation-** Translation and formatting of multivendor transactional records non billing CDR's collected by probes or generated by Network equipment.
- **Transformation & Correlation –** correlation of data from different sources so that is cross referenceable. Transformation of data from one format to another.

Different organizations will organize these domains to suit themselves. Where possible it is advisable to use external standards at least as a starting point so that people from outside the organization can quickly understand what is being done.

IV. CONCLUDING THOUGHTS

In this article we have looked at some of the major internal data sources and how they can be connected. Starting with internal data sources for a telecommunications company makes sense as they have immediate value internally to the business and they may also be useful to external parties. Understanding how data source can be connected with each other is essential to designing efficient data structures or else in making decisions on selecting a 3rd party solution.

Network Analytics and Big Data should be clearly located in the architecture of the enterprise. Doing this will make long term development and management of platforms less complex. An explicit architecture will enable the CSP to build strategies based on use of network data and analytics.

BIBLIOGRAPHY & RESOURCES

[1] A. Lerner, "Gartner Blog Network," Gartner, 26 September 2014. [Online]. Available: http://blogs.gartner.com/andrew-lerner/2014/09/26/networkanalytics/. [Accessed 23 April 2016].

[2] COMMITTEE, THE INTERNATIONAL TELEGRAPH AND TELEPHONE CONSULTATIVE, CCITT X.733, Geneva: INTERNATIONAL TELECOMMUNICATION UNION, 1992. Simič, How touse VITEL_G_SVN.dotx template, 2014

[3] THE INTERNATIONAL TELEGRAPH AND TELEPHONE CONSULTATIVE COMMITTEE, CCITT X.734 DATA

COMMUNICATION NETWORKS INFORMATION TECHNOLOGY – OPEN SYSTEMS INTERCONNECTION – SYSTEMS MANAGEMENT: EVENT REPORT MANAGEMENT FUNCTION Recommendation X.734, INTERNATIONAL TELECOMMUNICATION UNION, 1993.

[4] in The Telecommunications Handbook: Engineering Guidelines for Fixed, Mobile and Satellite Systems, John Wiley & Sons, 2015.

[5] J. G. -. S. Manager, "Measuring mobile penetration," GSMA Intelligence, 22 May 2014. [Online]. Available: https://www.gsmaintelligence.com/research/2014/05/measuring-mobile-penetration/430/. [Accessed 23 April 2016].

[6] Wikimedia Foundation, "List of geographic information systems software," Wikimedia Foundation , [Online]. Available: https://en.wikipedia.org/wiki/List_of_geographic_information_systems_software. [Accessed 24 April 2016].

[7] Atul Gupta KPMG, "Information Security in Telecom Sector," KPMG India, 2011. [Online]. Available: http://kpmg.de/docs/Information-Security-in-Telecom-Sector.pdf. [Accessed 25 April 2016].

[8] X. Wang, "IBM Developer Works," IBM, 22 October 2014. [Online]. Available: https://www.ibm.com/developerworks/community/groups/service/html/communityview?communityUuid=c0a9d736-a0f4-42f4-8664-d3168bbff284#fullpageWidgetId=W16efd50c840c_4101_a01d_b61102c9bbcf&file=bbc80340-3bf4-4e0a-8caf-a43f64a22f05. [Accessed 30 April 2016].

[9] TM Forum, Big Data Analytics Solution Suite GB979 - Copyright © TM Forum 2016. All Rights Reserved, Release 15.5.0 ed., Copyright © TM Forum 2016. All Rights Reserved, 2016, p. 11.

[10] R. v. D. D. Dam, "Big Data a sure thing for Telecommunications," 013 International Conference on Cyber-Enabled Distributed Computing and Knowledge Discovery , pp. 148 - 154 , October 2013.

[11] TM Forum, GB979A Big Data Analytics Guidebook Use Cases R15.5.0, TM Forum, 2016, p. 15 section 1.3. Copyright © TM Forum 2016. All Rights Reserved

James O'Brien (jim.obrien@cz.ibm.com) is IBM's Lead Architect for the Telecommunications Industry in Central and Eastern Europe and is based in Prague. James has worked in the industry for 18 years, for Software vendors, operators and for IBM.

Demystifying IoT

Bojan Radulović, NIL, Ljubljana

Abstract — Awareness that soon billions of devices will be interconnected is growing amongst the population; however, there are still many uncertainties about in which direction the technology will lead us. The Internet of Things (IoT) needs to be dissected into several areas and evaluated separately to be able to form a successful business case for a vertical solution.

Keywords — IoT, Wi-Fi, LoRa, Sigfox, ZigBee, 3GPP, NoSQL, LPWAN, Narrowband, Analytics

I. INTRODUCTION

The Internet of Things movement is not a particularly new concept. It was formerly described as machine to machine (M2M) communication. However, restrictions in access technology have not pushed the concept into widespread adoption. Existing connectivity methods such as Wi-Fi, Ethernet, or Bluetooth have specific limitations relating to the ability to connect a large number of devices over a large area with a small footprint on power usage. Thus the requirement for new technologies arose and gave birth to a myriad of proprietary and standardized solutions. However, picking the right access technology is only one of a list of areas that need to be addressed—these also entail the following:

– Standardization
– Power usage
– Data aggregation
– Storage
– Analytics
– Security
– Monetization

The analytics segment has shown the greatest advancement by being able to make intelligent business decisions based on the large quantities of data accumulated by the growing amount of heterogeneous devices.

II. ACCESS TECHNOLOGIES

Existing access technologies have not been particularly successful in supporting a great number of connected devices, thus creating a gap in connectivity methods:

– Wi-Fi (short range, power usage)
– Bluetooth (short range, power usage)
– Mobile (complexity and power usage)
– NFC and RFID (short range)
– Ethernet (physical restrictions)

Table 1: Emerging access technology comparison

Technology	Standard	Range	Data Rate
BLE	Bluetooth 4.2	50–150 m	1 Mbps
ZigBee	ZigBee 3.0	10–100 m	250 kbps
Z-Wave	Z-Wave Alliance	30 m	100 kbps
6LoWPAN	RFC6282	Various[1]	Various[1]
Sigfox	Sigfox	Up to 50 km	100 bps
LoRa	LoRaWAN	Up to 15 km	Up to 50 kbps

[1] *6LoWPAN is a communication protocol rather than an access technology, where the range and data rate depend on the access technology used.*

A new wave of technologies emerged trying to address the shortcomings of existing standardization. Specific focus was put into designing communication protocols to support optimized data transport, heterogeneity of devices, and especially low power consumption (a battery should last 2 years or more).

A. Access technology choice

When building a business case for a vertical solution, the choice of the access technology used has to answer the following questions:

– What is the desired range?
– What is the required data rate?
– What are the battery lifetime expectations?
– What is the number of devices deployed?
– What is the speed of deployment?
– What is the security level required?

While there is no clear technology leader, the questions above will provide guidance and allow only a few select technologies for further evaluation.

B. Short Range

Wi-Fi has dominated the specter of short-range connectivity methods by being easy to deploy and offering a variety of end devices to choose from. The security level of wireless protocols has been developing over the years. If properly implemented, it allows for secure communication. However, power efficiency, usage of the unlicensed spectrum and precision of location services has shown areas where potential new technologies may flourish. Notable new technologies include:

– ZigBee
– Bluetooth LE
– Z-Wave
– NFC
– Wi-Fi Aware

Many of the protocols specifically focus on the areas of optimized power consumption, proximity awareness and optimized data rate, which directly influence battery life. With these specifics in mind, protocols such as ZigBee allow for various home applications to be developed:

– Smart meters
– Light control
– Home security

– Environmental monitoring and control
– Smart appliances

New use cases are being rapidly deployed and often consist of a collection of device/sensor data saved to the cloud of the solution vendor, whereby the vendor provides remote access to and analytical report of the collected data.

C. Long Range

Cellular has so far been the dominant technology deployed in the IoT solutions that require large area coverage. The ability to use existing 3G and 4G data transport allowed for rapid deployment. This technology enables millions of connections, but it has revealed significant shortcoming as well:

– Power consumption
– Requirement for SIM
– Provider plan
– Complex integration into operator infrastructure

The 3GPP started an extensive standardization movement to support upgrades of existing 4G mobile networks. However, until the standards are not ratified and supported by hardware vendors, there is an opportunity for proprietary technology to gain traction. The early movers saw an opportunity by implementing a long-range technology and gaining an initial market share before standardized technologies become available. Two technologies from the LPWAN (Low Power Wider Area Network) architecture have emerged. These cover the shortcomings of cellular solutions by delivering miles of range and years of battery life to connected devices:

– Sigfox
– LoRa Alliance

Sigfox relies on transmission of data over unlicensed spectrum, which is the 915-MHz ISM band in the US, 868 MHz for Europe, and 433 MHz for Asia. Sigfox delivers long range through the usage of very small amounts of data and at extremely low speeds of 100 bps. This makes it suitable for devices that have infrequent bursts of data, such as sensors and meters. However, Sigfox has been challenged by regulatory bodies worldwide due to its slow transmission of 2 seconds for only 12 bytes of payload. This occupies the spectrum for a long period, making collisions and interference unavoidable.

The LoRa Alliance, and the LoRaWAN specification in particular, competes directly with Sigfox as it operates at the same narrowband frequency spectrum but can be adapted to handle any spectrum, allowing for a more efficient indoor use. As with Sigfox, the long range and extended battery life is achieved by very low data rates of up to 50 kbps. This is a significant improvement over the Sigfox specification but still does not support applications with a requirement for data hungry devices and applications. The Lora Alliance consists of several reputable hardware vendors, sensor manufacturers, operators and application providers, creating an ecosystem of partners resembling a standard body.

Both LoRaWAN and Sigfox rely on operators deploying radio elements or gateways in similar fashion as the current cellular technologies. This requires a sizable investment into infrastructure. The early mover operators are choosing either of the technologies in hopes it will gain enough traction to become the de facto IoT standard or capture enough market share before competing operators may catch up.

At the same time, the 3GPP has recognized that existing data communication methods will not allow for an explosive expansion of devices. As a result, multiple new narrowband technologies were formed that allow the reuse of existing cellular infrastructure and reduced CAPEX:

– NB-IoT
– NB-LTE-M
– LTE-MTC

The operator community is mostly anticipating the 3GPP NB-IoT standard, which is planned to be ratified in the summer of 2016 in Release 13 with great support of manufacturers. NB-IoT is a self-contained carrier inside a system bandwidth of 200 kHz. It will most probably require minor upgrades to function in an existing LTE network. NB-IoT promises long range, low power usage, cheap chipsets and great indoor coverage with the highest level of security. Companies such as Huawei, Ericsson, Qualcomm and Verizon are betting on the quick release of chipsets and the adoption of the new standard.

Application vendors providing lifecycle management of IoT devices are eagerly awaiting ratification of the standard that will allow adoption of the existing applications. Application vendors that provide analytics services are usually access technology agnostic, which means they are simply awaiting for the IoT movement to get widespread adoption.

III. DATA STORAGE

In the past, traditional relational databases had been used for managing, storing and querying structured datasets in predefined tables. However, the requirements for storage of vast amounts of data generated by devices with unstructured and flexible data models challenged the RDBMS systems to scale and perform.

A new breed of database systems was adopted by large companies to handle the new mantra of data storage called NoSQL. The methodology is centered on the concept of distributed databases with the ability to store and process highly unstructured data. The following advantages have made the NoSQL solutions the de facto mechanism for IoT:

– Increased scaling – the distributed approach allows for scaling out instead of scaling up.
– Performance – the use of frameworks that allow distributed storage and processing without performance loss.
– Big data management – allows for increase in data volumes without expensive data management systems
– Lower OPEX – transparent extension of storage through the use of commodity hardware.
– Schema less – flexible data models without rigid schema definitions.

Similar to the situation in access technologies, there is no clear leader in the NoSQL space. However, a couple of notable mentions have to be provided that have evidently grasped a significant market share:

– MongoDB
– CouchDB
– Cassandra

– Neo4j
– H-Base

Despite all the benefits of the NoSQL database systems, it is not meant to be a replacement for the existing RDBMS, as enterprise companies will still heavily rely on the structured and transactional model of RDBMS.

IV. ANALYTICS

While collecting huge amounts of data is nothing new, the added value of any big data system is in the analysis phase and insights that it may bring to both end customers and operators. With IoT, the diversity of devices collecting the data opens up numerous possibilities for vertical solutions. Analysis of data gathered by IoT devices is most often used for the following:

– Recognition of patterns
– Optimization of processes
– Optimization of resources
– Automated management of exceptions
– Prediction
– Decision management

Already there is a tremendous variety of software-based companies providing analytics services on top of data that is access agnostic. But the real business value is mostly shown by tailored solutions for a specific vertical.

Often the analysis process in IoT solutions also divulges issues that might never have been discovered unless a large enough data set had been used and had undergone processing.

V. SECURITY

The thought of our refrigerator or washing machine being connected to the Internet may give us great ideas and use cases; but still, at the same time great care should be given to the fact that others can access these devices.

Whereas existing access technologies have reputable security mechanisms in place (especially cellular networks), the emerging technologies can leave something to be desired. Reputable security companies have scrutinized cheap IoT devices of upcoming access technologies, especially in the residential segment, and have found that often the security mechanisms had been implemented poorly, if at all, leaving our wireless devices at the mercy of potential hackers.

Access to cheap sensors can be gained easily by using the default password or sniffing unencrypted traffic across the wireless network, which can potentially lead to numerous threats:

– Manipulation of control systems – heating, cooling
– Physical access – opening doors, windows
– Critical infrastructure damage
– Identity theft
– Leakage of sensitive information
– Location tracking

As a result, many of the industry leaders are awaiting the upcoming NB-IoT standard to be ratified. This standard uses well-known security mechanisms for devices and can alleviate any concerns customers may have about using a new access technology.

VI. MONETIZATION

As our minds imagine tons of ideas of how to interconnect devices which have never been connected before, the success of any IoT solution will greatly depend on the viability of the business case.

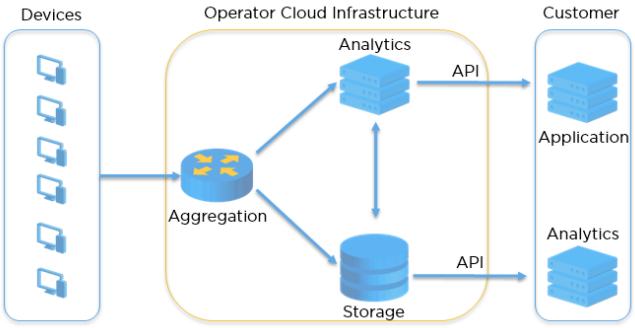
Equipment manufacturers, telecom operators, end customers and system integrators are all looking for a place in this new movement.

A. *Telecom operators*

At the moment of writing the majority of telecom operators do not yet have a clear picture of how to monetize the Internet of Things. The first challenge is the right choice of the access technology with the significant impact on capital expenditure. Early movers have decided on either Sigfox or LoRaWAN, but the majority of operators are awaiting the upcoming NB-IoT specification to be ratified.

As applications for IoT-based solutions are basically limitless, operators have to find a strategy and business model to support a variety of end customers.

Earliest adopters have decided to provide the access technology infrastructure with the cloud-based capabilities of aggregating, storing and processing the data for end customer applications to access and evaluate the data.



Picture 1: Telecom operator infrastructure model

End customers would purchase supported IoT devices and register them in the operator's lifecycle management system. The collected data would be stored in the operator's cloud services and provided to analytics engines and applications through REST API interfaces. Optionally, the operator may provide both analytics and application services for the end customer.

B. *Vertical solutions*

To summarize—there are no limits! The diversity of solutions that collect data from interconnected devices are already incredible. The added value will come from the evaluation of patterns and analytics. As long as the analytics data supports the business case, the intended IoT solution will most probably be implemented in some sort of way.

Examples:

– ABB – sensors incorporated in large diesel machines installed in freighter ships report operating parameters. The analytics engine reports optimal operational parameters for greater fuel efficiency and minimized servicing cost of components. ABB reports data to ship operators with instructions on usage.
– John Deere – automated tractors guided by a GPS signal used for agricultural processes. It introduces a sensor into

the soil, which reports statistical data about humidity in a large area helping the farmers achieve optimized harvest.
– Ingenico – supplier of POS terminals is covering the device lifecycle of terminals trough constant monitoring via the cellular network. Devices which deviate from standard use (stolen or lost) are automatically decommissioned.

VII. SUMMARY

At the moment, everyone is awaiting for IoT to become the next big buzzword after the Cloud. IoT will change the way we approach our daily tasks, both in personal and professional environments. Connecting billions of devices will provide greater levels of insight, but it requires the existing technologies to adapt and support such a great number of connections. The residential use will see a myriad of different access technologies being used—from ZigBee to NFC, depending on the use case. The long-range area is divided by adopting proprietary protocols such as Sigfox and LoRaWAN or by awaiting the ratification of the NB-IoT standard, which is expected to be implemented in the following two years.

SOURCES

[1] 3GPP NB-IoT, http://www.3gpp.org/news-events/3gpp-news/1733-niot
[2] Ericcson Whitepaper IoT, http://www.ericsson.com/res/docs/whitepapers/wp_iot.pdf
[3] Sigfox technology, http://makers.sigfox.com/
[4] LoRaWAN Developer portal, https://www.lora-alliance.org/For-Developers/LoRaWANDevelopers
[5] Huawei NB-IoT, http://www.huawei.com/minisite/hwmbbf15/en/nb-iot-accelerating-cellular-iot.html
[6] MongoDB https://www.mongodb.com/use-cases/internet-of-things
[7] KPN LoRa, https://www.kpn.com/zakelijk/grootzakelijk/oplossingen/infrastructuur-en-connectiviteit/internet-of-things.htm

Bojan Radulović is a network consulting engineer who specializes in service provider solutions and IPv6 adoption. Other areas of interest include SDN and IoT, both applied in the telco environments. Bojan also enjoys the role of instructor, which enables him to share his practical knowledge in his areas of expertise with students. He joined NIL in 2009, coming directly from Cisco, where he was a network consulting engineer.

Digitalno preoblikovanje Slovenije

Marjan Turk, Direktorat za informacijsko družbo, Ministrstvo za izobraževanje, znanost in šport

Povzetek – V prispevku je obravnavano trenutno stanje razvoja digitalne družbe v Republiki Sloveniji, analizirane so razvojne vrzeli in predlagani ukrepi za razvoj digitalne družbe, ki si bo zagotovila enakovreden položaj v bodočem enotnem evropskem digitalnem prostoru. Izpostavljene so priložnosti in dejavniki uspeha, ki bi jih morali upoštevati pri nadaljnjih razvojnih aktivnostih. Prispevek v osnovi povzema strateške usmeritve strategije DIGITALNA SLOVENIJA 2020, in jih nadgrajuje z ugotovitvami in konkretnimi operativnimi predlogi za digitalno preoblikovanje Slovenije.

Ključne besede – digitalna družba, digitalizacija, digitalizacija industrije, DIGITALNA SLOVENIJA 2020, digitalno preoblikovanje

I. UVOD

Oblikovanje sodobne države, ki si bo zagotovila svoj prostor v globaliziranem svetu, je neposredno povezano z digitalizacijo vseh področij družbenega življenja. Izjemen razvoj in uporaba informacijsko komunikacijskih tehnologij (IKT) in interneta so namreč v zadnjih desetletjih v temeljih spremenili ustaljene načine delovanja industrije, javnega sektorja in življenje vsakega posameznika. Digitalne tehnologije ponujajo neslutene razvojne možnosti, ki dajejo tistim, ki so jih sposobni izkoristiti, bistveno prednost pred tistimi, ki se teh priložnosti ne zavedajo ali jih niso sposobni izkoristiti.

Obdobje splošne intenzivne digitalizacije, ki je globalni mega trend, sovpada s prizadevanjem zahodnih držav po oživitvi lastne industrije. Pri tem imajo ključno vlogo digitalne tehnologije in na njihovi osnovi novi poslovni modeli. Obnovitev konkurenčnosti industrije v največji meri temelji na njeni digitalizaciji, pri čemer je to v širšem okviru le eden izmed segmentov splošnega razvoja digitalne družbe. Gledano v celoti gre za kompleksne razvojne procese, ki zahtevajo sistematično in usklajeno vodenje.

Da bi lahko izkoristili prednosti digitalnih tehnologij, Evropska unija načrtuje ukrepe za odpravo digitalnih meja, kar bo oblikovalo enotni kibernetski prostor, ki bo za Republiko Slovenijo dodaten izziv. Pomanjkljiva digitalizacija v zadnjih 15 letih nas je namreč pripeljala v položaj, ko smo slabo pripravljeni na realnost evropskega in globalnega kibernetskega prostora.

Slovenija tako nima izbire: digitalno preoblikovanje z intenzivno in inovativno uporabo IKT in interneta v vseh segmentih družbe mora biti v prihodnjem razvojnem obdobju ključna strateška usmeritev vseh razvojnih prizadevanj.

Pred ključnimi deležniki je iskanje odgovorov na kompleksna vprašanja: kako upoštevati stanje in dosedanje izkušnje, kakšni morajo biti strateški cilji in ukrepi za njihovo dosego, kako zagotoviti razvojne vire in kako se na poti v konkurenčno in napredno digitalno družbo ustrezno organizirati.

Kakšni morajo biti odgovori, da bodo Sloveniji omogočili digitalno preoblikovanje in enakopravno vključitev v evropski kibernetski prostor?

II. SODOBNI OKVIRI DIGITALIZACIJE

A. Nacionalni okvir

Slovenija se po zadnjem merjenju po indeksu digitalnega gospodarstva in družbe (DESI[1] 2016) s splošno oceno[2] 0.49 uvršča na 18. mesto med 28 državami EU. Nad EU povprečjem smo v skupini indikatorjev človeškega kapitala in integracije digitalnih tehnologij, pod povprečjem pa pri povezljivosti, uporabi interneta in pri digitalnih javnih storitvah. Najslabše smo uvrščeni pri uporabi javnih storitev, kjer iz leta v leto nazadujemo, in pri odprtih javnih podatkih. Po drugi strani je Slovenija v zadnjem letu udejanjila četrti najhitrejši razvojni napredek. Nezadostna razvitost digitalne družbe se nedvomno negativno izraža na drugih razvojnih področjih. Tako stanje je posledica bistveno prenizkih vlaganj v razvoj informacijske družbe in premajhnega splošnega zavedanja o pomenu IKT in interneta za razvoj gospodarstva, države in celotne družbe. Večina evropskih konkurentov je ves ta čas vlagala več in bolj sistematično, kar se kaže v hitrejšem razvojnem napredku, kot smo ga bili sposobni udejanjiti v Sloveniji. Z nepravilno umestitvijo IKT in interneta v razvojnih prizadevanjih se Slovenija kot družba odpoveduje razvojnim potencialom, ki jih omogočajo IKT in internet. Če taka praksa ne bo prekinjena, se bo nadaljevalo razvojno zaostajanje za državami, ki tem področjem namenjajo najvišje prioritete.

Nezadovoljivo stanje razvitosti slovenske digitalne družbe je posledica vrste vplivnih dejavnikov. Če smo bili v 90 letih še v prednosti glede na primerljive države, predvsem v zadnjih desetih letih nekatere odločitve niso bile pravilne in so vzpostavile razvojno okolje, ki ni omogočalo hitrejšega razvoja in je povzročilo nazadovanje Slovenije. Tako je bilo leta 2005 ukinjeno *Ministrstvo za informacijsko družbo*, s čimer so bili zaustavljeni začetki sistematično vodenega razvoja informacijske družbe. V istem času je bil ukinjen *Center Vlade RS za informatiko*, kar je v naslednjih letih popolnoma razpršilo informatizacijo državne uprave, z izrazito negativnimi posledicami za razvoj e-uprave. Nastop gospodarske krize in hitre politične spremembe v zadnjih petih letih so nato možnosti razvoja digitalne družbe še dodatno poslabšali. Prišlo je do izrazitega upada razvojnih virov, razpršeni in minimalni razvojni ukrepi niso imeli zadostne politične podpore, nesprejemljivo slabo medresorsko sodelovanje, zapiranje v razvojne vertikale in

[1] DESI – Digital Economy and Society Index.
[2] DESI uporablja lestvico od 0 do 1, višja, kot je ocena, uspešnejša je država.

zasledovanje parcialnih interesov so postali stalnica. Več kot vprašljivo je bilo prevečkrat uspešno vmešavanje zunanjih deležnikov v državne projekte informatizacije, s čimer se zasledujejo parcialni interesi, ki pogosto nimajo nič skupnega z javnim interesom. V takih razmerah so bila starejša, večja in vplivnejša razvojna področja, z močnejšim lobističnim zaledjem bistveno uspešnejša tudi pri razvojnem načrtovanju za strukturna sredstva večletnega finančnega okvira do leta 2020. Vsekakor je razvojno okolje v vse prej kot primernem stanju za intenzivno digitalno preoblikovanje Slovenije, zato ga je treba bistveno spremeniti.

Za razvojno spodbudnejše okolje je treba nujno spremeniti odnos družbe do IKT in interneta ter zagotoviti primerne vire in organizacijo, ki bodo omogočili hitrejšo digitalno preoblikovanje Slovenije. Glede na majhnost Slovenije kot države in s tem povezanimi omejenimi kadrovskimi in finančnimi viri, je med najpomembnejšimi faktorji uspeha sodelovanje in doseganje sinergij na medresorski in medsektorski ravni. Po drugi strani je obvladljiva velikost slovenskega okolja lahko primerjalna prednost, ki bi jo morali znati izkoristiti in se z njo umestiti v evropski digitalni prostor.

B. Evropski okvir

Evropska komisija (EK) je leta 2010 sprejela strategijo *Evropa 2020*, s pomočjo katere naj bi gospodarstvo EU izšlo iz krize in se pripravilo na izzive desetletja. Za ohranitev konkurenčnosti in življenjskega standarda se mora EU preoblikovati v pametno, trajnostno in vključujoče gospodarstvo. Med sedmimi vodilnimi pobudami je EK nato z *Evropsko digitalno agendo*[3] (EDA) določila cilje in ukrepe na področju digitalizacije. Enotni digitalni trg, na osnovi hitrih internetnih povezav in interoperabilnih aplikacij, naj bi zagotovil trajne gospodarske in družbene koristi.

Izvajanje EDA je pokazalo pomanjkljivosti in potrebo po prenovi strateških usmeritev na ravni EU. Trenutna razdrobljenost digitalnih trgov po državah članicah in njihova majhnost v primerjavi z domačimi trgi globalnih konkurentov evropskim podjetjem preprečuje oblikovanje ekonomije obsega, povečuje stroške nastopanja na teh trgih, podaljšuje čas za vstop na trge, otežuje poslovno sodelovanje, pretok idej in ovira inovativnost. Hkrati je zaradi teh omejitev EU kot poslovno okolje vse manj zanimiva za globalna multinacionalna podjetja. Glede na izrazit horizontalen vpliv digitalizacije se negativne posledice nanašajo na večino industrijskih sektorjev in ne samo na IKT-sektor ter seveda na celotno evropsko družbo. Da bi odpravili sistemske pomanjkljivosti in pospešili razvoj na tem področju, je EK kot nadaljevanje EDA leta 2015 objavila *Strategijo za enotni digitalni trg*[4] za Evropo. V njej so začrtani ukrepi za učinkovitejšo uporabo digitalnih tehnologij, da bi prebivalstvo in podjetja lahko izrabili priložnosti, ki jih te tehnologije omogočajo. V kontekstu digitalnega prostora, pa naj gre za zasebni ali poslovni vidik, je kot ključno strateško nalogo EK določila odpravo omejitev, ki preprečujejo oblikovanje enotnega evropskega digitalnega trga. Izkazalo se je, da je razvoj digitalne družbe v posameznih državah EU različno uspešen in da geografske in državne meje ostajajo ovira za vzpostavitev popolnoma delujočega digitalnega trga, zato je treba izvesti ukrepe za enakomernejši razvoj digitalne družbe na področju infrastrukture, digitalnih storitev in vsebin, digitalnih znanj in veščin ter uskladiti zakonodajo. Na ta način bo oblikovan enotni evropski digitalni prostor (trg), ki bo podjetjem omogočal enostavnejše poslovanje, nižje stroške nastopanja na enotnem trgu, izboljšal bo možnosti za raziskave, razvoj in inovacije, na uporabniški strani pa bo zagotovil enake možnosti dostopa prebivalcev do digitalnih storitev, vsebin in proizvodov. Z enakimi pravili poslovanja, varnosti in zaščite se bo predvidoma okrepilo tudi zaupanje uporabnikov v digitalne tehnologije in storitve.

Oblikovanje prihodnjega enotnega evropskega digitalnega trga oz. enotnega evropskega digitalnega prostora bo po pričakovanjih prineslo vrsto prednosti in priložnosti gospodarstvu in družbi, vendar pa bo hkrati odprlo vprašanja pripravljenosti slovenskih deležnikov na novo evropsko digitalno okolje brez meja. Na začetku novega razvojnega obdobja do leta 2020, s katerim je usklajen tudi večletni finančni okvir za razvojna sredstva iz evropskih strukturnih skladov, je tako skrajni čas za temeljito pospešitev razvoja slovenske digitalne družbe, ki je nujna za enakopravno vključitev v enotni evropski digitalni prostor in za ustvarjanje digitalne rasti. Sredstva je treba nameniti osredotočenim, strateško usklajenim ukrepom, ki bodo spodbudili medsektorske sinergijske učinke, ki imajo široko podporo, so izvedljivi in bodo čim prej prinesli dolgoročne rezultate.

III. STRATEŠKI CILJI

V zaostrenih gospodarskih razmerah in pri spoprijemanju z globalnimi vse bolj konkurenčnimi tekmeci Evropa vidi kot eno ključnih priložnosti za izhod iz krize ter za ohranitev konkurenčnosti in življenjskega standarda v pospešenem razvoju digitalne družbe in sektorja IKT. Statistični kazalniki in primerjave kažejo, da je Slovenija pri številnih strukturnih spremembah, povezanih z izkoriščanjem razvojnih priložnosti, tako tudi pri izrabi potenciala IKT in interneta, premalo korenita in prepočasna, zato na področju digitalne družbe zgubljamo stik s povprečjem Evropske unije, s tem pa tudi konkurenčne prednosti. Nastali položaj je posledica bistveno prenizkih vlaganj v razvoj digitalne družbe, neustrezne umeščenosti razvojnega področja in pomanjkanja koordinacije med deležniki. Zavedanje, kako pomembne so IKT za razvoj sodobne digitalne družbe, je v širši družbi v Sloveniji bistveno prenizko.

Po EDA bo osnova dolgoročnih trajnostnih sprememb Evropske unije digitalizacija družbe in gospodarstva z inovativno in intenzivno uporabo IKT. Strategija za enotni digitalni trg za Evropo dodatno poudarja pomen odprave ovir za čim hitrejše oblikovanje enotnega digitalnega trga, ki bo evropskemu gospodarstvu omogočil nov zagon. Da bi odpravili zaostanek pri razvoju digitalne družbe, moramo korenito spremeniti razvojne pristope, pospešiti razvojne aktivnosti in področju v naslednjem razvojnem obdobju zagotoviti znatno višja razvojna sredstva, da bomo zmanjšali razvojni razkorak do najbolj razvitih držav. Da bi slovenskim deležnikom omogočili enakopravno vključevanje v enotni evropski digitalni prostor, moramo Slovenijo digitalno preoblikovati.

Za usmerjanja razvoja digitalne družbe so bili na medresorski ravni pripravljeni in nato v začetku 2016 na Vladi Republike Slovenije sprejeti naslednji strateški dokumenti:

[3] DAE – Digital Agenda for Europe.
[4] DSM – Digital Single Market Strategy.

– DIGITALNA SLOVENIJA 2020 - Strategija razvoja informacijske družbe do leta 2020,
– Načrt razvoja omrežij naslednje generacije do leta 2020,
– Strategija kibernetske varnosti.

Vlada RS je s sprejemom strateških dokumentov določila vizijo, da moramo s pospešenim razvojem digitalne družbe izkoristiti razvojne priložnosti IKT in interneta, postati napredna digitalna družba in referenčno okolje za uvajanje inovativnih pristopov pri uporabi digitalnih tehnologij. Slovenija naj bi se po DESI indeksu do leta 2020 uvrstila na 12 mesto.

Strateški cilji za uresničenje razvojne vizije so:

– dvig splošnega zavedanja o pomenu IKT in interneta za razvoj družbe,
– vzdržno, sistematično in osredotočeno vlaganje v razvoj digitalne družbe,
– splošna digitalizacija po načelu privzeto digitalno ('*digital by default*'),
– konkurenčno digitalno podjetništvo in digitalizirana industrija za digitalno rast,
– intenzivna in inovativna uporaba IKT in interneta v vseh segmentih družbe,
– visokohitrostni dostop do odprtega interneta za vse,
– vključujoča digitalna družba,
– varen kibernetski prostor,
– zaupanje v kibernetski prostor in varovanje človekovih pravic,
– Slovenija – referenčno okolje za uvajanje inovativnih pristopov pri uporabi digitalnih tehnologij.

Za enakopravno vključevanje v enotni evropski digitalni prostor je treba v sodelovanju z industrijo, nevladnimi organizacijami in drugimi deležniki pospešiti digitalizacijo družbe in podjetništva, investirati v izobraževanje za digitalno družbo, boljše e-veščine delovno aktivnih in za večje število IKT strokovnjakov ter uresničevati strateško usmeritev inovativne in intenzivne uporabe IKT in interneta na vseh razvojnih področjih. Formalni in neformalni šolski prostor je treba prilagoditi novim generacijam, potrebam izobraževanja za nova digitalna delovna mesta in enakopravno vključevanje vseh generacij v evropsko digitalno družbo. V digitalni družbi vseprisotnega interneta in informacijsko komunikacijskih tehnologij je treba zagotoviti visoko raven zaščite osebnih podatkov in komunikacijske zasebnosti, da bi ustvarili zaupanje v digitalizacijo in kibernetski prostor.

IV. RAZVOJNA NAČELA

Razvojni ukrepi in aktivnosti morajo slediti ne samo strateškim ciljem ampak tudi ključnim razvojnim načelom, ki jih na različnih ravneh povezujejo, spodbujajo in s katerimi se zagotavlja njihova celovitost in konsistentnost.

A. Internet

i. Razvojna osredotočenost na internet

Internet je vseprisotno komunikacijsko omrežje informacijskih virov, ki z enostavno dostopnostjo do raznovrstnih vsebin in storitev v temeljih spreminja načine delovanja sodobne družbe. V globaliziranem svetu pomeni izredno učinkovito komunikacijsko sredstvo za prost pretok informacij, ki je izrazito spremenilo komunikacijsko podobo sodobnega sveta, zato je dostop do interneta in uporaba njegovih storitev na splošno razumljena kot človekova pravica 21. stoletja.

Kot osnovni element digitalne družbe se internet nenehno razvija in v širših družbenih okvirih ponuja neizmerne razvojne priložnosti. Odločilno oblikuje priložnosti posameznikov na vseh področjih zasebnega in javnega življenja; od učenja, zaposlitve, dostopa do informacij, sodobnih finančnih in javnih storitev, svobodnega izražanja, do sodelovanja in odnosov v javnem in zasebnem življenju. Enake daljnosežne vplive ima v gospodarstvu, javnem sektorju in civilni družbi. Z vidika usmerjanja razvoja je internet strateški instrument za povečanje produktivnosti, za oblikovanje inovativnih poslovnih modelov, izdelkov in storitev, za učinkovitejšo komunikacijo in večjo splošno učinkovitost družbe. Internet se z računalništvom v oblaku spreminja v celovit storitveni sistem, v katerem se zlivajo nove tehnologije prihodnjega interneta (interneta stvari), masovnih podatkov, storitve računalništva v oblaku in internetne e-storitve. Prihodnji internet postaja učinkovito enovito okolje, ki ponuja izjemne razvojne možnosti in obsežen nabor storitev, ki so uporabne, prilagodljive, funkcionalne, zanesljive in varne.

Velik potencial interneta se kaže v možnostih inovativnih sodelovalnih poslovnih modelov[5], ki v temeljih spreminjajo ustaljene načine delovanja na vrsti področij družbenega udejstvovanja. Pri tem se izkoriščajo možnosti interneta in digitalnih tehnologij za poslovanje brez posrednikov, ki je praviloma učinkovitejše, prožnejše in bolj skladno s potrebami končnih uporabnikov. Na inovativni izrabi interneta in digitalnih tehnologij temeljijo tudi kripto valute[6], ki tako kot sodelovalni poslovni modeli pred zakonodajalce postavljajo težke naloge zakonskega urejanja. Pri usmerjanju razvojnih aktivnosti je zato treba upoštevati dejstvo, da je gospodarski in splošni razvoj v sodobni digitalni družbi tesno povezan z razvojem in uporabo interneta. Internet ponuja izjemne priložnosti za spoprijemanje z gospodarskimi, družbenimi in okoljskimi izzivi, zato je ključni dejavnik prihodnjega gospodarskega in družbenega razvoja ter s tem tudi v močnem javnem interesu.

