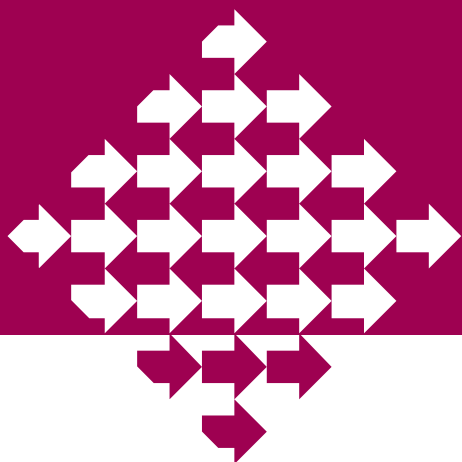


Zbornik referatov

Trideseta
delavnica o telekomunikacijah

OMREŽJA PRIHODNOSTI

12. in 13. maj 2014

Brdo pri Kranju

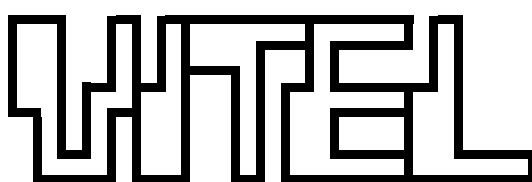
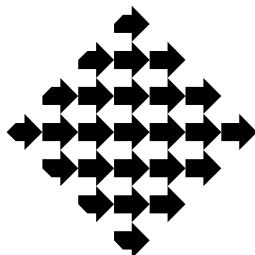


Organizira

Elektrotehniška zveza Slovenije

Slovensko društvo za elektronske komunikacije SIKOM

ELEKTROTEHNIŠKA ZVEZA SLOVENIJE
SLOVENSKO DRUŠTVO ZA ELEKTRONSKE KOMUNIKACIJE



Trideseta delavnica o telekomunikacijah

OMREŽJA PRIHODNOSTI

ZBORNIK REFERATOV

12. in 13. maj 2014

Brdo pri Kranju, Slovenija



© 2014
Elektrotehniška zveza Slovenije
Slovensko društvo za elektronske komunikacije
Stegne 7
1521 Ljubljana, Slovenija

Organizira:

Elektrotehniška zveza Slovenije
<http://www.ezs-zveza.si>
Slovensko društvo za elektronske komunikacije – SIKOM
<http://www.sikom.si>

Pokrovitelj:

IEEE Communications Society

Uredil: Nikolaj Simič

Priprava za tisk: Nikolaj Simič

Oblikovanje naslovnice: Filip Samo Balan in Aleksander Vreže

Izdajatelj: Elektrotehniška zveza Slovenije

Tisk: Borut Verhovec s. p., Ljubljana

Število izvodov: 100

ISSN 1581–6737

Kazalo

Kazalo	iii
Zgodovina delavnic VITEL in mednarodnih simpozijev VITEL	v
Ob robu 30. jubilejne delavnice VITEL	vi
Uvodna beseda	xi
Programski in organizacijski odbor delavnice	xii
Programski odbor dogodkov VITEL	xii

Ponedeljek, 12. maj 2014

OMREŽJA PRIHODNOSTI DANES IN JUTRI	2
<i>Alojz Hudobivnik, ITU</i>	
OMREŽJA PRIHODNOSTI: POSLOVNI VIDIKI, MIGRACIJSKI SCENARIJI IN TEHNOLOŠKE DANOSTI	9
<i>Tomo Bogataj, Ana Robnik, Janez Ōri, Iskratel d.o.o., Kranj</i>	
REGULACIJA BLIŽNJE PRIHODNOSTI	15
<i>Katja Mohar, Agencija za komunikacijska omrežja in storitve</i>	
PAMETNA OMREŽJA Z VIDIKA INTEGRACIJE SISTEMOV	18
<i>Andrej Souvent, Elektroinštitut Milan Vidmar, Ljubljana</i>	
TAKTIČNA KOMUNIKACIJSKA OMREŽJA PRIHODNOSTI	22
<i>Andrej Kos, Urban Sedlar, Luka Koršič, Mojca Volk, Janez Bešter, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za elektrotehniko, Ljubljana</i>	
UPORABA SODOBNIH KOMUNIKACIJSKIH REŠITEV ZA ZAGOTAVLJANJE KRITIČNIH KOMUNIKACIJ V INDUSTRIJSKIH OKOLJIH	27
<i>Klemen Belec, Matej Pintar, Iskratel d.o.o., Kranj</i>	
IKT INFRASTRUKTURA PAMETNIH ELEKTROENERGETSKIH IMREŽIJ	32
<i>Edvard Košnjek, Tomaž Mavec, Aleš Sirnik, Aleš Blaznik, Drago Novak, Elektro Gorenjska d.d., Kranj</i>	
KOMUNIKACIJE V IZREDNIH RAZMERAH	36
<i>Boštjan Tavčar, Uprava RS za zaščito in reševanje, Ljubljana</i>	
PROJEKT KVANTNI PRESKOK: REORGANIZACIJA DRŽAVNE INFORMATIKE	39
<i>Jurij Bertok, Direktorat za informatiko in e-storitve, Ministrstvo za notranje zadeve</i>	
STRATEGIJA SLOVENIJE NA PODROČJU IKT	44
<i>Mojca Jarc, Direktorat za informacijsko družbo, Ministrstvo za izobraževanje, znanost in šport</i>	

MOBILNA OMREŽJA PRIHODNOSTI	48
<i>Peter Zidar, Telekom Slovenije</i>	
OMREŽJA PETE GENERACIJE MOBILNIH KOMUNIKACIJ	53
<i>Tomi Mlinar, Inštitut za EMS, Ljubljana</i>	
DOLGOROČNO IZBOLJŠEVANJE BREZVODNIŠKIH ŠIROKOPASOVNIH OMREŽIJ	58
<i>Iztok Saje, Telekom Slovenije</i>	
ARHITEKTURE TRANSPORTNIH OMREŽIJ PRI PONUJANJU MULTIMEDIJSKIH STORITEV V LTE OMREŽIJH	61
<i>Klaus Samardžić, Smart Com d.o.o., Ljubljana</i>	
UPORABA FORMALNE VERIFIKACIJE ZA ANALIZO UČINKOVITOSTI OMREŽIJ	65
<i>Tatjana Kapus,</i> <i>Univerza v Mariboru, Fakulteta za elektrotehniko, računalništvo in informatiko, Maribor</i>	
TRANSPORT SINHRONIZACIJE V HRBTENIČNIH PAKETNIH RADIJSKIH OMREŽIJH NOVE GENERACIJE	69
<i>Janez Mihelič, Aviat Networks, Andrej Kos, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za elektrotehniko</i>	
POMEN PRISTOPA PROGRAMSKIH PRODUKTHNIH LINIJ PRI RAZVOJU PROGRAMSKE OPREME NASLEDNJE GENERACIJE	73
<i>Luka Pavlič, Marjan Heričko,</i> <i>Univerza v Mariboru, Fakulteta za elektrotehniko, računalništvo in informatiko, Maribor</i>	
NEVTRALNOST INTERNETA MED MOTIVI IN REALNOSTJO	77
<i>Marjan Turk, Brigita Kozlevčar Žorga,</i> <i>Direktorat za informacijsko družbo, Ministrstvo za izobraževanje, znanost in šport</i>	
BIG DATA IN SMART CITY CONTEXTS	83
<i>Andrej Duh, Dean Korošak, Univerza v Mariboru, Percipio d.o.o., Maribor</i>	

Zgodovina delavnic o telekomunikacijah 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. *Storitve 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

Zgodovina mednarodnih simpozijev VITEL (International Telecommunications Symposium)

- 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

Ob robu 30. jubilejne delavnice VITEL

Starejše kolegice in kolegi se bodo še spomnili konferenc z nazivom YUTEL (YU TELekomunikacije), ki jih je pred slovensko osamosvojitvijo Elektrotehniška zveza Slovenije v sodelovanju z uglednimi strokovnjaki s področja telekomunikacij vsako leto organizirala v Ljubljani. Vsaka konferenca je bila vrhunski strokovni dogodek, ki so se ga udeležili strokovnjaki iz bivše Jugoslavije, pa tudi iz tujine. YUTEL je užival ugled strokovne javnosti tako doma kot na tujem.

Ko se je Slovenija leta 1991 osamosvojila, je na tem področju nenadoma zazevala praznina. Pripravljenosti za sodelovanje iz sosednjih držav, bivših jugoslovanskih republik, nenadoma ni bilo več. Zato se je v Elektrotehniški zvezi Slovenije porodila ideja o nadaljevanju konferenc z isto tematiko, vendar pod drugim imenom. Tako je nastalo ime VITEL (Vlable TELecommunication). Zaradi zmanjšanege geopolitičnega interesnega področja so simpozije VITEL organizirali vsako drugo leto.