Internet je vitalnega razvojnega pomena kot komunikacijsko omrežje, kot tehnološka platforma in kot razvojni instrument, zato mora biti nacionalna prioriteta v digitalnem preoblikovanju Slovenije. Izkoristiti moramo njegove potenciale za spodbujanje inovacij, ustvarjanje zaposlitvenih priložnosti, izboljševanje produktivnosti in konkurenčnosti vseh sektorjev gospodarstva ter za izboljšanje kakovosti in učinkovitosti javnih storitev.

ii. Nevtralnost interneta

Internet se je razvil organsko z le minimalnimi vmešavanji uradnih institucij. V javnem interesu je predvsem zagotavljanje njegove razpoložljivosti, dostopnosti in odprtosti, kakovosti storitev ter zasebnosti, varnosti in zaščite na internetu. Temeljni motiv za zaščito nevtralnosti interneta je dejstvo, da je gonilo njegovega razvoja nizek vstopni prag za nove ponudnike vsebin in storitev. Tem je takoj in enostavno na voljo globalno svetovno internetno omrežje in vsi njegovi potencialni uporabniki. Uspeh novega poslovnega modela in novih internetnih vsebin, vključno s pripadajočimi storitvami, je praviloma odvisen le od njihove inovativnosti

[5] Sharing economy, collaborative buissines model, peer-to-peer.
[6] Crypto currency – valute, ki za medij varne izmenjave in za ustvarjanje novih enot uporabljajo kriptografske metode.

in kakovosti. Glede na vpliv interneta na globalizirano svetovno družbo je tveganje odprave nevtralnosti interneta preveliko, zato se je pri razvojnih aktivnostih treba zavedati pomena ohranitve odprtega nevtralnega interneta za inovativnost, razvoj podjetništva in digitalne družbe ter za delovanje enotnega digitalnega trga.

Posebej je treba poudariti vlogo spletnih platform pri zagotavljanju odprtega nevtralnega interneta. Nekatere spletne platforme so zaradi svojih monopolnih položajev praktično postale del internetne infrastrukture, ob tem pa njihovi poslovni modeli vključujejo diskriminatorno obravnavo internetnih vsebin in storitev. Tako lahko spletne platforme izničijo vsebinsko nevtralnost interneta, zagotovljeno na prenosni ravni. Slovenija mora zato izrecno podpirati aktivnosti EK pri analizi in morebitni regulaciji internetnih platform na storitveno-vsebinski ravni.

Ohranitev odprtosti in vsebinske nevtralnosti interneta je v interesu razvoja interneta in glede na njegov izjemen vpliv tudi v interesu razvoja družbe na nacionalni ravni, zato si moramo še naprej prizadevati za njegovo zaščito.

B. Zaupanje v kibernetski prostor

V procesu digitalizacije družbe, ki jo zaznamuje izjemen razmah interneta, mobilnih tehnologij, družbenih omrežij, računalništva v oblaku, lokacijskih storitev, masovnih podatkov ter zbiranje in obdelava osebnih podatkov, je poseben izziv varstvo človekovih pravic, zlasti pravice do komunikacijske in informacijske zasebnosti. S tega vidika posebno tveganje predstavljajo inovativni poslovni modeli, ki izkoriščajo priložnosti interneta za poslovanje brez posrednikov, in nove tehnologije masovnih podatkov, saj pogosto temeljijo na obsežnem zbiranju in obdelavi osebnih podatkov. Z nadaljnjim razvojem vseprisotnega interneta stvari in računalništva v oblaku se bodo izzivi še zaostrili.

Z namenom zmanjšanja in obvladovanja navedenih tveganj je treba pri digitalizaciji upoštevati načela zagotavljanja varstva zasebnosti in zagotavljanja zaupanja, saj je to ključnega pomena za razvoj vključujoče digitalne družbe. Le uporabniki, ki bodo zaupali v digitalne tehnologije in kibernetski prostor, se bodo intenzivno vključevali v digitalno družbo, uporabljali e-storitve in internet.

Zasledovati moramo zagotavljanje visoke ravni zaščite osebnih podatkov in komunikacijske zasebnosti, ob upoštevanju sorazmernosti glede na namen. V digitalni družbi je treba, bolj kot kdaj prej, zaščititi posameznikove pravice:

- do komunikacijske in informacijske zasebnosti,
- do informiranja, kako se zbira in obdeluje njegove podatke,
- vedeti, ali je bilo poseženo v njegove osebne podatke,
- biti pozabljen.

Pravica biti pozabljen je upravičena, kadar se nanaša na nezakonito objavljene, zastarele, nepomembne informacije o posameznikih, ki jim povzročajo občutno škodo, in kadar interes zaščite integritete posameznika prevlada nad javnim interesom do informiranosti.

Z namenom spodbujanja zaupanja v kibernetski prostor in za zaščito komunikacijske in informacijske zasebnosti je treba upoštevati in uveljavljati:

- presojo vplivov na zasebnost pri razvoju IKT rešitev,
- zaščito podatkov z vgrajeno zasebnostjo (*"by design and by default"*),
- uporabo tehnik anonimizacije osebnih podatkov,
- uporabo šifrirnih metod.

C. Doseganje sinergijskih učinkov

Ob omejenih razvojnih sredstvih je treba za doseganje ciljev strategije vzpostaviti povezovanje med deležniki na medresorski in medsektorski ravni, v katerega morajo biti vključena podjetja, ministrstva, javni sektor, ponudniki storitev in vsebin, končni uporabniki, izobraževalne in raziskovalne institucije in nevladne organizacije. Z medsektorskim povezovanjem in skupnimi projekti bodo razvojne aktivnosti usklajene, hkrati pa bo prišlo do sinergijskih učinkov.

V ta namen bo vzpostavljeno nacionalno strateško partnerstvo za digitalne zaposlitve *Slovenska digitalna koalicija*. Glavni cilj koalicije bo s partnerskim sodelovanjem različnih deležnikov učinkovito in usklajeno usmerjati izvajanje strategije DIGITALNA SLOVENIJA 2020, iskati sinergijske učinke, predvsem pa izboljšati digitalne veščine prebivalstva, mlade usmeriti v poklice na področju IKT in jih povezati s potrebami in usposabljanji zasebnega sektorja za nova digitalna delovna mesta. Oblikovani bodo skupni projekti z industrijo in nevladnimi organizacijami.

Za zagotavljanje komplementarnosti in sinergijskih učinkov mora usklajevanje potekati na medresorski ravni in preko Slovenske digitalne koalicije. Vodilo bo doseganje medsektorskih multiplikativnih razvojnih učinkov. Posebno pozornost je treba posvetiti doseganju sinergijskih učinkov s povezovanjem infrastrukturnih zmogljivosti javnih organov, institucij in podjetij, souporabo razpoložljivih zmogljivosti, soinvestiranjem in sočasno izvedbo aktivnosti. Centralno vodena informatizacija in enoten razvoj tudi na področju elektronskih komunikacij javnega sektorja (npr. digitalni radijski sistemi za uporabnike s področja varnosti, obrambe, zaščite in reševanje ter drugih) so nujni. Na vsak način se je treba izogibati dragemu, neučinkovitemu, neutemeljeno in neupravičeno ločenemu razvoju vzporednih informacijsko komunikacijskih sistemov.

Uspešnost digitalnega preoblikovanja Slovenije je povezana z odpravo do sedaj prevladujočega razvoja po vsebinskih vertikalah, ločeno in nepovezano po posameznih resorjih in področjih. Nujno je treba zagotoviti medresorsko in medpodročno povezovanje v državni upravi in javnem sektorju ter medsektorsko povezovanje v zasebnem sektorju, vključno z intenzivnim povezovanjem z nevladnimi organizacijami.

Za konsistentnejši in bolj sistematičen razvoj moramo vzpostaviti okolje, ki bo uravnoteženo upoštevalo interese različnih deležnikov digitalne družbe. Ključno je zasledovanje javnega interesa, brez podleganja neupravičenim parcialnim interesom različnih deležnikov iz industrije in zasebnega sektorja, in z odpravo njihovih pretesnih in neprofesionalnih povezav z javnim sektorjem.

V. PREDNOSTNA PODROČJA UKREPANJA

Za digitalno preoblikovanje Slovenije do leta 2020 je treba prednostno ukrepati na naslednjih področjih:

- širokopasovna in druga infrastruktura elektronskih komunikacij,
- inovativne podatkovno vodene storitve,
- digitalno podjetništvo,
- kibernetska varnost,

– vključujoča informacijska družba.

Z razvojnimi podpornimi projekti po prednostnih področjih moramo prispevati k umestitvi Slovenije v mednarodnem okolju kot referenčnega okolja za inovativno uporabo novih digitalnih tehnologij in storitev.

Prednostna področja ukrepanja ter tehnološke in vsebinske prioritete so bile določene po obširnih posvetovanjih z industrijo. Upoštevana je bila ocena trenutnega stanja slovenske industrije IKT, njene konkurenčne priložnosti na tujih trgih in splošne smernice razvoja IKT-sektorja. Na vseh prednostnih področjih ukrepanja bo s tehnološkega vidika posebna pozornost posvečena horizontalnim prioritetam:

– prihodnjemu internetu – internetu stvari,
– računalništvu v oblaku,
– masovnim podatkom in
– mobilnim tehnologijam.

Z vsebinskega vidika bodo ukrepi osredotočeni na področja:

– digitalizacije podjetništva in industrije ter
– pametnih skupnosti, mest in domov.

A. Širokopasovna infrastruktura

Predpogoj za digitalno preoblikovanje Slovenije je zmogljiva infrastruktura elektronskih komunikacij in dostopne elektronske komunikacijske storitve. Pri strateškem načrtovanju je zato treba slediti razvoju vseprisotne zmogljive širokopasovne infrastrukture (fiksne in mobilne), ki bo odprta in dostopna vsem končnim uporabnikom, sicer bi lahko prišlo do neenakopravnih možnosti vključevanja v digitalno družbo. Dostopna širokopasovna infrastruktura na celotnem ozemlju države omogoča enakomeren razvoj, zmanjšuje digitalno ločnico in povečuje vključenost vsakega posameznika v sodobne družbene tokove.

Razvoj širokopasovne infrastrukture na podeželskih območjih je zaradi razpršene in redke poseljenosti otežen, zato zasebnim investitorjem praviloma ne uspe oblikovati vzdržnih investicijskih projektov. Slovenija mora zato z javnimi sredstvi sofinancirati projekte javno-zasebnih partnerstev za gradnjo infrastrukture na belih lisah, kjer ustrezne infrastrukture ni na voljo in hkrati ni komercialnega interesa za njeno gradnjo.

Razvoj infrastrukture in storitev elektronskih komunikacij je pretežno odvisen od učinkovitosti trga elektronskih komunikacij, zato je treba spodbujati konkurenčnost, transparentno regulacijo in stabilno zakonodajno – regulatorno okolje. Z oblikovanjem stabilnega in predvidljivega poslovnega okolja je treba operaterje elektronskih komunikacij spodbujati k zasebnim investicijam v razvoj infrastrukture in storitev elektronskih komunikacij.

Za zagotavljanje vseprisotnega dostopa do interneta imajo pomembno vlogo mobilna komunikacijska omrežja, ki so komplementarna fiksnemu širokopasovnemu dostopu. Z vse večjimi zahtevami uporabnikov po višjih prenosnih hitrostih se povečuje tudi potreba po zagotavljanju dodatnega radijskega spektra. Vodilo upravljanja radiofrekvenčnega prostora mora biti, da se vse razpoložljive radijske frekvence brez neutemeljenih zakasnitev ponudijo v uporabo zainteresiranim deležnikom.

Strateški cilji:

– Zagotoviti stabilno in predvidljivo zakonodajno – regulatorno okolje, v katerem delujejo operaterji elektronskih komunikacij.
– Do leta 2020 čim več gospodinjstvom (96 %) v državi zagotoviti širokopasovni dostop do interneta hitrosti vsaj 100 Mb/s, ostalim gospodinjstvom pa vsaj 30 Mb/s.
– Za 98 % gospodinjstev zagotoviti pokritje z mobilnimi komunikacijskimi omrežji, v vlogi komplementarnega dopolnila fiksnemu širokopasovnemu dostopu do interneta.
– Zagotovitev in dodelitev dodatnega radijskega spektra za mobilne komunikacije.
– Vsem javnim vzgojno-izobraževalnim in raziskovalnim zavodom zagotoviti dostop do interneta hitrosti najmanj 1 Gb/s.
– Spodbujanje razvoja televizijske prizemne digitalne radiodifuzije (DVB-T2).
– Uvajanje naprednih storitev s povezovanjem zmogljivosti digitalne radiodifuzije, IP TV in interneta.
– Spodbujanje uvajanja radijske prizemne digitalne radiodifuzije (DAB+).
– Spodbujanje uporabe LTE v frekvenčnem pasu 700 MHz tudi za potrebe javne varnosti, služb za zaščito in reševanje ter drugih profesionalnih uporabnikov iz javnega in zasebnega sektorja.

Centralizirati bi bilo treba razvoj radijskih sistemov za vse upravičene javne uporabnike, s čimer bi se izognili nepotrebnemu vzporednemu razvoju podvojenih komunikacijskih sistemov. Vsaj na prenosnem nivoju bi bilo treba zagotoviti usklajeno uporabo komunikacijskih povezav in kjer je to smiselno tudi druge komunikacijske infrastrukture.

B. Inovativne podatkovno vodene storitve

Globalizirana digitalna družba vse bolj temelji na sposobnosti izrabe velikih količin podatkov (masovnih podatkov) za nove izdelke in storitve, za spreminjanje obstoječih in oblikovanje novih poslovnih modelov, za povečanje učinkovitosti in doseganje gospodarskih koristi. Izjemna rast obsega, spremenljivost in različnost masovnih podatkov ponujajo razvojne priložnosti in izzive, zaradi česar se je treba zavedati njihove gospodarske in družbene vrednosti. Z izrabo tega digitalnega potenciala se lahko izboljša konkurenčnost IKT in druge industrije, kakovost javnih storitev in življenje državljanov. Analiza in procesiranje obsežnih količin podatkov omogočajo poslovne priložnosti za manjša in nova podjetja, javna uprava pa lahko z odpiranjem javnih podatkov vsem zainteresiranim omogoči razvoj novih inovativnih storitev za boljšo javno upravo. V digitalni družbi so masovni podatki gorivo IKT-sektorja, ki ga lahko izkoristimo le z ustreznimi novimi znanji, odpiranjem javnih podatkov, njihovo transparentno objavo v strojno berljivi obliki ter spodbujanjem inovativnosti in podjetništva, pri čemer pa ne smemo pozabiti na večjo občutljivost obravnave in varovanja osebnih podatkov.

Vloga tehnologije masovnih podatkov bo z razvojem prihodnjega interneta oz. interneta stvari, hitrejšimi komunikacijami in novimi informacijskimi tehnologijami v prihodnosti vse večja. Zato je treba za sprostitev digitalnega potenciala masovnih podatkov za gospodarsko rast in družbene koristi sprejeti ukrepe, ki bodo slovensko družbo in gospodarstvo pripravili na nove izzive in usposobili za izrabo

priložnosti. To je še posebej pomembno, ker slovensko in evropsko gospodarstvo na tem področju zaostajata pri razvoju novih poslovnih modelov in tehnologij, zaradi česar bi lahko odpiranje evropskih javnih in raziskovalnih podatkov prineslo koristi le konkurenčnejšim globalnim tekmecem.

V okviru državne in javne uprave je ključna razvojna usmeritev centralizacija informatizacije z razvojem državnega računalniškega oblaka[7], s čimer se mora sistematično pokriti potrebe različnih resorjev in področij po informacijsko komunikacijski infrastrukturi in storitvah. V obliki javno-zasebnega partnerstva se vzpostavi hibridni računalniški oblak[8], katerega storitve bodo lahko koristili deležniki širšega javnega sektorja, vključno z lokalnimi skupnostmi. Konsolidacija digitalizacije mora upoštevati iskanje sinergij na ravni infrastrukture in skupnih interoperabilnih gradnikov med različnimi podsektorji javnega sektorja in se vključevati v širša prizadevanja države za razvoj interoperabilnih[9], na odprtih standardih in podatkih temelječih rešitev, ki bodo IKT-sektorju odprli možnosti tudi na tujih trgih.

Pomemben element digitalnega preoblikovanja Slovenije je razvoj nacionalne visokozmogljive računalniške infrastrukture[10], kjer je treba sistematično povezati investicijske projekte na znanstveni in akademski ravni z investicijami na področju državne informatike, da bi dosegli sinergijske učinke in učinkovito porabo javnih sredstev. Na tem področju se razvoj konsolidira v okviru nadaljnjega razvoja gruče za raziskovalne inštitucije – Slovenska iniciativa za nacionalni grid[11], ki jo koordinira Arnes. Glede na potrebe se razvoj SLING-a razširi na področje super računalništva. Državna infrastruktura visoko zmogljivega računalništva mora biti v dovoljenem obsegu na voljo tudi gospodarstvu.

Javni zavod Arnes mora nadaljevati z intenzivnim razvojem računalniškega oblaka za svoje upravičene uporabnike s področja znanosti in izobraževanja, pri čemer bi se moral še naprej oblikovati kot ponudnik naprednih informacijskih storitev v oblaku za podporo digitaliziranim izobraževalnim procesom in za pokritje potreb raziskovalnih inštitucij. V okviru Arnesovega računalniškega oblaka se v sodelovanju z DRO vzpostavi razvojno-inovacijski oblak[12], ki bo javnemu in zasebnemu sektorju, tudi internetnim zagonskim podjetjem, olajšal razvoj inovativnih podatkovno vodenih storitev na osnovi odprtih javnih in raziskovalnih podatkov, in ki bo na voljo tudi za izobraževalne in raziskovalne namene. V okolju Arnesovega in RIO je treba iskati sinergije pri vzpostavitvi infrastrukture za odprte javne in raziskovalne podatke. S sistematičnim povezovanjem Arnesovega oblaka (vključno s SLING), DRO, RIO ter HRO se mora zasledovati doseganje sinergijskih učinkov. Da bi sprostili inovacijski potencial IKT-sektorja je treba javni sektor pri naročanju razvoja informacijskih rešitev spodbujati k uporabi predkomercialnega javnega naročanja z namenom razvoja inovativnih rešitev z uporabo RIO, odprtih javnih in raziskovalnih podatkov in industrijskih odprtih razvojnih platform, s čimer bo predvidoma omogočen razvoj inovativnih rešitev in njihov hitrejši prenos na trg.

Slovenija mora za razvoj podatkovno vodenega gospodarstva in inovativnih storitev:

- razviti lastne omogočitvene tehnologije, digitalno infrastrukturo in znanja,
- sistematično razvijati svoje vire javnih podatkov, infrastrukturo za njihovo izmenjevanje in uporabo ter infrastrukturo za lažji razvoj,
- nadaljevati z razvojem državnega računalniškega oblaka (DRO),
- nadaljevati z razvojem Arnesovega računalniškega oblaka in visokozmogljive računalniške gruče za raziskovalne inštitucije (SLING),
- razviti digitalno infrastrukturo za odprte raziskovalne in javne podatke,
- razviti državni razvojno-inovacijski računalniški oblak (RIO),
- javne raziskave in inovacije usmeriti v tehnološka, pravna in druga ozka grla,
- s prilagajanjem pravnega okvira in razvojnih politik oblikovati spodbudno razvojno okolje za podatkovno vodeno gospodarstvo (interoperabilnost, varstvo podatkov, varstvo potrošnikov, varnost omrežij, intelektualna lastnina, regulativna stabilnost, vzpostavitev zaupanja potrošnikov v podatkovne tehnologije),
- usklajeno digitalizirati gospodarstvo, podjetništvo, podjetja in tovarne (industrija 4.0),
- z digitalizacijo podjetij, javne uprave in nevladnega sektorja povečati njihovo učinkovitost, konkurenčnost, dostopnost in transparentnost,
- z uporabo predkomercialnega javnega naročanja spodbuditi čimprejšnji prehod rezultatov inovativne uporabe podatkovnih tehnologij na trg,
- v javnem sektorju in gospodarstvu spodbujati podatkovno vodene inovacije, uporabljati odprte standarde in uravnoteženo obravnavati zaščito osebnih podatkov.

C. Digitalizacija podjetništva in industrije

Napredne digitalne tehnologije omogočajo spreminjanje obstoječih in oblikovanje novih poslovnih modelov, razvoj novih izdelkov in storitev ter povečujejo učinkovitost in konkurenčnost gospodarstva. Digitalizacija ima velik potencial rasti, saj se ocenjuje, da lahko digitalno proaktivna podjetja poslujejo do desetkrat bolje kot istovrstna podjetja, ki digitalnih tehnologij še ne uporabljajo. Digitalizacija poslovnih procesov lahko pomembno izboljša prilagodljivost poslovnih procesov, poveča učinkovitost, inovativnost in s tem konkurenčnost v novem digitalnem poslovnem in družbenem okolju.

Doslej Slovenija svojega digitalnega potenciala še ni bila sposobna izkoristiti. Glede na načrte nekaterih najpomembnejših gospodarskih partneric Slovenija nima druge izbire, kot da sprejme ukrepe za digitalizacijo industrije, da bi tako vsaj ohranila, če že ne izboljšala svoj konkurenčni položaj na EU in mednarodnih trgih. Preoblikovanje oz. digitalizacija obstoječega gospodarstva, podjetij in tovarn je najpomembnejša digitalna priložnost za Slovenijo v obdobju do leta 2020. Slovenija mora v celoti izkoristiti razvojne možnosti digitalizacije, da postane konkurenčnejša in privlačnejša za naložbe in poslovanje. Digitalizacija industrije je tako tudi pogoj za digitalno rast in nova digitalna delovna mesta.

[7] DRO – Državni Računalniški Oblak.
[8] HRO – Hibridni Računalniški Oblak.
[9] Nadaljnji razvoj NIO – Nacionalni Interoperabilnostni Okvir.
[10] HPC – High Performance Computing.
[11] SLING – Slovenska iniciativa za nacionalni grid.
[12] RIO– Razvojno-Inovacijski Oblak.

Za prehod v digitalno podjetništvo je nujno potrebna jasna strateška usmeritev Slovenije na vseh področjih, od zagotovitve digitalne infrastrukture in spodbujanja raziskav, razvoja in inovacij, do podpore v obliki finančnih spodbud in promocije digitalizacije. Treba je izvesti ukrepe za svetovanje in podporne storitve, ki bodo omogočili polno izrabo prednosti digitalnih tehnologij. Treba je olajšati dostop do finančnih sredstev, izboljšati digitalna znanja in veščine, krepiti podjetniško kulturo, povezovati podjetja, raziskovalce in izobraževalne ustanove, povečati število strokovnjakov za IKT ter oblikovati spodbudno zakonodajno in regulatorno okolje za razvoj digitalnega podjetništva in poslovanja v kibernetskem prostoru. Za zakonodajno ureditev širokih in kompleksnih problematik digitalne družbe, ki še niso celovito urejene in pri katerih realnost izjemno hitrega razvoja tudi drugod po EU praviloma prehiteva zakonodajalce, je treba razmisliti o pripravi krovne zakonodaje kibernetskega prostora.

Z vlaganjem v raziskave in tehnološki razvoj mora Slovenija povečati delež inovacijsko aktivnih podjetij in število visokotehnoloških patentov na področju IKT, kar bo pripomoglo k vzpostavitvi inovativnega okolja in k boljši konkurenčnosti IKT-sektorja. S spodbujevalnimi ukrepi je treba podpreti RRI projekte na področju interneta stvari, masovnih podatkov, računalništva v oblaku in mobilnih tehnologij. Vsebinska prioriteta bodo pametne skupnosti, mesta in domovi ter digitalizacija industrije. Namen je spodbujanje razvoja inovativnih storitev ter inovativne uporabe odprtih javnih in raziskovalnih podatkov, podpora skupnih odprtih tehnoloških platform za internet stvari in druge tehnološke prioritete ter spodbujanje sinergijskih učinkov pri investicijah v razvoj IKT rešitev in IKT infrastrukture. Spodbujati je treba povezovanje z uporabniki in razvoj rešitev po potrebah iz realnega okolja. Slovensko industrijo je treba spodbujati k aktivni udeležbi v procesih sprejemanja in uveljavljanja IKT standardov na mednarodni ravni.

S predkomercialnim javnim naročanjem in s finančnim spodbujanjem RRI-projektov za oblikovanje odprtih standardiziranih platform in razvoj novih tehnologij, izdelkov in storitev, se industrijo spodbuja k razvoju inovativnih izdelkov in storitev ter k njihovemu čimprejšnjemu prehodu na trg. Namen je razvoj novih inovativnih integriranih, polno funkcionalnih, uporabniško prijaznih e-storitev, IKT rešitev in storitvenih platform, ki bodo izkoristile in povezale prihodnji internet, računalništvo v oblaku, odprte javne in raziskovalne podatke, masovne podatke in mobilne tehnologije. E-storitve, IKT rešitve in storitvene platforme v javnem interesu bodo vsebinsko osredotočene na pametne skupnosti, mesta in domove ter digitalizacijo podjetništva, s poudarkom na vključevanju v enotni evropski digitalni prostor.

Odprte standardizirane tehnološke platforme so pogoj za razvojno sodelovanje med podjetji, za razvoj celovitih integriranih IKT-rešitev in za nastopanje na tujih trgih. Poleg neposrednih vlaganj je treba poslovno okolje preoblikovati tako, da bo uveljavljena in tudi zagonska IKT-podjetja spodbujalo k poslovanju v Sloveniji ter hkrati spodbujalo internacionalizacijo njihovega poslovanja. Podpora zagonskim internetnim podjetjem mora temeljiti na celovitem spodbudnem razvojnem okolju, ki vključuje nabor namenskih podpornih storitev (izobraževanje, mentorstvo, IKT in druga infrastruktura), in na neposredni finančni podpori posameznih projektov. Posebno pozornost je treba usmeriti v povezovanje z internetnim podjetništvom v tujini, pridobivanje tujih investitorjev in prodor na tuje trge.

Strateški cilji:

- Povečanje konkurenčnosti slovenske IKT-industrije.
- Digitalizacija podjetništva in industrije (industrija 4.0).
- Razvoj interneta stvari, pametnih mest in pametnih domov.
- IKT kot omogočitvena tehnologija za izboljšanje konkurenčnosti drugih sektorjev.
- Delež sektorja IKT v slovenskem BDP-ju povečati na najmanj 7 % in delež vlaganj v IKT na več kot 1 % do konca leta 2020.
- Premik od zagotavljanja računalniške infrastrukture in aplikacij v storitveno digitalno gospodarstvo.
- Sprostitev znanja in inovacij za zagotavljanje digitalnih delovnih mest in blaginje ter uporaba dosežkov za učinkovito trženje.
- Hitrejše sprejemanje standardov e-poslovanja in uveljavljanje v praksi.
- Zagotovitev pogojev za lažji in hitrejši prodor slovenskih IKT-podjetij na globalne trge.

i. Enotni digitalni trg

Prvih pet let izvajanja ukrepov po EDA za vzpostavitev enotnega evropskega digitalnega trga je pokazalo, da je treba prizadevanja osredotočiti in operacionalizirati. EK je zato v letu 2015 sprejela *Strategijo za enotni digitalni trg* (DSM), s katero je določila 16 ključnih ukrepov, ki jih bo pripravila do konca leta 2016, da bo enotni trg ustrezal potrebam digitalne dobe. Strategija je zasnovana na treh stebrih:

- boljši dostop potrošnikov in podjetij do digitalnega blaga in storitev po vsej Evropi,
- oblikovanje ustreznega okolja in enakih konkurenčnih pogojev za razcvet digitalnih omrežij in inovativnih storitev,
- čim boljše izkoriščanje potenciala rasti digitalnega gospodarstva.

Med ukrepi prvega stebra so pravila za enostavnejše čezmejno e-trgovanje, hitrejše in doslednejše izvrševanje pravil o varstvu potrošnikov, učinkovitejšo in cenovno ugodnejšo dostavo paketov, odpravo neupravičenega geografskega blokiranja ter prenova avtorskega prava. Predvidena je revizija direktive o satelitskem radiodifuznem oddajanju in kabelski retransmisiji ter ukrepi za zmanjšanje upravnih bremen podjetij zaradi različnih režimov DDV.

V drugem stebru bo EK predstavila ambiciozno reformo pravil elektronskih komunikacij, pregledala okvir za avdiovizualne medije, celovito analizirala vlogo spletnih platform ter okrepila zaupanje v digitalne storitve in njihovo varnost, zlasti v zvezi z obdelavo osebnih podatkov. Predlagala bo tudi javno-zasebno partnerstvo z industrijo za kibernetsko varnost

V tretji steber ukrepov za vzpostavitev enotnega digitalnega trga je EK uvrstila ukrepe za prost pretok podatkov, določitev prednostnih nalog za standarde in interoperabilnost na ključnih področjih za enotni digitalni trg ter pobude za bolj vključujočo digitalno družbo. Večja evropska vloga pri določanju standardov bo predvidoma povečala konkurenčnost in prispevala k uveljavljanju evropskih inovacij na svetovnih trgih.

Strategija za enotni digitalni trg bo v naslednjih letih pomembno vplivala na gospodarstvo, nevladne organizacije, posameznike in državno upravo. S strategijo EK posveča ustrezno pozornost odprtemu internetu, pomenu nevtralnosti spletnih platform in okrepitvi zaupanja v uporabo interneta. Po eni strani lahko kot država z majhnim digitalnim trgom izrecno podpremo načrtovane ukrepe, s katerimi bodo odpravljene geografske ovire dostopa slovenskih uporabnikov do digitalnih storitev in vsebin. Po drugi strani pa se bo s padcem *digitalnih* meja bistveno povečala konkurenca in ponudba na digitalnem in tudi na drugih trgih (spletna trgovina, e-poslovanje, digitalne vsebine in storitve). Učinkovita izvedba zastavljenih ukrepov bo gotovo pripomogla k t. i. digitalni gospodarski rasti in razvoju digitalne družbe v EU. Pri tem pa se moramo zavedati pomena pravočasne priprave slovenske digitalne družbe in vseh deležnikov na enakopravno vključitev v bodoči enotni EU digitalni trg oz. v enotni evropski digitalni prostor. Če lahko pričakujemo, da bodo podjetja, ki že poslujejo na internetu, razumela priložnosti novega digitalnega okolja, bodo bistveno bolj ogrožena podjetja, ki IKT in interneta ne uporabljajo v svojem poslovanju. Tem podjetjem se bodo ob morebitnem zavračanju realnosti evropskega digitalnega trga lahko hitro porušili poslovni modeli. Ob upoštevanju dejstva, da je e-poslovanje predvsem v klasičnih gospodarskih panogah v RS nezadovoljivo razvito, je nevarnost realna in ji je treba posvetiti ustrezno pozornost. Do vzpostavitve enotnega evropskega digitalnega prostora bo prej ali slej prišlo, z ali brez našega sodelovanja. Naša morebitna izključenost bi izrazito negativno vplivala na gospodarstvo, kar nikakor ni sprejemljivo, zato se moramo na enotni evropski digitalni prostor ustrezno pripraviti.

ii. Digitalizacija industrije

Že v EDA je bilo ugotovljeno, da moramo v EU za ohranitev blaginje in konkurenčnosti, ne delati dlje in več, ampak predvsem pametneje. EK je zato v začetku 2016 predstavila načrt za digitalizacijo evropske industrije, po kateri mora biti EU vodilna pri razvoju in uporabi IKT, avtomatizaciji, trajnostni proizvodnji in predelovalnih tehnologijah, saj bo le tako lahko ohranila konkurenčnost in oživila evropsko industrijo.

Cilj je do leta 2020 povečati delež industrije iz sedanjih 15 % BDP na 20 %, kar bo zahtevalo dodatnih 100 mia EUR investicij v industrijo na leto. To lahko storimo le ob intenzivni digitalizaciji podjetništva in industrije, ki pa ni samo digitalizacija proizvodnje, ampak celotnega digitalnega ekosistema v celotni vrednostni verigi, od oblikovanja, načrtovanja proizvodov in proizvodnje, oskrbovanja z materiali, marketinga, logistike, do distribucije in poprodajne podpore.

Glede na neposredno povezanost in odvisnost slovenske industrije od ključnih partnerjev v EU, ki intenzivno vlagajo v digitalizacijo svoje industrije, Slovenija nima druge izbire, kot da tem trendom tesno sledi. Razvojno zamujanje bi lahko povzročilo izpad iz vrednostnih verig velikih gospodarstev, s katerimi sodelujemo, kar slovenska industrija ne sme dopustiti. Za spoprijemanje z navedenimi razvojnimi izzivi in za spodbujanje sistematičnega razvoja bo na Gospodarski zbornici Slovenije oblikovan Nacionalni forum za e-poslovanje in digitalizacijo podjetništva, ki bo povezal deležnike iz industrije in državne uprave.

Izvesti je treba naslednje podporne ukrepe:

- preko Nacionalnega foruma za e-poslovanje in digitalizacijo podjetništva industriji pomagati pri digitalnem preoblikovanju,
- preko osredotočenega spodbujanja RRI projektov podpreti razvoj odprtih in interoperabilnih digitalnih industrijskih platform za razvoj proizvodov, procesov in storitev za digitalno dobo,
- podpreti javno-zasebna partnerstva digitalizacije industrije,
- preko RRI projektov vlagati v internet stvari in tehnologije napredne proizvodnje (3D tisk),
- preko Slovenske digitalne koalicije delovno silo pripraviti na zahteve industrije 21. stoletja,
- vzpostaviti zakonodajno okolje, ki bo spodbudno za razvoj interneta stvari, računalništva v oblaku in masovnih podatkov, pri čemer je treba predvsem zagotoviti prost pretok podatkov in urediti lastništvo nad podatki.

D. Kibernetska varnost

Z razvojem globalne digitalne družbe se povečuje tudi pomen, ki ga imajo digitalni sistemi in internet za celotno družbo. Varnost omrežij in informacij prispeva h krepitvi pomembnih vrednot in ciljev v družbi, kot so človekove pravice in temeljne svoboščine, demokracija, pravna država ter gospodarska in politična stabilnost. Vedno hitrejši razvoj IKT po eni strani prinaša vrsto koristi, po drugi strani pa vpliva na pojav vedno novih in tehnološko vse bolj dovršenih kibernetskih groženj. Vse izrazitejši je trend uporabe IKT za politično, gospodarsko in vojaško prevlado. Kibernetske grožnje lahko negativno vplivajo na varnost informacijsko-komunikacijske infrastrukture, na visoke stroške podjetij in posameznikov zaradi kibernetskega kriminala in posledično na zniževanje zaupanja uporabnikov v internet. Izvajanje ukrepov za varovanje interneta kot globalnega vseobsegajočega omrežja in posledično za ohranjanje zaupanja uporabnikov vanj je zato izredno pomembno za celotno družbo.

Strateški cilj, ki ga moramo zasledovati, je vzpostavitev celovitega sistema zagotavljanja kibernetske varnosti, ki bo prispeval k zagotovitvi odprtega, varnega in varovanega kibernetskega prostora, ki bo osnova za nemoteno delovanje sistemov in deležnikov digitalne družbe. Slovenija mora do leta 2020 vzpostaviti učinkovit sistem zagotavljanja kibernetske varnosti, ki bo preprečeval in odpravljal posledice varnostnih incidentov.

Predvideni ukrepi:

- Vzpostavitev osrednjega koordinacijskega organa za zagotavljanje visokega nivoja kibernetske varnosti in zagotovitev pogojev za njegovo delovanje.
- Kadrovska in tehnološka okrepitev operativnih virov sistema zagotavljanja kibernetske varnosti, skupaj z vzpostavitvijo SIGOV–CERT.
- Redna udeležba na mednarodnih vajah s področja kibernetske varnosti ter izvedba nacionalnih vaj.
- Postopna nadgradnja omrežja državnih organov HKOM z opremo, ki je ustrezno potrjena s strani slovenskih organov kot varna in primerna za uporabo.
- Vzpostavitev kompetentnega preverjanja varnosti in funkcionalnosti informacijske opreme v okviru obstoječih in novo vzpostavljenih organov.

– Redno izvajanje programov ozaveščanja na področju kibernetske varnosti.
– Uvedba vsebin s področja kibernetske varnosti v sistem izobraževanja in usposabljanja.
– Spodbujanje razvoja in vpeljave novih tehnologij na področju kibernetske varnosti.
– Redno izvajanje programov ozaveščanja na področju kibernetske varnosti za gospodarske subjekte.
– Redno ocenjevanje tveganj za delovanje kritične infrastrukture sektorja informacijsko-komunikacijske podpore, načrtovanje ustreznih ukrepov za zaščito ter posodabljanje ocene tveganj na tem področju.
– Implementacija ustreznih kibernetskih zmogljivosti za varovanje informacijskih in komunikacijskih sistemov policije.
– Redno usposabljanje s področja kibernetske varnosti za organe pregona, ki sodelujejo pri razvoju kibernetskih zmogljivosti za področje javne varnosti in pri zatiranju kibernetskega kriminala.
– Redno posodabljanje zakonodaje in postopkov skladno z razvojem informacijsko-komunikacijskih tehnologij.
– Razvoj ustreznih kibernetskih zmogljivosti za varovanje obrambnih komunikacijskih in informacijskih sistemov.
– Zagotovitev pogojev za nemoteno delovanje ključnih informacijsko-komunikacijskih sistemov ob velikih naravnih in drugih nesrečah.
– Zagotovitev pogojev za sodelovanje slovenskih strokovnjakov v relevantnih mednarodnih delovnih telesih in združenjih s področja kibernetske varnosti.