Prvi mednarodni simpozij VITEL je bil leta 1992. Kljub neugodnim mednarodnim razmeram je bila konferenca dobro obiskana in strokovnjaki so jo odlično ocenili. Kmalu pa se je pokazalo, da dvoletni dogodek na tako hitro razvijajočem se področju, kot so telekomunikacije, preprosto ne zadostuje, zato je že naslednje leto dozorela ideja, da v času med mednarodnimi simpoziji VITEL organiziramo delavnice o telekomunikacijah z enakim imenom – VITEL.

Glede na to, da so bili ti mednarodni simpoziji usmerjeni v mednarodno strokovno javnost, smo delavnice VITEL namenili predvsem izobraževanju domačih strokovnjakov in študentov. Tako smo pri organizaciji delavnic postavili rdečo nit, ki je povezovala predavanja v zaključeno celoto na temo, ki je bila usmerjena nekaj let v prihodnost. Tudi predavanja so bila praviloma vabljenjena. Programski odbor je glede na izbrano temo delavnice skušal poiskati najbolj primerne predavatelje.

Tema prve delavnice je bila *ISDN omrežja in storitve v Sloveniji*. Tema se je ponujala sama po sebi, saj so se omrežja ISDN v tistem času začela razvijati tako v Evropi kot tudi v Sloveniji. Delavnica je doživela izjemen uspeh in obiskalo jo je prek 140 udeležencev iz industrije in takrat edinega operaterja telekomunikacijskega omrežja PTT Slovenije. Zanimiv je spisek udeležencev te prve delavnice in predavateljev, saj je kljub časovni oddaljenosti večina še vedno zelo aktivna na telekomunikacijskem področju.

V naslednjih letih so delavnice postale osrednji strokovni dogodek na tem področju v Sloveniji in obenem priložnost za stanovsko druženje. V anketah udeležencev je bilo pozitivno ocenjeno prizadevanje, da se z novimi tehnologijami in izzivi v slovenskem prostoru soočimo pravočasno in da tematike delavnic postopoma obdelajo vse vidike IKT, ker udeleženci želijo z novimi informacijami, pridobljenimi na delavnicah, preseči svojo ozko delovno specializacijo.

Zanimiv je priloženi spisek z naslovi naših 30 delavnic in 10 mednarodnih simpozijev. Naslovi povedo veliko o aktualnih tematikah v danem obdobju. Udeleženci so se v začetnem obdobju lahko seznanili z različnimi vidiki fiksnih, mobilnih in podatkovnih omrežij, se soočili z izzivi konvergence in zakorakali v svet IP ob prelomu v novo tisočletje. Kot strokovnjaki IKT smo obravnavali tudi pripravo Slovenije na vstop v Evropsko unijo. Vsaki dve leti smo pripravili vsebinsko izredno kakovostne mednarodne simpozije, ki so s svojimi sporočili zelo aktualni še danes.

Po letu 2000 smo na delavnicah obravnavali posamezna specializirana področja in do leta 2010 zaključili s serijo zelo obiskanih delavnic, ki so obdelale vse vidike storitev na osnovi širokopasovnih komunikacij v omrežjih NGN. Po letu 2010 so začele prevladovati teme o pomembnosti celovite informatizacije naše družbe, kar je prvi pogoj za gospodarsko uspešnost. Žal je zmanjšano zanimanje za IKT tako po svetu kot doma vplivalo na poslovno odločitev, da mednarodnih simpozijev v zadnjih letih nismo več organizirali.

Leta 2005 smo v okviru Elektrotehniške zveze Slovenije ustanovili Slovensko društvo za elektronske komunikacije SIKOM, ki od takrat organizira in vodi dogodke VITEL.

Še na nekaj velja opozoriti. Skoraj vse delavnice smo lahko organizirali v prijetnem okolju kompleksa Brdo, ki je zaradi prijaznosti organizatorjev ter celovite in kakovostne ponudbe postalo naša domača lokacija, za kar se jim najlepše zahvaljujemo in si želimo še nadaljnjega plodnega sodelovanja.

Nazadnje moramo ob tej priložnosti izreči tudi veliko zahvalo vsem članom dosedanjih programskih in organizacijskih odborov delavnic VITEL, pa tudi podjetjem, izobraževalnim ustanovam in državnim inštitucijam s področja IKT, brez katerih bi težko organizirali delavnice. S svojo požrtvovalnostjo, strokovnostjo in zavzetostjo so prostovoljno poskrbeli, da so bile delavnice pripravljene in izvedene na visoki strokovni in organizacijski ravni. Zahvaljujemo se tudi vsem domačim in tujim predavateljem, ki so v tem času v strokovnih člankih, objavljenih v profesionalno urejenih zbornikih delavnic VITEL, za seboj pustili nepozabno sled o aktualnih zadevah na področju telekomunikacij za naš spomin in naše naslednike.

Vsi skupaj lahko poskrbimo, da bodo delavnice VITEL še dolgo naše mesto za druženje, izmenjavo strokovnih mnenj in naš celostni razvoj.

Programsko-organizacijski odbor VITEL

ELEKTROTEHNIŠKA ZVEZA SLOVENIJE



VITEL

Prva delavnica o
telekomunikacijah

ISDN OMREŽJE IN STORITVE V SLOVENIJI

10. in 11. maj 1993
Hotel Kokra
Brdo pri Kranju

Prva delavnica o telekomunikacijah

"ISDN OMREŽJE IN STORITVE V SLOVENIJI"

Ugotovitve

Na evropski trg orientirana podjetja in državne institucije iz Slovenije bodo za normalno delovanje potrebovale ISDN poveztljivost in storitve že v najbližji prihodnosti (v roku najkasneje dveh let). ISDN (ozkopasovni) je nudi za uporabnika zanimiv nabor novih storitev.

ISDN je danes popolnoma zrela tehnologija in je danes dovolj standardiziran, da omogoča panevropsko poveztljivost. Danes je že v komercialni eksploataciji v številnih evropskih državah, v letu 1994 pa bo skladno z MOU že delovalo panevropsko omrežje.

Stopnja digitalizacije in razširjenosti signalizacijskega sistema No.7 v javnem omrežju Slovenije zadošča za začetek uvajanja ISDN. Obstoječe naročniško omrežje večinoma ustreza, ni pa v zadostni meri preverjeno in pripravljeno za BA in PA. ISDN arhitektura omogoča tudi kvalitetnejše in cenejše običajne telefonske priključke z izrabo obstoječega naročniškega omrežja.

Domača industrija je sposobna in pripravljena ponuditi pretežen del opreme potrebne za uvedbo ISDN, enako imamo tudi dovolj lastnega znanja za uvajanje novih storitev.

Nacionalni standardi, tehnični predpisi, atesti in postopki za ISDN opremo ne obstajajo in tudi niso v pripravi.

Na osnovi teh ugotovitev sprejemamo:

sklepe in zadolžitve

Uvajanje ISDN mora biti eden strateških ciljev Slovenije. Agresivno trženje ponudnika storitve in podpora države morata zagotoviti pogoje, da se ISDN v Sloveniji uvede najkasneje do konca leta 1994 v takšni meri, da uporabnikom omogoča normalno izkoriščanje storitev. Industrija pa mora za realizacijo tega cilja zagotoviti potrebno opremo.

Kot nujne pogoje za realizacijo zgornjega cilja podpiramo:

- čimprejšen sprejem zakona o telekomunikacijah,
- oblikovanje stimulativne tarifne politike,
- sprejem nacionalnih standardov in predpisov in
- oblikovanje institucij, ki zagotavljajo kvalitetno in odgovorno svetovanje na področju telekomunikacij.

Er zgornja naloga ni izvedljiva kvalitetno brez udeležbe kompetentnih strokovnjakov, pozivamo vse strokovnjake in institucije, da se vključijo v del komisij in odborov v okviru USM pri Ministrstvu za znanost in tehnologijo in RUT pri ministrstvu za promet in zveze.

Zavzemamo se za takšne dopolnitve obstoječe zakonodaje in rešitve v novi zakonodaji, ki bodo omogočale tehnično pravno neoporečno uporabo tujih tehničnih predpisov in na tej osnovi tudi miselno priznavanje tujih certifikatov, kar naj predvsem pospeši uvajanje ISDN.

Kot kvalitetno obliko usklajevanja interesov proizvajalcev, trgovcev, ponudnikov storitev in uporabnikov predlagamo ustanovitev nacionalnega komiteja za sodelovanje z ITU.

Ljubljana, 14. 05. 1993

Prva delavnica o telekomunikacijah 93
Brdo pri Kranju

Rezultati ankete

1. Ali je delavnica ustrezna oblika srečanj in izmenjave izkušenj oz. izobraževanje

da	94
ne	0

2. Ocena letošnje delavnice

neprimerne	-
zadovoljiva	6
dobro	50
zelo dobro	31
odlično	7
srednja ocena	3,4189

3. Ali imate reje delavnice s širšo sli z ožjo tematiko

širšo	27
ožjo	65
brez odgovora	2

5. Ali boste sodelovali tudi na naslednjih delavnicah

da	92
ne	0
brez odgovora	2

4. Predlogi tematike na naslednjih delavnicah

- Organiziranost slovenskega Telekom in strategija razvoja telekomunikacij v Sloveniji
- Tehnična regulativa in standardizacija
- ISDN omrežje, oprema in aplikacije (2. del)
- Širokopasovna telekomunikacijska omrežja
- Nove telekomunikacijske storitve
- Upravljanje telekomunikacijskih omrežij
- Mobilne telekomunikacije
- Optične telekomunikacije
- Podatkovne telekomunikacije
- Signalizacija št. 7 v slovenskem omrežju
- Tarifni sistem

6. Predlogi strokovnikov in organizacij, ki naj bi sodelovale na naslednjih delavnicah

- Predstavniki slovenskega ptt-ja
- Predstavniki upravnih organov
- Predstavniki univerzitetnih in raziskovalnih institucij
- Predstavniki proizvajalcev in dobaviteljev telekomunikacijske opreme
- Uporabniki telekomunikacijskih storitev

Udeleženci

SP PTT Slovenije Ljubljana

1. Franci Derženič
2. Fedor Gabrovšek
3. Pavel Meše
4. Marko Otoničar
5. Jozef Sedej
6. Jože Šorli
7. Franc Švigelj
8. Vledislav Tavčar
9. Mitja Vavpotič
10. Jozef Teran
11. Matjaž Urbanc
12. Peter Zavodnik
13. Marko Lampret

PTT Ljubljana

1. Nedeljko Djukić
2. Mikolaj Dolenc
3. Dušan Gešperlić
4. Aleksander Ilić
5. Marjan Kleve
6. Roman Lenassi
7. Miro Seunig
8. Adolf Špenko
9. Borut Ušaker
10. Franc Žigon

PTT Maribor

1. Daniel Gelun
2. Milen Škežej

- 2 -

PTT Celje

1. Borut Deša
2. Dorko Sklemba

PTT Kranj

1. Miro Čehovin
2. Anton Moher
3. Marjan Volk

PTT Nova Gorica

1. Marjan Poljhan
2. Redovan Pušner
3. Robert Ščuka
4. Lucijan Zgaga

PTT Koper

1. Mario Andrejašević
2. Milen Rejec

PTT Trbovlje

1. Marjan Oblok
2. Drago Žnidaršič

PTT Murska Sobota

1. Borivoj Horvath
2. Jože Recak

PTT srednješolski center Ljubljana

1. Brenko Milek

- 3 -

IskraTel Kranj

1. Vladimir Arizsonovič
2. Miro Bretkovič
3. Vazja Dobrolet
4. Franc Dolenc
5. Alojz Hudobivnik
6. Dr. Marko Jegodič
7. Mitja Jelnikar
8. Dušan Mitič
9. Gorazd Novak
10. Jože Podlipnik
11. Željko Puljić
12. Ljubomir Rajčič
13. Bijay Shrestha
14. Hajdo Stojsevljevič
15. Stanislav Štrukelj
16. Miro Udir
17. Miha Unk
18. Drago Žepič
19. I. Flerin
20. Igor Orel
21. Zdeno Ošebnik

TELECOM Ljubljana

1. Janko Bolke
2. Miko Mišetovič
3. Marjan Poljaneec
4. Franc Rozman
5. Rajko Rozman

Iskra Terminali Kranj

1. Jure Artiček
2. Ludvik Bambič
3. Damijan Dolenc
4. Peter Gešperlin
5. Drago Kodrič

Iskre Elektrovezve Transmission Ljubljana

1. Tatjana Lukavečki
2. Derja Sibila Proden

Iskre Optične komunikacije Ljubljana

1. Jenež Zupen
2. Miroslava Zupenčič

Fakulteta za elektrotehniko Ljubljana

1. Franci Kotrešnik
2. Dr. Sevo Leončič
3. Jure Medič
4. Dr. Ljubo Pipen

Tehniške fakultete Maribor

1. Dr. Bogomir Horvat
2. Redo Slatinek

RCU Ljubljana

1. Franc Mandelc

UKC Ljubljana

1. Merko Alauf
2. Jenko Pisker

Institut Jožef Stefan Ljubljana

1. Dr. Gorazd Kendaš
2. Marjeta Pučko

Ministrstvo za notranje zadeve Ljubljana

1. Gregor Dolinar
2. Marin Sever

Republiška uprava za telekomunikacije Ljubljana

1. Zvonko Bajec
2. Iztok Lampe
3. Andrej Marinšek

Ured za standardizacijo in meroslovje Ljubljana

1. Jenež Božever
2. Blež Tomine

Servis skupnih služb Vlade Ljubljana

1. Danča Pohar

Strokovno združenje elektroindustrije Ljubljana

1. Dr. Marko Gliha

Aerodrom Brnik

1. Redo Pirč

Avtotelska Ljubljana

1. Tomaž Kunover

Elektronika Kranj

1. Oto Kranjc

Elektrotehna ELTRA Ljubljana

1. Peter Špetič

Elektromosposredstvo Slovenije Ljubljana

1. Vladimir Šnit

Elektro Ljubljana

1. Tomislav Bogetič

Elektroprojekt Ljubljana

1. Franc Penter

EUROCOM Levoč

1. Brene Moček

EuroComputer Systems d.d. Ljubljana

1. Nebojša Jovanovič
2. Mitja Škerget

Hermes Plus Ljubljana

1. Stane Pavlin

IBM Slovenije Ljubljana

1. Marko Coklin

Intertrede-ITS Ljubljana

1. Jenež Robič
2. Nikolaž Žvokelj

IPS d.o.o. Ljubljana

1. Matjaž Serežin

KRKA Tovarna zdravil Novo mesto

1. Jože Fir
2. Jenež Benica

Ljubljanska banka Ljubljana

1. Vladimir Pirih

MDS Inf.inž. Ljubljana

1. Krunoslav Kisiček

Merker Kranj

1. Martin Leskover

PAP INTEL Ljubljana

1. Jože Gregorič

PAP Telematika Ljubljana

1. Marko Kogovšek
2. Vladimir Rot

PROCOM Kranj

1. Stane Ficko
2. Jenež Fettich
3. Franc Jakovec
4. Nikola Simič

RTV Ljubljana

1. Jože Bergent
2. Stanko Perper

SMART COM Ljubljana

1. Matjaž Elokter
2. Filip Remšker

Slovenske železnice Ljubljana

1. Stane Zekrajšek

SIQ Ljubljana

1. Albin Poljenec

TEGRAD Ljubljana

1. Roman Lovriša
2. Aleš Lipovšek
3. Roman Šnidovnik

TELEMAT d.o.o. Ljubljana

1. Franc Krnc
2. Zvone Podbovšek

TELERAY d.o.o. Ljubljana

1. Redoje Mišić

ZPTZ Slovenije Ljubljana

1. Franc Krelj
2. Anton Zejc

Dubravko Hofman Ljubljana

Janez Potočnik Ljubljana

V I T E L

PRVA DELAVNICA O TELEKOMUNIKACIJAH
"ISDN OMREŽJE IN STORITVE V SLOVENIJI"
BRDO PRI KRANJU, 10. IN 11. MAJA 1993

PROGRAM

Ponedeljek 10. maj 1993

09.00 - 10.00 REGISTRACIJA UDELEŽENCEV

10.00 - 10.30 UVODNI DEL
Pavel Meše, SPPTT Slovenije Ljubljana
Posredna beseda
dr. Marko Jagodič, Elektrotehniška zveza Slovenije
- VITEL Ljubljana
Mesto in perspektive ISDN v telekomunikacijah

10.30 - 13.00 UVAJANJE ISDN OMREŽJA V SLOVENIJI
Vodja dr. Savo Leonardis,
Fakulteta za elektrotehniko Ljubljana

Miha Unk, Iskra Tel Kranj
Pregled ISDN storitev v sistemu EWSL za Slovenijo
Alola Hudobivnik, Iskra Tel Kranj
Signalizacija št. 7 v ISDN omrežju
Franc Dolenc, Iskra Tel Kranj
SI-2000 v javnem ISDN omrežju
Mira Zupančič, Iskra CEO Ljubljana
Daljinski nadzor nove generacije optičnih linij-
skih terminalov
Vladimir Rot, PAP Telematika Ljubljana
Možnosti uporabe naročniškega omrežja za ISDN
Matjaž Blokar, SMART COM Ljubljana
Elastično omrežje kot samostojna storitev
Franci Derkanj, SPPTT Slovenije Ljubljana
Ptt omrežje in možnosti uvajanja ISDN v Sloveniji

13.00 - 14.30 KOSILO

14.30 - 17.30 UPORABNIŠKA ISDN OPREMA IN OMREŽJA
Vodja dr. Ljubo Pipan,
Fakulteta za elektrotehniko Ljubljana

Darko Dolenc, Iskra Terminali Kranj
ISDN telefonski aparat
Jure Arčiček, Iskra Terminali Kranj
VARIX 200 ISDN sekretarska garnitura
Nikola Simić, PROCOM Kranj
Priključevanje ne-ISDN terminalne opreme v ISDN
omrežja
Janez Fattich, PROCOM Kranj
Naročniške in omrežne funkcije ISDN naročniških
central