E. Vključujoča digitalna družba

Razvoj vključujoče digitalne družbe je pogoj za izrabo priložnosti, ki jih omogočajo IKT in internet za dosego splošnih družbenih in gospodarskih koristi in posledično za večjo konkurenčnost Slovenije v globalnem okolju.

Ena od največjih razvojnih vrzeli Slovenije je na področju usposobljenosti prebivalstva za vključitev v digitalno družbo, kar narekuje pripravo in izvedbo ukrepov za izboljšanje stanja na tem področju. Z odpravo ugotovljenih vrzeli pri digitalni pismenosti, e-veščinah ter številu in usposobljenosti strokovnjakov za IKT bo mogoče zagotoviti, da vsak posameznik lahko izkoristi prednosti digitalnih tehnologij in interneta. Digitalna pismenost je predpogoj za vključevanje in sodelovanje v digitalni družbi in za zmanjševanje digitalnega razslojevanja. Za dosego ustreznih znanj in spretnosti je treba izobraževalni sistem na vseh ravneh prilagoditi potrebam novih generacij, dopolniti in prenoviti je treba kurikule, metode in pedagoške prakse ter digitalizirati učna okolja.

Strateški cilji:

– Izboljšanje digitalne pismenosti prebivalstva.
– Izboljšanje e-kompetenc in e-veščin prebivalstva.
– Odpiranje in prilagoditev izobraževalnega sistema novim generacijam in potrebam digitalne družbe.
– Več digitalnih vsebin in digitalnega opismenjevanja na vseh ravneh izobraževalnega sistema.
– Večja e-vključenost in omogočanje dostopa do e-storitev vsem skupinam prebivalstva, še posebej manj izobraženim, starejšim, invalidom in neaktivnim.
– Izboljšanje spletne dostopnosti skladno z mednarodnimi smernicami.
– Izboljšanje e-veščin za uporabo IKT za nove digitalne zaposlitve.

Za usmerjanje in izvajanje aktivnosti razvoja vključujoče digitalne družbe bo ustanovljena *Slovenska digitalna koalicija*. V njenem okviru bodo s sodelovanjem deležnikov iz gospodarstva, javnega sektorja in nevladnih organizacij izvedeni skupni komplementarni ukrepi za digitalno opismenjevanje in izboljšanje e-veščin. Koalicija bo uporabljena tudi širše za koordiniranje izvajanja strategije DIGITALNA SLOVENIJA 2020, predvsem pri digitalizaciji podjetništva in razvoja pametnih skupnosti in pametnih mest.

VI. ZAKLJUČEK

Deležniki slovenske digitalne družbe, ki je oz. bi morala biti vse bolj sinonim za družbo, v kateri živimo vsi državljani Republike Slovenije, ne smemo biti zadovoljni z obstoječim stanjem razvitosti na pragu razvojnega obdobja do leta 2020. V večini indikatorjev smo pod povprečjem EU, kar ni dobra popotnica v času, ko se Evropa pripravlja na padec digitalnih meja, oblikovanje enotnega digitalnega prostora in digitalizacijo industrije. Slovenija mora z digitalnim preoblikovanjem vseh segmentov države in gospodarstva izboljšati svoj položaj v EU in povečati konkurenčnost svoje industrije na mednarodnih trgih. Alternativne poti za ohranitev oz. povečanje blaginje za Slovenijo ni.

Digitalno preoblikovanje Slovenije zahteva temeljito izboljšanje razvojnih virov in reorganizacijo digitalizacije, da bi uspeli nadoknaditi razvojni zaostanek za najnaprednejšimi v EU.

Za uresničitev strateških ciljev je treba:

– reorganizirati pristojnosti razvoja digitalne družbe v državni upravi z združitvijo in centralizacijo kadrovskih in finančnih virov ter zagotoviti večjo politično podporo,
– ministru, pristojnemu za digitalno družbo, podeliti vlogo državnega digitalnega direktorja[13], ki bo na medresorski ravni usmerjal razvoj digitalne družbe,
– skupaj z deležniki iz gospodarstva in nevladnega sektorja ustanoviti Slovensko digitalno koalicijo za nova digitalna delovna mesta in sistematično izvajanje strategije DIGITALNA SLOVENIJA 2020,
– predvsem z namenom digitalizacije industrije Gospodarsko zbornico Slovenije podpreti pri vzpostavitvi Nacionalnega foruma za e-poslovanje in digitalizacijo podjetništva,
– na medresorski in medsektorski ravni zagotoviti centralno vodenje in usklajeno izvajanje strategije DIGITALNA SLOVENIJA 2020 za sistematično digitalno preoblikovanje Slovenije,
– sprejeti razvojno naravnano krovno zakonodajo o kibernetskem prostoru,
– zagotoviti bistveno višja razvojna sredstva,
– podporne ukrepe osredotočiti na posamezne razvojne korake in na doseganje ciljev.

Da bi se Slovenija lahko enakopravno vključila v enotni evropski digitalni prostor, je ključnega pomena pravočasna in temeljita izvedba zastavljenih nalog. Od tega je odvisna konkurenčnost slovenske industrije, digitalno preoblikovanje slovenske družbe ter ne nazadnje raven standarda v naši državi, zato je v digitalno preoblikovanje Slovenije treba usmeriti vse razpoložljive deležnike in razvojne vire.

[13] CDO – Chief Digital Officer.

LITERATURA

[1] DIGITALNA SLOVENIJA 2020 – Strategija razvoja informacijske družbe do leta 2020, Ljubljana, marec 2016.
[2] Načrt razvoja širokopasovnih omrežij naslednje generacije do leta 2020, Ljubljana, marec 2016.
[3] Strategija kibernetske varnosti, Ljubljana, februar 2016.
[4] Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committtee of the Regions: A Digital Single Market Strategy for Europe, May 2015.
[5] Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committtee of the Regions: Commission Work Programme 2016, No time for business as usual, October 2015.
[6] The European Commission, DG CONNECT: Digital Economy and Society Index 2016, February 2016,
[7] Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committtee of the Regions: Digitising European Industry – Reaping the full benefits of a Digital Single Market, April 2016.

Marjan Turk je generalni direktor Direktorata za informacijsko družbo pri Ministrstvu za izobraževanje, znanost in šport.

Software Defined Data Centre – architectures, virtualisation and automation

Piotr Kędra, Brocade Networks, Poland

Abstract — The Data Centre is crucial to IT organization transformation and services delivery paradigm. The Software-Defined Data Centre (SDDC) is the software-driven Data Centre framework for automation and agility with zero downtime for any application and any service. The network connects data centre components and interconnects data centres and the cloud. However, the network has fallen behind the applications and services it delivers. The changes in the past decade software, social networks, mobility, and the cloud require a new approach to networking. The New IP, the next-generation networking approach, is open and software-driven, to enable rapid deployment of IT services. The New IP enables network automation and delivers the physical and virtual network functions, architectures, and services to provide the scale, intelligence, and performance needed for SDDC

Keywords — SD DC, SDN, Brocade, VDX, VCS, Ethernet Fabric, VmWare, NSX, VxLAN, OpenStack

I. INTRODUCTION

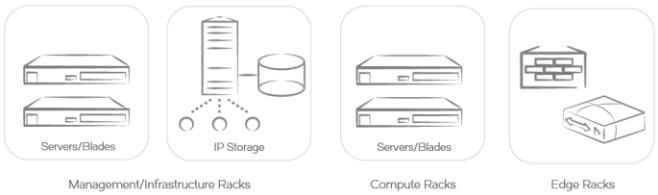
Virtualization and cloud architectures have enabled organizations to move toward an environment that creates greater flexibility while meeting evolving and dynamic business needs. At the same time, server virtualization and cloud architectures have transformed the deployment and management of IT resources, leading to operational efficiency and business agility.

However, organizations deploying cloud architectures can experience roadblocks to achieving the benefits of virtualization and the Software-Defined Data Centre (SDDC) when faced with the limitations of legacy networks. The inability to build multi-tenancy at scale, while also lacking the flexibility for Virtual Machine (VM) mobility and optimization for east-west traffic, hinders the very benefits organizations seek to achieve. Add to that the need for evolutionary solutions to ensure cloud architectures capable of leveraging virtual and hardware resources, and the challenge is clear: In order to take advantage of the operational efficiencies and increased agility offered by virtualization and cloud architectures, the network must transform to support this environment

II. DATA CENTRE ARCHITECTURES

A. *Networking Endpoints*

The first building blocks are the networking endpoints that connect to the networking infrastructure. These endpoints include the compute servers and storage devices, as well as network service appliances such as firewalls and load balancers.



Picture 1: Network endpoints and racks

i. Infrastructure and Management Racks

These racks host the management infrastructure, which includes any management appliances or software used to manage the infrastructure. Examples of this are server virtualization management software like VMware vCentre or Microsoft SCVMM, orchestration software like OpenStack or VMware vRealize Automation, network controllers like the Brocade SDN Controller or VMware NSX, and network management and automation tools like Brocade Network Advisor. Examples of infrastructure racks are IP physical or virtual storage appliances.

ii. Compute racks:

Compute racks host the workloads for the data centers. These workloads can be physical servers, or they can be virtualized servers when the workload is made up of Virtual Machines (VMs). The compute endpoints can be single or can be multihomed to the network.

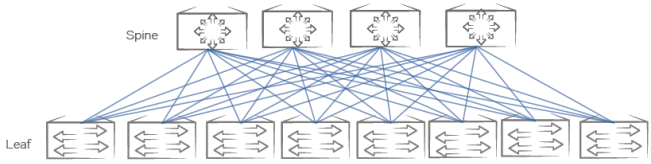
iii. Edge racks:

The network services connected to the network are consolidated in edge racks. The role of the edge racks is to host the edge services, which can be physical appliances or VMs.

These definitions of infrastructure/ management, compute racks, and edge racks are used throughout this document.

B. *Spine and Leaf Topology (Two-Tier)*

The two-tier Spine and Leaf topology has become the de facto standard for networking topologies when building medium-scale data center infrastructures.



Picture 2: Spine and Leaf topology

The leaf-spine topology is adapted from Clos telecommunications networks. This topology is also known as the "3-stage folded Clos," with the ingress and egress stages proposed in the original Clos architecture folding together at the spine to form the leaves.

The role of the leaf is to provide connectivity to the endpoints in the network. These endpoints include compute servers and storage devices, as well as other networking devices like routers and switches, load balancers, firewalls, or any other networking endpoint — physical or virtual. As all endpoints connect only to the leaves, policy enforcement including security, traffic path selection, Quality of Service (QoS) markings, traffic scheduling, policing, shaping, and traffic redirection are implemented at the leaves.

The role of the spine is to provide interconnectivity between the leaves. Network endpoints do not connect to the spines. As most policy implementation is performed at the leaves, the major role of the spine is to participate in the control plane and data plane operations for traffic forwarding between the leaves.

i. As a design principle, the following requirements apply to the leaf-spine topology:

- Each leaf connects to all the spines in the network.
- The spines are not interconnected with each other.
- The leaves are not interconnected with each other for data plane purposes. (The leaves may be interconnected for control plane operations such as forming a server-facing vLAG.)

ii. These are some of the key benefits of a leaf-spine topology:

- Because each leaf is connected to every spine, there are multiple redundant paths available for traffic between any pair of leaves. Link failures cause other paths in the network to be used.
- Because of the existence of multiple paths, Equal-Cost Multipathing (ECMP) can be leveraged for flows traversing between pairs of leaves. With ECMP, each leaf has equal-cost routes, to reach destinations in other leaves, equal to the number of spines in the network.
- The leaf-spine topology provides a basis for a scale-out architecture. New leaves can be added to the network without affecting the provisioned east-west capacity for the existing infrastructure.
- The role of each tier in the network is well defined (as discussed previously), providing modularity in the networking functions and reducing architectural and deployment complexities.
- The leaf-spine topology provides granular control over subscription ratios for traffic flowing within a rack, traffic flowing between racks, and traffic flowing outside the leaf-spine topology.

C. Design Considerations for a Leaf-Spine Topology

There are several design considerations for deploying a spine-leaf topology. This section summarizes the key considerations.

i. Oversubscription Ratios

It is important for network architects to understand the expected traffic patterns in the network. To this effect, the oversubscription ratios at each layer should be well understood and planned for.

For a leaf switch, the ports connecting to the endpoints are defined as downlink ports, and the ports connecting to the spines are defined as uplink ports. The oversubscription ratio at the leaves is the ratio of the aggregate bandwidth for the downlink ports and the aggregate bandwidth for the uplink ports.

For a spine switch in a spine-leaf topology, the east-west oversubscription ratio is defined per pair of leaf switches connecting to the spine switch. For a given pair of leaf switches connecting to the spine switch, the oversubscription ratio is the ratio of aggregate bandwidth of the links connecting to each leaf switch. In a majority of deployments, this ratio is 1:1, making the east-west oversubscription ratio at the spine nonblocking. Exceptions to the nonblocking east-west oversubscriptions should be well understood and depend on the traffic patterns of the endpoints that are connected to the respective leaves.

The oversubscription ratios described here govern the ratio of traffic bandwidth between endpoints connected to the same leaf switch and the traffic bandwidth between endpoints connected to different leaf switches. As an example, if the oversubscription ratio is 3:1 at the leaf and 1:1 at the spine, then the bandwidth of traffic between endpoints connected to the same leaf switch should be three times the bandwidth between endpoints connected to different leaves. From a network endpoint perspective, the network oversubscriptions should be planned so that the endpoints connected to the network have the required bandwidth for communications. Specifically, endpoints that are expected to use higher bandwidth should be localized to the same leaf switch (or same leaf switch pair, when endpoints are multihomed).

The ratio of the aggregate bandwidth of all the spine downlinks connected to the leaves to the aggregate bandwidth of all the downlinks connected to the border leaves (described in the edge services and border switch section) defines the north-south oversubscription at the spine. The north-south oversubscription dictates the traffic destined to the services that are connected to the border leaf switches and that exit the data center site.

ii. Spine and Leaf Scale

Because the endpoints in the network connect only to the leaf switches, the number of leaf switches in the network depends on the number of interfaces required to connect all the endpoints. The port count requirement should also account for multihomed endpoints. Because each leaf switch connects to all the spines, the port density on the spine switch determines the maximum number of leaf switches in the topology. A higher oversubscription ratio at the leaves reduces the leaf scale requirements, as well.

The number of spine switches in the network is governed by a combination of the throughput required between the leaf switches, the number of redundant/ ECMP paths between the leaves, and the port density in the spine switches. Higher throughput in the uplinks from the leaf switches to the spine switches can be achieved by increasing the number of spine switches or bundling the uplinks together in port channel interfaces between the leaves and the spines.

iii. Port Speeds for Uplinks and Downlinks

Another consideration for leaf-spine topologies is the choice of port speeds for the uplink and downlink interfaces. Brocade VDX switches support 10 GbE, 40 GbE, and 100 GbE interfaces, which can be used for uplinks and downlinks. The choice of platform for the leaf and spine depends on the interface speed and density requirements.

iv. Scale and Future Growth

Another design consideration for leaf-spine topologies is the need to plan for more capacity in the existing infrastructure and to plan for more endpoints in the future.

Adding more capacity between existing leaf and spine switches can be done by adding spine switches or adding new interfaces between existing leaf and spine switches. In either case, the port density requirements for the leaf and the spine switches should be accounted for during the network design process.

If new leaf switches need to be added to accommodate new endpoints in the network, then ports at the spine switches are required to connect the new leaf switches.

In addition, you must decide whether to connect the leaf-spine topology to external networks through border leaf switches and also whether to add an additional networking tier for higher scale. Such designs require additional ports at the spine. These designs are described in another section of this paper.

v. Ports on Demand Licensing

Remember that Ports on Demand licensing allows you to expand your capacity at your own pace in that you can invest in a higher port density platform, yet license only the ports on the Brocade VDX switch that you are using for current needs. This allows for extensible and future-proof network architecture without additional cost.

vi. Deployment Model

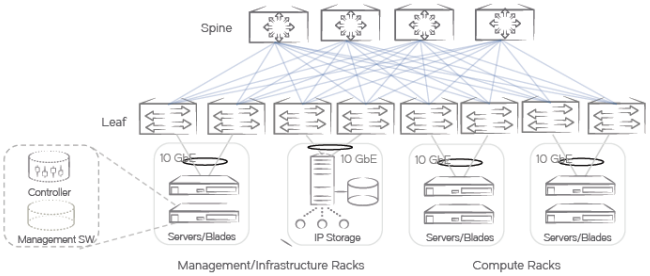
The links between the leaf and spine can be either Layer 2 or Layer 3 links.

If the links between the leaf and spine are Layer 2 links, the deployment is known as a Layer 2 (L2) leaf-spine deployment or a Layer 2 Clos deployment. You can deploy Brocade VDX switches in a Layer 2 deployment by using Brocade VCS® Fabric technology. With Brocade VCS Fabric technology, the switches in the leaf-spine topology cluster together and form a fabric that provides a single point for management, distributed control plane, embedded automation, and multipathing capabilities from Layers 1 to 3. The benefits of deploying a VCS fabric are described later in this paper.

If the links between the leaf and spine are Layer 3 links, the deployment is known as a Layer 3 (L3) leaf-spine deployment or a Layer 3 Clos deployment. You can deploy Brocade VDX switches in a Layer 3 deployment by using Brocade IP Fabrics. Brocade IP Fabrics provide a highly scalable, programmable, standards-based, and interoperable networking infrastructure.

vii. Data Center Points of Delivery

Figure 3 shows a building block for a data center site. This building block is called a data center point of delivery (PoD). The data center PoD consists of the networking infrastructure in a leaf-spine topology along with the endpoints grouped together in management/ infrastructure and compute racks. The idea of a PoD is to create a simple, repeatable, and scalable unit for building a data center site at scale.



Picture 3: Data Center POD

III. NETWORK VIRTUALIZATION OPTIONS

Network virtualization is the process of creating virtual, logical networks on physical infrastructures. With network virtualization, multiple physical networks can be consolidated together to form a logical network. Conversely, a physical network can be segregated to form multiple virtual networks.

Virtual networks are created through a combination of hardware and software elements spanning the networking, storage, and computing infrastructure. Network virtualization solutions leverage the benefits of software in terms of agility, programmability, along with the performance acceleration and scale of application-specific hardware. Different network virtualization solutions leverage these benefits uniquely.

Network Functions Virtualization (NFV) is also a network virtualization construct where traditional networking hardware appliances like routers, switches, and firewalls are emulated in software. The Brocade vRouters and Brocade vADC are examples of NFV. However, the Brocade NFV portfolios of products are not discussed further in this white paper.

Network virtualization offers several key benefits that apply generally to network virtualization:

i. Efficient use of infrastructure:

Through network virtualization techniques like VLANs, traffic for multiple Layer 2 domains are carried over the same physical link. Technologies such as IEEE 802.1q are used, eliminating the need to carry different Layer 2 domains over separate physical links. Advanced virtualization technologies like TRILL, which are used in Brocade VCS Fabric technology, avoid the need to run STP and avoid blocked interfaces as well, ensuring efficient utilization of all links.

ii. Simplicity:

Many network virtualization solutions simplify traditional networking deployments by substituting old technologies with advanced protocols. Ethernet fabrics with Brocade VCS Fabric technology leveraging TRILL provide a much simpler deployment compared to traditional networks, where multiple protocols are required between the switches, for example, protocols like STP and variants like Per- VLAN STP (PVST), trunk interfaces with IEEE 802.1q, LACP port channeling, and so forth. Also, as infrastructure is used more efficiently, less infrastructure must be deployed, simplifying management and reducing cost.

iii. Infrastructure consolidation:

With network virtualization, virtual networks can span across disparate networking infrastructures and work as a single logical network. This capability is leveraged to span a virtual network domain across physical domains in a data center environment. An example of this is the use of Layer 2 extension mechanisms between data center PoDs to extend VLAN domains across them. These use cases are discussed in a later section of this paper.

Another example is the use of VRF to extend the virtual routing domains across the data center PoDs, creating virtual routed networks that span different data center PoDs.

iv. Multitenancy:

With network virtualization technologies, multiple virtual Layer 2 and Layer 3 networks can be created over the physical infrastructure, and multitenancy is achieved through traffic isolation. Examples of Layer 2 technologies for multitenancy include VLAN, virtual fabrics, and VXLAN. Examples of Layer 3 multitenancy technologies include VRF, along with the control plane routing protocols for the VRF route exchange.

v. Agility and automation:

Network virtualization combines software and hardware elements to provide agility in network configuration and management. NFV allows networking entities like vSwitches, vRouters, vFirewalls, and vLoad Balancers to be instantly spun up or down, depending on the service requirements. Similarly, Brocade switches provide a rich set of APIs using REST and NETCONF, enabling agility and automation in deployment, monitoring, and management of the infrastructure.

Brocade network virtualization solutions are categorized as follows:

vi. Controller-less network virtualization:

Controller-less network virtualization leverages the embedded virtualization capabilities of Brocade Network OS to realize the benefits of network virtualization. The control plane for virtualization solution is distributed across the Brocade data centre fabric. The management of the infrastructure is realized through turnkey automation solutions, which are described in a later section of this paper.

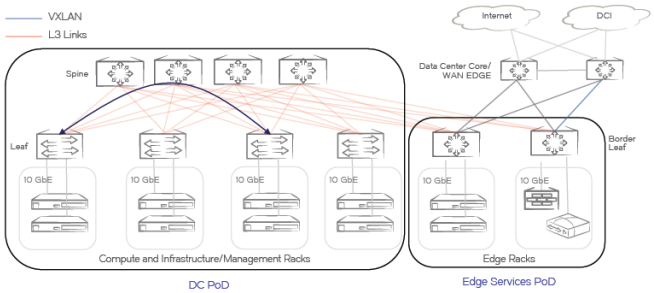
vii. Controller-based network virtualization:

Controller-based network virtualization decouples the control plane for the network from the data plane into a centralized entity known as a controller. The controller holds the network state information of all the entities and programs the data plane forwarding tables in the infrastructure. Brocade Network OS provides several interfaces that communicate with network controllers, including OpenFlow, Open vSwitch Database Management Protocol (OVSDB), REST, and NETCONF. The network virtualization solution with VMware NSX is a example of controller-based network virtualization and is briefly described in this white paper.

B. Layer 2 Extension with VXLAN-Based Network Virtualization

Virtual Extensible LAN (VXLAN) is an overlay technology that provides Layer 2 connectivity for workloads residing across the data centre network. VXLAN creates a logical network overlay on top of physical networks, extending Layer 2 domains across Layer 3 boundaries. VXLAN provides decoupling of the virtual topology provided by the VXLAN tunnels from the physical topology of the network. It leverages Layer 3 benefits in the underlay, such as load balancing on redundant links, which leads to higher network utilization. In addition, VXLAN provides a large number of logical network segments, allowing for large-scale multitenancy in the network.

The Brocade VDX platform provides native support for the VXLAN protocol. Layer 2 domain extension across Layer 3 boundaries is an important use case in a data centre environment where VM mobility requires a consistent Layer 2 network environment between the source and the destination.



Picture 4: VXLAN-Based Layer 2 Domain Extension in a Leaf-Spine IP Fabric

The Layer 3 boundary for an IP fabric is at the leaf. The Layer 2 domains from a leaf or a vLAG pair are extended across the infrastructure using VXLAN between the leaf switches.

VXLAN can be used to extend Layer 2 domains between leaf switches in an optimized 5-stage Clos IP fabric topology, as well.

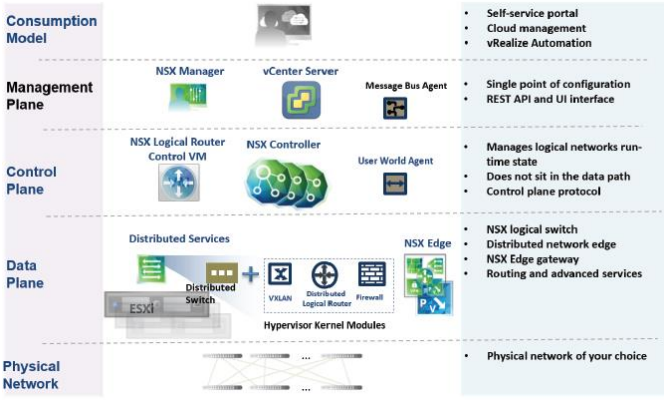
In a VCS fabric, the Layer 2 domains are extended by default within a deployment. This is because Brocade VCS Fabric technology uses the Layer 2 network virtualization overlay technology of TRILL to carry the standard VLANs, as well as the extended virtual fabric VLANs, across the fabric.

For a multifabric topology using VCS fabrics, the Layer 3 boundary is at the spine of a data centre PoD that is implemented with a VCS fabric.

C. Network Virtualization with VMware NSX

VMware NSX is a network virtualization platform that orchestrates the provisioning of logical overlay networks over physical networks. VMware NSX-based network virtualization leverages VXLAN technology to create logical networks, extending Layer 2 domains over underlay networks. Brocade data centre architectures integrated with VMware NSX provide a controller-based network virtualization architecture for a data centre network.

The NSX architecture has built-in separation of data, control, and management layers. The NSX components that map to each layer and each layer's architectural properties are shown in Figure 5:



Picture 5: NSX components

VMware NSX Controller is a key part of the NSX control plane. NSX Controller is logically separated from all data plane traffic. In addition to the controller, the NSX Logical Router Control VM provides the routing control plane to enable dynamic routing between the NSX vSwitches and the NSX Edge routers for north-south traffic. The control plane elements of the NSX environment store the control plane states for the entire environment. The control plane uses southbound Software Defined Networking (SDN) protocols like OpenFlow and OVSDB to program the data plane components.

The NSX data plane exists in the vSphere Distributed Switch (VDS) in the ESXi hypervisor. The data plane in the distributed switch performs functions like logical switching, logical routing, and firewalling. The data plane also exists in the NSX Edge, which performs edge functions like logical load balancing, Layer 2/Layer 3 VPN services, edge firewalling, and Dynamic Host Configuration Protocol/Network Address Translation (DHCP/NAT).

In addition, Brocade VDX switches also participate in the data plane of the NSX-based Software-Defined Data Centre (SDDC) network. As hardware VTEP, the Brocade VDX switches perform the bridging between the physical and the virtual domains. The gateway solution connects Ethernet VLAN-based physical devices with the VXLAN-based virtual infrastructure, providing data centre operators a unified network operations model for traditional, multitier, and emerging applications.

i. Brocade Data Center Fabrics and VMware NSX in a Data Center Site

Brocade data centre fabric architectures provide the most robust, resilient, efficient, and scalable physical networks for the VMware SDDC. Brocade provides choices for the underlay architecture and deployment models.

The VMware SDDC can be deployed using a leaf-spine topology based either on Brocade VCS Fabric technology or Brocade IP fabrics. If a higher scale is required, an optimized 5-stage Clos topology with Brocade IP fabrics or a multifabric topology using VCS fabrics provides an architecture that is scalable to a very large number of servers.

For a VMware NSX deployment within a data centre PoD, the management rack hosts the NSX software infrastructure components like vCenter Server, NSX Manager, and NSX Controller, as well as cloud management platforms like OpenStack or vRealize Automation.

The compute racks in a VMware NSX environment host virtualized workloads. The servers are virtualized using the VMware ESXi hypervisor, which includes the vSphere Distributed Switch (VDS). The VDS hosts the NSX vSwitch functionality of logical switching, distributed routing, and firewalling. In addition, VXLAN encapsulation and decapsulation is performed at the NSX vSwitch.

The edge racks host the NSX Edge Services Gateway, which performs functions like edge firewalling, edge routing, Layer 2/Layer 3 VPN, and load balancing. It also performs software-based physical-to-virtual translation.

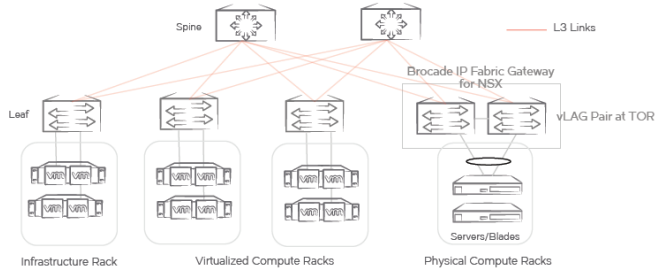
The edge racks also host the Logical Router Control VM, which provides the routing control plane.

ii. Brocade IP Fabric and VCS Fabric Gateways for VMware NSX

In an SDDC network, nonvirtualized physical devices are integrated with virtualized endpoints using physical-to-virtual translation. This function can be performed at the edge cluster with NSX software VTEP components, or it can be hardware-accelerated through the use of Brocade data centre fabric gateways.

Brocade IP fabric and VCS fabric gateways for VMware NSX provide hardware-accelerated virtual-to-physical translation between the VXLAN-based virtual network and VLAN-based physical devices. In addition to providing performance improvements, hardware-based VTEPs for NSX are architecturally deployed close to the workloads where the translation is required. This avoids any inefficiency in the traffic patterns for the translation.

The Brocade IP fabric and VCS fabric gateways for VMware NSX participate in the logical switching network as hardware VTEP. These Brocade data centre fabric gateways subsequently create VXLAN tunnels with each of the other entities in the logical switch domain, to exchange VXLAN-encapsulated Layer 2 traffic. The Brocade data centre fabric gateways provide bridging between VXLAN-based traffic and VLAN-based traffic. Figure 6 shows an example of the Brocade IP fabric gateway for VMware NSX



Picture 6: IP Fabric gateway for VmWare NSX

Physical servers in the compute rack are connected to a vLAG pair. The switches in the vLAG pair also host a logical VTEP for the VMware NSX environment. The Brocade IP fabric gateway for VMware NSX here is deployed as a ToR device. It uses VXLAN to participate in the logical networks with the vSwitches in the virtualized servers and uses VLAN to communicate with the physical servers. It performs bridging between the virtual and physical domains, to enable Layer 2 communication between the domains.

NSX Controller programs the Brocade fabric gateways with bridging and reachability information using the OVSDB protocol. This information includes remote VTEP

reachability, VNI-to-VLAN mapping, and MAC address reachability behind the remote VTEPs.

The Brocade VCS fabric gateway for VMware NSX can also be deployed at the spine, as an appliance connected to the spine or as a one-arm appliance in a separate fabric connected to the spine.

The Brocade IP fabric and Brocade VCS fabric gateways for VMware NSX offer these benefits:

- Unify virtual and physical networks, allowing virtualized workloads to access resources on physical networks.
- Provide a highly resilient VXLAN gateway architecture, enabling multiple switches to act as VXLAN gateways and eliminating a single point of failure.
- Simplify operations through a single point of integration and provisioning with VMware NSX.
- Provide high-performance through line-rate VXLAN bridging capability in each switch and aggregate performance through logical VTEPs.
- Enable single VTEP configuration and uniform VNI-to-VLAN mapping for the fabric.

IV. TURNKEY AND PROGRAMMABLE AUTOMATION

As the IT industry looks for ways to further optimize service delivery and increase agility, automation is playing an increasingly vital role. To enable enterprises and cloud providers of all sizes and skill levels to improve operational agility and efficiency through automation, automation solutions must be easy to use, open, and programmable.

A. Easy to Use

Very few organizations possess the skills and programming resources of a major cloud provider such as Google or Facebook. For organizations without such skills or resources, turnkey automation is invaluable. Turnkey automation is automation that runs with little or no involvement by the user. With turnkey automation, network administrators can execute commonly performed tasks quickly and with minimal effort or skills.

B. Open and Programmable

Turnkey automation is great for quickly and easily executing common, preprogrammed tasks. However, turnkey automation cannot address the unique settings and policies of each organization's environment. In order for automation to deliver real value for each organization, it must be programmable. Through programming, automation can be fine-tuned to address the unique challenges of each environment. Yet, it can do even more.

Very few data centers contain technology from a single vendor. For automation to improve operational efficiency and organizational agility, an organization must be able to automate multiple disparate technologies across its data center. To accomplish that, these technologies must be open and must support a common set of languages, protocols, or APIs.

C. Brocade Automation Approach

Brocade has been a pioneer in network automation since 2009. Brocade was the first to deploy Ethernet fabrics using the embedded automaton of Brocade VCS Fabric technology. This turnkey infrastructure provisioning automation enables administrators to deploy infrastructure quickly and easily. Additionally, the automation of Brocade VCS Fabric technology automatically configures a VCS fabric, configures links, and sets port profile settings any time a new VMware VM is created or moved.

Brocade IP fabrics build on the strengths and experience of VCS fabric automation, providing automation in a centralized, server-based way that addresses the commonly sought requirements of infrastructure programming engineers.

Turnkey automation is still provided to provision IP fabrics or BGP-EVPN services quickly. Prepackaged, open automation scripts are provided and configured to run upon boot-up. These scripts are executed in a way that enables networking devices to configure themselves based on policies set by the administrator. Once configured, the devices are ready to bring into service.

When an organization is ready to customize its automation to meet its unique requirements, it finds that all Brocade automation components are open and programmable, with commonly used infrastructure programming tools and APIs. Through these tools and APIs, organizations can develop fine-grained control over their automation, as well as integrate their networking infrastructure with other technologies. For more information on the open and programmable automation capabilities offered by Brocade, see the Brocade Workflow Composer user guide.

D. Commonly Used Infrastructure Programming Tools

Brocade provides support for commonly used automation tools and open interfaces. Through this framework of tools, libraries, and interfaces, network administrators and infrastructure automation programmers can customize automation to better meet business and technical objectives.

i. Python/PyNOS Library:

Python, a general purpose programming language, is becoming increasingly popular with system and network administrators. Brocade Network OS v6.0.1 provides a Python interpreter and PyNOS library for executing commands manually or automatically based on switch events. Python scripts can also be used to retrieve unstructured output. Samples of PyNOS functionality are:

- Accessing and configuring Brocade VDX devices
- Configuring Brocade VDX components such as: BGP, SNMP, VLANs, IP fabrics, or IP addresses
- Polling for switch status and statistics

ii. Ansible:

Ansible is a free software platform that works with Python for configuring and managing computers and Brocade VDX network devices. Brocade has added its support because Ansible is the simplest way to automate apps and IT infrastructure. Brocade prepackaged scripts provide support for common networking functions such as interface, IP address, BGP peering, and EVPN configuration.

iii. Puppet:

Puppet, a commonly used automation tool from Puppet Labs, manages the lifecycle of servers, storage, and network devices. Puppet allows you to:

- Manage a data center's resources and infrastructure lifecycle, from provisioning and configuration to orchestration and reporting
- Automate repetitive tasks, quickly deploy critical configurations, and proactively manage change
- Scale to thousands of servers, either on location or in the cloud

Brocade VDX switches are able to integrate with Puppet using the REST or NETCONF interfaces. Puppet agents do not run on Brocade VDX switches. Using the Brocade Provider and administrator-defined Puppet Manifests, Puppet developers are able to:

- Access Brocade VDX device configurations
- Access L2 interface configurations
- Access VLAN configurations and VLAN-to-interface assignments

iv. NETCONF:

Brocade VDX switches support the NETCONF protocol and the YANG data modeling language. Using Extensible Markup Language (XML) constructs, the NETCONF protocol provides the ability to manipulate configuration data and view state data modeled in YANG. NETCONF uses a client/server architecture in which Remote Procedure Calls (RPCs) manipulate the modeled data across a secure transport, such as Secure Shell version 2 (SSHv2).

NETCONF provides mechanisms through which you can perform the following operations:

- Manage network devices
- Retrieve configuration data and operational state data
- Upload and manipulate configurations

v. REST API:

REST web service is the northbound interface to the Brocade Network OS platform. It supports all Create, Read, Update, and Delete (CRUD) operations on configuration data and supports the YANG-RPC commands. REST web service leverages HTTP and uses its standard methods to perform the operations on the resources. The Apache web server embedded in Brocade VDX switches is used to serve the REST API to the clients.

Data centre fabrics with turnkey, open, and programmable software-enabled automation are critical components of a cloud-optimized network. Brocade turnkey automation and support for open and programmable tools and interfaces enable infrastructure programmers and network engineers to optimize their networks for the cloud quickly, easily, and at their own pace.

ACKNOWLEDGMENTS

This article was prepared based on a Brocade Networks and VmWare materials listed in Literature section. Special thanks to Emil Gagala form VmWare who helped me with NSX related topics.

LITERATURE

[1] Brocade Data Center Fabric Architectures http://www.brocade.com/content/dam/common/documents/content-types/whitepaper/brocade-data-center-fabric-architectures-wp.pdf
[2] Brocade VCS Gateway for NSX – Deployment Gude http://www.brocade.com/content/dam/common/documents/content-types/deployment-guide/brocade-vcs-gateway-vmware-dp.pdf
[3] VmWare: Brocade VCS gateway for VmWare NSX http://www.vmware.com/files/pdf/products/nsx/Brocade-NSX-SolutionBrief.pdf

Piotr Kedra graduated from the Faculty of Automatics and Robotics at the Academy of Mining and Metallurgy in Krakow, Poland. He devoted his professional career to IT industry, where he spent 6 years working for IT integrators in Poland. He was also employed by Juniper Networks for 9 year as Systems Engineer and Channel engineer. Now he works for Brocade Networks, supporting IP projects for Enterprise market in CEE.

5G za kritične komunikacije

Tomi Mlinar, Fakulteta za elektrotehniko Univerze v Ljubljani, Ljubljana

Povzetek — Ta prispevek opisuje predvsem dve pomembni lastnosti, ki ju bo moralo imeti bodoče pametno omrežje pete generacije za obvladovanje kritičnih komunikacij. To so majhne, skoraj ničelne zakasnitve pri komunikaciji med končnima točkama in skoraj stoodstotna zanesljivost delovanja omrežnih storitev.