Franc Rozman, Teling Ljubljana
Vključevanje osebnih računalnikov v ISDN omrežje
Franc Dolenc, Iskra Tel Kranj
Razvoj sistema SI-2000 kot ISDN naročniške cen-
trale

Mitja Jelenc, Iskra Tel Ljubljana
Virtualno zasebno omrežje
Igor Tratnik, SMART COM Ljubljana
Telekomunikacijsko ožičenje poslovnih zgradb

19.00 SPREJEM ZA UDELEŽENCE

Torek 11. maj 1993

09.00 - 11.00 PROBLEMATIKA STANDARDIZACIJE
Vodja dr. Bogomir Horvat,
Tehniška fakulteta Maribor

Zeljko Puljič, Iskra Tel Kranj
Standardi na področju ISDN
Rado Slatinšek, Tehniška fakulteta Maribor
Protokol na D kanalu (ETSI - CCITT modra knjiga)
Janez Hočevar, Republiški urad za standardizacijo
in aerostroja Ljubljana
Bazični standardi in predpisi
Blaž Tominc, Republiški urad za standardizacijo
in aerostroja Ljubljana
Slovenska nacionalna standardizacija
Andrej Marinšek, Republiška uprava
za telekomunikacije Ljubljana
Strategija uvajanja tehničnih predpisov na
področju telekomunikacij v Sloveniji

11.00 - 12.00 SKLEPI
Vodja dr. Marko Jagodič,
Elektrotehniška zveza Slovenije - VITEL, Ljubljana

12.00 - 13.00 PRAKTIČNE PREDSTAVITVE

13.00 - 14.30 KOSILO

14.30 - 16.00 PRAKTIČNE PREDSTAVITVE

ORGANIZACIJSKI ODBOR
Pavel Meše, predsednik
Ludvik Bambiš
Matjaž Blokar
Stane Pisko
dr. Marko Jagodič
Andrej Marinšek
Tone Remžger
Vladimir Rot
Franc Rozman
Miha Unk

Uvodna beseda

Za tematiko jubilejne tridesete delavnice o telekomunikacijah VITEL smo si izbrali pogled nekaj let naprej in ji dali naslov: **Omrežja prihodnosti**.

Vse bolj jasno postaja, da si gospodarske uspešnosti in boljše kakovosti življenja ne moremo več predstavljati brez celovitih aplikacij in globalnih storitev, ki jih omogoča učinkovita komunikacija. Osnova komunikacij so ustrezna omrežja, zato je sektor informacijskih in komunikacijskih tehnologij (IKT) vse bolj prepoznan kot horizontalni sektor z izjemno pomembnostjo za vertikalne sektorje kot so energetika, promet, državna uprava, varnost, obramba, zdravstvo, izobraževanje in šolstvo. Sektor IKT zagotavlja ključne gradnike informacijsko komunikacijskih storitev in potrebne informacije za njihovo inteligentno vodenje ter odločanje. Če je pred dobrimi desetimi leti uvajanje koncepta omrežij novih generacij (NGN) temeljilo na tehnologiji IP in združevanju pred tem ločenih omrežij (telefonska in podatkovna omrežja, mobilna in kabelska omrežja), pa se danes intenzivno sprašujemo, kakšna omrežja prihodnosti moramo graditi, da bodo zadovoljevala vse nove družbene, gospodarske in tehnološke potrebe.

Na ta vprašanja lažje odgovarjamo, če bolje poznamo potrebe in aplikacije sedanjih sorazmerno izoliranih sektorjev, kot so energetika, državna uprava, javna varnost, obramba, logistika, šolstvo in gospodarstvo. Avtorji iz različnih področij so se potrudili in nam v prvem delu pripravili pregled obstoječega stanja in razmišljanja, kako naprej. Sinteza vseh teh prispevkov in razprava na delavnici nam bo pokazala že bistveno bolj celovito sliko, kaj pričakujemo od omrežij prihodnosti v Sloveniji.

V prispevkih lahko preberete, da je država pred izzivom določanja dolgoročne strategije na tem področju, operaterji so pred izzivi tržne konkurenčnosti in mrežne nevtralnosti, regulator pa pred izzivi zagotavljanja dolgoročnega razvoja, ob poslovni in tehnološki stabilnosti omrežja in sektorja.

Avtorji so v svojih prispevkih kritični do obstoječih omrežij, ki temeljijo na tehnologiji IP. Ni še povsem jasno, kako hitro zagotoviti odzivnost v realnem času za časovno kritične operacije, kako obvladati velikanske zbirke podatkov in jih uporabiti v analitične namene, kako je z ustrezno varnostjo podatkov v omrežju in predvsem ali je koncept dovolj fleksibilen za hitro vpeljavo novih storitev in poslovnih modelov.

Nove tehnološke rešitve ali koncepti so vsekakor uporabni gradniki za omrežja prihodnosti. Seznanili se bomo z možnostmi, ki jih prinašajo najnovejše tehnologije kot so: SDN, NFV, računalništvo v oblaku in različne mobilne tehnologije za omrežja četrte in pete generacije. Avtorji delijo z nami najnovejše informacije, prve izkušnje, primernost in posledice njihove vpeljave v omrežja prihodnosti.

Spoštovani bralci zbornika 30. 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 jih je vredno prebrati prav vse. Vsak avtor se na svoj način ukvarja s problemom dolgoročnega razvoja telekomunikacij in skuša pokazati pot do realizacije. Verjamem, da vsi koščki posebej sestavljajo celoto, ki vam bo dala, če ne že recepta za rešitev vseh vaših izzivov, pa vsaj izvrsten namig, kako se soočiti s prihodnostjo.



Alojz Hudobivnik
Predsednik programskega odbora delavnice

Programsko – organizacijski odbor delavnice

Programski odbor delavnice

Alojz Hudobivnik, predsednik
Boštjan Batagelj
Marko Jagodič
Anton Kos
Ivica Kranjčević
Tomi Mlinar
Ana Robnik
Boštjan Vlaovič
Aleksander Vreže

Organizacijski odbor delavnice

Nikolaj Simič, predsednik
Janez Keršmanc
Ivica Kranjčević
Pavel Meše
Tomi Mlinar
Jože Unk

Programski odbor dogodkov VITEL

Alojz Hudobivnik, predsednik
Andrej Andoljšek
Janez Anžič
Boštjan Batagelj
Janez Bešter
Matjaž Blokar
Marko Bonač
Marjan Bradeško
Zmago Brezočnik
Tom Erjavec
Iztok Humar
Marko Jagodič
Avgust Jauk
Gorazd Kandus
Andrej Kos
Anton Kos

Ivica Kranjčević
Miha Krišelj
Savo Leonardis
Pavel Meše
Tomi Mlinar
Jože Unk
Ana Robnik
Nikolaj Simič
Jaka Sodnik
Rudolf Sušnik
Mitja Štular
Sašo Tomažič
Anton Umek
Boštjan Vlaovič
Aleksander Vreže
Miroslava Zupančič
Drago Žepič

Ponedeljek, 12. maj 2014

Omrežja prihodnosti danes in jutri

Alojz Hudobivnik, ITU

Povzetek —V zadnjih letih smo bili priča nenehnim prizadevanjem in napredku pri raziskavah in razvoju tehnologij za omrežja prihodnosti (ang. future network; FN), kot so virtualizacija omrežja in programirljiva omrežja (ang. software defined network; SDN), omreženje na podlagi informacij (ang. information-centric networking; ICN), omreženje v oblaku, avtomatsko upravljanje in odprta povezljivost. ITU-T se je začel ukvarjati s standardizacijo omrežij prihodnosti leta 2009 in je pripravil začetne smernice ter priporočila, ki dajejo osnovna navodila za nadaljnje delo. V tem članku želim predstaviti dosedanje delo na področju standardizacije omrežij prihodnosti in načrte za prihodnost.

Ključne besede —omrežja prihodnosti, internet prihodnosti, standardizacija, ITU-T Y.3001, SDN, NFV, NV

Abstract — Recently, there have been continuous efforts and advances in progress in the field of research and development of the Future Networks (FNs) technologies, such as network virtualization and software-defined network (SDN), information centric networking (ICN), cloud networking, autonomic management, and open connectivity. In 2009 ITU-T started working on the FNs standardization. In their Recommendations based on their initial results that lay down the major guidelines for further in-depth work. In this paper I present the background and the context of the standardization and plans for the future work.

Keywords — Future Networks, standardization, ITU-T Y.3001, SDN, NFV, NV

I. UVOD

Na javna telekomunikacijska omrežja se v zadnjem času priključuje raznolika nova oprema. Podatkovni centri, ki temeljijo na računalniških sistemih v oblaku, postajajo nov standard. Veliko različnih senzorjev, prožil in druge opreme se trenutno povezuje v omrežju z namenom, da se izvajajo storitve stroj-stroj (ang. machine-to-machine; M2M). Mobilna telefonija se uveljavlja na vseh trgih, zato moramo nenehno spremljati njene naraščajoče zahteve. Ta dejstva so spremenila ravnanje in razmerja med različnimi zahtevami omreženja in pokazala potrebo po novih omrežjih.