Ključne besede — 5G, majhne zakasnitve, zanesljivost omrežja

Abstract — This article describes two important properties of the future smart 5G networks in case of critical communications. These are low latency at the end-to-end communications and ultra-reliability of the network functions.

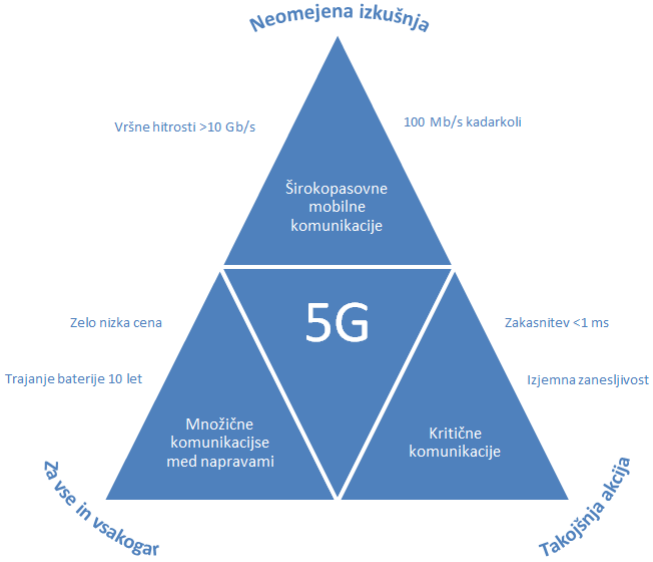
Keywords — 5G, low latency, network ultra-reliability

I. UVOD

Od omrežja nove generacije se pričakuje, da bo ustrezalo zahtevam sodobne družbe, tako v vsakodnevnih komunikacijah kot v primeru kritičnih komunikacij.

Ob kritičnih komunikacijah morajo komunikacijski sistemi zagotavljati razpoložljivost, zanesljivost, stabilnost in varnost mobilnih komunikacij [1]. Tipični uporabniki (tudi v normalnih razmerah) so organi, ki zagotavljajo red in mir ter službe za zaščito in reševanje. Operacije, ki spadajo v to skupino, označujemo s kratico PPDR (Public Protection and Disaster Relief). Mobilno komunikacijsko omrežje, ki zagotavlja kritične komunikacije, je povsem enako kot ostala omrežja (strojna oprema, programska oprema, radijske frekvence, terminalne naprave, centrala), le da mora zadostiti nekaterim dodatnim zahtevam.

Po načinu komunikacije gre razvoj pametnih omrežij nove generacije (5G) v dve smeri [2]: (1) skupina širokopasovnih komunikacij (velika količina informacij prenesena v kratkem času, npr. večpredstavne aplikacije), (2) skupina ozkopasovnih komunikacij (občasen rafalni promet z malo informacijami, komunikacije med milijardami naprav, IoT).



Slika 1: Različne uporabnosti in zahteve do omrežja 5G [3]

Omrežja, namenjena milijardam naprav, bodo morala biti zelo prilagodljiva, izjemno zanesljiva, daljšega dosega kot danes, z majhno porabo (velja za končne naprave – senzorje) in v določenih primerih (npr. komunikacija med voznikom in vozilom) sposobna zaključevati promet lokalno [4]. Napovedi za število delujočih naprav so zelo različne, pričakuje pa se, da bo po letu 2020 v uporabi med 25 (Gartner, 2014) in 100 milijardami naprav (Huawei, 2015), ki naj bi imele letni ekonomski učinek v višini 11 bilijonov dolarjev v letu 2025 (McKinsey, 2015).

Posebne pogoje bodo zahtevale nekatere komunikacije med napravami, med ljudmi ali med ljudmi in napravami znotraj pametnih omrežij, ki jih štejemo med t. i. kritične. Za njih bosta pomembna predvsem dva dejavnika: majhne zakasnitve in izjemna zanesljivost omrežja (slika 1).

Glavni razvoj naj bi v naslednjih letih potekal predvsem na treh segmentih [3]:

– radijskem dostopovnem delu;
– programabilni zgradbi omrežja;
– neposredni komunikaciji med napravami.

Izjemno, skoraj 100-% zanesljivost na radijskem dostopu je mogoče doseči z vpeljavo dodatnih poti istega signala, npr. z masovnim MIMO, večkratno hkratno povezljivostjo, omejevanjem motenj in izboljšanimi mehanizmi za ponovna oddajanja informacije (tako uporabnika kot storitve). Z vpeljavo prilagodljive zgradbe radijskih okvirov je mogoče doseči zakasnitve reda nekaj milisekund.

Programsko nastavljivo arhitekturo v omrežju lahko dosežemo z deljenjem omrežja na posamezne rezine, večjo prožnostjo omrežja in vpeljavo inteligence na rob omrežja (nove oblike omrežij in novi poslovni modeli). Tako bo omrežje bolj prilagojeno za skoraj takojšnjo zanesljivo in optimalno prenašanje vsebine bliže uporabniku.

V peti generaciji je zelo pomemben neposreden način komunikacije med napravami (D2D, Device-to-Device). Za takšen način je značilna kratka razdalja med napravama v komunikaciji; ni potrebna dodatna obdelava signala v drugih omrežnih elementih, izognemo se transportnemu delu omrežja in tako zmanjšamo zakasnitve. Med drugim se lahko vzpostavi podvojena povezava D2D preko druge naprave za povečanje zanesljivosti zveze ali pa se le razširi pokrivanje in tako izboljša razpoložljivost omrežja.

Občutek hitrosti izvedbe operacije je odvisen od *zakasnitev*, zato zahtevajo akcije v realnem času najnižje možne zakasnitve v omrežju. Podobno velja za *zanesljivost* delovanja omrežja – uporabniki morajo zaupati, da bo omrežje delovalo zanesljivo, predvsem v življenjsko kritičnih situacijah.

Pri obravnavi lastnosti omrežja nove generacije pa ne smemo pozabiti, da danes že delujejo t.i. profesionalna mobilna omrežja (PMR[1]), kot npr. TETRA[2], ki so namenjena komunikacijam v kritičnih razmerah. Vendar ti sistemi ne zadostijo povsem kriterijem, ki se zahtevajo od 5G (majhne zakasnitve, izjemna zanesljivost). Razna združenja (ATIS[3]) si v okviru akcijskih skupin prizadevajo, da bi še pred prihodom omrežja 5G uspeli zagotoviti medsebojno združljivost omrežij PMR in LTE na vsaj nekaterih segmentih [5].

II. APLIKACIJE, KI POTREBUJEJO MAJHNE ZAKASNITVE IN VISOKO ZANESLJIVOST

Slika 2: Primeri aplikacij, ki zahtevajo ustrezne zakasnitve in zanesljivost [3]

A. *Avtonomna vozila*

Avtonomna vozila so zanimiva tema tako za proizvajalce avtomobilov kot za uporabnike, zavarovalnice in državo. Ameriška administracija za transport predvideva, da bodo do leta 2025 po vsem svetu že v uporabi vozila brez voznika, medtem ko organizacija IEEE predvideva, da bo do leta 2040 avtonomnih približno tri četrtine vseh vozil.

Do danes razvita avtonomna vozila so odvisna od vrste tipal in sistemov, ki so povezani v centralno enoto v samem vozilu. Pametna omrežja 5G pa lahko močno izboljšajo njihovo delovanje in varnost. Avtonomna vozila lahko pomembno vplivajo na zmanjšanje števila nesreč, ker se lahko npr. vozila vozijo neprimerno bliže drug drugemu, kot bi to izvajali vozniki, pa kljub temu ne bi prihajalo do trkov. Flote avtonomnih vozil transportnih podjetij se lahko upravljajo bolj učinkovito, ker se izključijo človeške napake.

Izjemno zanesljive komunikacije v realnem času med vozili, infrastrukturo in pametnimi telefoni lahko pomagajo, da teče promet bolj tekoče in brez prometnih zastojev. Precejšen prihranek je tako mogoč pri dnevnih migracijah ljudi na delo in z njega.

Tak komunikacijski sistem, ki zajema človeško varnost, mora biti izjemno zanesljiv. Zakasnitve med končnima točkama morajo biti med 5 in 10 milisekundami.

B. *Obogatena resničnost*

Obogatena resničnost grafičnim programom omogoča, da dajejo občutek resničnega sveta okoli nas. Glede na uporabnikovo lokacijo in/ali vidno zaznavanje se prikazujejo podatki v realnem času. Obogatena resničnost uporabnikom omogoča, da se povsem zlijejo z okolico, zato morajo te naprave zelo natančno slediti uporabnikovim premikom, premike obdelati in odzive v realnem času tudi ustrezno prikazati. Zakasnitve med končnima točkama, daljše od 5 milisekund, bi pomenile t. i. kibernetično slabost in neprijetno uporabniško izkušnjo.

Primer takšne obogatene resničnosti je lahko navidezno pomerjanje oblačil pred nakupom. Ali pa v primeru požara, ko si lahko gasilci pred napadom na gorečo stavbo z obogateno resničnostjo ogledajo notranjost stavbe, ocenijo potencialno nevarna območja in preverijo ambientalno temperaturo [6]. Policija lahko uporabi obogateno resničnost za primerjanje obrazov osumljencev z bazo obrazov. Navidezna resničnost je koristna tudi pri poučevanju, saj lahko učitelji na daljavo vodijo študente po študijski snovi, ki je lahko notranjost atoma ali celotno vesolje. Tudi pri razvoju izdelkov se lahko uporabi navidezno resničnost za izdelavo prototipa, kar skrajša razvojni čas in stroške.

C. *Daljinsko upravljanje / Operacije*

Daljinsko upravljani roboti in druge naprave nam omogočajo, da varno delamo v okoljih ali s stvarmi, ki so lahko življenjsko nevarne ali drugače škodljive. Na primer bolnišnice lahko organizirajo daljinsko vodene operacije, brez fizične prisotnosti enega ali več kirurgov. Daljinsko vodeni roboti lahko opravljajo akcije razminiranja ali gašenja požarov. Takšen sistem mora biti seveda izjemno zanesljiv (BLER[4] < 10^{-9}), zakasnitev med končnima točkama pa manjša od 1 milisekunde za primeren haptični odziv.

Danes imamo na trgu predvsem naprave z zasloni na dotik, ki dajejo uporabniku določen povratni odziv. Tudi ob delu na daljavo mora imeti uporabnik podoben občutek – čutiti dotik. Eden od primerov je pametni telefon podjetja Apple, ki je vpeljal t. i. 3D-občutek pritiska.

Kombinacija haptične interakcije in 360-stopinjskih kamer, ki prenašanje dogajanje v živo preko omrežja 5G v naprave, nameščene na glavi, bo dala izjemno uporabniško izkušnjo – npr. operacija na daljavo z aktivnim sodelovanjem.

D. *Avtomatizacija*

Industrija ima močne zahteve po hitrih komunikacijah med napravami (M2M) in izjemno zanesljivih povezavah. Morebitne sistemske napake bi pomenile okvaro opreme, ustavitev proizvodnje ali v skrajnem primeru celo hude poškodbe ali človeška življenja.

Za tovarne prihodnosti [7] je časovno kritična optimizacija procesa ključna zahteva. Tu pride do izraza potreba po izjemni zanesljivosti in skoraj ničelnih zakasnitvah – npr. stalna optimizacija proizvodnega procesa, ki temelji na senzorskem nadzoru vseh delov procesa v realnem času ali pa stalna povezanost med roboti nove generacije.

Stroji (naprave) lahko sprejemajo, analizirajo in izvajajo naloge bistveno hitreje kot ljudje. To je razlog, da

[1] PMR = Professional Mobile Radio
[2] TETRA = Terrestrial Trunked Radio
[3] ATIS = Alliance for Telecommunications Industry Solutions
[4] BLER = Block Error Rate

komunikacije med napravami zahtevajo zelo majhne zakasnitve, običajno manjše od ene milisekunde (npr. povratne zanke v industrijski avtomatizaciji). Visoka zanesljivost (BER < 10^{-9}) pa je pomembna pri sinhronizaciji. Pri komunikaciji naj bi bila režija čim manjša, da se pri prenosu majhnih paketov ohrani spektralna učinkovitost [8]. Upravljanje prometa in premikanjem opreme v proizvodnji ima tipične časovne cikle od ene do 10 milisekund. Največje zahteve imajo nekateri regulatorji in senzorji, ki zahtevajo te čase manjše od ene milisekunde, z odstopanjem manj kot mikrosekunda. Omrežje 5G naj bi vse to zagotovilo, zato bo elastičnost pri spremembi proizvodnih postopkov precej večja [6].

III. RADIJSKI DOSTOPOVNI DEL

Radijski dostopovni del je neposredno povezan z uporabnikom in ima velik vpliv na zakasnitve in zanesljivost. Na radijskem dostopovnem delu imamo več možnosti, kako ga prilagoditi za manjše zakasnitve in večjo zanesljivost omrežja [3].

A. *Raznovrstnost komunikacijskih poti in omejevanje motenj*

Za visoko zanesljivost delovanja omrežja je pomembna *raznovrstnost komunikacijskih poti* in *čim boljše omejevanje motenj*.

Merilo za kakovostno zvezo oz. zanesljivost zveze je zadostno razmerje med koristnim signalom ter motnjo in šumom (SINR, Signal-to-Interference and Noise Ratio). To razmerje povečamo tako, da povečamo moč signala ali pa znižamo motnje z eno od metod:

- mikroskopska raznolikost – več anten omogoča boljše pokrivanje. Tehnika uporabe več anten pri oddaji in sprejemu MIMO (Multiple Input Multiple Output) omogoča povečanje razmerja SINR. Pri 5G naj bi se uporabljala nova tehnika MIMO, ki ji rečemo masovni MIMO – uporaba matrike stotin anten;
- raznovrstna povezljivost ali makroskopska raznolikost – lahko jo izvedemo na več načinov: (a) kombinacija radijskih dostopovnih tehnologij (LTE in 5G) in (b) kombinirana zveza (sprejem/oddaja) preko več hkratnih celic in baznih postaj. Pri slednji oddaja več baznih postaj iste podatke, ki jih sprejemnik ustrezno združi.

Za kritične komunikacije je še posebej pomembna uporaba načina makroskopske raznolikosti. Pri običajnih predajah zvez med celicami omrežja LTE lahko pride do zakasnitev velikosti 55 milisekund, kar je za kritične komunikacije nesprejemljivo.

Motnje se lahko opravljajo ali na strani omrežja ali na strani terminala. Po pravilu čez palec velja, da če odpravimo motnje dveh najmočnejših sosednjih motilnikov (baznih postaj ali terminalov), je izboljšanje razmerja SINR skoraj največje.

B. *Prilagodljiva zgradba okvirja*

Od omrežja 5G se zahtevajo relativno majhne zakasnitve, na kar vplivajo krajši okvirji in hitrejši časi obdelave pri ponovitvah oddaje. Ena od možnosti je prilagodljivo združevanjem uporabnikov na skupnem kanalu z dinamičnim nastavljanjem intervala oddajanja (TTI[5]), ki mora biti usklajeno z zahtevami posamezne storitve za vsako zvezo posebej. To omogoča optimizacijo spektralne učinkovitosti, zakasnitev in zanesljivosti za vsako zvezo.

IV. PROGRAMSKO NASTAVLJIVO OMREŽJE

Za zanesljivo omrežje z majhnimi zakasnitvami moramo imeti dovolj odporno omrežje z dinamičnim upravljanjem, ki bo pripeljalo vsebino blizu uporabnikom – na zahtevo ali stalno.

Ključne izboljšave v zgradbi omrežja bo mogoče doseči na načine, opisane v nadaljevanju [3].

A. *Deljenje omrežja na rezine*

Klasična gradnja omrežja za določeno rabo – npr. GSM za govorne komunikacije ali LTE za mobilni prenos podatkov – je preteklost. Omrežje 5G bo bolj prilagodljivo za vsak primer posebej. Znotraj omrežja bo več hkratnih navideznih omrežij, ki se med seboj ne bodo motila in bodo služila vsako svojemu namenu. Primer soobstoja dveh navideznih omrežij sta lahko navidezno omrežje za upravljanje avtonomnih vozil (z zelo majhnimi zakasnitvami) in navidezno omrežje za 3D-video aplikacije/4K ekrane (z zelo velikimi prenosnimi hitrostmi).

B. *Programsko nastavljiva omrežja*

Od programabilnih omrežij se pričakuje, da se bodo hitro prilagajala na različne zahteve. Programsko nastavljive funkcije naredijo infrastrukturo programabilno. To pomeni, da pot paketov po omrežju ni vnaprej določena s fiksno arhitekturo omrežja in se jo sproti prilagaja in optimira za ustrezne zakasnitve.

Programsko opredeljena omrežja (SDN[6]) omogočajo v hrbteničnem delu omrežja, zbirnih točkah in zalednih povezavah optimizacijo prometa, pasovne širine in zagotavljanje ustrezne procesorske moči na robu omrežja (MEC[7]) tako, da so zakasnitve najmanjše.

Transportni agenti v samoorganiziranih omrežjih (SON[8]) sami zbirajo podatke o zakasnitvah, izgubah, prepustnosti, dolžini čakalne vrste, aktivnih nosilnikih ali aktivnih napravah in te podatke ustrezno uporabijo za krmiljenje programirljivega omrežja.

C. *Odpornost omrežja*

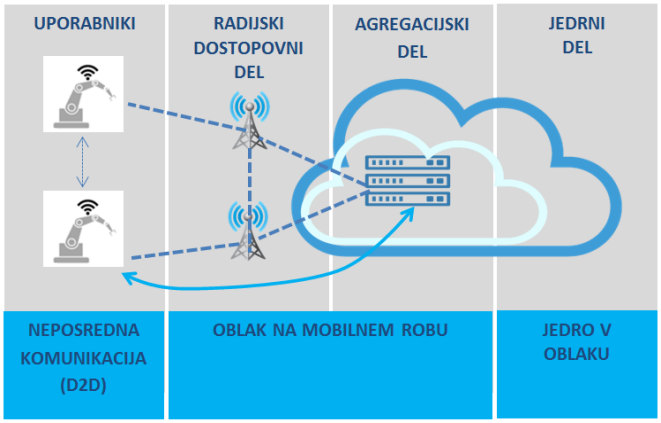
Razpoložljivost omrežnih elementov mora biti visoka. To dosežemo z združevanjem jedrnih elementov in uravnoteženjem obremenitve. S tem zagotovimo delovanje sistema brez prekinitev, tudi če eden ali več jedrnih elementov odpove. Podobno velja, če odpovejo nekatere zaledne povezave – storitve bodo v samostojnem načinu delovanja delovale skoraj neokrnjeno.

D. *Oblak na mobilnem robu (MEC[9])*

S pomikanjem prehodov in aplikacijskih strežnikov v bližino radijskega dela – v oblak na mobilnem robu (slika 3) lahko dodatno zmanjšamo zakasnitve. Tako storitve niso več odvisne od točno določenih povezav IP točka–točka, pač pa

[5] TTI = Transmission Time Interval
[6] SDN = Software Defined Networks
[7] MEC = Mobile-Edge Computing
[8] SON = Self Organized Network
[9] MEC = Mobile-Edge Cloud

se pot za povezljivost oblikuje glede na dejanske potrebe konkretne storitve. S takšnim modelom povezovanja 'vsakega z vsakim', kjer komunicirajo naprave neposredno preko lokalnih strežnikov na ravni radijskega dostopovnega dela, se izognemo prenašanju podatkov do centraliziranih prehodov – dosežemo najkrajše in najboljše poti za usmerjanje prometa. Zakasnitve so najmanjše možne, sistem stabilno deluje in prehodi gladko tečejo (mobilnost).



Slika 3: Pomik oblaka na mobilni rob [3].

V. NEPOSREDNA KOMUNIKACIJA MED NAPRAVAMI

Komunikacija med napravama, ki jo označujemo z D2D (Device-to-Device), je neposreden način komunikacije med končnima napravama – za prenašanje podatkovnega prometa se ne uporablja druga infrastruktura.

Ta način komunikacije je pomemben za omrežja 5G, da bodo lahko ponudila izjemno zanesljivost delovanja in zelo kratke zakasnitve. Slednje dosežemo z neposredno komunikacijo med napravami na kratke razdalje, kjer imamo majhne zakasnitve pri razširjanju signala. Dodatna prednost je v tem, da za obdelavo podatkov nimamo vmesnih omrežnih elementov ali transportnega dela omrežja, ki vnaša dodatne zakasnitve. Izboljša se tudi zanesljivost zvez – neposredne povezave D2D zagotavljajo dodatne povezave in razširijo pokritost z omrežjem.

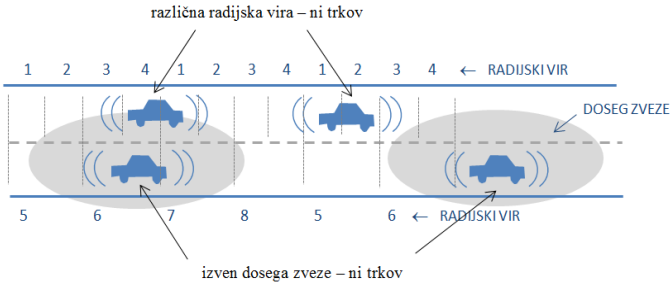
Omrežje neposrednih povezav se lahko uporabi tudi kot rezervna ad-hoc rešitev v slučaju okvar omrežne infrastrukture ali ko ta kako drugače ni na voljo.

A. *Upravljanje radijskih virov*

Dodeljevanje radijskih virov za neposredne komunikacije med napravami je lahko porazdeljeno ali centralizirano.

V primeru *porazdeljene rešitve* lahko naprave prenašajo podatke takoj in za to ni potreben poseben postopek ali sodelovanje posebnih krmilnih kanalov. Če imamo *centralizirano rešitev*, se sicer učinkoviteje izogibamo trkom, vendar postane rešitev bolj kompleksna in povečajo se povprečne zakasnitve.

Način upravljanja radijskih virov ponazorimo na primeru komunikacije med vozili na sliki 4 [3]. Vsa vozila občasno oddajajo informacije o svoji lokaciji, hitrosti, smeri gibanja, itd. Ko se promet zgosti, se poveča tudi verjetnost trkov. Ena od možnosti dodeljevanja radijskih virov je izbira dostopa na osnovi geografske lokacije (koordinate GPS), ki jo pošilja vozilo. Cesta je po vsej dolžini razdeljena na odseke (1, 2, 3,… na sliki 4), tako da se vedno dodeli ustrezen radijski vir glede na informacijo o lokaciji vozila.



Slika 4: Dodeljevanje radijskih virov glede na geografsko lokacijo naprave (vozila) [3].

Neposredno komunikacijo med napravami se da izkoristiti tudi tako, da ima naprava (npr. vozilo) hkrati dve zvezi – eno neposredno z drugo napravo in eno preko omrežja. Vedno pa izbira optimalno zvezo za prvi ali ponovljeni prenos podatkov in kombinira sprejem signala preko različnih povezav.

Neposredna zveza ima lahko korist tudi iz uporabe načina polne dvosmerne zveze (FD[10]) – sprejem in oddaja se hkrati odvijata na istem frekvenčnem pasu. Tako se izognemo vnaprej nastavljenim smerem prenosa. Zato je potrebna zelo majhna kontrolna režija, kar seveda zniža zakasnitve. Način dela v polnem dvosmernem prenosu zahteva določene tehnične rešitve na anteni, da oddani signal ne moti lastnega sprejema.

ZAKLJUČEK

Ta prispevek povzema potrebne lastnosti, ki jih mora imeti pametno mobilno omrežje naslednje generacije (5G) v primeru kritičnih situacij. Najpomembnejši lastnosti sta izjemna zanesljivost delovanja omrežja in zelo majhne zakasnitve v komunikacijah med dvema omrežnima točkama – končnima napravama. Takšne lastnosti omrežja so potrebne vsaj v nekaterih večjih skupinah uporabe: (1) v prometu – avtonomna vozila, (2) na področju izobraževanja, turizma, nepremičnin, trgovine … – obogatena resničnost, (3) v medicini, robotizirani industriji … – daljinsko upravljanje in (4) pri avtomatizaciji procesov. Majhne zakasnitve in zanesljivost omrežja dosežemo z ustreznimi rešitvami v radijskem dostopovnem delu, izvedbi programsko nastavljivega omrežja in z vpeljavo neposredne komunikacije med napravami.

ZAHVALA

Zahvaljujem se recenzentoma za koristne pripombe in popravke, ki so prispevale k višji kakovosti tega prispevka.

LITERATURA

[1] http://www.emergencycomms.org/issue-01/tetra.html
[2] H. Holma, T. Mlinar: Radio Evolution towards 5G Programmable World, Seminar radijske komunikacije - zbornik referatov, 2016;
[3] 5G for Mission Critical Communication, Nokia White Paper, 2016;
[4] J. Cohn: Meet the Future With Internet of Things, IBM, 2015;
[5] S. Wendelken (Ed.): Study Item to Standardize PMR/LMR to LTE Interworking Moves to 3GPP SA6, Radio Resource Mission Critical Communication, 18. April 2016;

[10] FD = Full Duplex

[6] Gartner: Augmented Reality Will Become an Important Workplace Tool;
[7] 5G and the factories for the future, 5G-PPP White paper, 2015;
[8] A. Frotzscher et al., Requirements and current solutions of wireless communication in industrial automation, IEEE, ICC 2014;

Tomi Mlinar (tomi.mlinar@fe.uni-lj.si) je doktoriral na Fakulteti za računalništvo in informatiko ter magistriral in diplomiral na Fakulteti za elektrotehniko Univerze v Ljubljani. Zaposlen je na Fakulteti za elektrotehniko v Ljubljani in na Inštitutu za EMS. Ima več kot 20 let delovnih izkušenj tako v gospodarstvu kot v raziskovalnih organizacijah. Njegovo raziskovalno delo zajema vse vrste informacijskih in komunikacijskih tehnologij. Zadnja leta se posveča predvsem celostnim analizam telekomunikacijskih trgov, alternativnemu brezžičnemu dostopu in širokopasovnim komunikacijam. Je avtor ali soavtor številnih strokovnih in poljudnoznanstvenih prispevkov, urednik več zbornikov, urednik in soavtor knjige Elektromagnetna sevanja, dolgoletni organizator in programski vodja strokovnega seminarja Radiokomunikacije in član organizacijskega odbora delavnic o telekomunikacijah VITEL.

Uvedba storitve eCall, kot evolucijska faza na poti v NG112

Gorazd Novak, Ana Robnik, Iskratel, Kranj
Marko Podberšič, Boštjan Tavčar, Uprava RS za zaščito in reševanje, Ljubljana
Andrej Kranjčević, Telekom Slovenije, Ljubljana

Povzetek — Danes so ljudem za komuniciranje na voljo pametni telefoni in drugi tehnični pripomočki, ki omogočajo prenos govora, besedilnih sporočil in videa. Logično je pričakovati, da bi želeli na enak način dostopati tudi do storitev za pomoč v sili. Po drugi strani pa bodo napredne komunikacije klicnim centrom v sili omogočile zajem večje količine kakovostnejših informacij s terena, službam za pomoč v sili pa boljše medsebojno sodelovanje. Posledično se bodo skrajšali reakcijski časi in stroški intervencij. V Sloveniji se je evolucija začela z uvedbo storitve eCall in se bo nadaljevala s prehodom na NG eCall in NG112.

Ključne besede — javna varnost, eCall, NG eCall, storitev 112, NG112, PSAP, eCall Node, VoLTE, VITEL

Abstract — Today, people use smart phones and other gadgets to communicate by voice, live text and video. Naturally, they expect to be able to contact emergency services with the technologies they use to communicate every day. On the other side, the same technologies will enable PSAPs to receive more and better information about emergencies and to improve interoperability between emergency services. Consequently, response times and operation costs will be reduced. In Slovenia, the evolutionary way has begun with deployment of eCall service and will continue with the transition to NG eCall and NG112.

Keywords — public safety, eCall, NG eCall, service 112, NG112, PSAP, eCall Node, VoLTE, VITEL

I. UVOD

Službe za storitve v sili v državah članicah Evropske unije vsako leto sprejmejo približno 320 milijonov klicev v sili. Storitve v sili so danes večinoma dosegljive preko klasične fiksne in mobilne telefonije.

VoIP naprave in aplikacije so postale vsakodnevno sredstvo komuniciranja. Besedilno sporočanje je izjemno popularen način komuniciranja, ki celo izpodriva tradicionalne telefonske pogovore. Uporabniki mobilnih telefonov in osebnih digitalnih asistentov si izmenjujejo fotografije in video zapise, socialna omrežja pa so postala medij sama po sebi. Video in besedilni način komuniciranja omogočata komuniciranje tudi skupinam ljudi z omejenimi zmožnostmi, kot so posamezniki z motnjami sluha.

Tudi ponudniki telekomunikacijskih omrežij modernizirajo svoja omrežja v smeri širokopasovnega dostopa in protokola IP kot konvergenčnega protokola za zagotavljanje vseh storitev. Ponudniki mobilnih omrežij pospešeno uvajajo omrežja LTE, ki temeljijo na paketnem prenosu. LTE tehnologija se trenutno pretežno uporablja za ultra hitri dostop do Interneta, medtem ko se govorne storitve še vedno večinoma zagotavljajo preko vodovno komutiranih GSM omrežij. To pa je le vmesna evolucijska faza. Ciljna izbira je protokol IP in VoLTE (Voice over LTE).

Podobno velja za klice v sili. Prav tako bodo temeljili na protokolu IP ter zagotavljali multimedijsko komunikacijo, ki omogoča govor, tekst in video. Ob IP klicu se v klicne centre ponudnikov storitev v sili lahko prenese tudi veliko bogatejši nabor relevantnih podatkov iz različnih informacijskih izvorov. Podatki lahko vsebujejo podrobnejšo informacijo o identiteti kličočega, o multimedijskih zmogljivostih terminala, o zahtevani storitvi, lokacijsko informacijo in meta podatke o izvorih informacij. Terminal, ponudnik dostopovnega omrežja in ponudniki storitev v verigi klica lahko zagotovijo tudi dodatne informacije, ki so lahko še kako uporabne pri ukrepanju. Standardizacijski okvir za klice v sili v omrežjih VoLTE določa 3GPP. Tudi NG eCall bo temeljil na IMS klicu v sili z določenimi dodatki za prepoznavo eCall tipa klica in za prenos eCall informacije MSD (Minimum Set of Data oziroma minimalni nabor podatkov) [3].

Obstoječa infrastruktura za zagotavljanje storitev v sili potrebuje modernizacijo, da bo lahko sledila sodobnim trendom na področju telekomunikacij. Koncept 112 naslednje generacije (NG112) zagotavlja prebivalstvu različne načine komunikacije pri dostopu do storitev v sili in uporabo istih tehnologij, kot jih uporabljajo v vsakdanjem življenju. Posledično tudi pristojne službe v sili lahko računajo na boljše in kakovostnejše informacije o stanju na terenu in posledično kakovostnejše presoje situacij, večjo učinkovitosti ukrepanja in optimizacijo stroškov.

II. KAJ SI STORITVE V SILI OBETAJO OD OMREŽIJ NASLEDNJE GENERACIJE

A. Informacije, ki jih zagotavljajo obstoječa tradicionalna omrežja

V Sloveniji klici na enotno evropsko številko za klic v sili 112 prihajajo iz fiksnih in mobilnih telefonskih omrežij, prav tako tudi iz omrežij IP. Klici se pristojnim regijskim centrom za obveščanje prenesejo preko telefonskega omrežja Telekoma Slovenije. Operater v regijskem centru za obveščanje dobi poleg telefonske številke klicatelja tudi njegovo lokacijo. Podatek o lokaciji kličočega na številko 112 je zelo pomemben. Čim bolj natančen je ta podatek, tem krajši so odzivni časi posameznih reševalnih služb. Podatek o lokaciji kličočega je operaterjem v centrih za obveščanje prikazan v geografsko-informacijskem sistemu 3D-GIS. To omogoča realistični pregled terena ter delo z različnimi orodji za prikaz in analizo geografskih podatkov.

Lokacija kličočega na številko 112 je za klice iz fiksnih telefonskih omrežij in za rezidenčne uporabnike IP telefonije prikazana točno, saj je njihova lokacija znana. Mobilni operaterji ob klicu na številko 112 pošljejo podatek o lokaciji

kličočega v obliki konture pokrivanja bazne postaje, na katero je kličoči prijavljen v času klica.

Storitve klica v sili so v Sloveniji omogočene tudi na osnovi pošiljanja besedilnih klicev v sili. Klice v sili je mogoče pošiljati prek SMS sporočil in aplikacije WAP112. Operaterji javnih telefonskih omrežij morajo za vsako od naštetih možnosti zagotoviti ustrezno kakovost storitve oziroma prioriteto ter pravočasno dostavo do regijskih centrov za obveščanje.

S 1. decembrom 2015 je začela delovati tudi storitev eCall. Z njeno uvedbo so regijski centri za obveščanje poleg prikaza točne lokacije (GPS koordinate) pridobili še dodatne podatke o vozilu, ki bodo nedvomno v pomoč reševalnim službam.

B. Vpliv omrežnih storitev na učinkovitost storitev v sili

Obstoječa omrežja ob klicu v sili na številko 112 dokaj uspešno zagotavljajo prenos lokacije kličočega in ostalih podatkov v pristojne regijske centre za obveščanje. Precej pogosto pa se dogaja, da od ponudnikov mobilnih omrežij prejeta lokacija ni dovolj točna za napotitev reševalcev. Ob takih primerih si je treba pomagati z dopolnilnimi rešitvami in postopki.

Pogosto pa operaterji pogrešajo tudi video informacijo, kar bo rešeno z uvedbo video klicev v sili. Posredovanje video posnetka z mesta nesreče posameznim reševalnim službam v naprej lahko v določenih primerih bistveno pripomore k ustreznejšemu reševanju in učinkovitejši intervenciji.

Regijski centri za obveščanje ob klicu na številko 112 sprejemajo veliko pomembnih podatkov. Podatkov ne zadržijo le zase, temveč jih posredujejo različnim reševalnim službam. Posredovanje podatkov je ustno ali s povezavo baz podatkov prek varne povezave (npr. VPN). V prihodnje bo potrebno zagotoviti tudi prenos teh podatkov reševalcem na teren. Obstoječa analogna, Tetra in DMR radijska omrežja tega ne omogočajo in počakati bo treba na uvedbo ustreznega LTE omrežja, ki bo podpiralo raznovrstne načine zanesljive in varne komunikacije ter prenos večje količine podatkov.

S klicem v sili prejeta informacija pa ni uporabna le za storitve v sili. Tako storitev eCall ni le oblika klica v sili, temveč je lahko osnova ali dopolnitev številnim storitvam za zagotavljanje večje varnosti ob prometnih nesrečah in v pametnih mestih [8]. Podatke, ki jih sistem eCall pošlje ob nesreči, lahko poleg reševalnih služb uporabijo tudi druge službe, ki so neposredno ali posredno povezane s prometom in varnostjo v prometu. Na podlagi podatka o nesreči lahko služba za upravljanje s prometom pravočasno preusmeri promet na obvozne ceste, vlečna služba lahko poskrbi za čim hitrejši odvoz vozila, Policija poskrbi za zavarovanje mesta nesreče...

C. Problematika zaščite in varovanja podatkov

Varovanju osebnih podatkov gre nameniti še posebno pozornost. Potrebno je upoštevati načeli, da morajo biti podatki, ki se zbirajo, prenašajo in kasneje obdelujejo v sistemu, ustrezni po obsegu in namenu, za katerega se zbirajo ter da jih je dovoljeno zbirati pošteno in zakonito.

Na primer, pri storitvi eCall ni nobenega dvoma, da gre za osebne podatke, saj se neposredno ali posredno nanašajo na voznika in sopotnike v vozilu v katerem je vgrajena naparava za samodejni klic v sili v sistem eCall. Pri nadaljnjem razvoju oziroma širitvi obsega minimalnega nabora podatkov, še zlasti snemanja nesreče se moramo zavedati, da bodo posnetki lahko predstavljali tudi občutljive osebne podatke, zato bo z njimi potrebno ravnati še posebej skrbno. Na mestu je tudi vprašanje, ali bi naprava za samodejni klic v sili v vozilu morala omogočati uporabniku, da jo po svoji lastni presoji in odločitvi izključi oziroma da izključi vsaj zajem in prenos določenih podatkov, kot na primer lokacije, video posnetka in podobno.

V splošnem velja, da je zlorabe lažje preprečiti že na osnovnem tehničnem nivoju, kot s pravnimi predpisi, zato je primarna odgovornost na oblikovanju nabora podatkov ter tehnične izvedbe rešitve. Velja opozoriti, da eCall sistemi prve generacije že na tehničnem nivoju dobro varujejo uporabnike pred morebitno zlorabo naprav za samodejni klic v sili v sistem eCall, medtem ko možnost zlorabe samih podatkov še ni v celoti urejena.

Poseben problem predstavlja morebitna selitev storitev eCall v vseevropski informacijski oblak, kot na primer Palmea. V tem primeru bi se osebni podatki udeleženih v nesrečah na cesti potencialno lahko obdelovali izven meja države, kjer se je nesreča zgodila oziroma izven meja domače države ponesrečencev. To bi lahko pomenilo kršitev načela obsega in namena zbiranja podatkov, saj slednje resnično potrebujejo zgolj reševalne službe za potrebe reševanja ponesrečenih. Tehnično je mogoče problem rešiti tako, da se informacijski oblak – Palmea uporabi zgolj za prenos meta podatkov eCall klica, sam klic in podatki, pa se prenesejo neposredno (Peer to Peer) med napravo za samodejni klic v sili v sistem eCall in službo ki sprejema klice v sili. Veljalo bi tudi razmisliti o kriptiranju podatkov ob prenosu, v tem primeru bi prek informacijskega oblaka – Palmea varno prenesli tudi šifrirne ključe. Uporaba neposrednih povezav je priporočljiva tudi zaradi njihove večje zanesljivosti.

Naslednja generacija storitev eCall bo delovala v čisto podatkovnih omrežjih, zato bodo potrebni tako tehnični kot organizacijski ukrepi za zagotavljanje ustrezne kibernetske varnosti za varovanje podatkov in zagotavljanje potrebne razpoložljivosti storitve.

III. OMREŽJE VOLTE

A. Značilnosti omrežja VoLTE

LTE (Long Term Evolution) sam po sebi ne vsebuje podpore za govor v načinu CS (Circuit Switch). Da bi lahko zagotovili govor tudi v omrežju LTE, imamo na voljo dve možnosti, CSFB (Circuit Switch FallBack) ali VoLTE (Voice over LTE). Med tem, ko se CSFB uporablja večinoma v obdobju uvajanja LTE, ko so območja pokrivanja še zelo izolirana, je VoLTE namenjen področjem z dobrim pokrivanjem.

Podpora LTE in CSFB s strani ponudnika storitev ne zahteva velikega posega v jedrno omrežje, podpora VoLTE pa zahteva postavitev povsem novega jedrnega omrežja, ki temelji na rešitvah IMS (IP Multimedia Subsystem) in MMTel (MultiMedia Telephony).

VoLTE omogoča operaterjem izkoriščanje širšega nabora zmogljivosti omrežij IP za nudenje ultra hitrega prenosa podatkov in komplementarnih govornih in sporočilnih storitev. VoLTE je osnova za nudenje sodobnih rešitev, kot so HD-govor, HD-video klici, VoWiFi (Voice over WiFi),

obogateno neposredno sporočanje (RCS) in prisotnost (Presence).

B. Sobivanje vodovnega in omrežja VoLTE

Jedrno omrežje IMS in jedrno omrežje CS temeljita na različnih protokolih in arhitekturnih rešitvah in si tako nista komplementarna. Omrežje IMS je zasnovano z mislijo na prihodnost in uporablja protokola SIP in Diameter. Ker so mobilni uporabniki specifični ne zgolj po tem, da jih ni mogoče prikleniti na želeno območje, katerega pokrivamo z novo tehnologijo, temveč lahko s svojim terminalom gostujejo tudi v tujih omrežjih, ali pa svoj VoLTE terminal kadarkoli in iz kateregakoli razloga zamenjajo za takšnega brez VoLTE, je potrebno poskrbeti, da bodo mobilne storitve delovale in bi bili dosegljivi tudi takrat. Izziv za operaterja je zagotoviti nemoteno in kar se da enako uporabniško izkušnjo ne glede na to v katero domeno, CS ali IMS, se uporabnik prijavi.

Ravno izbira načina kako se bo klic uporabnika obravnaval v jedrnem omrežju operaterja, glede na domeno iz katere prihaja oziroma v katero se zaključuje, predstavlja velik izziv pri zagotavljanju uporabniku znane mobilne izkušnje.

Izbira načina obravnave vpliva na storitve, ki jih uporabnik lahko uporablja. Storitve so lahko identično podprte v obeh domenah ali pa zgolj v eni, IMS. V obeh primerih pa je potrebno storitve IMS razviti na novo in to nudi priložnost za ovrednotenje obstoječih rešitev z mislijo na prihodnji razvoj in trende v industriji.

C. Realizacija klica v sili v omrežju IMS

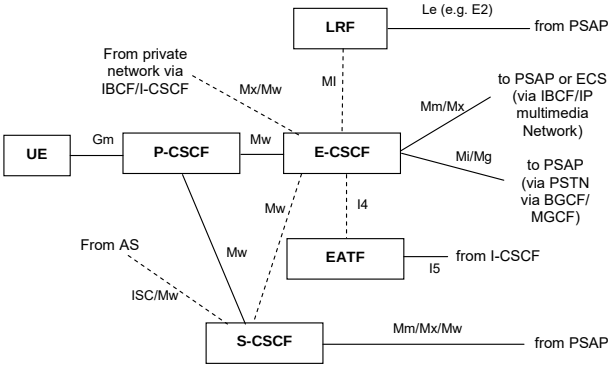
Klic v sili v omrežju IMS se začne na uporabnikovem terminalu, ki mora biti sposoben ugotoviti, da gre za klic v sili in sprožiti nujno registracijo v kolikor ni že registriran. Če je že registriran ali če se registrira naknadno, terminal sproži vzpostavitev nujne seje v katero vključi oznako, da gre za klic v sili, identifikator naprave če gre za klic v sili neznanega uporabnika in lokacijo, če je na voljo.

P-CSCF (Proxy-Call Session Control Function) poskrbi za registracijo naprave oziroma uporabnika, dovoli ali zavrne zahtevo po vzpostavitvi registracije in seje, pridobi lokacijo, če je na voljo v IP-CAN (IP-Connectivity Access Network), zagotovi prioriteto seje ter sejo usmeri na pravi E-CSCF (Emergency-Call Session Control Function).

E-CSCF sprejme nujno sejo od S-CSCF ali P-CSCF. V kolikor lokacija ni na voljo, lahko to zahteva od LRF (Location information Retrieval Function), ali pa tam preveri resničnost lokacije posredovane s strani terminala. Klic usmeri na najustreznejši klicni center v sili oziroma omrežje ESInet.

VoLTE pa ni edina mobilna govorna storitev, ki uporablja IMS. VoWiFi (Voice over WiFi) je s stališča jedrnega omrežja skoraj identičen VoLTE klicu, le da je tam pridobiti lokacijo veliko težje, saj klic med uporabnikovo napravo in jedrnim omrežjem operaterja poteka preko javnega WiFi in nato internetnega omrežja. Zato se za realizacijo klica v sili v VoLTE in VoWiFi še vedno uporablja CSFB, saj se na ta način ohrani vsa obstoječa funkcionalnost (lokacija, identiteta, prioriteta,…) in ni vpliva na klicni center v sili.

V zvezi klicem v sili velja omeniti, da radijsko omrežje LTE prinaša tudi pomembne izboljšave pri določanju lokacije terminala. Omogoča različne lokacijske tehnike. LTE verzije 9 predvideva uporabo izboljšane tehnike identifikacije celičnega sektorja (E-Cell ID), tehnike zapažene časovne razlike prihodov (Observed Time Difference Of Arrival - OTDOA) in podprtega globalnega navigacijskega satelitskega sistema (Assisted Global Navigation Satellite System – A-GNSS). Vsaka od navedenih tehnik ima svoje prednosti in omejitve v različnih okoljih. Glavno prednost pa je v tem, da LTE lahko kombinira različne tehnike in določi najtočnejši rezultat v danih okoliščinah.



Slika 1: Referenčna arhitektura IMS za zagotavljanje klica v sili [10]

IV. EVOLUCIJA OMREŽJA STORITEV V SILI

A. ESInet in NG112

ESInet (Emergency Services IP network) je upravljano zasebno omrežje IP služb za zagotavljanje storitev v sili. Infrastruktura ESInet lahko služi za integracijo nekaj klicnih centrov za storitve v sili, lahko pokriva določeno regijo ali področje celotne države. Običajno se omrežja ESInet med seboj tudi povezujejo.

NG112 zagotavlja komunikacijo prek omrežja ESInet in ob uporabi standardnih vmesnikov za klice in sporočila. NG112 zasleduje tri glavne cilje [9]:

- Zagotavljanje komunikacije med prebivalstvom in storitvami v sili. Dostop do storitev zagotavlja prek VoIP, tekstovnih sporočil, besedilnih sporočil v realnem času, slik in videa. Takšen način komunikacije lahko pristojnim službam zagotovi veliko več uporabnih podatkov kot so na primer lokacijska informacija in podatki o zdravstvenem stanju ponesrečenca. NG112 distribuira takšne klice ustreznim klicnim centrom in drugim entitetam ter posledično pripomore k učinkovitejši obdelavi klica v sili in ukrepanju.
- Medobratovalnost med storitvami v sili. NG112 združuje več klicnih centrov v skupno omrežje IP, s čimer zagotavlja njihovo redundanco in možnost za medsebojno povezovanje. Podatkovne povezave in varne multimedijske komunikacije zagotavljajo koordinirano delovanje pri obvladovanju incidentov in kriznih situacij.
- Odprti standardi. NG112 je utemeljen na internetnem protokolu (IP), ki zagotavlja povezljivost med različnimi tipi komunikacijskih naprav. IETF delovni skupini ECRIT in Geopriv sta definirali standarde, ki jih je mogoče implementirati v NG112.

NG112 zagotavlja prenos relevantnih informacij - kot na primer informacijo o lokaciji - skupaj s klicem v realnem času. Ta lastnost predstavlja pomembno prednost glede na današnje stanje, ko je treba v ločenem procesu izvesti povpraševanje po lokaciji kličočega na osnovi njegove

telefonske številke. NG112 omogoča razvezo lokacijske informacije od telefonske številke. S klicem je mogoče posredovati tudi druge pomembne informacije kot so referenčne povezave na informacije o zgradbi in napeljavah.

Druga pomembna prednost NG112 je gibko usmerjanje klicev znotraj omrežja ESInet, ki se lahko izvaja v odvisnosti od stanja omrežja in drugih definiranih kriterijev.

B. *Arhitektura*

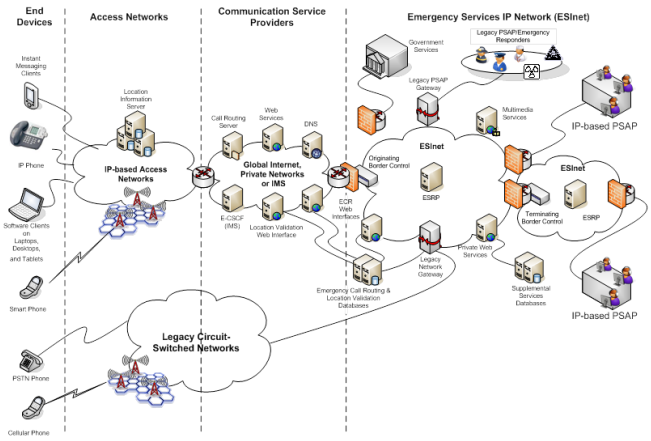
Vstopna točka v ESInet je požarni zid na omrežnem nivoju in robni nadzornik sej na aplikativnem nivoju, ki skupaj tvorita BCF (Border Control Function). Obe entiteti avtorizirata vsak poskus IP komunikacije v notranjost ESInet omrežja. Dostop do omrežja ESInet je strogo nadzorovan. Le organizacije zadolžene za javno varnost, njihovi pogodbeniki in ponudniki storitev se lahko vanj povezujejo neposredno.

Ker bodo tradicionalna omrežja TDM ostala v uporabi še precej časa, arhitektura NG112 predvideva LNG (Legacy Network Gateway) vozlišče, ki bo povezovalo ESInet z omrežji TDM.

Vsi klici, ki bodo vstopali v ESInet bodo nosili informacijo o lokaciji (vsaj na grobo določeni, npr. z lokacijo celice oziroma sektorja). Vozlišče ESRP (Emergency Services Routing Proxy) usmerja klice v sili znotraj omrežja ESInet, za kar uporablja dobljeno lokacijsko informacijo. Poleg lokacijske informacije, ESRP pri usmerjanju upošteva tudi druge kriterije. Stanje preobremenitve klicnega centra, obdobje dneva, usposobljenost operaterjev, tehnološke lastnosti klicnih centrov, preference kličočega, ipd. so lahko dejavniki, ki vplivajo na usmerjanje klicev.

Ni potrebno, da so vsa vozlišča ESRP opremljena z ustrezno logiko za izvajanje politik usmerjanja klicev. Zato arhitektura NG112 predvideva ločevanje točk za uveljavljanje politike in za določanje politike. Slednja je lahko izločena v ločeno vozlišče ECRF (Emergency Call Routing Function).

NG 112 klicni centri v sili so utemeljeni na protokolu SIP in morajo biti sposobni obvladovati multimedijsko komunikacijo. Realno gledano, v prehodnem obdobju vsi klicni centri ne bodo združljivi z NG112. Zato bodo tradicionalni klicni centri priključeni na ESInet preko prehodov LPG (Legacy PSAP Gateway). LPG omogoča komunikacijo tradicionalnega kontaktnega centra z omrežjem ESInet, kakor tudi predajo klica med tradicionalnim klicnim centrom in NG112 klicnim centrom.



Slika 2: NG 112 arhitektura [9]

V končni fazi bodo klicni centri morali biti zmožni sprejemati klice, ki bodo izvirali iz različnih tipov omrežij kot so 3GPP IMS omrežja, OTT (over-the-top) ponudniki storitev, korporativnih omrežij, kakor tudi omrežij tradicionalne vodovne telefonije.

V. eCall in NG eCall

eCall bo v celotni Evropski zvezi pričel delovati leta 2018. Takrat bodo tudi vsi novi avtomobili morali imeti vgrajen poseben eCall terminal imenovan IVS (In-Vehicle System). Sedanji eCall [2] temelji na standardih ETSI in CEN, ki so se pričeli razvijati pred več kot dvanajstimi leti. Uporablja posebni modem za prenos podatkov ob klicu na številko za klic v sili 112, klic pa je posredovan pristojnemu centru za obveščanje z uporabo vodovne komutacije. V prihodnosti bo vodovno komutacijo zamenjala paketna komutacija v LTE. Pričakovati je, da bodo operaterji mobilnih omrežij v Evropi postopoma želeli opustiti vodovno komutacijo. Vodovno komutirani klic v sili na 112 bo zamenjal paketno komutirani klic, oziroma IMS klic v sili. ETSI za realizacijo NG eCall klica priporoča modifikacije IMS klica v sili [4]:

- uporabo začetnega SIP-INVITE sporočila v IMS klicu v sili pri prenosu MSD,
- določitev novih podrazredov URN (Unified Resource Names), potrebnih za usmerjanje NG eCall klicev (nadomestilo za »eCall flag« pri vodovno komutiranih eCall klicih),
- uporabo posebnega indikatorja v 3GPP omrežjih, ki bo IVS napravi signaliziral, da omrežje omogoča NG eCall klice.

Kot je bilo omenjeno, bodo morali vsi novi avtomobili imeti vgrajene modemske IVS terminale od leta 2018 naprej. Življenjska doba avtomobilov je cca. 12 let, zato bodo morala mobilna omrežja omogočati vodovno komutirani klic na številko 112 vsaj do leta 2030. To je več, kot si operaterji mobilnih omrežij želijo. V prihodnjih letih torej lahko pričakujemo sobivanje klasičnega vodovno komutiranega in NG eCall klica.

VI. Pomen I_HeERO projekta za razvoj omrežja NG112 v Sloveniji

A. *I_HeERO projekt*

Zaključenima evropskima operacijama HeERO I in HeERO II [1], katerih namen je bil harmonizirati storitev eCall v državah EU, sledi triletna operacija z nazivom I_HeERO (Infrastructure Harmonized eCall European Pilot) v okviru instrumenta za povezovanje Evrope (Connecting Europe Facility - CEF), ki se zaključi konec leta 2017. Slovenski partnerji Uprava RS za zaščito in reševanje, Iskratel in Telekom Slovenije sodelujemo v združbi 58 partnerjev. V to združbo smo se uvrstili na podlagi slovenskih rezultatov v operaciji HeERO II s pridruženim članstvom ter vizije in rešitve klica v sili naslednje generacije in njeni širši uporabnosti.

Z operacijo I_HeERO prehajamo od raziskav in preverjanja vseevropskih konceptov klasične storitve klica v sili za vozila v njene vseevropske izvedbe [5]. Nadgrajeni bodo PSAPi (Public Safety Answering Point) v 11 državah EU (Bolgarija, Ciper, Češka, Finska, Nemčija, Grčija, Irska,

Italija, Portugalska, Romunija, Slovenija) in ocenjene skladnosti s standardi. V Sloveniji so že vidni prvi odlični rezultati te operacije, na katere smo ponosni. Storitev eCall je poskusno uvedena v celotnem slovenskem prostoru, v okolju visoke razpoložljivosti pa bo delovala konec leta 2016.

Enako pomembne so aktivnosti v okviru grozdov (Clusters), kjer načrtujemo in preverjamo koncepte nadgradnje te storitve za avtobuse, tovornjake z nevarnimi snovmi in motorje. V teh primerih imajo posledice nesreč še širše razsežnosti in daljnosežnejše posledice na okolje. Izvajali bomo tudi napredne integracije podatkov v evropski bazi vozil in nacionalnih bazah.

Slovenski partnerji smo si zadali izjemno pomemben cilj opredelili naslednjo generacijo klica v sili za vozila (NG eCall), ki temelji na omrežju IP, arhitekturi IMS in napredni signalizaciji SIP v okolju VoLTE. Določili bomo scenarije za preverjanje koncepta in to preverjanje tudi udejanjili do konca leta 2017.

B. Evolucija eCall storitve v NG112

Danes v Sloveniji eCall storitev deluje na področju celotne države. Arhitektura rešitve predvideva, da omrežje vse eCall klice usmerja v centralno vozlišče, ki je poimenovano eCall Node. Osnovna naloga vozlišča je, da iz govornega pasu izloči informacijo MSD, ki vsebuje pomembne podatke o dogodku, ki vključujejo čas proženja klica, lokacijsko informacijo, VIN kodo vozila, smer gibanja in način proženja klica (avtomatsko ali ročno).

Druga pomembna naloga vozlišča pa je predaja klica in sprejetih podatkov MSD na najustreznejši klicni center v sili oziroma regijski center za obveščanje. Klic je tokrat predan kot običajni klic v sili, podatki pa se posredujejo preko podatkovnega omrežja. Klicni center prejeti klic in podatke poveže ter oboje dostavi na delovno postajo operaterja centra.

Najustreznejši regijski center je tisti, ki je pristojen za področje na katerem se nahaja vozilo v času proženja eCall klica. Za določitev najustreznejšega centra na podlagi prejete lokacijske informacije ima eCall Node vgrajeno posebno logiko, ki uporablja prostorske podatke, s katerimi so določena območja pristojnosti posameznih regijskih centrov za obveščanje. V primeru, da lokacijska informacija ni bila predana uspešno, eCall Node uporabi podložno številko (klicno številko), ki jo v svojem omrežju definira ponudnik mobilnega omrežja.

V okviru I_HeERO grozda, ki se bo ukvarjal s prenosom eCall storitve v okolje NG112, slovenski partnerji načrtujemo testno vpeljavo NG eCall storitve v Sloveniji. Testna postavitev bo obenem tudi referenčna maketa na nivoju celotnega projekta in bo namenjena medobratovalnim preskusom. Pogoj za uspešno izvedbo zastavljenega cilja pa je seveda zaključena standardizacija, ki bo prav tako predmet I_HeERO projekta. Delovanje na tem področju bo usklajeno s predlogi ETSI [4] in EENA [9] ter v sodelovanju z delovno skupino 15 standardizacijskega telesa CEN 279.

Kot je bilo že omenjeno, NG eCall klic temelji na IMS klicu v sili, ki sloni na protokolu SIP. Poleg različnih načinov komunikacije omogoča tudi prenos večje količine informacij. Terminali, dostopovno omrežje in ponudniki storitev na poti klica razpolagajo z informacijami o klicu, kličočem in lokaciji, ki so lahko v veliko pomoč operaterju klicnega centra v sili pri ukrepanju. Konkreten tak primer je je tudi NG eCall, kjer bo treba IMS klic v sili razširiti predvsem z dvema dodatnima elementoma [7]:

- eCall Flag značko, ki bo omogočala omrežju klic usmeriti na klicni center, predviden za sprejem eCall klicev; najverjetnejša je rešitev z določitvijo dodatnega enoličnega imena vira URN za avtomatsko in ročno prožen eCall klic, ter
- prenos MSD podatkov s signalizacijo IMS, kjer se najoptimalnejša zdi rešitev v okviru sporočila SIP INVITE ob vzpostavitvi klica.

NG eCall sicer omogoča številne nove možnosti (npr. praktično neomejeno količino podatkov, dostop do kamere v vozilu ali daljinsko upravljanje posameznih funkcij vozila), a se v prvi fazi implementacije predvideva le podpora storitev klasičnega eCall klica, torej govorne komunikacije in prenos MSD. Nove storitve bodo predmet nadaljnje standardizacije.

NG eCall bo v Sloveniji realiziran na isti eCall Node platformi kot klasični eCall. Sama platforma bo postopno nadgrajena v smeri arhitekture NG112, kar pomeni da bo zagotavljala funkcionalnosti ESRP, ECRF, LNG ter LPG. V prvem koraku, ki ga bomo naredili v okviru I_HeERO projekta, bo rešitev obenem zagotavljala klasično vodovno komutiran in NG eCall klic. Glede na to, da je NG eCall le posebna vrsta IMS klica v sili, bo rešitev praktično že od samega začetka pripravljena za sprejem in procesiranje vseh vrst klicev v sili, vključno s klici iz omrežij IMS. Tako bo obstoječe eCall Node vozlišče dejansko nadgrajeno v osnovni element omrežja NG112 in bo v prihodnosti zagotavljalo postopen prehod iz klasičnih storitev na nove načine komunikacije v sili, ki jih bodo omogočala »all-IP« omrežja in nova generacija klicnih centrov za klice v sili.

Podobno kot bodo v uporabi še kar nekaj časa vztrajala klasična javna omrežja, bodo na drugi strani še dolgo delovale klasične storitve za klice v sili. Zato bo v vmesnem obdobju ključno zagotoviti sobivanje novih in starih storitev ter zvezen prehod v omrežja in storitve nove generacije. Možne so različne poti prehoda [6], opisana rešitev pa je načrtovana na način, da omogoča izbiro katerekoli od njih.

Operacijo I_HeERO št. 2014-EU-TA-0582-S sofinancira Evropska skupnost v okviru programa Instrument za povezovanje Evrope – prometni sektor po pogodbi št. INEA/CEF/TRAN/A2014/1031743.

LITERATURA

[1] Ana Robnik, Gorazd Novak, Zbornik 31. delavnice o telekomunikacijah VITEL, Brdo pri Kranju, maj 2015
[2] eCall, EENA Operations Document, http://www.eena.org/uploads/gallery/files/pdf/2014_10_28_3_1_5_eCall_Update_v2.0_FINAL.pdf, avgust 2014
[3] Next Generation eCall, EENA Technical Committee Document, http://www.eena.org/download.asp?item_id=162, december 2015
[4] ETSI TR 103140, Mobile Standards Group (MSG); eCall for VoIP, april 2014
[5] Spletna stran E-Heero projekta: http:// http://iheero.eu
[6] NG112 Transition Models Implementation Activities, EENA Technical Committee Document, julij 2015 http://www.eena.org/download.asp?item_id=137, december 2015
[7] Next-Generation Pan-European eCall, draft-ietf-ecrit-ecall-07, februar 2016
[8] eCall – ne samo klic v sili, Uprava RS za zaščito in reševanje, Boštjan Tavčar, http://www.ltfe.org/wp-content/uploads/2012/11/Clanek-Bostjan-Tavcar-02-LTFE.pdf, november 2012.
[9] Next Generation 112 Long Term Definition, EENA technical document, http://www.eena.org/uploads/gallery/files/pdf/2013-03-15-eena_ng_longtermdefinitionupdated.pdf, marec 2013
[10] ETSI TS 123 167, IP Multimedia Subsystem (IMS) emergency sessions (3GPP TS 23.167 version 9.14.0 Release 9), julij 2014 …

Gorazd Novak je diplomiral na Fakulteti za elektrotehniko v Ljubljani in zaključil magistrski študij iz poslovodenja in organizacije na Ekonomski fakulteti v Ljubljani. Leta 1989 se je zaposlil v Iskratelu in opravljal različne upravljavske funkcije. Osredotočil se je na načrtovanje komunikacijskih omrežij in rešitev. Trenutno je upravljavec rešitev (Solution Manager) javne varnosti in izrednih razmer.

Ana Robnik je svetovalka za telekomunikacije, koordinira delo v standardizacijskih organizacijah in vodi raziskovalno skupino podjetja Iskratel. Svojo poklicno pot je po univerzitetnem študiju uporabne matematike na Fakulteti za matematiko, fiziko in mehaniko in opravljenem magisteriju iz računalništva na Fakulteti za računalništvo nadaljevala v razvojno raziskovalni enoti Iskra Kibernetika. Nato se je vključila v razvoj telekomunikacijskih produktov SI2000 in nato SI3000 ter do leta 2009 vodila sektor za upravljanje in nadzor omrežnih elementov portfelja Iskratela.

Boštjan Tavčar je diplomiral na Fakulteti za elektrotehniko v Ljubljani na univerzitetni smeri telekomunikacije. Od leta 1994 je zaposlen na Ministrstvu za obrambo, na Upravi Republike Slovenije za zaščito in reševanje, v zadnjih letih kot vodja Centra za obveščanje in alarmiranje. Skrbi za uveljavitev in razvoj enotne evropske številke za klic v sili 112. Je avtor aplikacije za klic v sili za gluhe in naglušne WAP112, za katero je Uprava RS za zaščito in reševanje v letu 2009 prejela mednarodno nagrado Evropskega združenja za klic v sili EENA. Boštjan Tavčar je predavatelj na Višji strokovni šoli za telekomunikacije, Šolskega centra za pošto ekonomijo in telekomunikacije v Ljubljani in avtor več strokovnih člankov s področja profesionalnih radijskih zvez in informacijskih sistemov.

Marko Podberšič je diplomiral na Fakulteti za elektrotehniko, računalništvo in informatiko v Ljubljani, magistriral in doktoriral pa na Fakulteti za elektrotehniko, računalništvo in informatiko v Mariboru. V letih 1989 – 2002 je bil zaposlen v razvojnem oddelku podjetja Iskraemeco, d.d. Od leta 2002 je zaposlen na Ministrstvu za obrambo, Upravi RS za zaščito in reševanje. Opravlja tudi delo višješolskega predavatelja na Višji strokovni šoli za telekomunikacije, Šolskega centra za pošto, ekonomijo in telekomunikacije.

Andrej Kranjčević je diplomiral na Fakulteti za elektrotehniko v Ljubljani. Leta 2009 se je zaposlil v družbi Mobitel d.d., danes pa je na Telekomu Slovenije d.d. samostojni strokovni sodelavec za razvoj v Službi za načrtovanje jedrnih sistemov. Ukvarja se z načrtovanjem in razvojem storitev mobilnega jedra. Trenutno je tudi vodja projekta modernizacije IMS in vzpostavitve VoLTE (VoWiFi) v omrežju Telekoma Slovenije.

Smart networks in nuclear accelerators

Jože Dedič, Žiga Kroflič, Mark Pleško, Rok Štefanič, Klemen Žagar,

COSYLAB, laboratorij za kontrolne sisteme, Ljubljana

Abstract — This article gives an overview of computer networks that are used in large experimental physics facilities – most notably nuclear particle accelerators, fusion reactor and arrays of telescopes. Such facilities tend to put demanding requirements on their control system: 1) facilities are large – both spatially as well as in the number of control points – and hence the control system must inherently be distributed; 2) control loops must be closed at high update rates, sometimes as fast as 10kHz; 3) actions of actuators must be synchronized – considering that particles are accelerated nearly to the speed of light, synchronization accuracy in the range of nanoseconds is quite common; 4) due to large energies involved, failure to quickly detect a hazard and respond in a graceful manner could result in significant material damage; and 5) the amount of scientific data acquired by facilities is extremely large, and it must be efficiently analyzed and transported to persistent storage at rates of several 10GB/s. With present-day technology, these requirements cannot be simultaneously addressed by a single computer network technology, therefore separate networks are used for each application: *low-latency real-time networks* for closed loop control, *timing networks*, *machine protection system* and *data archiving network*.

Keywords — smart networks, nuclear accelerator, large experimental physics facilities, control system

Povzetek — Ta članek podaja pregled nad računalniškimi omrežji, ki se uporabljajo v velikih eksperimentalnih fizikalnih napravah kot so jedrski pospeševalniki, fuzijski reaktorji in teleskopna polja. Krmilni sistemi tovrstnih naprav morajo zadostiti strogim zahtevam: 1) naprave so velike – tako prostorsko kot glede števila krmilnih točk – zato mora biti krmilni sistem porazdeljen; 2) krmilne zanke morajo biti zaprte z zelo visokimi pasovnimi širinami, tudi do 10kHz; 3) aktuatorji morajo biti zelo natančno časovno usklajeni – ker so delci pospešeni skoraj do svetlobne hitrosti, mora biti usklajenost znotraj nekaj nanosekund; 4) zaradi visokih energij je potreben hiter in skrben odziv v primeru nevarnosti, saj bi sicer lahko nastala visoka gmotna škoda; in 5) količina eksperimentalnih podatkov, ki jih je potrebno analizirati in skladiščiti, je zelo velika, in dosega prenose nekaj 10GB/s. Z razpoložljivo tehnologije je vse te zahteve nemogoče nasloviti z eno samo tehnologijo računalniških omrežij, zato je za vsak namen uporablja drugo omrežje: *nizko latenčna realno časovna* omrežja za zaprto-zančno krmiljenje, *časovna omrežja*, *sistem za zaščito* ter *omrežje za arhiviranje podatkov*.

Ključne besede — pametna omrežja, jedrski pospeševalnik, velike eksperimentalne fizikalne naprave, krmilni sistem

I. INTRODUCTION

To provide some context to the smart control system networks discussed in this article, we shall briefly describe four examples of large experimental physics facilities where such smart networks are deployed, and their principal application.

ITER is an experimental fusion reactor, being built by European Union, USA, China, Russia, Japan, South Korea and India in the southern France [1]. In order to initiate and control fusion, deuterium-tritium plasma is produced in a large donut-shaped vessel (*tokamak*) and heated to a temperature of about 100 million Kelvin. The plasma is kept away from the vessel's walls through strong magnetic fields. Since nuclear burning of plasma is unstable – not unlike the solar flares witnessed on the surface of the Sun as depicted on Figure 1 – a control loop running at 2kHz (500µs per cycle) will be needed to acquire indications of plasma state from thousands of sensors, perform control decision and actuate corrector magnets to adjust plasma shape and position. To distribute data in this distributed real-time control loop, *Synchronous Databus Network* (SDN) was developed, which we discuss in section II.

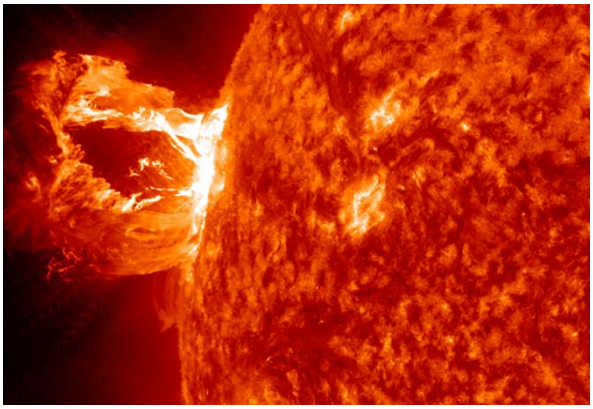


Figure 1: solar flare. (Courtesy of NASA.)

Large Hadron Collider (LHC) is a 27km long particle accelerator built by CERN (Geneva, Switzerland) capable of accelerating protons to energies of 6.5TeV [2]. At this energy, the protons are only 3 meters per second slower than the speed of light – thus, every nanosecond, they travel 30cm, which is 6 times the diameter of the vacuum tube in which the particles travel.

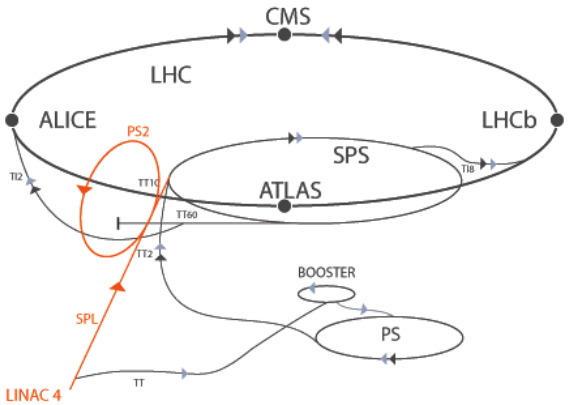


Figure 2: schematic layout of CERN's PS, SPS and LHC accelerators. (Courtesy: CERN)

Since LHC is just the last of the accelerators in the chain – they are pre-accelerated by the *Proton Synchrotron* (PS) and *Super Proton Synchrotron* (SPS) accelerators as shown in Figure 2 – timing is key. Handover of particles from one accelerator to the next must be synchronized down to a nanosecond. This is achieved by a *timing system*, described in section II.

Multi-purpose hybrid research reactor for high-tech applications (MYRRHA, Figure 3) is a next-generation fission nuclear reactor, which is – unlike existing fission reactors – *subcritical*: without an external source of neutrons, nuclear chain reaction ceases to a halt. Additional neutrons are supplied by a particle accelerator which produces a proton beam of high intensity and high energy that is then directed into a target. In the target, the protons collide with nuclei, "shaking out" neutrons through a process called spallation [3].

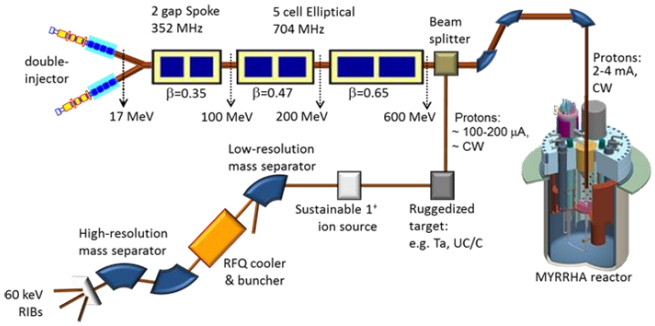


Figure 3: schematic layout of the MYRRHA facility: double proton injector (redundancy) followed by a superconducting linear accelerator, producing a high intensity proton beam for the nuclear reactor. (Courtesy of SCK-CEN.)

Due to the "high intensity, high energy" characteristics of the proton beam, significant damage could occur if the beam were misdirected. Typical safety interlock systems simply shut down the power, however in the MYRRHA case this isn't an option, as such a shutdown could damage the equipment operating at very high power as well. In order to implement a graceful, yet timely shutdown, a special solution is needed: the *machine protection system*, which is discussed in section III.

The **Cherenkov Telescope Array** (CTA, Figure 4) will be an array of approximately 100 telescopes in the southern hemisphere and additional 20 in the northern hemisphere [4]. The telescopes are designed to detect flashes of Cherenkov light that occur when a high-energy gamma particle disintegrates in the Earth's atmosphere, producing charged particles that travel faster than the speed of light in the air. The flashes are of very short duration (less than 20ns), and there is a lot of noise coming from other sources. To improve reliability, data from all the telescopes must be streamed to a central location, where coincidental events can be classified as instances of Cherenkov light, and subjected to further analysis in order to determine the direction of origin and energy of the gamma particle.

The amount of data that the CTA's telescopes will be producing is huge. While the telescope camera's resolution is not very large (only between 1000 and 3000 pixels), the readout rates are in the order of tens of kHz, resulting in total data rates measured in tens of Gb per second. In order to support such data rates, a *data archiving* network is needed, as described in section IV.

Figure 4: artist's depiction of the Cherenkov Telescope Array. (Courtesy of Instituto de Astrofísica de Canarias.)

II. SYNCHRONOUS DATABUS NETWORK

ITER's *Synchronous Databus Network* ensures low-latency real-time distribution of data for the purposes of closed loop control. Data from tens of diagnostics devices are transmitted over computer networks to high-performance compute nodes that apply the control law algorithms, and from there to tens of actuators [5].

An example test setup is shown in Figure 5: node B simulates a diagnostics device (sensor), whereas node C simulates an actuator. Node A is the compute node. Data is thus sent from B to A, traversing the hierarchy of network switches S2-B2-B1-S1, and then from A to C, traversing the same network switches in the reverse direction. Time from beginning of the control loop cycle to the receipt of data on actuator node C is measured.

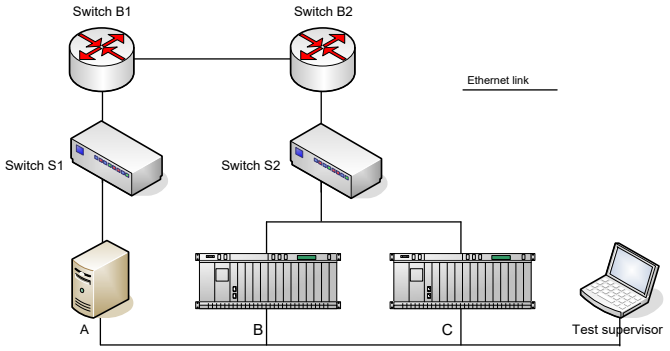


Figure 5: Test setup of a synchronous databus network.