Zato se številni strokovnjaki intenzivno posvečajo raziskovanju omrežij prihodnosti. Obravnavajo in razvijajo nove tehnologije, kot so virtualizacija omrežja [10] in programirljivo omrežje (SDN) [12], omreženje v oblaku [11], omreženje na podlagi informacij (ICN) [6], avtomatsko upravljanje [7] ter odprta povezljivost. Nekatere od omenjenih tehnologij se že uvajajo v industriji, druge pa naj bi se začele vključevati v prihodnosti.

Na podlagi teh pomembnih gibanj je Mednarodna telekomunikacijska zveza – Sektor za standardizacijo telekomunikacij (ITU-T) začela standardizacijo omrežij prihodnosti, ki naj bi se začela uvajati nekje v letih 2015–2020. Dela na področju standardizacije so se v ITU-T začela že na najzgodnejši stopnji, saj uvajanje in vključitev v uporabo svetovnega javnega omrežja zahteva več časa, novi koncepti pa za razvoj in uveljavitev zahtevajo postopen pristop. Izbran je bil dvojni pristop k standardizaciji omrežij prihodnosti – od zgoraj navzdol – od ciljev in usmeritev omrežij prihodnosti, ter od spodaj navzgor – od posameznih tehnologij, ki so že relativno razvite.

Razlog za prvi pristop je okvirno strinjanje o smeri razvoja, čeprav je omrežje prihodnosti šele v povojih. Jasno je bilo na primer, da bosta eksplozija podatkov in okolje

osrednji vprašanji omrežij prihodnosti, ki si jih predstavljamo za leto 2020. Rezultati te analize se odražajo v priporočilu ITU-T Y.3001[1].

Drugi pristop je vključeval pregled različnih izbranih tehnologij kot gradnikov omrežij prihodnosti, saj se tehnologije na določenih področjih po navadi razvijajo prej kot celotna arhitektura. Po letu 2010 so na primer postale popularne tehnologije virtualizacije omrežja (NV), virtualizacije omrežnih funkcij (NFV) in programirljivo omreženje (SDN), ki omogočajo realizacijo določenih novih usmeritev. Poleg tega se za nekatere tehnologije že razvijajo podrobnejši standardi v drugih organizacijah za razvoj standardov (ang. Standard Development Organization; SDO). Predvsem z ISO in ETSI je ITU-T vzpostavil dobro sodelovanje, ki temelji na zelo podobnih ciljnih FN. Pomembno je, da razumemo in upoštevamo prednosti takega ekosistema tehnologij. Vloga ITU je zato globalno usklajevati aktivnosti in se izogibati podvajanju dela (npr.: JCA SDN) in prispevati k obvladovanju celovite in skladne arhitekture ekosistema omrežij prihodnosti (FN).

Standardizacija lahko v določenih primerih omejuje svobodo na področju inovacij, če je izdelana že na začetni stopnji, ko tehnologija in industrija še nista docela razviti, zato moramo v današnjem času težiti k premišljeni standardizaciji, ki zna napovedovati.

II. TRENUTNO STANJE – NGN

Definicija omrežja naslednje generacije (kratko NGN) se je oblikovala pred več kot desetimi leti (2001) in formalno potrditve doživela v v priporočilu Y.2001 [14]. To je bil nekoliko zakasnel odgovor telekomunikacijske skupnosti, ki je v tistem času zaključevala prehod iz analogne v digitalno komutirano tehnologijo, na pridobitve, ki so rezultirale iz hitrega razvoja v do takrat ločenih podatkovnih omrežjih. Ključne karakteristike NGN so sledeče:

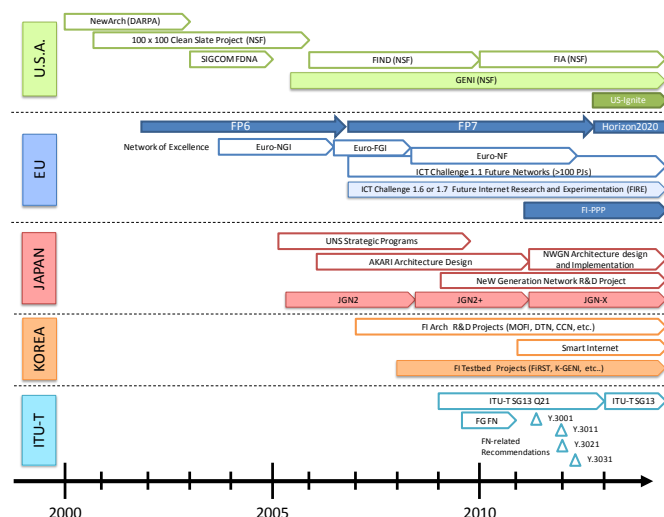
- Omrežje naslednje generacije (NGN) je paketno omrežje, ki poleg ostalega zagotavlja telekomunikacijske storitve.
- Omrežje omogoča uporabo različnih širokopasovnih tehnologij, ki podpirajo kakovost storitve (QoS) in pri katerih so funkcije, povezane s storitvami, neodvisne od transportnih tehnologij.
- Uporabnikom omogoča neomejen dostop do različnih ponudnikov storitev.
- Omrežje podpira generalizirano mobilnost, ki bo omogočila splošno zagotavljanje storitev uporabnikom kjerkoli.

Taka opredelitev NGN je upoštevala tehnološke spremembe (IP paketna tehnologija, širokopasovnost, mobilnost) in močno vplivala na arhitekturno-organizacijske vidike omrežja. V preteklosti se je za ključne nove storitve, ki jih je omogočil napredek v tehnologiji, zgradilo nova vzporedna omrežja, ki so bila praviloma različno regulirana. Z uveljavitvijo NGN pa smo priča intenzivni konvergenci nekdanjih ločenih omrežij v eno univerzalno omrežje. Ta proces v vsej svoji širini še ni sklenjen.

Vse bolj očitno pa postaja, da IP tehnologija, na kateri temelji NGN, ni bila v svoji osnovi namenjena današnjim uporabi, zato se vse pogostejšo srečujemo z večjimi ali manjšimi problemi [16].

III. RAZISKOVALNE AKTIVNOSTI NA PODROČJU OMREŽIJ PRIHODNOSTI

Države članice ITU so jeseni 2008 na osnovi zelo intenzivnega dogajanja na raziskovalnem področju na tematici omrežij prihodnosti zahtevale od ITU-T, da ustrezno spremlja dogajanje. Slika 1 prikazuje kronologijo aktivnosti na področju raziskav in razvoja omrežij prihodnosti vključno z aktivnostmi ITU-T na področju standardizacije omrežij prihodnosti.



Slika 1: Raziskovalne in standardizacijske aktivnosti na področju omrežij prihodnosti

Projekt NewArch, ki so ga leta 2000 začele nekatere ameriške univerze in inštituti, je predhodnik projektiranja arhitekture interneta prihodnosti, ki se zavzema za projektni pristop "nepopoln list papirja" (Clean-slate). Ustanovila ga je Agencija v okviru obrambnega ministrstva za napredne raziskovalne projekte (DARPA; Defense Advanced Research Projects Agency) – Cilj tega projekta je bil, da se omrežna arhitektura opredeli kot "sodobni projektni principi za uporabo protokolov in algoritmov". Projekt »100x100 Clean Slate Project« (2000 – 2005) je bil skupni projekt, ki ga je podpirala tudi Nacionalna znanstvena fundacija (NSF; National Science Foundation), njegov slogan pa je bil "povezljivost s hitrostjo 100 Mbit/s v 100 milijonov domov" z novo tehnologijo. NSF financira tudi oblikovanje omrežja prihodnosti (FIND; Future Internet Design) in arhitekturo internetne prihodnosti (FIA; Future Internet Architecture). FIND je bil dolgoročni pobuda razvojnega programa NSF NeTS, ki podpira tudi princip projektiranja "nepopoln list papirja". Pripravljenih je bilo več kot 40 projektov, štirje

veliki projekti (projekti FIA) pa so nastali s pomočjo oblikovanja omrežja prihodnosti. Za testiranje arhitekture povsem novega omrežja je NSF leta 2005 ustanovil okolje za omrežne inovacije (GENI; Global Environment for Network Innovations).

Omrežje temelji na pan-USA 4x10G povezavi, ki predstavlja skupno L2 ethernet domeno. Raziskovalci (univerze, inštituti) z dobrimi projektnimi predlogi dobijo dostop do te infrastrukture za določen čas (tipično 1 leto ali manj). Sistem spiral omogoča uspešnim projektom, da se kvalificirajo v nadaljnjo spiralo glede na dosežene predhodne rezultate. Tako se v spirali dvigujejo izkušnje in rezultati, posledično pa je možna dokaj hitra komercializacija rezultata. Osnova je še vedno IP omrežje, v zadnjem času pa se čuti pomanjkanje dobrih predlogov za testiranje korenitejših sprememb v filozofiji in arhitekturi omrežij.