With modern off-the-shelf 10Gbps Ethernet equipment, end-to-end latency of below 100μs is achievable. The major issue is non-determinism, stemming from the operating system and bus of the nodes. In the case of ITER, several alternatives were benchmarked, finally resulting in the following setup:

- Most significant impact on the real-time behavior is determinism of the operating system. Regular Linux kernel was found to have has significant jitter (though lower average latency), and therefore Red Hat Enterprise Linux with kernel adapted for real-time applications (RHEL MRG-R) has been chosen instead.
- To reduce latency, a network interface with hardware offload capabilities was selected, which also had a well-written kernel driver whose implementation took real-time considerations into accounts (interrupt

handling/throttling, cautious use of locking, etc.). The network interface manufacturer is Chelsio Communications.
– For network switches, Cisco Nexus 7000 series was evaluated and found suitable. Key capabilities are traffic prioritization (IEEE 802.1p), cut-through switching, multicasting and support for jumbo frames.

III. TIMING SYSTEM

Timing systems ensure that distributed nodes are synchronized in the time domain – usually in the range of 10ns or below. In common practice, there are two strategies to achieve this:

– **Event-based timing system** (Figure 6). A central *Timing Generator* sends a trigger to the many distributed *Timing Receivers*. In modern implementations, optical communication links are used instead of just digital trigger lines, allowing for transmission of additional information along with the trigger – such as the identification of state of the overall machine (*event*) that triggers customized reaction at each *Timing Receiver* node.
Off-the-shelf solutions for event-based timing system exist, such as the one provided by Micro-Research Finland, however they use custom network infrastructure rather than Ethernet.

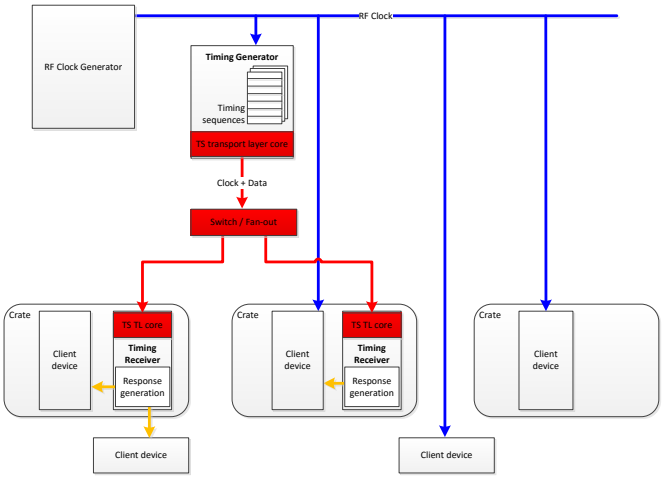


Figure 6: event-based timing system. The *Timing Generator* sends events to *Timing Receivers* which react on them at exactly the same time.

– **Timing system based on accurate time synchronization.** In this approach, measures are taken to ensure that distributed nodes have accurate notion of time. Commonly used solution is *Network Time Protocol* (NTP), however it can only achieve synchronization in the order of 1ms. Recently, off the shelf solutions based on the IEEE 1588 (*Precision Time Protocol* – PTP) standard are gaining acceptance, which are capable of achieving synchronization in the order of 100ns. CERN and collaborators have developed PTP approach further, achieving sub-ns synchronization through the use of synchronous Ethernet – a protocol called *White Rabbit* (Figure 7).
Whereas NTP can be deployed on any Ethernet network, PTP requires switches that are capable of properly handling PTP protocol packets. In case of White Rabbit, switches are further specialized to implement synchronous Ethernet.
Benchmarking shows that loading timing system's network with other traffic adversely effects accuracy of time synchronization. Therefore we generally recommend that such networks are dedicated exclusively to timing synchronization and that other traffic is inhibited.

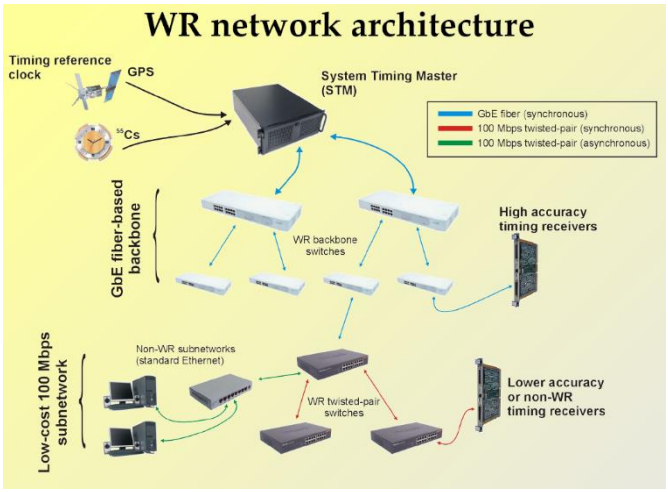


Figure 7: Architecture of a White Rabbit time synchronization network.

IV. MACHINE PROTECTION SYSTEM

Traditionally, protection systems are most safely implemented using a current loop. As soon as an entity along the loop discovers a fault, it opens the current loop, causing the current to stop flowing immediately, thereby stopping all other devices and achieving safe state.

However, in large experimental physics applications where high energies are involved, such approach would nonetheless lead to damage, as massive amounts of energies cannot be quickly released without damaging the equipment. Furthermore, decision on when to shutdown depends on the state of the machine – that is, the current loop must be reconfigurable at run-time, masking out nodes along it depending on the current situation.

Therefore, a smarter solution is needed, which must still guarantee a deterministic response while allowing for the extra degree of flexibility. Architecture of such solution for the case of MYRRHA facility is shown in Figure 8.

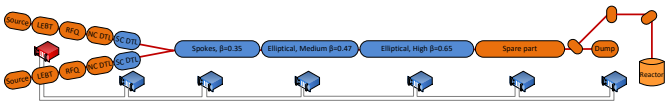


Figure 8: Architecture of a machine protection system for the case of MYRRHA facility.

Along the proton accelerator there is an arrangement of devices that monitor local conditions – including radiation levels, beam positions, etc (show as blue server nodes in the figure). Since the length of the accelerator is in the order of 500m, along such distance it takes the signal more than 2μs to propagate. Physics simulations put the maximal reaction time at 10μs: should the proton beam be astray, exposing unanticipated part of the facility to such beam for more than this time would lead to significant damage. The central node of the machine protection system (shown as red server node) is therefore expected to react in a time well below 7μs, taking

the state of the facility into account. This is achieved by implementing the shutdown decision logic in hardware with FPGA (field programmable gate array) technology.

V. DATA ARCHIVING NETWORK

With modern Ethernet-based network technology, achieving cumulative data rates in the order of tens of GB per second is feasible: with 10Gbps links commonplace, and 40Gbps and 100Gbps links starting to appear, Ethernet is inherently scalable – by just parallelizing the number of paths between two nodes, the throughput can be linearly increased.

The bottleneck is thus not the network, but rather the nodes that produce data, as well as those that consume data – either for processing or storage.

Data archiving network architecture as used at ITER is shown in Figure 9. On the data producing side ("DAN Client"), multiple processes ("DAN Publishers") stream data to the DAN network. Each process is responsible for acquiring data from one input channel. Since data acquisition rates can be quite high – up to 1G samples per second – already a single channel can saturate the 10Gbps link made available by the DAN network. For this reason, it is important to allow multiple DAN network interfaces, and to efficiently handle data transfers between data acquisition hardware and the network interface controller.

Techniques such as *direct memory access* (DMA) are used. Also, care is taken that data does not need to be copied along the way, not even when the operating system switches between kernel and user modes. We have learned the following:

- When using several data acquisition channels, it is tempting to multiplex the data in a DMA buffer through interleaving (one sample from each channel). However, such approach then requires de-interleaving in the CPU when sending data data archiving network, reducing throughput and increasing CPU load. Therefore, it is preferred that data is transferred to the main memory via blocks, where each block contains data from a single channel. While this increases memory demands and latency, throughput is increased.
- Zero-copy architecture is difficult to establish in an elegant manner that would decouple data acquisition from data publishing on a network. Currently in our architecture, the data acquisition code is also responsible for allocating a (DMA) buffer, while the data publishing module allocates a buffer for sending to the network interface, as it needs also some memory space for preparing header data. Inevitably, one memory copy is needed to transfer data between the two buffers. We are considering an approach where the data publishing code would allocate a DMA buffer that data acquisition could already use, thereby reducing the need for one memory copy operation.

On the receiving ("DAN Server") side, data is stored in files on persistent storage – usually solid state disks. In case of ITER, HDF5 scientific standard has been chosen for data storage. Since a single persistent storage device is unable to store the full throughput of data (SATA 3.2 for example can accommodate up to 2GB/s), the architecture allows for multiple DAN Servers, each storing its subset of data.

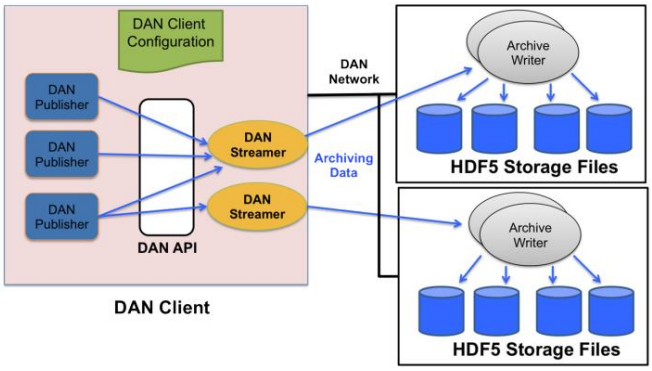


Figure 9: ITER data archiving network architecture.

VI. CONCLUSION

This article attempted to give an overview of challenges faced by control systems of large experimental physics facilities. In order to reduce maintenance cost, off-the-shelf solutions with expected long lifetimes are usually chosen, however sometimes, this such solutions simply do not exist, and custom smart network architectures need to be designed.

REFERENCES

[1] ITER: http://www.iter.org
[2] CERN Large Hadron Collider: http://home.cern/topics/large-hadron-collider
[3] MYRRHA: Multi-purpose hybrid research reactor for high-tech applications: http://myrrha.sckcen.be/
[4] Cherenkov Telescope Array: https://portal.cta-observatory.org
[5] K. Zagar, S. Hunt, P. Kolaric, R. Sabjan, A. Zagar, J. Dedic: *Evaluation of high-performance network technologies for ITER*, Proceedings of the 7th IAEA Technical Meeting on Control, Data Acquisition, and Remote Participation for Fusion Research, 2010

Jože Dedič joined Cosylab in 2006 after his PhD in FPGA HW/SW co-design and started as an electronics developer. He gradually built an FPGA team for real-time solutions (e.g. SNS and MedAustron timing systems). Jože is currently leader of the MedAustron project and Cosylab's COO. In his free time he seeks good wind and flat water to do kite-surfing or curved roads for motorcycling or mountain-biking

Žiga Kroflič is a Group Leader at Cosylab. He began working for Cosylab as a student while studying electrical engineering and was permanently employed in 2011. Starting with the development of real-time FPGA-based systems, such as timing systems, fast interlock systems and real-time data processing, he expanded his expertise to system architecture and management of complex control system projects. Currently, he is the project leader for the European Spallation Source project, managing a team of over 20 engineers developing the ESS control system. In his free time he enjoys making music, photography and cooking.

Mark Pleško has been working with accelerators for the last 30+ years, first as a high energy physicist, then as an accelerator physicist and in the last 15 years, he has been designing and building accelerator control systems. Mark is a well known - some would say notorious - figure in the community,

including but not only for publicly using a crystal ball at the 1997 ICALEPCS conference. He predicted that control system integration and turnkey control systems will be the future of accelerator control systems. As his predictions were quite radical and unlikely at that time, he had no choice but to create Cosylab to make them come true after all :-)

Rok Štefanič joined Cosylab in 2006 as a software developer with background in electronics. He worked on several synchrotron beamline control system projects, where he integrated multiple devices into the EPICS control system and provided service-level logic for their coordinated operation. Leveraging his hardware development skills, he is the chief architect of timing systems that Cosylab provides to its customers.

Klemen Žagar joined Cosylab in 1999 and started as a software developer. From there he continued as a software and systems architect and is now Chief Technology Officer. His professional interests are distributed control systems, real-time and networking. In his spare time, he enjoys hiking, cycling and running.

Multi utility communication solutions for the last mile in post 2G era: Mobile vs. ISM

Radovan Sernec, Andrej Souvent, EIMV, Ljubljana, Božo Mišovič; Projekt IP, Koper

Abstract — Utilities (energy, gas, water) are facing the inevitable challenge what technology to use to access their end node metering equipment when 2G becomes obsolete. 4G and post 4G technologies have clearly defined also IoT path, to support low bit rate devices (sub 1 Mbps), although there seems to be no clear winner yet (LTE-M, LTE-NB, EC-GSM). LoRa is technology for ISM bands (868 MHz in EU) that promises long range communication, high building block penetration and low power operation. We show that utilities can use 4G for reliable upstreaming of smart meter data from PLC concentrators or from IEDs. Examples are given for dual up link to single or dual mobile operators and sharing of mobile and fixed link, all with traffic balancing or no loss switchover. IoT marketplace is also a compelling business vertical for existing telecom operators and some of them are introducing services in both domains.

Keywords — 4G, LTE, PLC, ISM, LORA, M2M, IoT, utility, smart grid, business model

Povzetek — Operaterji distribucijskega omrežja (plin, voda, elektrika) so soočeni s tehnološkim prehodom iz starih tehnologij 2G na nove rešitve. 4G mobilna in omrežja v nelicenciranem frekvenčnem področju ponujajo rešitve za dostopovno omrežje. Na primeru pokažemo uporabo 4G s hkratnim dostopom do dveh mobilnih operaterjev. Novi poslovni modeli lahko prinesejo dodano vrednost telekomunikacijskim operaterjem (nove storitve) in zmanjšane stroške uporabe za operaterje distribucijskih omrežij.

Ključne besede — 4G, LTE, PLC, ISM, LORA, M2M, IoT, operater distribucijskega omrežja, pametna omrežja, poslovni model

I. INTRODUCTION

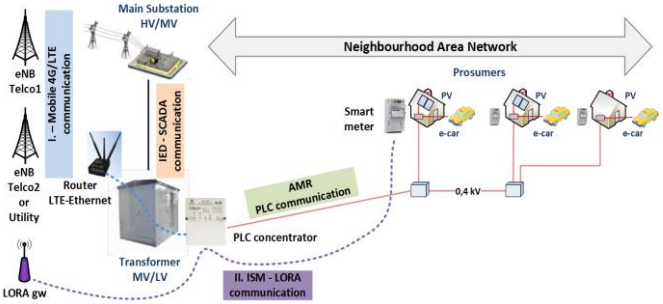
Utilities (gas, water, electricity) and electrical distribution companies in particular are facing the inevitable communication technology transition within their access/last mile, distribution smart grid networks. This transition is going to happen for all communication within neighbourhood area network that is not served by power line carrier (PLC) [3]. 2G/GPRS, EDGE are currently preferred backhaul communication technologies for data transport from PLC concentrators and industrial smart meters to accomplish automated meter reading (AMR) in quasi real time, i.e. 15 min/1 h/24 h intervals.

We investigate the possible solutions for machine-2-machine (M2M, IoT) data communication (no voice) use case presented in Picture1 [4]. Additionally, we would also like to solve the case of selected data transport of SCADA/DMS from transformer station integrated Intelligent Electronic Devices (IED) to utility control center (Note: Any relay protection controls are excluded!) and the case of data transfer between aggregators and grid users capable of providing demand response or other ancillary services. The presented use case presents some requirements to data transport:

1. Low bandwidth, high latency tolerance; smart meter-PLC concentrator, e.g. < 1 kbps, > 10 sec
2. Medium bandwidth, medium latency; PLC concentrator-backhaul, IED-backhaul e.g. < 50 kbps, < 1 sec
3. Moderate number of devices per backhaul node; ≈ 100 smart meters per PLC concentrator, < 50 PLC concentrators per backhaul link
4. Redundant communication link, in N+1 configuration; IED-backhaul
5. Low cost solution
6. Secure communication path; IED-backhaul

Our proposal covers two possible communication technologies, that we name I) and II):

I. Mobile 4G (LTE) networks. It can cover cases: a) smart meter-to-mobile network, b) PLC concentrator-to-mobile network, c) transformer station IED-to-mobile network-to-SCADA/DMS.
II. ISM (industrial scientific medical), non-specific use wireless networks [1-2]. It can cover cases: a) smart meter-to-ISM concentrator gateway, b) PLC concentrator-to-ISM concentrator gateway.



Picture 1: Use case for wireless networks, mobile and ISM, in utility smart grid access communication networks.

Any of the mentioned solutions requires change of modem/communication node/boards within devices, end node and concentrator. It seems that the most cost effective solution is still migration of AMR to new PLC standards for all residential consumers [3]. For industrial smart meters with individual backhaul and backhaul links from PLC concentrator and/or transformer station, our analysis offers alternatives.

Cyber security is critical on path from transformer station IED via SCADA/DMS to utility control center, as well as any direct link from industrial smart meters to same destination.

We have to note that in this paper we are not exploring technical solutions for utilities' critical infrastructures, where also other business models are preferable, i.e. fully utility

owned and private communication networks (e.g. private LTE) [17-18].

II. 4G VS ISM SUPPORT TOWARDS M2M/IOT

Mobile communication evolution within 4G (LTE) is driven by two distinct paths: A) higher up/down speeds, B) M2M/IoT/MTC support with lower up/down speeds. Advances in modulation and coding have enabled new solutions within ISM bands that conform to $P_{outmax} \leq 14$ dBm limitation, yet still provide long range communication. LoRa is the leading solution in ISM domain, while SigFox is present more in USA.

The development of LTE for IoT (Rel.13) optimizes for coverage, lower cost, longer battery life with two solutions: LTE-NB and LTE-M (used to be called LTE Cat0, Cat1) [5-7]. In parallel there is a tour the force to standardise also EC-GSM for the same purposes, with lower data rate performance, yet lowest price and operation within GSM band.

Most low power wide area network communication solutions operate in the unlicensed ISM bands (868 MHz in EU) for non-specific purposes and these devices are commonly referred to as "Short Range Devices" that are rather described by their low capability of causing interference to other radio equipment [2]. LoRa and devices are connected directly to gateway (one or more) with a single-hop link [8-9, 16]. As such, these gateways can readily reuse existing mobile infrastructure for backhaul. Due to regulatory constraints, ISM transmitters must operate in low duty cycle transmission (1% or 0.1%, depending on the sub-band), with Listen Before Talk (LBT) and Adaptive Frequency Agility (AFA) carrier sense mechanisms to prevent interference with other radio devices in nearby frequency bands. LoRa supports multiple channel operation with changing carrier frequency for large node density. WAN protocol stack, LoRaWAN is supported by open alliance (Table1).

Table 1: Comparison of low data rate 4G, extended GSM and ISM LoRa communication solutions.

Technology Attribute	EC-GSM	LTE-NB	LTE-M	LoRa
Range	15 km	15 km	10 km	10 km
Data rate	10 kbps	150 kbps	1 Mbps	37 kbps
Duplex	half	half	half	full
Duty cycle	100%	100%	100%	0,1 %, 1 %
Spectrum	GSM licensed	LTE licensed	LTE licensed	868 MHz, ISM
Bandwidth	2.4 MHz	200 kHz	1.4 MHz	200 kHz
Complexity	very low	low	medium	very low
Cost	very low	low	low	medium
Modulation	single carrier	multi carrier	multi carrier	chirp spread spectrum
Chip vendors	Ericsson, Huawei	Ericsson, Qualcomm, Intel	Ericsson, Qualcomm, Intel, Altair	Semtech
Module vendors	NA	Ericsson, Qualcomm, Intel, Sequans, many	Ericsson, Qualcomm, Intel, many	many
Availability	Q4/2016	Q4/2016	Q2/2016	today

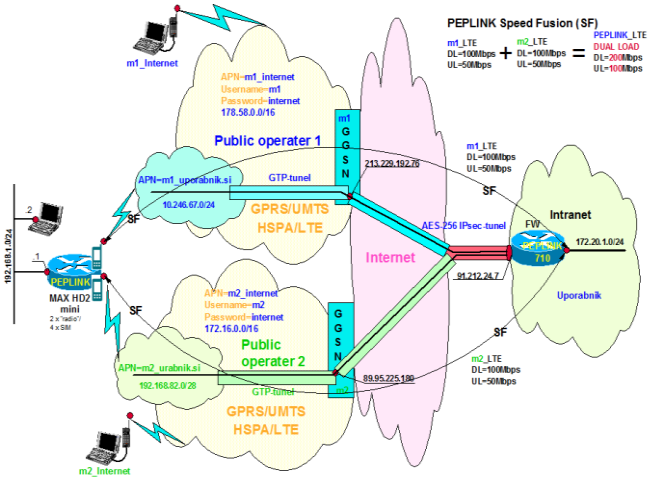
Whereas 4G network cyber security mechanisms are well known (e.g. channel coding on physical layer and private APN on network layer), and deemed secure, ISM devices handle security in specific ways. LoRa controls security and encryption on several levels that enable wide deployment of such WAN networks: unique network key (EUI64) ensures security on network level, unique application key (EUI64) ensures end to end security on application level and device specific key (EUI128) on the node level [11-12].

III. A PROPOSAL FOR RELIABLE SMART GRID COMMS

We demonstrate a multi backhaul access solution, based on commercially available router solution with integrated multiple mobile modems and SIM cards (Picture2). Such solution is suitable for any communication path from Picture1 and in particular handles well the reliability and security of transformer IED backhaul communication. The generic solution based on a pair of Peplink LTE router/modems (with 3G, HSPA fall-back), models HD2mini and Balance710 [10], can provide several modes of operation on backhaul links (two mobile, one fiber):

1. Single LTE uplink
2. Dual LTE uplink, to two base stations (eNB) of single telco (public) operator
3. Dual LTE uplink, to two telco operators
4. Dual LTE uplink, to two telco operators and fiber uplink to third operator

Let us emphasise that dual telecom operator solution enables utility independence from market price pressures, as well as allows for much greater resiliency of operations. Proposed solution operates with private APN, outside of public Internet. For reliability purposes, we can design for N+1 zero time switch over mobile uplink, and mirror transmission over fiber link. This is possible due to dual built in LTE modems, each having dual SIM cards. The solution has been full tested and is operational with two national telecom operators.



Picture 2: Resilient operation with dual mobile operator connection from utility communication equipment.

IV. BUSINESS MODELS FOR UTILITIES' COMMS

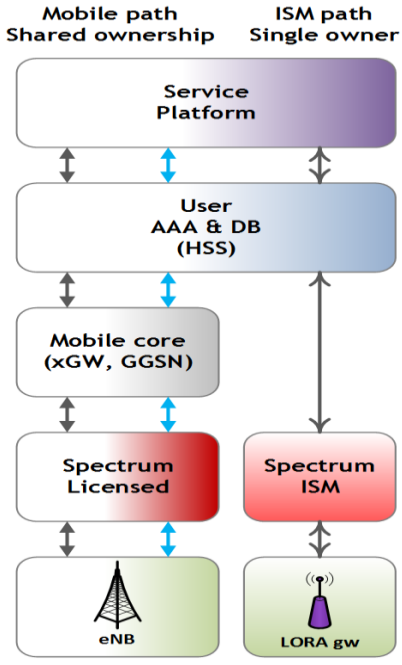
Many implementation and thus business optimization options have opened for utilities with the introduction of M2M suitable 4G and LoRa ISM communication solutions. We look beyond the classical models of "own infrastructure vs lease VPN path".

IoT within smart cities and smart grids is seen as a new driver for classical telecom operators that can bring back the steady trickle cash flow from many nodes/devices on 24/365

basis. LoRa systems are being deployed by telecommunication operators like Orange and Bouygues Telecom in France, by Swisscom in Switzerland, and by KPN in the Netherlands, while SigFox has already deployed nationwide for M2M and IoT devices in Portugal and France.

The interesting question is if new 4G and EC-GSM have the potential to change the utility-telecom operator modes of operation, too [13-15]. We see that these three paths are possible:

1. Modified status quo: Telecom operators will offer specific IoT LTE services and utility will just extend present APN model of communication from PLC concentrators/smart meters. No use of ISM at end nodes. This is a viable solution, lower cost one, but may limit the full potential and services for wider smart grid deployment, especially in beyond transformer station IED networks (WAN).
2. Close cooperation: Utilities will form close relations ships and new ownership/control modes of IoT LTE network parts. This is the most interesting solution, and offers several possible sub models, e.g. MORAN, MOCN, and GWCN. Can be equally well applied to mobile and ISM networks (Picture 3).
3. No collaboration: Utilities will recognise the IoT potential of 4G networks and will deploy their own LTE networks. This is the costliest solutions (TCO), but utility perceives it as the most secure in terms of operations. Foray into two communications technologies is even more risky. Only the largest utilities can cope with full road into communication network domain, due to large investment in human and infrastructure capital that requires continuous investment.



Picture 3: Comparison of ownership/management of 4G, ISM networks between utility and telco operator.

In the multi operator radio access network (MORAN) scenario, only the eNB is shared. Multi operator core network (MOCN) scenario shares spectrum additionally and gateway core network (GWCN) can share some core network elements, too. This may include service platform, but user database is privately owned. Since ISM gw solutions are much cheaper compared to eNB, we envisage that utility can be full owner, but can extend shared ownership on the service platform layers.

V. CONCLUSION

Utilities will have to take into account a myriad of possible solutions on licensed bands offered from telecom operators or using connectivity solutions operating in ISM bands. Telecom operators may offer both. Applications will ultimately dictate the decision, knowing that ISM solutions cannot span much more in data rate kbps performance, so this ultimately limits their applicability to lowest bit rate end devices, e.g. > 15 min reporting time, very suitable for niche applications. Lower cost implementations of 4G for M2M solutions can offer a performance range, and are available as single package solutions spanning order of magnitude in performance. This presents opportunity for multi utilities to unify metering devices portfolios for their wide range of applications to achieve full smart grid visibility. The long term, cost effective solution depends on the utilities strategy to operate their own communications infrastructure or make an infrastructure sharing and operations deal with telecom operators.

ACKNOWLEDGMENTS

This paper is based upon work partially funded by EU & Horizon 2020 under project FutureFlow, Designing eTrading Solutions for Electricity Balancing and Redispatching in Europe, GA # 691777.

LITERATURE

[1] COMMISSION DECISION of 9 November 2006 on harmonisation of the radio spectrum for use by short-range devices, (2006/771/EC), http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2006:312:0066:0070:EN:PDF.
[2] ETSI EN 300 220-1, Electromagnetic compatibility and Radio spectrum Matters (ERM); Short Range Devices (SRD); Radio equipment to be used in the 25 MHz to 1 000 MHz frequency range with power levels ranging up to 500 mW; Part 1: Technical characteristics and test methods, 5.2012.
[3] http://www.g3-plc.com/.
[4] Towards 50 billion connected devices, Ericsson, 11.2010.
[5] XMM 7120 LTE modem for M2M/IoT applications, Intel, 2016.
[6] The Industry's Most Advanced LTE Category 0 Chipset Solution, Altair, 2016.
[7] Qualcomm launches Cat 1 LTE modems for IoT kit, Qualcomm, 2016.
[8] A technical overview of LoRa and LoRaWAN, Semtech, 2015.
[9] Long-Range Communications in Unlicensed Bands: the Rising Stars in the IoT and Smart City Scenarios, IEEE Wireless Communications, 10.2015.
[10] http://www.peplink.com/.
[11] http://www.nickhunn.com/m2ms-impending-hole-in-the-air/.
[12] http://www.radio-electronics.com/news/wireless-technology/lorawan-iot-network-rolls-out-in-6832.
[13] ETSI TS 123 251 V10.1.0 (2011-03), Universal Mobile Telecommunications System (UMTS); LTE; Network sharing; Architecture and functional description, 3.2011.
[14] On the Role of Infrastructure sharing for Mobile Network Operators in Emerging Markets, Orange, 2014.
[15] Mobile Infrastructure Sharing, GSMA, 2012.
[16] www.openlora.com/forum.
[17] Private Wireless Network LTE Solution, Huawei, 2015.
[18] LTE network in a box, Nokia, 2015.

Božo Mišovič, was born in Ljubljana in 1952. He graduated in 1977 from the University of Ljubljana Faculty of Electrical Engineering - Telecommunication department. Firs job started at the Electronic manufacturer ISKRA Eektrozveze in 1976 on data modems productions and customer support. After 10 years he established new electronic company SMARTCOM, represented Motorola, RAD, TADIRAN etc., where he worked as technical director. In year 1992 he joined company SRC.SI as WAN support manager and worked at Novel, Microsoft and Cisco environment. In year.2001 he joined company MOBITEL as GPRS/UMTS/HSPA/LTE support. Currently he is employed at company PROJEKT IP d.o.o. as IP mobile and wireless adviser. As lecturer he gave many presentations on events in Slovenia and abroad.

Zasnova pametnega omrežja za učinkovito upravljanje zgradb

Igor Godec, PROF.EL, Robert Rozman, Fakulteta za računalništvo in informatiko, Ljubljana

Povzetek — Obstoječi načini avtomatiziranega upravljanja zgradb so v sodobnem trendu pametnih omrežij postavljeni pred pomembne izzive. Prenos podatkov na daljavo, njihova učinkovita obdelava in zmožnost hitrega prilagajanja spremembam so zaradi nepovezanosti in togosti obstoječih sistemov zelo težko uresničljivi. Kot učinkovito rešitev tovrstnih težav smo zasnovali novo generacijo pametnih mikrokrmilniških sistemov, ki prinašajo poleg opisanih še veliko novih, tudi še dokaj neraziskanih potencialov za nadaljnji razvoj. Bistvena prednost teh sistemov je povezljivost z oblačno storitvijo, ki že v tem trenutku omogoča bolj učinkovito upravljanje zgradb na daljavo in uporabniku ter okolju bolj prijazno rešitev. Ravno zaradi zmožnosti hitrega prilagajanja ponuja učinkovito rešitev tudi za nove, še nepredvidene izzive v prihodnosti. V prvem delu predstavljamo osnovni gradnik regulacije delovanja posamezne zgradbe in njenega povezovanja v koncept pametnih omrežij – mikrokrmilniški sistem DIALOG EQ, ki je namenjen učinkovitemu upravljanju pametnih zgradb tudi na daljavo. Opisujemo proces njegovega razvoja in njegove trenutne zmožnosti. Osnovno vodilo razvoja je bila prijaznost do uporabnika in okolja. V drugem delu pa se posvečamo razvojnim potencialom sistema, morebitnim izzivom prihodnosti ter nekaterim konceptom avtomatskega učenja iz podatkov, pridobljenih pri delovanju teh sistemov v posameznih zgradbah.

Ključne besede — pametna omrežja, pametne zgradbe, regulacije, ogrevanje, hlajenje, internet stvari, oblačna storitev

Abstract — Existing methods of automated building management are in the modern trend of smart grids faced with important challenges. Remote data transmission, efficient data processing and the ability to adapt rapidly to changes are severely limited as a result of poor connectivity and the rigidity of the existing systems. As an effective solution to such problems, we have designed a new generation of smart microcontroller systems that deliver in addition to the described many new, as yet relatively unexplored, potentials for further development. The major advantage of these systems is integration with a cloud service that already allows more efficient management of remote buildings and delivers enhanced user and environment-friendly solution. Also, precisely because of the ability to adapt quickly, these systems offer effective solutions for new, yet unforeseen, challenges in the future.

In this work, we present the basic building block of control for each building and its integration into the concept of smart grid networks - microcontroller system DIALOG EQ, which is aimed at efficient management of smart buildings. We describe the process of its development and current capabilities. The basic guideline for the development was user and environment friendliness. The second part is dedicated to the development potentials of the system, the challenges of the future and certain aspects of automatic (machine) learning from data obtained by the operation of these systems in individual buildings.

Keywords — smart grid, smart building, HVAC, IoT, Cloud

I. UVOD

Zgradbe so eden večjih porabnikov energije v svetovnem merilu. V razvitih državah dosegajo vsaj dobro tretjino vse porabljene energije. Slabo polovico energije v zgradbi porabi sistem za ogrevanje, prezračevanje in klimatizacijo prostorov (v nadaljevanju HVAC). Zaradi tega dejstva je ta sistem predmet pogostih raziskav in izboljšav. Na žalost je to bolj posledica naraščanja cene energentov, kot pa višjega nivoja okoljske zavesti. Ne glede na to, je vsekakor pozitivno, da se s porabo energije in vplivi na okolje nikdar v zgodovini še nismo tako intenzivno ukvarjali, kot se prav sedaj.

Pri upravljanju sistemov HVAC v zgradbah imamo nemalo odprtih problemov. Z razvojem tehnologije in našega znanja se večina problemov postopoma rešuje, nekateri med njimi pa še vedno ostajajo dokaj nerešeni. Na učinkovitost upravljanja takih sistemov namreč vpliva veliko notranjih in zunanjih dejavnikov. Oboji se med posameznimi zgradbami precej razlikujejo, zato je potrebno splošne rešitve dosledno prilagajati specifičnim lastnostim vsake zgradbe posebej. Pri tem imamo običajno dva pogosto kontradiktorna dejavnika:

– poraba energije,
– uporabnikovo udobje.

Vsekakor vedno želimo porabiti čim manj energije, vendar je pri tem potrebno upoštevati tudi omejitve dejanskih uporabnikov – torej nujne potrebe po zagotavljanju njihovega udobja in dobrega počutja.

S pomočjo sodobnih tehnologij in predvsem tudi pametnih omrežij lahko veliko problemov rešimo enostavneje, hitreje in ceneje. To lahko naredimo predvsem zaradi sodobnih konceptov povezljivosti in dostopnosti naprav (t. i. »Internet of Things« - v nadaljevanju IoT) ter njim namenjenih spletnih shramb podatkov in storitev (t. i. oblačne storitve). Kljub temu pa nekaj problemov ostaja za prihodnost (npr. problem optimalnosti upravljanja zgradb).

Skoraj vedno pa obstajajo velike razlike v lastnostih samih objektov in vremenskih pogojih. Zato je prilagoditev posamičnim primerom neizogibna in jo je potrebno zelo previdno izvesti. Velik korak v tej smeri predstavljajo pametni regulatorji, ki omogočajo dvosmerno komunikacijo med zgradbo in oblačno (spletno) storitvijo; tako lahko obe strani poskrbita najprej za ustrezno informiranost o dogajanju v zgradbi in na tej osnovi nato določita optimalni regulacijski postopek za učinkovito upravljanje zgradbe.

V nadaljevanju je najprej predstavljen osnovni gradnik pametnega omrežja za učinkovito upravljanje zgradb – regulator DIALOG EQ (v nadaljevanju krajše DEQ). Podrobneje je opisan njegov razvoj in njegove trenutne funkcionalnosti. Sledi analiza njegovih razvojnih potencialov v skladu z najnovejšimi dognanji na področjih upravljanja zgradb in pametnih omrežij. Delo zaključimo s kratkim praktičnim prikazom modela EFuNN, ki predstavlja napredno

uporabo avtomatskega učenja na področju upravljanja zgradb.

II. PAMETNI REGULATOR DIALOG EQ

PROF.EL d.o.o. je majhno podjetje, ki se ukvarja z raziskavami in razvojem na področju regulacij sistemov za ogrevanje, hlajenje, prezračevanje in upravljanje zgradb. Od leta 2000 imamo tudi lastno proizvodnjo regulatorjev v ta namen. Z leti smo pridobili kar zajetno množico uporabnikov naših sistemov, ki pa jih je potrebno ustrezno dopolnjevati in vzdrževati, če želimo, da bo njihova življenjska doba dolga in uporabniki zadovoljni.

Vzdrževanje regulatorjev ni enostavna naloga. Regulatorji so namreč praviloma vgrajeni v kotlovnicah, v za ta namen pripravljenih elektro omarah. Najbolj učinkovito jih lahko vzdržujemo kar tam, vendar je s tem pogosto povezana dokaj zamudna logistika. Druga možnost je, da regulator odstranimo iz sistema, vendar tako lahko v našem razvojnem laboratoriju opravimo le preizkus regulatorja in ne celotnega sistema, v katerem se je regulator nahajal. Ob nekajletnem soočanju z opisanimi »težavami« smo spoznali, da bi bilo najbolj učinkovito, če bi lahko iz razvojnega laboratorija testirali delovanje regulatorjev in jih vzdrževali brez njihove odstranitve iz sistema. S tem bi seveda lahko na daljavo vzdrževali in nadzirali tudi celotne sisteme v zgradbah.

Omenjene potrebe kakor tudi želje strank so tako narekovale razvoj nove generacije pametnih krmilnikov z imenom DIALOG EQ oziroma krajše DEQ. Ti med drugim omogočajo:

- daljinski nadzor delovanja,
- programsko dopolnjevanje in nadgradnjo,
- možnost sledenja delovanja,
- optimizacijo regulacijskih algoritmov,
- shranjevanje uporabniških sprememb in nastavitev,
- kronološko beleženje vseh dogodkov,
- več-nivojski dostop (varnost),
- večjezičnost

in še mnoge druge možnosti. S to generacijo krmilnikov so vsa našteta in še nekatera neomenjena opravila postala bistveno enostavnejša in cenejša – velik pa je tudi prihranek časa, ker poti na lokacije sistemov večinoma niso potrebne.

A. *Razvoj DIALOGA EQ*

Danes, ko večino elektronskih sklopov (v nadaljevanju: HW) proizvedejo na Kitajskem za zelo nizko ceno, se ni lahko odločiti za lasten razvoj. Prav tako pa je ob poplavi najrazličnejših procesorjev in tiskanih vezij težko najti takšen izdelek, ki ponuja kakovostno izdelavo, možnost nadgradnje, dolgoročnejšo dobavljivost in cenovno sprejemljivost. Le malo je izdelkov, ki zadoščajo vsem omenjenim kriterijem. Poleg tega dejstva pa nas kot razvojnike zanima predvsem tudi jamstvo za njihovo robustnost, elektro-magnetno skladnost, temperaturno odpornost ter nenazadnje hitrost staranja komponent in njihove tolerance. Uporabnikov pogosto vse te podrobnosti ne zanimajo, pomembno jim je le, da regulator deluje brez težav in da ga lahko enostavno upravljajo.

V začetku leta 2013 smo se tako lotili razvoja mikrokrmilniškega sistema, ki je na koncu projekta dobil ime DIALOG EQ (slika 1). Razvoj HW smo zaupali izključno domačim strokovnjakom, ki so sicer specializirani za razvoj aparaturne opreme na področju telekomunikacij. Posledično smo v določeni meri uporabili tudi njihove standarde. Standardi za področje telekomunikacij so namreč veliko strožje zastavljeni kot standardi za industrijsko in hišno elektroniko, kamor uvrščamo DEQ. Izbira procesorja ni bila enostavna; na koncu smo izbrali procesor ARM iz družine Kinetis (proizvajalec Freescale, sedaj NXP), ki ima MQX operacijski sistem z vključenim TCP/IP in drugimi programskimi moduli.

Slika 1: Gradnik pametnih omrežij – Dialog EQ

B. *Internet stvari (IoT) in oblačna storitev (»Cloud«)*

Naše razvojne usmeritve so stremele k temu, da izkoristimo vse prednosti, ki jih ponujata dve hitro razvijajoči se tehnologiji: Internet stvari (IoT) in oblačne storitve (»Cloud«).

Dilema, ali naj ima DEQ brezžično ali žično priključitev v internet, se je končala z izbiro slednje. Brezžični (Wi-Fi) dostop je po izvedbi sicer »elegantnejši« (predvsem manj invaziven), vendar v kovinskih elektro omarah večkrat ostane »brez signala«. Na drugi strani pa lahko žični dostop vedno nadgradimo z enostavno Wi-Fi dostopno točko ali s prenosom podatkov po visokonapetostni električni instalaciji (angl. »TCP/IP over powerline«) do najbližjega usmerjevalnika.

Za IoT napravo, med katere uvrščamo tudi DEQ, je bistvenega pomena, da deluje takoj, ko jo priključimo (angl. »plug&play«), saj so nastavitve hišnih usmerjevalnikov običajno vezane na gesla, ki se jih pogosto nihče več ne spomni. Od obrtnikov za ogrevalne sisteme pa tudi ne pričakujemo, da so IT strokovnjaki. DEQ je zato sprogramiran tako, da se ob priključitvi samodejno poveže z usmerjevalnikom in najde pot do strežnika v »oblaku«.

Strežnik za zagotavljanje lastne oblačne storitve smo najeli pri izbranem ponudniku, ki po naši oceni dobro skrbi za varnost in zanesljivost delovanja storitve. Za strežnik smo registrirali domeno z naslovom »www.deq.si«, kamor smo postavili tudi centralno podatkovno bazo z vsemi potrebnimi programi. Zraven ostalih programskih modulov se na strežniku nahaja tudi spletna (v nadaljevanju WEB) aplikacija. Vse komunikacije med uporabnikom in strežnikom potekajo po varni, kodirani povezavi (TLS in SSL protokola).

C. *Uporabniški vmesniki*

Uporabniki danes upravičeno pričakujejo enostavne in prijazne uporabniške vmesnike od praktično vseh tehnoloških naprav. Ker med takšne naprave uvrščamo tudi DEQ, smo

prav posebno pozornost usmerili temu segmentu. Da bi uporabniku ponudili čim več svobode pri nadzoru in upravljanju sistema, smo pri razvoju uporabniškega vmesnika upoštevali naprave, ki jo ima danes povprečen uporabnik največkrat pri sebi. To so: telefon, tablica in prenosni računalnik. Od uporabnika je torej odvisno, ali bo uporabil računalnik z velikim ali telefon z majhnim zaslonom. V vsakem primeru pa bo uporabil napravo, ki je pri roki in s katero je najbolj navajen »komunicirati« z ostalim svetom. Uporabnik torej lahko kadar koli in od koder koli nadzira ter upravlja ogrevalno/hladilni, prezračevalni ali kak drug sistem v lastni zgradbi. Ker imajo uporabniki različne želje in tudi življenjske sloge, smo jim pripravili tri uporabniške dostope v petih različnih jezikih:

– OSNOVNI LOKALNI DOSTOP (LAN)
  Dostop je izveden preko internega strežnika v DEQ in ponuja uporabniku direkten dostop do vseh parametrov sistema. Program je del celotne programske opreme, ki je shranjena v pomnilniku sistema. Zaradi varnosti lokalnega omrežja od uporabnika ne zahteva posebne identifikacije. Interni strežnik deluje tudi brez internetne povezave.
– WEB APLIKACIJA
  Namenjena je uporabnikom, ki so priključeni s svojimi računalniki na internet in lahko dostopajo od koder koli. Program je shranjen na strežniku (»v oblaku«) in od uporabnika zahteva ustrezno identifikacijo. Izgled je podoben kot pri osnovnem dostopu, le da ponuja bogatejše grafične prikaze merjenih podatkov tudi za nazaj (slika 2).
– APLIKACIJA ZA PAMETNE TELEFONE (ANDROID, IOS, WINDOWS PHONE)
  Ta je pripravljena za vse tiste, ki prisegajo na mobilne naprave. Aplikacijo je potrebno le naložiti na telefon in vpisati svojo identifikacijo (slika 3).

D. Načini in možnosti uporabe

DEQ je zasnovan kot osnovni gradnik za avtomatizacijo zgradb in njihovo povezavo v koncept pametnih omrežij. Poleg osnovnih funkcij ogrevanja, hlajenja, prezračevanja, lahko upravlja tudi z osvetljevanjem, senčenjem, varovanjem itd.. DEQ ima naslednje priključke:

– 20 vhodov (16 analognih, 4 digitalne),
– 16 izhodov (2 analogna, 14 digitalnih).

S temi priključki lahko upravlja večino aplikacij ogrevanja, hlajenja in prezračevanja. Za ostale segmente so predvideni dodatni moduli, ki se bodo priključevali preko CAN ali serijskih vodil, pripravljenih za ta namen.

DEQ ima v svoji programski opremi predpripravljene določene module za krmiljenje različnih generatorjev toplote/hladu (oljnih, plinskih kotlov, kotlov na biomaso, toplotnih črpalk, sončnih kolektorjev) kakor tudi module za distribucijo energije (direktne in mešalne veje). Prav tako so pripravljeni podprogrami za merjenje porabe električne energije, proizvodnjo toplotne energije ...

Izvajalec priključitve mora uporabniku le prilagoditi (odkljukati) ustrezne module in skupaj z njim nastaviti želene parametre delovanja. Vsak uporabnik prejme ob nakupu tudi identifikacijsko kodo za uporabnike, s katero lahko vstopa v WEB ali mobilno aplikacijo. Serviserji dobijo servisno kodo, ki jim omogoča daljinski dostop do vseh sistemov, ki so jih sami postavili. Uporabniška koda omogoča le spreminjanje uporabniških nastavitev, medtem ko je za spreminjanje ostalih nastavitev potrebna najmanj servisna koda. DEQ zaenkrat še ni prosto programirljiv, zato je potrebno za spremembe funkcionalnosti zaprositi proizvajalca, ki po želji uporabnika pripravi ustrezne programe, jih daljinsko naloži in zažene.

Slika 2: Začetni zaslon WEB aplikacije – www.deq.si

Slika 3: Aplikacija za mobilne telefone

E. Dvosmerna komunikacija z oblakom

Želja, da bi DEQ učinkovito komuniciral z uporabnikom, je bila ves čas pred našimi očmi, a zavedali smo se tudi njenih pasti. Osnovna naloga DEQ je upravljanje sistemov v zgradbi in temu je potrebno zagotoviti ustrezno prioriteto. Zato DEQ vzpostavi komunikacijo s strežnikom le enkrat na

minuto. Najprej pošlje vse potrebne podatke strežniku in nato še preveri, ali ga tam čaka kakšno sporočilo. V kolikor ga ni, DEQ začasno prekine komunikacijo s strežnikom do naslednjega prenosa. Sprememba parametrov na DEQ s strani strežnika se tako lahko zgodi le ob aktivni povezavi.

Za potrebe nadzora delovanja ima vsak DEQ vgrajeno tudi »črno skrinjico«, ki spremlja in beleži vse dogodke, ki vplivajo na delovanje sistema. Krožni pomnilnik (FIFO) je dovolj velik, da si lahko zapomni dogodke za obdobje zadnjega pol leta.

Na podoben način je organiziran tudi pomnilnik za beleženje opozoril in alarmov. Vsak programski modul lahko generira opozorila in alarme v treh prioritetnih nivojih:

– »minor« – nižja
– »major« – višja
– »critical« – najvišja

Za varnost programskega dela je poskrbljeno tako, da sta v zunanjem (Flash) pomnilniku shranjena dva programa: glavni in rezervni. V kolikor bi prišlo do poškodbe glavnega programa (najbolj pogosto bi se to lahko teoretično zgodilo v procesu nadgradnje, čeprav dosedanja praksa kaže na izredno zanesljivost tega postopka), bi DEQ uporabil rezervni program, ki zagotavlja osnovni nabor funkcionalnosti, predvsem povezavo s strežnikom v oblaku in možnost ponovnega posodabljanja na daljavo.

III. RAZVOJNI POTENCIALI DIALOGA EQ IN PAMETNIH OMREŽIJ V ZGRADBAH

Zgradbe so v naši družbi pomembne z več različnih vidikov. Med najbolj pomembne vsekakor sodita dejstvi, da so zgradbe eden večjih porabnikov energije in da se v njih zadržujemo večino našega življenja (kot bivalni ali službeni prostor). V skladu z načeli trajnostnega razvoja si zato prvo dejstvo zasluži še posebno pozornost – poraba energije je namreč eden od najbolj pomembnih vplivov človeka na okolje v sedanjosti in še posebej prihodnosti. Poleg raziskav in razvoja obnovljivih virov imamo še veliko rezerve prav v optimizaciji energetske porabe v zgradbah. Seveda moramo pri tem upoštevati dejstvo, da v zgradbah tudi živimo in je za to potrebno zagotavljati optimalne razmere. Seveda si vidika energetske porabe in zagotavljanja uporabnikovega udobja nekoliko nasprotujeta, vendar ju lahko vključimo kot glavna dejavnika v procesu optimizacije upravljanja zgradbe.

A. Učinkovito upravljanje zgradb s pomočjo modelov

Osnovni koncept optimalnega upravljanja zgradb, upoštevajoč oba zgoraj omenjena vidika, je dandanes dokaj enoten. Običajno je njegov glavni sestavni del t.i. termo dinamični model (TDM) samega delovanja zgradbe – ta omogoča napoved odziva zgradbe na različne zunanje in notranje dejavnike. Med najbolj izrazitimi zunanjimi dejavniki so npr. zunanja temperatura, osončenost, veter, ponekod tudi dinamične cene energentov in obnovljivi viri energije. Notranjih dejavnikov je tudi veliko in so morda celo težje predvidljivi vnaprej; to so npr. prisotnost uporabnikov, njihove zahteve in navade, njihovo število, notranji toplotni viri itd..

Za učinkovito upravljanje zgradbe zato potrebujemo model, ki nam pojasnjuje vpliv obeh vrst dejavnikov na dogajanje v zgradbi in kar je najbolj pomembno, da to z zadovoljivo natančnostjo lahko naredimo vnaprej – v obliki napovedi. Na tej osnovi lahko nato v procesu optimizacije določimo regulacijski postopek, ki bo zadovoljil omejitve in zahteve po čim manjši porabe energije in istočasno vplivu na okolje. Tovrstni način je danes najbolj razširjen in ga imenujemo »Modelsko napovedno upravljanje« zgradb (angl. MPC – Model Predictive Control). Ker je način sám bolj splošen, obstaja v številnih oblikah – pač upoštevaje razpoložljive podatke iz okolja in vire za njegovo implementacijo [1,2].

i. Osnovni model procesa ali naprave

Da bi ustvarili dober osnovni model, običajno potrebujemo veliko znanja o samem problemu, ki ga modeliramo. Seveda pa moramo model tudi prilagoditi dejanskim podatkom neke konkretne zgradbe. Pri tem lahko seveda izkoristimo samo posamezni komponenti ali pa obe skupaj. Glede na to ločimo 3 glavne skupine tovrstnih modelov, ki jih uporabimo pri upravljanju zgradb:

– MATEMATIČNO-FIZIKALNI MODELI (angl. »WHITE BOX«)
  Zgradbo modeliramo s pomočjo enačb, ki izražajo povezave in vpliv vhodnih dejavnikov na izhodne vrednosti modela. Tukaj je potrebno največ domenskega znanja in pogosto je tudi model dokaj kompleksen ter težko razumljiv nestrokovnjakom.
– HIBRIDNI MODELI (angl. »GRAY BOX«)
  Predstavljajo kombinacijo med matematično-fizikalnimi modeli in empiričnimi modeli. Tukaj je potrebno nekoliko manj domenskega znanja, običajno se oblikuje enostavnejši model (izraz), čigar neznani parametri se prilagodijo podatkom iz delujočega sistema.
– EMPIRIČNI MODELI (angl. »BLACK BOX«)
  Nimajo vnaprej določene strukture ali izraza in so prosto oblikovani glede na obstoječe podatke. Domensko znanje ni potrebno, je pa seveda pogosto njihovo delovanje težje razumeti oziroma razložiti. Običajno nas to ne moti in jih lahko učinkovito uporabljamo tudi brez te možnosti.

Več podrobnosti in primerjav med modeli se nahaja v [2,3].

ii. Uporaba osnovnega modela v zgradbah

Do sedaj smo omenjali le osnovni vidik uporabe omenjenega modela za učinkovito upravljanje zgradb, predvsem z vidika energetske porabe. Tovrstni modeli pa prinašajo še veliko širše potenciale za nadaljnji razvoj. Med najpomembnejšimi izpostavljamo naslednje :

– MODELIRANJE DELOVANJA ELEMENTARNIH PROCESOV IN NAPRAV V ZGRADBI
  Tvorimo lahko manjše modele, ki ponazarjajo delovanje elementarnih naprav in procesov v sistemu.
– DETEKCIJA NEPRAVILNOSTI V DELOVANJU NAPRAV IN PROCESOV
  Na osnovi razhajanja med napovedjo modela in dejanskimi razmerami lahko sklepamo tudi na nepravilnosti ali neučinkovitosti v delovanju sistema ali posameznih procesov.
– UČENJE IN PRILAGAJANJE MODELOV MED DELOVANJEM

Ena od bistvenih lastnosti vseh modelov mora biti tudi možnost prilagajanja dejanskim razmeram. V večini primerov namreč pride do razhajanja med t. i. učnim in testnim oziroma delovnim okoljem; temu se model mora znati prilagoditi, sicer je v praksi dokaj neuporaben.

– OPTIMIZACIJA REGULACIJSKIH POSTOPKOV NA OSNOVI NAPOVEDI MODELOV

V regulacijah si vedno prizadevamo naše akcije prilagoditi pričakovanemu rezultatu, ki pride šele čez nekaj časa. Zato je možnost napovedi pri tem zelo koristna.

B. Vloga pametnih omrežij pri upravljanju zgradb

Za učinkovito upravljanje zgradb potrebujemo čimbolj natančen model in čimbolj optimalen postopek regulacije. Da bi lahko oboje dosegli, potrebujemo tudi veliko podatkov o samemu delovanju sistema in obeh vrstah dejavnikov. Prav tako pa seveda moramo te podatke obdelati ter z njimi obogatiti naše modele in določati optimalne postopke regulacije. Vse to zahteva vzpostavitev senzorskega omrežja in razpoložljivost računalniških virov za vse potrebne analize in izračune.

Za dobro delovanje modela potrebujemo čimbolj natančne podatke iz okolja. V večini primerov so njihovi viri kar sami regulatorji in krmilniki posameznih procesov na nižjih nivojih. Pri njih je samo potrebno zagotoviti dvosmerno komunikacijo z višjimi nivoji sistema upravljanja z zgradbo. Pametna omrežja omogočajo tudi poljubno porazdelitev računskih virov – modeli se lahko izračunavajo na oddaljeni ali bližnji lokaciji, pomembna je le povezava. Na ta način lahko zgradbe vključimo tudi v širši kontekst pametnih mest [4].

DIALOG EQ je sodobno zasnovan mikrokrmilniški sistem, ki omogoča implementacijo vseh opisanih optimalnih strategij za učinkovito upravljanje zgradb. V prvi vrsti prenaša podatke o svojem delovanju (seveda le ob uporabnikovi privolitvi) na strežnik. Zaenkrat se ti podatki shranjujejo v podatkovno bazo. V naslednjem razvojnem ciklusu pa načrtujemo tudi obdelavo teh podatkov, predvsem v smeri oblikovanja modelov za delovanje posameznih zgradb v celoti ali pa posameznih procesov oziroma naprav v zgradbah.

C. Primer uporabe modela EFuNN za ogrevanje sanitarne vode

Za ilustracijo naših načrtov povzemamo izbran primer iz preliminarnih raziskav z izbranim »črno-sivim« modelom EFuNN, temelječem na nevronskih mrežah in uporabi mehke logike [5]. Več podrobnosti o teh raziskavah se nahaja v [6].

Modelirali smo grelnik sanitarne vode. Na ohlajanje vode vplivata temperatura njegove okolice (»temperatura okolja«) in poraba tople vode. Na temperaturo vode vpliva tudi proces ogrevanja. Vsi našteti dejavniki predstavljajo vhodne podatke modela (vsi, razen zadnjega, so ob času t):

– temperatura okolja (v stopinjah Celzija)
– ogrevanje vode (1-gretje, 0-neaktivno)
– poraba tople vode (1-poraba, 0-neaktivno)
– trenutna temperatura sanitarne vode (v stopinjah Celzija)
– »prejšnja« temperatura sanitarne vode v času t–1 (v stopinjah Celzija)

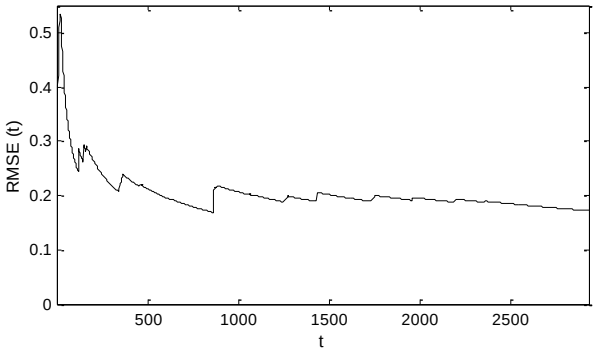
Izhod modela napoveduje temperaturo vode v naslednjem časovnem trenutku t+1. Srednja kvadratna napaka te napovedi je prikazana na sliki 4. Časovni trenutki (t) so enakomerno razporejeni po diskretni časovni osi s presledkom 100 sekund in oštevilčeni z zaporednimi številkami. Model se je učil med delovanjem, zato je v začetnem delu prikaza vidna večja napaka, ki se potem med delovanjem vztrajno manjša.

IV. ZAKLJUČEK

Z opisanim sistemom DIALOG EQ zaključujemo začetni razvojni ciklus. V članku smo predstavili glavne razvojne potenciale najprej v splošnejšem, potem pa tudi bolj konkretnem smislu razvoja našega sistema v prihodnosti. Pri tem delu bomo še naprej iskali stične točke med zgradbami in pametnimi omrežji – še posebej bodo za nas zanimivi morebitni sinergični učinki obeh konceptov.

Aplikacijsko nas bodo v prihodnosti predvsem zanimala področja uporabniških storitev, kot so vizualizacija delovanja, nastavitve uporabniških parametrov, analize učinkovitosti sistemov itd..

Raziskovalno pa nas bodo še posebej zanimala področja termodinamičnega modela zgradbe in optimizacije postopkov upravljanja zgradb, avtomatskega učenja iz podatkov, detekcije nepravilnosti v delovanju ipd.



Slika 4: Potek srednje kvadratne napake (RMSE) napovedi temperature sanitarne vode EFuNN modela grelnika sanitarne vode

LITERATURA

[1] R. Kwadzogah, M. Zhou and S. Li, "Model predictive control for HVAC systems — A review," *2013 IEEE International Conference on Automation Science and Engineering (CASE)*, Madison, WI, 2013, pp. 442-447.

[2] Siddhartha Ghosh, Steve Reece, Alex Rogers, Stephen Roberts, Areej Malibari, and Nicholas R. Jennings. 2015. Modeling the Thermal Dynamics of Buildings: A Latent-Force- Model-Based Approach. *ACM Trans. Intell. Syst. Technol.* 6, 1, Article 7 (March 2015)

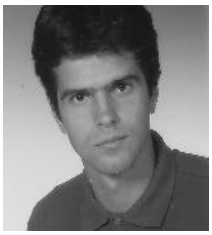
[3] Z. Yu, L. Jia, M. C. Murphy-Hoye, A. Pratt and L. Tong, "Modeling and Stochastic Control for Home Energy Management," in *IEEE Transactions on Smart Grid*, vol. 4, no. 4, pp. 2244-2255, Dec. 2013.

[4] ROZMAN, Robert. Pametna zgradba : osnovni gradnik pametnega mesta, Osemindvajseta delavnica o telekomunikacijah, *Pametna mesta : zbornik referatov*, Elektrotehniška zveza Slovenije, 2012

[5] N.Kasabov, Evolving Connectionist Systems for On-line, Knowledge-based Learning: Principles and Applications, Technical Report TR99/02, Department of Information Science, University of Otago, 1999

[6] ROZMAN, Robert, ŠTRANCAR, Andrej, ŠONC, Damjan. Uporaba prilagodljivih mehkih nevronskih mrež v inteligentnih okoljih. V: ZAJC, Baldomir (ur.), TROST, Andrej (ur.). *Zbornik Osemnajste mednarodne elektrotehniške in računalniške konference - ERK 2009*.

Igor Godec je lastnik in tehnični vodja podjetja PROF.EL, d.o.o. Že več kot dve desetletji se ukvarja z raziskavami in razvojem termo-regulatorjev, njihovimi prijaznimi uporabniškimi vmesniki in aplikacijami v realnih okoljih.



Robert Rozman je višji predavatelj na Fakulteti za računalništvo in informatiko, Univerza v Ljubljani. Ukvarja se s področji digitalnega procesiranja (govornih) signalov, arhitekturo računalnikov, senzorskimi omrežji in pametnimi zgradbami.

Vgrajeni SIM, kot privzeta izbira za identificiranje mobilnih naprav IoT

Simeon Lisec, Telekom Slovenije, Ljubljana

Povzetek — Ta članek opisuje kako se lahko pouporabi tehnologijo SIM za omrežja interneta stvari. Kartica UICC, bolj poznana pod imenom kartica SIM, je dobila novo obliko »vgrajeni SIM« zaradi zahtev, ki jih prinaša mobilni internet stvari. Vgrajeni modul SIM v napravo prinaša številne prednosti industriji IoT, kot so npr. reševanje problemov zaradi prevelike vlage, tresljajev in prahu, odpravlja problem vodotesnosti ipd. Pomembnejša funkcionalnost je tudi daljinsko reprogramiranje modulov SIM, le ta pa močno pospešuje transformacijo poslovnih modelov celotnega mobilnega IoT-ekosistema, od mobilnih operaterjev, proizvajalcev modulov in kartic SIM ter proizvajalcev naprav in aplikacij IoT. V naslednjih letih je pričakovati obilo sprememb v ekosistemih IoT, ki jih prinaša »embedded SIM« v vseh svojih različnih izvedbah. Apple SIM in Samsung SoftSIM sta le vmesna projekta, vmesna faza do enotnega globalnega standarda interoperabilnosti na področju eSIM-a. Telekom Slovenije, kot vodilni slovenski operater mobilnih storitev, namerava do konca leta podpreti standardno rešitev eSIM-a ne le za industrijske potrebe, temveč tudi za področje zabavne elektronike.

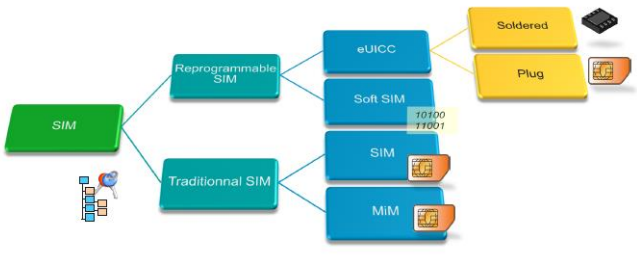
Ključne besede — SIM, eSIM, UICC, eUICC, GSMA, IoT, SoftSIM, AppleSIM, OTA, IMSI, SM.

Abstract — This article explains how can SIM technology be used for future internet networks and internet of things. UICC card widely known as SIM card is now available also as embedded technology. Embedded SIM modul can boost IoT industry because of benefits solving problems related with humidity, temperature range, dust, watering, etc. One of key advantages is remote programibillity of SIM moduls which influence existing business models and enables the transformation of mobile operators into IoT operators. We can expect a significant shift of strategies of mobile operators and its eSIM ecosystems towards playing more important role in the networks for Internet of things.

Keywords — SIM, eSIM, UICC, eUICC, GSMA, IoT, SoftSIM, AppleSIM, OTA, IMSI, SM

I. UVOD

V tem prispevku bom poskušal povzeti kaj nam eUICC, v nadaljevanju eSIM tehnologija danes že omogoča, katere probleme fizičnih SIM kartic odpravlja in kakšni so trendi v mobilni industriji glede identifikacije naprave, identifikacije uporabnika in varnostnih elementov. eSIM ima različne oblike in izhaja iz različnih okolij. Oznaka »e« pred imenom SIM ne pomeni »electronic« temveč »embedded«, to pa je tudi najpogostejša napaka pri razumevanju eSIM-a.



Slika 1: Različne izvedenke modulov SIM.

Članek ponuja arhitekturni vidik za daljinsko programiranje SIM modulov preko vseh mogočih trgov. Ključen pri vsem je mehanizem za daljinsko programiranje naprav s potrebnimi atributi za dostop do mobilnih omrežij ne glede na namen uporabe, ne glede na poslovni model in neglede na vsebino oz. storitev, ki jo naprava omogoča. V mobilnih tehnologijah in omrežjih se pogosto uporablja kratica m2m (machine to machine), v internetnem svetu pa kratica IoT (internet of things). V obeh primerih gre za povezovanje naprav v omrežje, le da je IoT zelo pogosto zasnovan s pomanjkljivimi varnostnimi mehanizmi za preprečevanje zlorab. eSIM je standardizirana rešitev, ki zagotavlja ustrezne varnostne mehanizme tudi za naprave, ki nimajo mobilnega vmesnika, znajo pa se povezati v internet preko drugih tehnoloških rešitev. Naprave, ki imajo podporo za eSIM se danes uporabljajo v dveh različnih izvedenkah, z vgrajenim operaterskim profilom v eSIM modulu ali le z t.i. bootstrap modulom, ki nima zapisanega operaterskega profila. V praksi se uporabljata obe izvedbi, katero se uporabi je odvisno bodisi od poslovnega modela, bodisi od uporabnosti naprave same.

II. IZHODIŠČA

Za boljše razumevanje izhodišč si poglejmo osnovne principe, ki so vodili k standardizirani verziji arhitekture eSIM. Govorimo o dveh različnih področjih, o osnovnih izhodiščih in o izhodiščih za upravljanje s profili.

Za pripravo standardizirane verzije so se uporabili naslednji osnovni principi:

1. Uporaba obstoječih standardov, ko je le to mogoče,
2. Specifikacije za GlobalnoPlatformo naj bodo izhodišča za implementacijske načrte,
3. Varnostni mehanizmi naj bodo vsaj na enakem nivoju kot so v uporabi za tradicionalni SIM,
4. Arhitektura eSIM-a in daljinskega upravljaljskega sistema naj bo skladna z zahtevami standarda 3GPP TS 21.133.
5. Arhitektura naj podpira enako zaščito operaterskih podatkov, predvsem za
    a. Zagotavljanje pristnosti kodirnih ključev in avtentikacijskih parametrov,
    b. Integritete uporabniških identitet (npr. IMSI).
6. Arhitektura naj podpira vsaj takšen nivo varovanja profilov, kot je danes v uporabi za obstoječe SIM module,

7. Arhitektura ne sme ogrožati varnosti in zasebnosti uporabniških podatkov,
8. Regulacija ni upoštevana v pripravi standardizacijskih dokumentov.

Poleg osnovnih principov so se upoštevali tudi principi ravnanja z profili:

1. Profili so last izdajatelja profila (Issuing operator),
2. Profil ne sme obstajati izven eSIM modula, vedno morajo biti locirani v točno določenem eSIM-u,
3. Profil mora biti unikaten,
4. Aktiviran profil v kombinaciji z eSIMom mora znati izvajati vse logične operacije SIM-a,
5. Aktiviranega profila se ne da pobrisati.

III. VLOGE

V arhitekturnem sistemu imajo naslednji deležniki različne vloge. Deležniki v eSIM arhitekturi so proizvajalec eSIM kartic, proizvajalec naprav, operater in ponudnik storitev, uporabnik in izdajatelj certifikatov.

Vloge proizvajalca eUICC modulov so:

- Odgovornost za zaščito prve konfiguracije in varnostne arhitekture eSIM-a,
- Za dobavo eSIMov ostalim deležnikom, npr. proizvajalcu naprav,
- Pomembnejše produkte in procese proizvajalca eSIM modulov certificira GSMA,
- Mora izdati certifikat, ki dokazuje eUICC avtentikacijo in certifikacijo ostalim deležnikom in avtenticirati set ključev med SM-DP+ (subscription manager-data profile) napravo in eUICC modulom
- Zanesljiv mora biti komunikacijski kanal in shramba za EUM in Root certifikate.

Vlogi proizvajalca naprav sta:

- Odgovornost za implementacijo LPA elementov v napravi v skladu z standardizacijo,
- Odgovornost za implementacijo aplikacije na daljinski napravi s primernim uporabniškim vmesnikom (companion device).

Vloge operaterja in ponudnika storitev so:

- Operater mora imeti dostop do SM-DP,
- V primeru, da uporabnik izbere ponudnika storitev mora le ta pričeti postopek upravljanja s profilom,
- Operater, tudi v imenu ponudnika storitve, specificira karakteristiko profilov in aplikacij, ki jih je potrebno omogočiti na daljavo,
- Operaterji naj bi uporabili OTA platforme za upravljanje vsebine aktivnih profilov v eSIM-u,
- Uporabnik ima lahko razmerje s katerokoli številko izbranega operaterja.

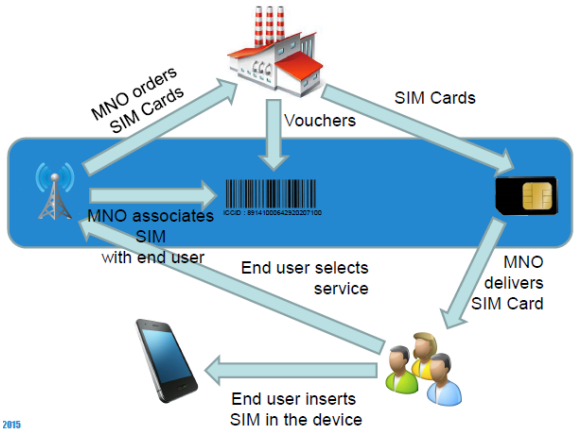
Končni uporabnik skrbi za:

- Razmerje z izbranim ponudnikom storitve oz. mobilnim operaterjem,
- Je fizična ali pravna oseba, ki uporablja napravo in storitve, ki jih naprava omogoča,
- Obstajati mora način, da končni uporabnik pridobi EID (eSIM ID).

Vlogi izdajatelja certifikatov sta naslednji:

- Izda certifikat za daljinsko upravljanje in se obnaša kot zaupanja vreden zunanji partner,
- Komunicira z SM-DP napravo in EUM (proizvajalec eSIM) s pomočjo varnih vmesnikov, ki niso del specifikacije eSIM arhitekture.

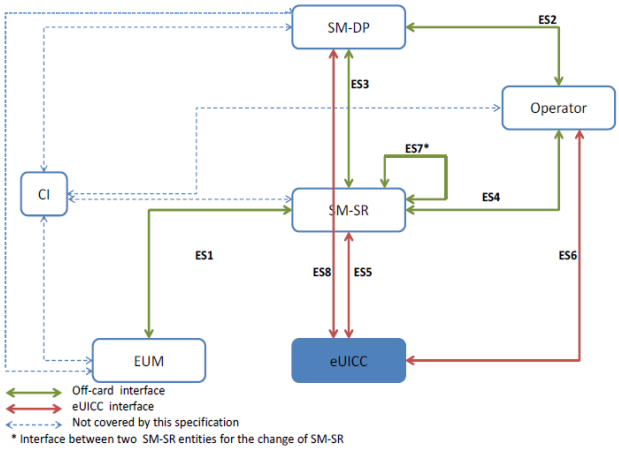
Na sliki 2 je prikazan standardizirani proces aktivacije naprave z eSIM modulom, ki ponazori vloge, ki jih imajo deležniki v ekosistemu.



Slika 2: Standardiziran registracijski proces mobilnih operaterjev.

IV. ARHITEKTURA

Arhitektura za eSIM se definira v krovni organizaciji GSMA, ki združuje operaterje in proizvajalce mobilnih tehnologij. Arhitektura, ki je orisana na sliki 3, vpeljuje v omrežne elemente novo entiteto, ki jo imenujemo SM-subscription manager. SM ima dve ključni nalogi, ki sta na sliki prikazani kot ločeni funkcionalni enoti, del ki je namenjen usmerjanju (SR-session routing) in del, ki je namenjen upravljanju z naročniškimi profili (DP- data preparation). Zelo na splošno lahko rečemo, da je SM element, ki skrbi za življenjski cikel naročniških profilov.



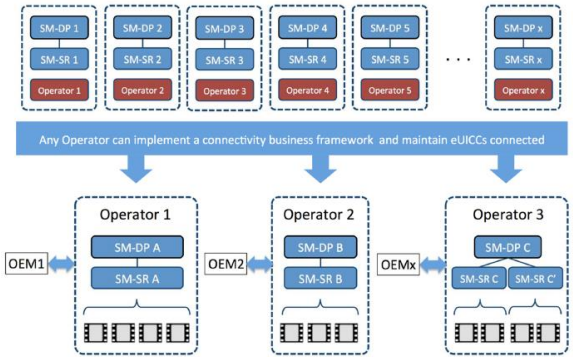
Slika 3: procesna arhitektura za eSIM.

Pri definiranju standardov GSMA posveča posebno pozornost interoperabilnosti. Interoperabilnost na tem področju pomeni dvoje:

1. upravljanje z eSIM moduli različnih proizvajalcev z enotnega mesta (SM),
2. interoperabilnost upravljalskih mest (SM) različnih proizvajalcev.

Za boljšo predstavo si poglejmo primer predstavljen na sliki 4. Za končne uporabnike in ponudnike storitev je najpomembnejša funkcionalnost eSIMa kompatibilnost z ekosistemom SMja. Da dosežemo kompatibilnost pa moramo zagotoviti dvoje:

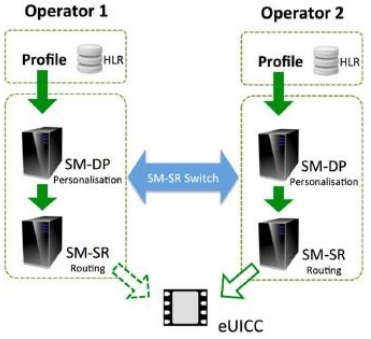
1. Zamenjava SM,



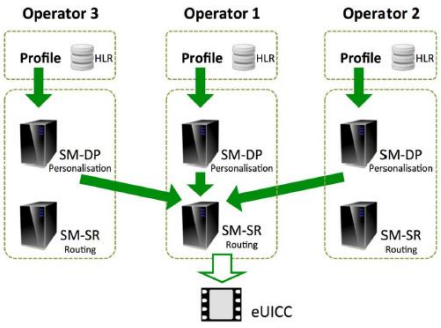
Slika 4: Interoperabilnost SM elementov.

2. Interoperabilnost med različnimi profili ne enem eSIM modulu.

Na sliki 5 je prikazan diagram zamenjave SM-SR (routing) elementa za posamezno eSIM kartico, na sliki 6 pa diagram interoperabilnosti naročniških profilov, ki se zapisujejo na eSIM kartice.



Slika 5: Zamenjava elementa SM_SR.



Slika 6: interoperabilnost naročniških profilov.

Za upravljanje s celotnim življenjskim ciklom eSIM-a poznamo tri različne modele, model enega ponudnika, model t.i. »bootstrap« ponudnika in model orkestriranja operaterjev. Vsi modeli se pojavljajo v praksi, izbira posameznega modela pa je v glavni meri pogojena z namenom uporabe eSIM modulov in geografskem pokritju.