Japonska vlada je leta 2005 napovedala strateški program pod imenom Družba vseprisotnega omrežja (Ubiquitous Network Society; UNS), leta 2006 pa je NICT začel projekt AKARI za projektiranje arhitekture omrežja nove generacije (NeW Generation Network; NWGN). Nadaljuje se kot projekt v NWGN R&D Project. Testno okolje za omrežja nove generacije JGN-X trenutno preskuša tehnologijo virtualizacije.

V Koreji so leta 2007 začeli delo pri projektih FI Arch, kot so mobilni internet prihodnosti (Mobile Oriented Future Internet; MOFI), zamudam strpno omreženje (Delay Tolerant Networking; DTN), CCN itd. Leta 2008 so začeli projekt raziskave interneta prihodnosti za trajno testno okolje (Future Internet Research for Sustainable Testbed; FiRST) in mednarodne projekte, kot je K-GENI. Korejska vlada je napovedala tudi pametni internet kot prvi model interneta prihodnosti v letu 2011.

V Evropski skupnosti pa več kot 150 projektov, združenih v skupščini internetne prihodnosti (FIA; Future Internet Assembly) [6] [9], razvija omrežne sisteme za internetno prihodnost. Koncept EU – »Future internet« – izhaja iz aplikacij in potreb družbe in različnih panog (od zgoraj navzdol) in ni toliko tehnološko usmerjen (kar je bilo značilno v preteklosti). Zaradi predsedovanja Slovenije EU je bilo aprila 2008 prvo zasedanje FIA na Bledu. Takrat je nastala zelo pomembna in odmevna Blejska deklaracija [21], ki je definirala evropski pristop k razvoju omrežja. Spodbudna je povezava raziskovalnih sredin z operaterji in industrijo na osnovi izdatnega sofinanciranja iz EU skladov. Projekti so sorazmerno razdrobljeni in praviloma demonstrirajo ključne nove uporabne prednosti na osnovi interneta oz. povezanih aplikacij. Slovenski raziskovalci, predvsem iz raziskovalnih inštitucij, se vključujejo v projekte kot partnerji, pogrešamo pa nosilce in hitrejši prenos pridobljenega znanja in izkušenj v prakso.

IV. STANDARDIZACIJA OMREŽJA PRIHODNOSTI V ITU-T

Študijska skupina 13 (SG13) ITU-T, tj. skupina za arhitekturo omrežja ter vodilna skupina za standardizacijo omrežja prihodnosti v ITU-T, je začela delovati na področju omrežij prihodnosti januarja 2009. Ker se je obravnavala omrežij prihodnosti šele začela in to skoraj izključno v raziskovalnih sredinah, je bilo sklenjeno, da je zelo pomembno prisluhniti ne samo članom ITU-T (administracije, operaterji in industrija), ampak tudi drugim

raziskovalcem zunaj ITU-T. Ustanovljena je bila ciljna skupina za omrežja prihodnosti (Focus Group on FN; FG-FN), odprta za vse strokovnjake znotraj/zunaj ITU-T, katere aktivnosti so se začele julija 2009 in trajale do decembra 2010. Skupina je organizirala srečanja v različnih krajih Evrope, ZDA in Azije ter prisluhnila mnenjem številnih strokovnjakov. Zadnje, osmo zasedanje FG-FN je potekalo prve dni decembra 2010 v Ljubljani [17]. Udeleženci zasedanja so za slovensko javnost na javni delavnici preliminarно predstavili zaključke dotedanjega dela.

Ugotovljeno je bilo, da obstoječa omrežja ne rešujejo izzivov:

- prilagajanja aplikacij uporabnikom in procesom, še posebno pa uvajanju novih storitev v omrežje brez večjega povečanja uvajalnih in operativnih stroškov;
- ekstremnega povečanja količine podatkov v distribuiranem okolju brez jamstva o hitri, varni in zanesljivi uporabi le-teh kjerkoli;
- na področju okoljskih parametrov (poraba materiala, energije, virov);
- na poslovnem področju, saj je vstop novih udeležencev težak, pa tudi visoki stroški vse krajših življenjskih ciklov omrežij onemogoča vzdržno poslovno politiko IKT-področja.

Dosežen je bil dogovor, da se FN časovno umesti v obdobje po 2015–2020. Po letu 2015 se pričakujejo prvi prototipi in potem fazna vpeljava po segmentih. Tako imajo vsi (raziskovalci, SDO, industrija) čas za vse pripravljalne aktivnosti. Koncept FN naj bi zadovoljeval potrebe do leta 2050.

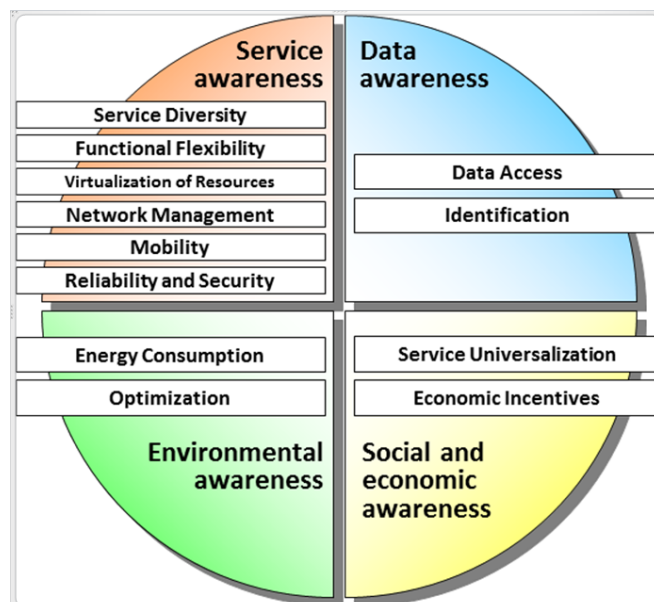
Naslednji pomemben dogovor predstavlja dejstvo, da se pristopa do definiranja zahtev omrežja prihodnosti po principu "clean-slate", potem pa se bo po principu selekcije izbiralo med tistimi obstoječimi in novimi tehnologijami (kandidatne tehnologije), ki bodo najbolj optimalno zadovoljile rešitev definiranih izzivov.

Vsi najpomembnejši končni dokumenti skupine FG-FN so po obdelavi v SG13 zdaj priporočila serije ITU-T Y.3000. ITU-T SG13 je tako v obdobju 2009–2012 razvil in objavil štiri pomembna priporočila: Y.3001, Y.3011, Y.3021 in Y.3031, ki so prvi standardi z opisi omrežij prihodnosti, v obdobju 2013–2016 pa sedaj sledijo nova, že bolj usmerjena priporočila Y.3012, Y.3032, Y.3033 in Y.3300. Vsa objavljena priporočila so prosto dostopna tudi na spletni strani ITU-T.

V. ITU-T Y.3001: CILJI IN USMERITVE OMREŽIJ PRIHODNOSTI

Priporočilo ITU-T Y.3001– »Omrežja prihodnosti: Cilji in usmeritve« [1] opisuje cilje in usmeritve omrežij prihodnosti in je prva standardna definicija in opis omrežij prihodnosti. Cilji določajo osnovna vprašanja, ki jim ni bilo namenjeno dovolj pozornosti pri projektiranju trenutnih omrežij, so pa karakteristika omrežij prihodnosti, po kateri se razlikujejo od zdajšnjih omrežij.

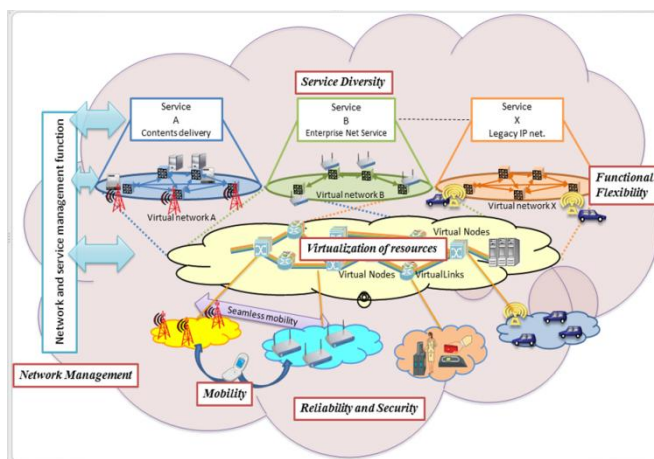
Štirje cilji, ki so opredeljeni in opisani v Y.3001, so: storitvena naravnost, podatkovna naravnost, okoljska naravnost ter socialna in ekonomska naravnost. Definiranih je bilo dvanajst usmeritev, ki označujejo sodobne zmožnosti in funkcije, ki so potrebne pri realizaciji omrežij prihodnosti. Na sliki 2 je prikazana preslikava usmeritev v cilje.



Slika 2: Štirje cilji in dvanajst usmeritev omrežij prihodnosti

A. Storitvena naravnost

Storitvena naravnost v omrežjih prihodnosti je predstavljena na sliki 3. Predvideva se izjemno povečanje števila in nabora storitev v prihodnosti. Današnje IP omrežje, katerega osnovna struktura je bila vpeljana pred več kot tridesetimi leti, je s svojo osnovno funkcionalnostjo in arhitekturo do zdaj podpiralo katerokoli storitev. Pričakuje se, da bodo omrežja prihodnosti optimalno podpirala ne samo trenutne storitve, kot sta elektronska pošta in spletno brskanje, ampak tudi prihajajoče storitve, in sicer z dodatno funkcionalnostjo in fleksibilnostjo, ki lahko zadovoljita različne nove zahteve.



Slika 3: Storitvena naravnost v omrežjih prihodnosti

Omrežja prihodnosti naj bi podpirala te storitve brez občutnega zvišanja investicije, na primer uvajalnih in operativnih stroškov. Omrežja prihodnosti naj bi poleg tega bila fleksibilna in prožna za prilagajanje novim storitvam. Če storitev na primer zahteva, da se določen proces izvede v omrežju, mora omrežje dinamično zagotavljati vse krmiljene komunikacijske, računalniške in pomnilniške vire, ki so potrebni za omenjeno storitev. Ti viri so lahko virtualizirani, da omogočajo fleksibilno uvajanje in uporabo pri storitvah.

Za podporo raznolikih storitev za mobilne uporabnike, vključno z napravami M2M, so potrebne sodobne funkcije na

področju mobilnosti, ki zagotavljajo zadovoljivo kakovost uporabniške izkušnje tako v homogenem kot heterogenem mobilnem okolju.

Upravljanje omrežja bo zelo pomembno, da bo omrežje lahko vključevalo in prilagajalo te različne storitve. Omrežje bo moralo upravljati ne le fizične vire, ampak tudi navidezne vire, nameščene v omrežju. Storitve se bodo poleg tega morale upravljati skupaj z omrežjem na enoten način, zato bo avtomatsko upravljanje imelo glavno vlogo pri njihovi realizaciji.

Storitve pa bodo morale podpirati tudi socialno infrastrukturo, vključno s kritičnimi storitvami, zato bodo omrežja prihodnosti v primerjavi z današnjimi omrežji zahtevala precej večjo varnost in zanesljivost.

Priporočila za storitveno naravnost

Število omrežnih storitev se nenehno povečuje, postajajo še bolj raznolika ne samo pri tradicionalnih lastnostih, kot sta pasovna širina in zakasnitev, ampak tudi pri porabi energije, mobilnosti, odstopanju zakasnitve, varnosti in tako naprej. Omrežja prihodnosti morajo vključiti te raznolike storitve brez občutnega povečanja stroškov za uvedbo in obratovanje. Ena od metod je, da se omrežnim operaterjem omogoči upravljanje svojih omrežij na enoten in programirljiv način ter postavitev več izoliranih in fleksibilnih omrežij, kar naj podpira širok spekter omrežnih storitev, ki ne vplivajo druga na drugo. S tega vidika spadajo med obetavne tehnologije virtualizacija omrežja (VN) [10] in SDN [12] ter omreženje v oblaku [11].

ITU-T je uspešno razvil in objavil Priporočilo ITU-T Y.3011 – »Okvir omrežne virtualizacije za omrežja prihodnosti« [2], ki je prvo priporočilo za področje storitvene naravnosti v omrežjih prihodnosti. Virtualizacija omrežja je metoda, ki omogoča, da se v enem fizičnem omrežju nahaja več navideznih omrežij, imenovanih logično izolirane omrežne rezine (ang. logically isolated network partition; LINP). Dokument Y.3011 obravnava in predstavlja osem načel projektiranja za virtualizacijo omrežja.

- Izolacija: ločevanje LINP (npr. z vidika varnosti in zmogljivosti).
- Omrežna abstrakcija: skrivanje temeljnih lastnosti omrežnih virov in vzpostavitev poenostavljenih strežnikov za dostopanje do omrežnih virov.
- Topološka naravnost in zmožnost hitrega ponovnega konfiguriranja: posodobitev zmožnosti LINP mora biti dinamična brez prekinitev v njenem obratovanju.
- Zmogljivost: preprečevanje poslabšanja zmogljivosti zaradi virtualizacijskega sloja ali prilagodilnega sloja.
- Programirljivost: programirljiva krmilna ravnina in podatkovna ravnina, da uporabniki lahko po želji prilagodijo protokole, funkcije posredovanja in usmerjanja v LINP.
- Upravljanje: neodvisne funkcije upravljanja za vsak LINP.
- Mobilnost: podpora premeščanja navideznih virov, vključno z uporabniki in storitvami.
- Brezžičnost: podpora brezžičnosti, na primer omejena uporaba virov, motnje signala itd.

Naslednji korak pri pripravi Y.3011 je bila obdelava podrobnejših zahtev za virtualizacijo omrežja v ločenem priporočilu ITU-T Y.3012 (Y.FNvirtreq) – »Zahteve za virtualizacijo omrežja v omrežjih prihodnosti«, ki se je

fokusiral na upravljanje navideznih virov, mobilnost storitev in brezžično virtualizacijo.

Poleg tega nastajajo tehnologije SDN, ki naj bi glede na intenzivne razprave pomenile rešitev za virtualizacijo omrežja pri telekomunikacijskih ponudnikih, vključno z mobilnimi, podatkovnimi centri ter podjetniškimi omrežji. Februarja 2014 usklajeno priporočilo ITU-T Y.3300 (Y.SDN-FR) – »Okvir programirljivega omreženja (SDN) za omrežja prihodnosti« [18], podrobno navaja zahteve in primere uporabe za SDN v omrežjih ponudnikov telekomunikacijskih storitev. SDN je definiran kot nova tehnologija omreženja, ki ponuja centralizirane, programirljive krmilne ravnine, tako da omrežni operaterji lahko neposredno krmilijo in upravljajo svoja virtualizirana omrežja. Med njegove lastnosti spadajo programirljiva krmilna ravnina, abstrakcija podatkovne ravnine in podpora virtualizacije temeljne infrastrukture omrežij. ITU-T sodeluje tudi z drugimi organizacijami za razvoj standardov, kot so Open Networking Foundation (ONF), Internet Engineering Task Force (IETF) in Evropski telekomunikacijski standardizacijski inštitut (ETSI).

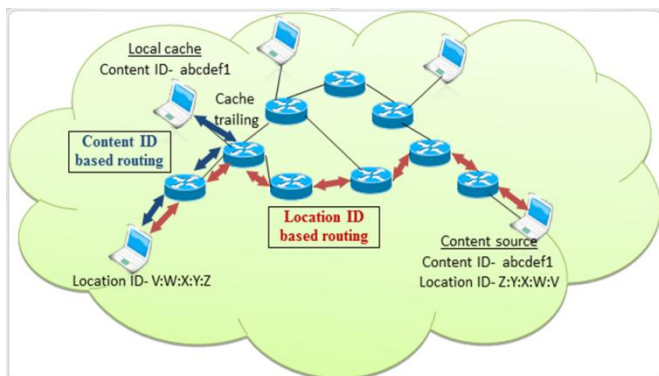
V zadnjem letu je ETSI povezal vodilne svetovne operaterje in proizvajalce pri definiranju virtualizacije omrežnih funkcij (NFV), ki v povezavi z SDN in NV predstavlja dobro orodje oz. tehnologijo za realizacijo in doseganje storitvene naravnosti omrežja prihodnosti.

B. Podatkovna naravnost

Priporoča se, da imajo omrežja prihodnosti optimizirano arhitekturo za obdelavo velikih količin podatkov v porazdeljenem okolju in da uporabnikom omogočajo varen, preprost, hiter in ustrezen dostop do zelenih podatkov. V okviru tega priporočila "podatki" niso omejeni le na določeno vrsto podatkov, kot so audio- in videovsebine, ampak pomenijo vse informacije, dostopne v omrežju.

Današnja omrežja se uporabljajo predvsem za dostopanje do informacij in njihovo posredovanje. Omrežja v ta namen vzpostavljajo komunikacijsko povezavo med aplikacijskim procesom vsakega terminala (končnega gostiteljskega) in prek nje izmenjavajo podatke. To temelji na predpostavki, da drugi terminal že pozna lokacijo terminala in da je lokacijski identifikator (npr. IP naslov) globalno edinstven. Izmenjava informacij v današnjih omrežjih temelji na svetovno edinstvenih lokacijskih identifikatorjih in usmerjanju na podlagi teh identifikatorjev, kot je prikazano na sliki 4.