V. ZAKLJUČEK

eSIM je evolucija tradicionalnih SIM kartic, ki se je začela z uporabo v t.i. m2m poslovnih modelih, nadaljuje pa se z uporabo v zabavni elektroniki. Uporabnost eSIM tehnologije z daljinskim reprogramiranjem profilov na eSIM napravah rešuje probleme identifikacije, avtentikacije in avtorizacije različnih naprav v različnih omrežjih. Zelo poenostavljeno je upravljanje s profili v eSIM napravah, z zamenjavami operaterjev omrežij in z reševanjem varnostnih problemov, ki jim danes v tehnologijah interneta svari ne posvečamo dovolj pozornosti.

Z uporabo eSIM v napravah interneta stvari končni uporabnik dobi glavno vlogo v ekosistemu. Končni uporabnik, bodisi fizična ali pravna oseba, lokalna skupnost ali celo država, dobi v roke moč odločanja kako, kaj in kdaj bodo njegove naprave komunicirale z omrežjem.

LITERATURA

[1] GSMA Embedded SIM Remote Provisioning Architecture, http://www.gsma.com/connectedliving/wp-content/uploads/2014/01/1.-GSMA-Embedded-SIM-Remote-Provisioning-Architecture-Version-1.1.pdf
[2] GSMA Embedded SIM Specification, http://www.gsma.com/connectedliving/wp-content/uploads/2014/10/Embedded-SIM-Toolkit-Oct-14-updated1.pdf http://www.homegatewayinitiative.org
[3] http://www.gemalto.com/mobile/networks/on-demand-connectivity
[4] http://www.oberthur.com/use-cases/simplify-connectivity/
[5] https://www.gi-de.com/en/products_and_solutions/solutions/esim_management/esim_management_1.jsp

Simeon Lisec is an expert at Telekom Slovenije d.d. He has more than 20 years of working experience in information and communication technologies area. During his rich experience working in different business areas his area of expertise include R&D skills, project management, technical presales, marketing and business development. In previous years his work was heavily related with adoption and implementation of IPv6 protocol. He was also leading IPv6 working group in Home gateway Initiative. He's a member at advisory board at ISOC and a member of expert council of go6.si institute and a chair of working group. He's latest work and challenges are related to shaping the strategy in other branches such as Energy with e-mobility, transportation and mobile simplification.

Air Interface Testing of Wireless Devices

Arno Holl, Rohde & Schwarz, Austria

Abstract — This article explains test solutions for all modern cellular and non-cellular standards.

Keywords — radio communication tester, signalling, base station emulation

I. INTRODUCTION

The R&S®CMW wideband radio communication tester offers universal, efficient test solutions for all modern cellular and non-cellular standards. The R&S®CMW is the world's most widely used T&M platform for development, production and service. It meets all of the requirements for a state-of-the art wireless communication tester. The R&S®CMW can also emulate network operation under realistic conditions for protocol and RF tests.

Different applications place different demands on testers. Development requires the simulation of networks with standardized cellular and non-cellular call processing sequences. Production requires short test times and high precision.

II. REALISTIC TEST CONDITIONS FOR MODULE DEVELOPMENT AND INTEGRATION

When developing wireless devices, it is essential to test the communications interface under realistic network conditions. The R&S®CMW emulates the base station for all technologies required to test these devices.

Table 1: Use of the R&S CMW platform for wireless technologies

Use of the R&S®CMW platform for wireless technologies						
Technology	**RF generator**	**RF analyzer**	**Network emulation**	**Protocol testing**	**End-to-end application testing**	**Fading support**
Cellular technologies						
LTE-A	•	•	•	•	•	•
WCDMA/HSPA+	•	•	•	•	•	•
GSM/GPRS/EGPRS	•	•	•	•	•	•
CDMA2000® 1xRTT, CDMA2000® 1xEV-DO	•	•	•	• (inter-RAT LTE)	•	•
TD-SCDMA	•	•	•	• (conformance tests)	•	•
Non-cellular technologies						
WLAN IEEE 802.11 a/b/g/n	•	•	•	• (offloading use cases)	•	
WLAN IEEE 802.11 p/ac	•	•				
Bluetooth® (BR/EDR/LE)	•	•	• (LE in direct test mode)			
IEEE 802.15.4 (ZigBee)	•	•				
Z-wave	•	•				
Broadcast technologies						
GNSS (GPS, Glonass, Beidou)	•					
DVB-T	•					
T-DMB	•					
CMMB	•					

The radio access network and the core network are implemented for each technology to be tested. The R&S®CMW handles all protocol layers – from the physical layer to the application itself. Signaling messages are dynamically created at runtime and are adapted to the DUT's requirements as needed.

The R&S®CMW can be configured down to the smallest detail, enabling users to define scenarios and achieve reproducible results. RF parameters as well as the signalling protocols themselves are tested for compliance with the specification. Multiple communications standards can be run at once to simulate handover scenarios and interference situations.

Picture 1: Wideband radio communication tester

III. R&S®CMW PLATFORM – THE PERFECT MEASUREMENT SOLUTION FOR IOT APPLICATIONS

The growing IoT markets need to test and analyze cellular and non-cellular standards. The challenge is providing this capability in a simple setup with only one connection.

The R&S®CMW platform offers a unique combination of cellular and non-cellular network emulations. Users can effectively implement a wide variety of measurement tasks with a single investment in equipment, training and adaptation costs.

The R&S®CMW can be used to test handover within a technology or between technologies. Separate LTE and WLAN signalling allows detailed analysis of LTE WLAN traffic offload. A simple setup suffices for all phases – from protocol development to functional testing.

The increasing number of standards in a mobile device can be a cause of poor transmission quality. The R&S®CMW can also solve this problem. The in-device coexistence test analyzes mutual interference and desensitization between the standards.

Arno Holl is employed at Rohde & Schwarz Österreich GmbH in Vienna as Application Engineer for test and measurements.

Precision Time Protocol in Communication Networks

Sylvestre Kiss, Oscilloquartz, Neuchatel, Switzerland

Abstract —This article describes Precision Time Protocol (PTP) – distribution of synchronization over packet-switched communication networks and its applications.

Keywords — synchronization, PTP, boundary clock (BC), end-to-end transparent clock (E2E TC), Peer-to-peer Transparent Clock (P2P TC), PTP profiles

Povzetek — Ta članek opisuje distribucijo PTP sinhronizacije v paketnih omrežjih in njegovo uporabo.

Ključne besede — sinhronizacija, PTP, BC, E2E TC, P2P TC, PTP pr0fili

I. WHY PTP?

This presentation is about the new Precision Time Protocol (PTP), also known by the name of the corresponding standard, IEEE 1588™. PTP is used for distributing synchronization over packet-switched communication networks. This has become an important technology because of the recent move in telecommunications from traditional Time Division Multiplexed (TDM) networks to packet-switched networks (remark: in this document we often use the term 'packet switching' to designate both L3 packet routing and L2 frame switching). In TDM networks the transfer of synchronization was a natural function of the physical layer of a traffic signal. With the introduction of packet-switched networks new protocol-based synchronization techniques were introduced because of the essentially asynchronous nature of packet switching. PTP is the result of a standardization effort which was initially done for industrial automation and measurement instrumentation. With the second version of the standard, known as IEEE 1588- 2008™, this technology became available for other application spaces, including telecommunications. PTP is now being used in cases where synchronous network elements (such as base stations and Nodes B) are connected to the rest of the network via a packet switched network. PTP replaces the traditional TDM-based synchronization distribution using E1, T1, STM-n, or OC-n signals. At the same time PTP extends the synchronization capabilities: while traditional synchronization technologies distributed just a common frequency, PTP is now capable of distributing common frequency, common phase-alignment, and even common time-of-day (TOD).

II. WHAT IS PTP?

This section explains in simple terms what PTP is and how it works.

In a packet-switched network environment, information is transferred in the form of packets or frames (remark: in this document we use often the term 'packet' to designate both L3 packets and L2 frames); each packet of a packet flow traverses the network (i.e. is switched/routed and transmitted) independently of the other packets of that flow. In the case of synchronization transfer, a master clock and a slave clock exchange information in both directions.

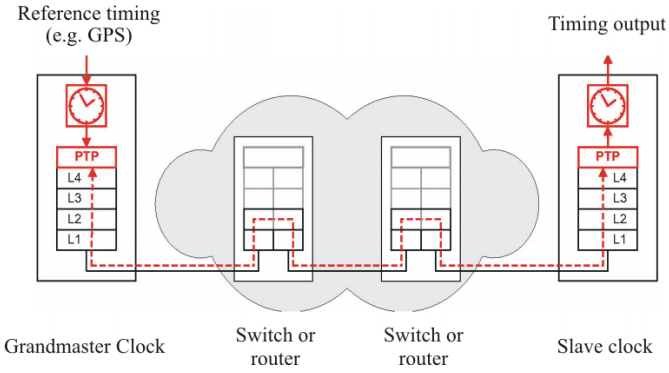


Figure 1: Basic PTP network architecture

The basic architecture is shown in Figure 1. The figure shows the two end systems, i.e. the PTP Grandmaster Clock and the PTP Slave Clock. On their way through the network the packets traverse transmission links (cables, microwave links, etc.) and switching respectively routing network elements. The figure also shows the protocol stacks inside the end systems and the network elements. This is to remind that the PTP protocol uses messages which are assembled and parsed in a layered fashion according the famous OSI principles (Open Systems Interconnection, see [9]).

In the end systems, the PTP protocol layer sits on top of layer 4 (the so-called Transport Layer). In the case of telecom applications, the layer 4 protocol is actually UDP (User Datagram Protocol), whereas the layer 3 protocol is IPv4. There are various mappings for the lower layers, the most popular being the various Ethernet stacks. There exists a number of other protocol mappings adapted to a wide variety of application domains (e.g. PTP over field bus protocols for industrial automation, etc.).

Figure 2 shows the basic message exchange sequence. It consists of the following four message types: SYNC, FOLLOW-UP, DELAY_REQUEST, and DELAY_RESPONSE. This sequence is repeated at a certain rate (typically in the range of 8 per second to 64 per second).

The FOLLOW_UP message is actually optional[1]. The critical packets in this sequence are the SYNC and the DELAY_REQUEST packets. The master and the slave measure transmit and receive times of these packets with nanosecond resolution.

The timestamps[2] generated by the master are sent to the slave as data field in the SYNC (or FOLLOW_UP) and the DELAY_RESPONSE messages. Based on the four timestamps, the slave is then able to calculate and correct the time-offset which existed between the slave's and the master's time scales:

$$q = \frac{(T_2 - T_1) - (T_4 - T_3)}{2}$$

where

θ = time offset between slave's and master's time scales

T_1 = transmit time of SYNC message

T_2 = receive time of SYNC message

T_3 = transmit time of DELAY_REQUEST message

T_4 = receive time of DELAY_REQUEST message

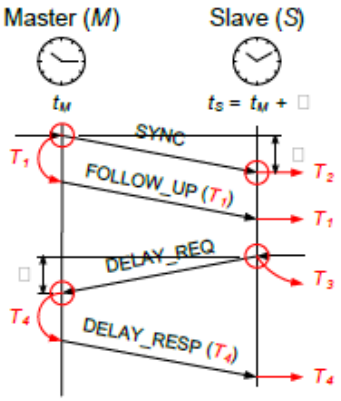


Figure 2: Basic PTP message exchange

This way of transferring time is called 'Two-Way Time Transfer' or 'TWTT'. Once the slave has aligned its own time to that of the master, the slave derives time-of-day signals (e.g. IRIG-B), phase signals (e.g. 1PPS) and frequency signals (e.g. 10 MHz) from it.

A PTP master runs either a so-called 'PTP time scale' or a so-called 'arbitrary or ARB time scale'. The PTP time scale is related to the internationally defined time1. The ARB time scale, while running at the rate of the SI second, has its epoch set arbitrarily. The PTP time scale is used whenever phase or time-of-day synchronization is the objective. The ARB time scale may be used when frequency synchronization is all that is required.

Figure 1 shows switches or routers as network elements on the path between the master and the slave. It is possible to run PTP flows over 'standard' Ethernet switches, 'standard' IP routers, or 'standard' MPLS Label Switched Routers. By 'standard' it is meant that these network elements do not feature any specific PTP functionality; they simply forward PTP packets without modifying them.

The other possibility is to use network elements with specific PTP functions. The IEEE 1588TM standard defines three types of PTP functions for network nodes: 1) Boundary Clock, 2) End-to-end Transparent Clock, and 3) Peer-to-peer Transparent Clock. Let us briefly present these three functions. The presence or absence of such functions in the network has an impact on synchronization performance.

A. *Boundary Clock*

A Boundary Clock (BC) terminates the upstream PTP connection and initiates a downstream PTP connection. The BC is synchronized to an upstream PTP master or master port (the BC's ingress port acts as a slave), and in turn acts as master to downstream slaves and slave ports. In a case where all network elements on the path are BCs, we are in the presence of a chain of clocks interconnected by individual PTP connections, one connection per hop, where each clock of the chain is slave of its predecessor and master to its successor. Note that only the main message flows (those depicted in Figure 2) are segmented into separate hop-by-hop connections. There are other PTP message types such as the ANNOUNCE messages discussed further down which traverse the BC and are terminated in the PTP clock of the end system.

B. *End-to-end Transparent Clock*

An End-to-end Transparent Clock (E2E-TC) forwards PTP messages, but modifies SYNC, FOLLOW_UP2 and DELAY_RESPONSE messages as they traverse the network element. The E2E-TC actually measures the residence times of the SYNC and DELAY_REQUEST messages, i.e. the time between their entering and their leaving the network element. The measured residence time of a SYNC message is added into a data field of the SYNC or the FOLLOW_UP message. This data field is called 'Correction Field'3. The residence time of a DELAY_REQUEST message is added into the Correction Field of the corresponding DELAY_RESPONSE message. Since all E2E-TCs on the path add their residence times into the Correction Field of the SYNC respectively the DELAY_RESPONSE message, the Correction Field ends up containing the sum of all the residence times that a SYNC respectively DELAY_REQUEST message has encountered on its way through all E2E-TC network elements on the path. The PTP slave uses this information in order to apply corrections to the calculation of the offset between the slave's and the master's time.

C. *Peer-to-peer Transparent Clock*

The Peer-to-peer Transparent Clock (P2P-TC) resembles the E2E-TC. SYNC and possibly FOLLOW_UP messages traverse the clock (they are not terminated by it). The Correction Fields of the SYNC or the FOLLOW_UP messages are modified. The difference with the E2E-TC lies in the fact that the P2P-TC adds to the Correction Field the sum of the residence time and the upstream link delay (whereas the E2E-TC only adds the residence time). The upstream link delay is the estimated packet propagation delay between the neighbour P2P-TC upstream and the P2P-TC under consideration. Here again, the Correction Field of the message arriving at the slave contains the sum of all link

[1] There are two modes of operation in PTP: 'one-step' and 'two-step'. In one-step mode the SYNC message contains (as a data field) the timestamp T1 corresponding to the transmit time of the message (the timestamp is inserted at the very last moment just before the message leaves the clock as a packet or frame). In two-step mode the timestamp is inserted in the FOLLOW_UP message.

[2] The PTP time data fields contain timestamps related to TAI ; a separate data field contains the leap seconds. UTC time can be obtained by calculating UTC = TAI - leap second

delays and all residence times, which actually is equal (at least in theory) to the total end-to-end delay (from master to slave) experienced by the SYNC packet. Again, like in the case of the E2E-TC, the slave uses this information when determining the offset between the slave's and the master's time.

The measurement of the upstream link delay is done with another Two-Way Time Transfer process which takes places between the P2P-TC under consideration and the neighbour P2P-TC upstream (or the Grandmaster clock in the case of the first hop). This process makes use of a pair of messages called 'PDELAY_REQ and PDELAY_RESP (in the case of two-step mode there is also a PDELAY_RESP.FOLLOW_UP), which are repeated periodically.

The message exchange is shown in Figure 3 (the figure actually shows the two-step case1, in the one-step case the FOLLOW_UP message is missing). The transmit times (T_1, T_3) and the receive times (T_2, T_4) of these packets are measured and the peer-to-peer link delay is calculated and then added to the Correction Field as mentioned above. The link delay is calculated using the following well-known formula:

$$d = \frac{(T_2 - T_1) - (T_4 - T_3)}{2}$$

where
δ = peer-to-peer link delay
T_1 = transmit time of PDELAY_REQ message
T_2 = receive time of PDELAY_REQ message
T_3 = transmit time of PDELAY_RESP message
T_4 = receive time of PDELAY_RESP message

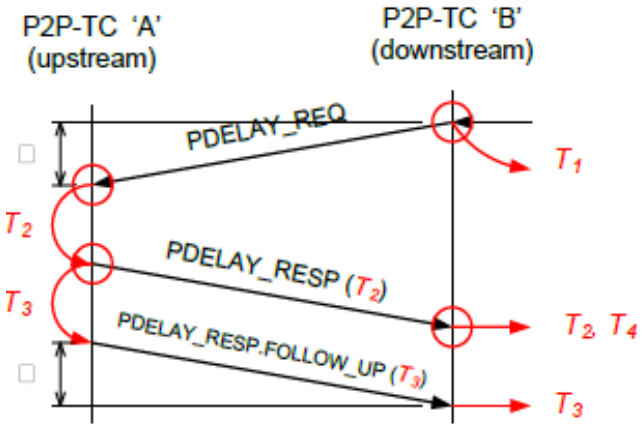


Figure 3: Peer-to-peer message exchange

Comment: The two formulae for θ and δ given in this section are based on the assumption that the packet delays in both directions are the same. Any asymmetry in the delays (delay in one direction is different from delay in the other direction) cause an error in the estimation of θ and δ. This in turn affects synchronization performance.

Best Master Clock Algorithm

IEEE 1588™ is more than just a protocol for transferring frequency, phase and time-of-day from one clock to another, as described above. IEEE 1588TM also contains mechanisms for the automatic ordering of a set of PTP clocks (i.e. a set of clocks communicating with each other using the PTP protocol). This mechanism is based on two elements, 1) a way of exchanging identity information between PTP clocks, and 2) a mechanism for ordering the set of clocks into a master-slave structure based on the exchanged information. The exchange of information about identity and properties (e.g. accuracy) between all participating PTP clocks is done via a special message called 'ANNOUNCE'. Once all clocks know each other's identities and properties, each clock runs a special algorithm called 'Best Master Clock Algorithm (BMCA)'. The BMCA decides which of the clocks is the Grandmaster and determines the states (master, slave, passive) of its own ports. IEEE 1588TM specifies a default BMCA. However, IEEE 1588TM also permits standards organizations to specify alternate BMCAs. Such an alternate BMCA is then described in the relevant PTP Profile (see section 4).

III. PTP PROFILES

The IEEE 1588TM standard provides many optional features (e.g. unicast delivery) and many configurable parameters (e.g. message rate), which taken together allow PTP to be optimized for a specific application and network context. This flexibility of the IEEE 1588TM standard is the reason why PTP is used in so many different application spaces, including telecommunications. The set of options, together with the ranges and default values of configurable attributes adopted for a specific application form what is called a 'PTP Profile'. A PTP Profile may also contain the definition of an alternate BMCA (see previous section). The purpose of defining PTP Profiles is to assure interworking between clocks and required performance level for a specific application and a specific network context. PTP Profile documents are typically defined and published by standards organizations (after review by the IEEE).

In the field of telecommunications, PTP profiles are defined and published mainly by the ITU-T and by IETF. The first of a series of upcoming profiles is contained in ITU-T Recommendation G.8265.1: "ITU-T PTP profile for frequency distribution without timing support from the network" (see [8]). As the title indicates, this profile is targeted towards frequency synchronization. This is required for operating GSM base stations, UMTS Node Bs, WiMax-FDD base stations, etc. The profile is optimized for networks which do not contain any BC, E2E-TC or P2P-TC (this is what the term "without timing support from the network" in the title of the profile document means). ITU-T is also working on other profiles for other applications cases, e.g. for cases where phase delivery is required. IETF is presently considering the development of a PTP profile for MPLS and MPLS-TP networks (see [10]).

In the field of electric power systems two IEEE standards working groups called IEEE-PSRC (for Power Systems Relaying Committee) and IEEE-SUB (for Substation Committee) are working on a PTP Profile for their specific needs. This is being done in close cooperation with another standards body called IEC TC57. They will soon publish their profile as IEEE Standard PC37.238: "IEEE Standard Profile for Use of IEEE 1588TM Precision Time Protocol in Power System Applications" (see [11]). This profile is targeted at Smart Grid synchronization applications; see section 5.3 for more information.

IV. APPLICATION EXAMPLES

This section describes some typical application cases where PTP is successfully used.

A. *Telecommunication Networks*

Telecommunication networks are evolving from TDM networks based on circuit-switched technology to so-called Next Generation Networks (NGN) based on packet-switching.

The driver of this evolution is cost reduction; the technical goal is the transport of all telecommunication services over a unified and packet-switched platform. This is generally called 'network convergence'. Despite the asynchronous nature of packet switching, synchronization is still very much needed in converged Next Generation Networks. It turns out that many access network technologies require some form of synchronization.

This is the case for all cellular mobile networks. They require their base stations to be synchronized. There are other cases like some of the PON technologies used in Fiber-To-The-Home applications. Some of these technologies require synchronization of their equipment clocks in frequency, some in phase, some even require some form of time-of-day.

A useful overview of these synchronization needs can be found in a draft IETF document called "TICTOC Requirements" [17], as well and in Appendix IV of ITU-T Recommendation G.8261 [6]. Table 1 gives an overview of some common telecommunication technologies with the required frequency accuracies and phase accuracies (where applicable).

Table 1: Synchronization requirements in telecommunications

Network Element type	Frequency accuracy[1] (fractional frequency)	Phase-time accuracy[2] [microsecond]
cdma2000 basestation	5E-8[5] / 1.6E-8[6]	3 µs
UMTS-TDD basestation	5E-8[5] / 1.6E-8[6]	1.25 µs
UMTS-FDD basestation	5E-8[5] / 1.6E-8[6]	
LTE basestation	See Table 2	See Table 2
WiMax basestation	8E-6	~ 1 µs[4]
APON & GPON Optical Line Terminal	1E-11	
MGW/MSC, RNC/BSC	see Note 3)	

1): frequency synchronization
2): phase synchronization
3): depends on physical layers
4): mandatory for WiMax-TDD, optional for WiMax-FDD
5): specified for base station's air interface
6): commonly considered for base station's input

Table 2: Synchronization requirements for LTE

LTE feature	Frequency accuracy	Phase accuracy	LTE standard
eMBMS with SFN (enhanced Multimedia Broadcast Multicast Service, Single Frequency Network)	50 ppb	1 µs	3GPP Rel 9
Inter-cell interference cancellation	50 ppb	1 µs	3GPP Rel 10-11
N-cell search Femto/macro interference coordination	50 ppb	1 µs	3GPP Rel 10-11
Network MIMO	5 ppb	500 ns	3GPP Rel 10-11
Location Based Service	50 ppb	200 ns	3GPP Rel 9

Table 2 gives more detailed specifications for the LTE case (LTE: Long Term Evolution). In LTE the synchronization requirements depend very much on the optional features implemented in the Node B.

The key question is: how can all these network elements be supplied with synchronization when the underlying transport network uses an asynchronous switching mode? One of the answers to this question is PTP. Figure 4 shows the case of a 3G mobile network. The architecture shown here can be applied to any of the application cases mentioned above.

The figure shows different possibilities for implementing PTP Grandmasters and PTP Slaves. In the upper part of the diagram the Grandmaster is a TCC-PTP card inserted into an OSA 5548C SSU. The 5548C is located in an MGW / RNC site. It acts as a node or site clock and provides traditional synchronization signals to the MGW and the RNC. The PTP Ethernet port of the TCCPTP is connected to an ordinary traffic port of a co-located Ethernet switch.

The PTP stream traverses the aggregation network and is terminated on the OSA 5320 PTP Slave located in the Node B station. Depending on what the Node B requires, the 5320 delivers a frequency signal (e.g. 2.048 MHz) and/or a phase signal (e.g. 1PPS) to the Node B. The number of Slaves which can be connected to the SSU-based Grandmaster depends on the PTP message rate and the number of TCC-PTP cards inserted into the SSU.

The possibility to later on add more TCC-PTP cards makes the solution highly scalable.

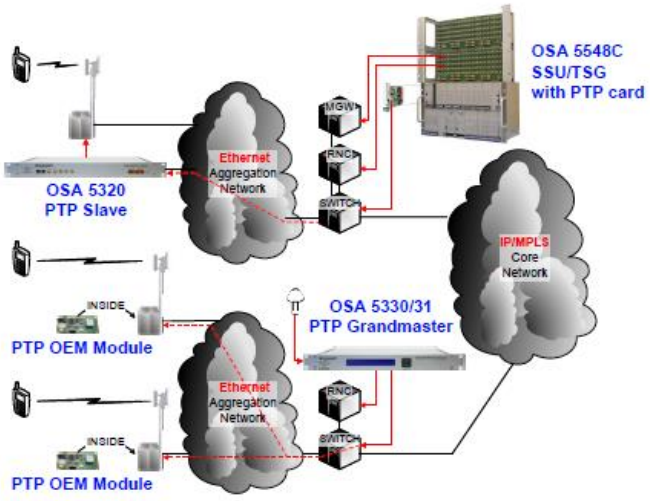


Figure 4: Base stations and Nodes B synchronized by PTP

The lower part Figure 4 shows a different possible implementation. Here the PTP Grandmaster is a stand-alone 5330/31. It is co-located with an RNC. Since the 5330/31 features a few extra traditional synchronization output ports, it can be used as a synchronization source for the RNC.

The PTP port (Gigabit/s Ethernet) is again connected to the co-located Ethernet switch. The 5530/31 serves a number of Node Bs (the maximum number depends on the exact model type and on the PTP message rate). The Nodes B (lower left corner of the diagram) contain an builtin PTP Slave based on an Oscilloquartz PTP OEM module.

The purpose of this section is just to illustrate a few possible implementations. There are of course other possibilities. For the full picture of the design of a PTP network refer to the Oscilloquartz Engineering Notes.

B. *Digital Audio and Video Broadcasting*

Digital broadcasting, be it audio or video (TV), is another area where synchronization is of paramount importance.

Digital Audio Broadcasting or DAB is a radio broadcasting standard initially developed and published by ETSI (see [14]). It has undergone several revisions (DAB, DAB+, DMB) and is now being adopted throughout the world under the heading WorldDAB and WorldDMB1 (DMB stands for Digital Multimedia Broadcasting; it is an evolution of the DAB standard which includes the broadcasting of video elements).

All three standards (DAB, DAB+, DMB) are based on the same base technology, i.e. they use the same physical layer modulation technique and protocol. The modulation technique used here is the Coded Orthogonal Frequency Division Multiplexing (COFDM) combined with Quadrature Phase Shift Keying (QPSK) and some additional technical tricks.

The main benefit of this technique is that of reducing multipath fading dramatically (the data stream is divided into multiple low-data-rate flows, modulating multiple RF carriers; because the individual flows have low data rates, the duration of the symbols and the additional guard intervals between any two symbols are long; multipath echoes fall within the long guard intervals and hence do not cause intersymbol interference).

An additional benefit of the technique is that it allows building so-called Single Frequency Networks (SFN). DAB transmitter networks are cellular networks; multiple transmitters cover an entire geographical area, each transmitter serving a limited portion or cell. Planning the network coverage is greatly simplified if one uses the same frequency on all transmitters.

Such an SFN is made possible by DAB's COFDM modulation technique (identical symbols emitted on the same frequency by two transmitters arrive at the receiver at slightly different times; if the time difference is within the guard interval, intersymbol interference is prevented - much like with multipath echoes). Building an SFN requires that all transmitters have their RF carrier signals synchronized with an accuracy of ± 10 Hz to a common frequency reference. An easy way of achieving this is by installing PTP Slaves in each DAB transmitter station, and having centrally located PTP Grandmasters serving the slaves.

The situation in the field of television broadcasting is similar to that in radio broadcasting. DVB (Digital Video Broadcasting) is an industry consortium which promotes the deployment of video (TV) broadcasting systems based on a set of ETSI standards. There are several DVB standards for different transmission contexts such as satellite (DVB-S), terrestrial (DVB-T), etc.

The radio interface technology used for the terrestrial version (DVB-T, see [15]) is very similar to what is used in DAB. Multipath fading issues are mitigated with COFDM. Single Frequency Networks are possible. They require that all transmitters have their RF carriers synchronized to a common reference frequency. But this is not enough. The data stream being broadcast (the so-called 'Transport Stream') is assembled in the Broadcasting Studio by the MPEG Mux.

The Transport Stream is distributed to all transmitters via a transport network (IP). The Transport Stream is structured into frames. These frames must be 'launched' simultaneously by all transmitters. To assure simultaneous transmission despite different and varying delays in the transport network, the frames are time-stamped in the Broadcasting Studio by a piece of equipment called 'SFN Adaptor'. Based on these time-stamps all transmitters align the launch times of the frames to a common time reference (this is done by the DVB Modulators).

A particularly efficient way a distributing common timing to the SFN Adaptor in the Broadcasting Studio and the DVB Modulators in the transmitter stations is PTP. A second Grandmaster is installed on a separate site in order to provide redundancy.

The Grandmasters send out PTP streams to all transmitter stations. Additionally a 10 MHz and a 1PPS output are used to synchronize the SFN Adaptor.

In the transmitter sites a PTP Slave recovers timing from the incoming PTP flows and provides a 10 MHz and a 1PPS signal to the DVB Modulator. Thus all equipment of the DVB network is synchronized to a common timing reference.

C. *Power Utilities*

A Smart Grid is an electric power network modernized by the addition of an information system used to monitor and control power flows from the power generators to the individual consumers. Smart Grid is being promoted by many governments in order to address today's challenges related to energy efficiency and system resilience.

There are many aspects of Smart Grid which involve synchronization. The most important one is the measurement of the phase of the 50 or 60 Hz power waves (sine voltages and currents are represented as phasors in the domain of complex numbers). Synchronized phasor measurements are addressed in the following international standards: IEEE C37.118 (see [12]) and IEC 61850 (see [13]). According to these standards, phasor angles must be measured relative to UTC with an accuracy of ± 26 µs.

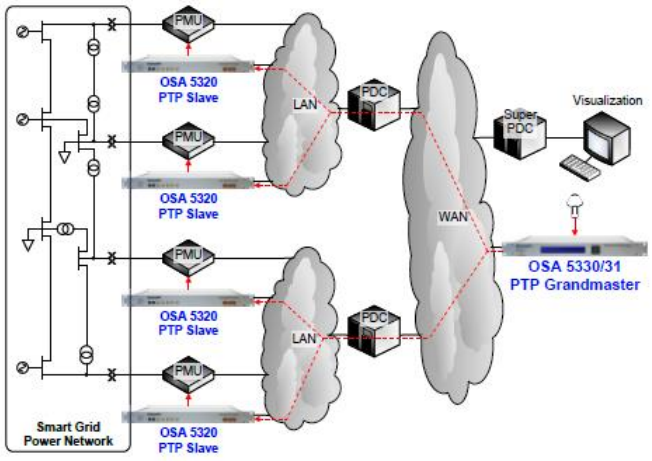


Figure 5: Smart Grid Synchrophasors synchronized by PTP

Figure 5 shows a typical architecture for the synchronization of synchrophasor measurements. Synchrophasor measurements are performed in many places of the power network by small boxes called Phasor Measurement Units (PMU). The measurement results are then transferred to a device called Phase Data Concentrator (PDC). Each PDC collects the phasor measurement results of a certain area. Finally the data of the entire power network

are made available to a central management system called Super PDC.

Thanks to the microsecond accuracy and the high sampling rates (10 to 60 per second) of the measurements, the system is able to capture and represent the dynamic behaviour of the power network (earlier systems such as SCADA only represented the stationary behaviour). The hierarchical structure with PMUs, PDCs and Super PDCs allows control systems to be organized hierarchically: decisions with local scope or requiring fast reaction time are taken at the PDC level; decisions with a network-wide scope are taken at the Super PDC level.

Since the PMUs are required to measure phase angle relative to UTC, a UTC-traceable time reference must made available to each PMU. This is the role of the OSA 5320 PTP Slave in Figure 5.

The flexibility of the 5320 in terms of output port formats allows one to adapt it to the type of time-of-day signal required by the PMU. Traditionally the power industry has been using IRIG-B signals, sometimes combined with a 1PPS signal.

Synchrophasors are not the only application of Smart Grid requiring synchronization. Table 3 gives a short summary of other applications in need of some form of synchronization.

V. CONCLUSIONS

IEEE 1588TM or PTP is an answer to the synchronization challenge in the context of packet-switched networks. PTP is a way of distributing frequency, phase and time-of-day by exchanging PTP packets between a synchronization source (the Grandmaster) and a synchronization consumer (the Slave). This exchange of packets is an implementation of the well-known Two Way Time Transfer (TWTT). PTP can be run over ordinary packet-switched networks with ordinary switches and/or routers. PTP can also be run over networks containing switches and routers with specific PTP functions (Boundary Clock, Transparent Clock). So-called PTP Profile documents determine which PTP optional and configurable features are to be used in a given application and network context in order to achieve optimum performance and interoperability.

Oscilloquartz offers a complete line of PTP products ranging from stand-alone Grandmasters and Slaves, to Grandmaster cards for modular SSUs and TSGs, to OEM modules tailored to meet specific customer needs. Because of its flexibility, PTP is the technology of choice in many different application spaces.

This is supported by the already mentioned PTP Profiles, which allow PTP solutions to be adapted to a given application. This Application Note mentions a few typical application domains, namely telecommunication networks, broadcasting (e.g. DVB, DAB), and Power Utilities (e.g. synchrophasor measurements). There are many other applications where PTP can be used with great benefit.

BIBLIOGRAPHY

[1] IEEE; IEEE Std. 1588 - Standard for a Precision Clock Synchronization Protocol for Networked Measurement and Control Systems; New York; 2008.

[2] Eidson, John C.; Measurement, Control and Communication Using IEEE 1588; Springer, London; 2006.

[3] Bregni, Stefano; Synchronization of Digital Telecommunications Networks; John Wiley & Sons, Chichester; 2002.

[4] Shenoi, Kishan; Synchronization and Timing in Telecommunications; Shenoi Consulting, Saratoga, CA; 2009.

[5] International Telecommunication Union; ITU-T Recommendation G.8260: Definitions and terminology for synchronization in packet networks; to be published; Geneva.

[6] International Telecommunication Union; ITU-T Recommendation G.8261/Y.1361: Timing and synchronization aspects in packet networks; April 2008 ; Geneva

[7] International Telecommunication Union; ITU-T Recommendation G.8265: Architecture and requirements for packet based frequency delivery; to be published; Geneva.

[8] International Telecommunication Union; ITU-T Recommendation G.8265.1: ITU-T PTP profile for frequency distribution without timing support from the network; to be published; Geneva.

[9] International Telecommunication Union; ITU-T Recommendation X.200: Information Technology - Open Systems Interconnection - Basic Reference Model: The Basic Model; July 1994; Geneva.

[10] Internet Engineering Task Force, Davari et al.; IETF Draft: Transporting PTP (1588) Messages over MPLS Networks - draft-davari-tictoc-1588overMPLS-00.txt; July 2010.

[11] IEEE; IEEE Std. PC37.238 – IEEE Standard Profile for Use of IEEE 1588TM Precision Time Protocol in Power System Applications; to be published.

[12] IEEE Power Engineering Society; IEEE C.37.118-2005: The IEEE Standard for Synchrophasors for Power Systems; New York; March 2006.

[13] International Electrotechnical Commission IEC; International Standard IEC 61850-1: Communication networks and systems in substations, Parts 1 to 10; 2002; Geneva.

[14] European Telecommunications Standards Institute (ETSI); EN 301 400: Radio broadcasting systems; Digital Audio Broadcasting (DAB) to mobile, portable and fixed receivers; Sophia Antipolis; 1996.

[15] European Telecommunications Standards Institute (ETSI); EN 300 744: Digital Video Broadcasting (DVB); Framing structure, channel coding and modulation for digital terrestrial television; Sophia Antipolis; 1999.

[16] European Telecommunications Standards Institute (ETSI); TR 101 191: Digital Video Broadcasting (DVB); DVB mega-frame for Single Frequency Network (SFN) synchronization; Sophia Antipolis; 1998.

[17] Internet Engineering Task Force (IETF), S. Rodriguez; Internet Draft: TICTOC Requirements; July 2009.

Sylvestre Kiss started to work in IT after he graduated from electronics. He has been working as synchronisation specialist for 15 years in Oscilloquartz.and is a synchronistic consultant at the moment.

Podporniki

Sponzors

Ericsson

Iskratel

NIL

Rohde & Schwarz

Telekom Slovenije

AKOS

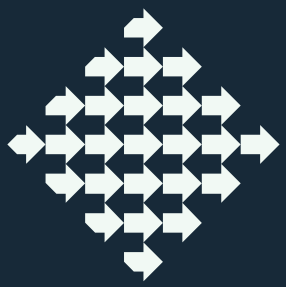
Amiteh

Univerza v Mariboru, FERI

Strokovni

Univerza v Ljubljani, LTFE

strokovni



Slovensko društvo za elektronske komunikacije

Elektrotehniška zveza Slovenije