Če pa se enaki informacijski objekti nahajajo na več mestih, dostop do informacij prek globalno edinstvenih statičnih identifikatorjev ni vedno optimalen. Na primer, do priljubljene videovsebine, ki jo nalaga veliko ljudi, namesto prek oddaljenega strežnika vsebin lahko dostopamo prek lokalnega predpomnilnika in tako zmanjšamo porabo dodatne pasovne širine. Enake vsebine imajo lahko enak identifikator vsebine, do katere lahko dostopamo prek najbližjega predpomnilnika s pomočjo usmerjanja na podlagi identifikatorja vsebine, kot je prikazano na sliki 4. Ponudnik storitve dostave vsebin lahko spremeni odziv na poizvedbo po domenskem strežniku, tako da je omogočeno dostopanje do najbližjega strežnika, kar pa velja samo za tega ponudnika storitve in bi to bilo težko razširiti na svetovno raven.



Slika 4: Podatkovna naravnost v omrežjih prihodnosti

V omrežjih prihodnosti se načrtujejo komunikacijske paradigme z uporabo identifikatorjev, ki se razlikujejo od lokacijskih identifikatorjev. Omrežja prihodnosti naj bi podpirala komunikacijo z uporabo identifikatorjev podatkov (ali vsebine). Poleg tega naj bi podpirala komunikacijo z uporabo identifikatorjev vozlišča, identifikatorjev aplikacijskega procesa itd. Te identifikatorje moramo obravnavati ločeno od lokacijskih identifikatorjev in omrežja prihodnosti naj bi podpirala ne le ločitev identifikatorjev in lokatorjev, ki so določeni v LISP in Priporočilu ITU-T Y.2015, ampak tudi komunikacijo z uporabo identifikatorjev podatkov, vozlišč itd.

Priporočila za podatkovno naravnost

Priporočilo ITU-T Y.3031 – »Identifikacijski okvir v omrežjih prihodnosti« [4] je četrto ključno priporočilo na področju omrežij prihodnosti, ki ga je razvila študijska skupina ITU-T SG13. To priporočilo dopolnjuje cilje in usmeritve omrežij prihodnosti, ki so določeni v dokumentu ITU-T Y.3001, z novim identifikacijskim okvirom, ki naj bi pomagal pri dejanski podpori mobilnosti in optimalnem dostopu do podatkov. Podrobneje določa identifikacijski okvir na podlagi analize identifikatorjev, ki jih uporabljajo današnja omrežja, ter njihove omejitve. Omenja tudi preobremenjeno semantiko IP naslova v vlogi identifikatorja, lokatorja in usmerjevalne značke ter posledične ovire za mobilnost in storitve večdomnosti.

Identifikacijski okvir je horizontalno umeščen med komunikacijske objekte (kot so uporabnik, naprava, podatki in storitev) in fizična omrežja, ki posredujejo podatke z enega mesta na drugo. Okvir je sestavljen iz štirih elementov: storitev odkrivanja identitete, identitetni prostor, register preslikave identitet in storitev preslikave identitet. Storitve odkrivanja identitete odkriva različne tipe identifikatorjev, ki pripadajo komunikacijskim objektom. Identitetni prostor določa in upravlja različne vrste identifikatorjev (npr. identifikator uporabnika, identifikator podatkov ali vsebine, identifikator vozlišča in lokacijski identifikator). Register preslikave identitete vsebuje povezave med različnimi vrstami identifikatorjev. Storitve preslikave identitete izvaja preslikavo identifikatorjev ene vrste v identifikatorje druge vrste. Storitve preslikave identitet uporablja preslikave identitet, ki jih dobi iz registra preslikave identitet, da zagotovi brezprekinitvene storitve prek heterogenih fizičnih omrežij, kot so IPv6, IP IPv4 ali ne-IP-omrežja, ki lahko uporabljajo različne protokole in medije za posredovanje podatkov.

Narejen je bil že naslednji korak z objavo priporočila Y.3032 – »Konfiguriranje identifikatorjev vozlišč in

lokacijskih identifikatorjev v omrežjih prihodnosti« [19], ki poleg generične opisa algoritma informativno prinaša tudi že nekaj testnih meritev iz realnega okolja. ITU-T je prav tako že dokončal priporočilo Y.3033 – »Okvir omreženja s podatkovno naravnostjo za omrežja prihodnosti« [20], ki vsebuje pregled omrežij s podatkovno naravnostjo (ang. data aware networks; DAN). DAN je tehnologija, ki omogoča obdelavo velikih količin podatkov v porazdeljenem okolju in omogoča uporabnikom varen, preprost, hiter in ustrezen dostop do želenih podatkov ne glede na njihovo lokacijo. Zaradi funkcije naravnosti te tehnologije se poleg tega omogoča omrežjem, da razumejo zahteve uporabnikov in se ustrezno odzivajo, če želijo podpreti prilagodljivo širjenje podatkov.

Osnova tehnologije DAN je usmerjanje na podlagi imena, pri katerem se podatki ali zahteva po podatkih v omrežju ne usmerja na podlagi lokacije, ampak na podlagi imena ali identifikatorja (tj. usmerjanje in posredovanje temeljita na identifikatorju podatka). Dotika pa se tudi številnih vidikov trenutnih raziskav, kot sta omreženje na podlagi vsebin (ang. content-centric networking; CCN) [5] in omreženje na podlagi informacij (ang. information-centric networking; ICN) [8]. Dokument Y.3033 opredeljuje splošne lastnosti in visoke zahteve DAN, kot so poimenovanje, usmerjanje, predpomnjenje v omrežju, obdelava v omrežju in varnost podatkov.

C. Okoljska naravnost

V skladu s poročilom [13] pomeni količina ogljikovega dioksida, ki ga proizvaja industrija informacijske in komunikacijske tehnologije (ICT), dva odstotka celotne emisije ogljikovega dioksida (CO₂). To vključuje tudi CO₂, ki ga prispevajo osebni računalniki, strežniki, hladilni sistemi, stacionarna in mobilna telefonija, lokalna omrežja (LAN), poslovne telekomunikacije in tiskalniki.

Internetni promet se z vsakim letom povečuje. Ugotavljajo, da se vsakih pet let potroji in bo leta 2016 dosegel 1,3 zetazloga. Glede na potrebe po prenašanju informacij po omrežju bo povečanje prometa pomenilo povečanje porabe energije, zato se bo tudi emisija CO₂ še naprej povečevala. Zato naj bi omrežja prihodnosti zmanjšala porabo energije, potrebne za prenos podatkovnih bitov na ravni naprave, opreme in sistema. Hkrati pa energijo lahko bolje upravljamo, tako da uporabljamo informacijske in telekomunikacijske tehnologije za različne industrijske panoge, kot je proizvodnja in prodaja blaga.

Priporočila za okoljsko naravnost

Priporočilo ITU-T Y.3021 – »Okvir varčevanja z energijo za omrežja prihodnosti« [3] ponuja pregled različnih tehnologij za varčevanje z energijo in jih kategorizira glede na osnovno strategijo. Varčevanje z energijo je priporočeno na nivoju izbora bazične tehnologije (podana je informacija, da je komutacija vodov energetske ustreznejša tehnologija kot tehnologija paketnega posredovanja), delovanja naprave, sistema in kar je novost, na nivoju omrežja kot celote. Ena takih tehnologij je zmanjšanje zmogljivosti omrežja z zmanjšanjem prometa (na primer s predpomnjenjem) ali premikom prometne konice. Druga možnost je izboljšanje izkoristka energije z dinamičnim krmiljenjem (npr. "clock gating", nadzor nad mirovanjem) ali manjšim napajanjem (npr. izdelava integriranih vezij, termično oblikovanje itd.).

Nato pa opiše še povratno zanko med meritvijo, krmiljenjem in upravljanjem kot okvir varčevanja z energijo.

Vsako priporočilo, ki se nanaša na omrežje prihodnosti, vsebuje tudi poglavje o okolju, ki ocenjuje vpliv tehnologije na okolje, in pri tem upošteva poglavje o varnosti, ki je splošno vključeno v standardih informacijskih in telekomunikacijskih tehnologij.

D. Socialna in ekonomska naravnost

Telekomunikacijska omrežja so postala pomembna komunalna infrastruktura, nepogrešljiva za našo družbo, podobno kot elektrika, plin in voda. Omrežja prihodnosti morajo zaradi tega pri arhitekturi upoštevati socialne in ekonomske vidike.

Na poti razvoja omrežij od preprostega povezovanja ljudi s skupnimi interesi do socialne infrastrukture je univerzalnost storitve pri novem omreženju postala ključni cilj. Dostop do svetovnega omrežja bo postal ena temeljnih pravic, ki naj bi zaradi lokacije posameznega uporabnika ne bila omejena.

Razvoj omrežja mora potekati premišljeno in dosledno. Javna omrežja, kot so telefonska, so v glavnem financirale in upravljale družbe v lasti držav, ki so tako podpirale in razvijale državno industrijo. Pred kratkim pa so se aktivirale zasebne investicije in trg kapitala se je vključil tudi v financiranje in delovanje omrežne infrastrukture. Hkrati se podira razmerje med investicijskim modelom in modelom delitve dobička, ki postaja moteč dejavnik pri ustreznem razvoju tega trga.

Omrežja prihodnosti naj bi občutno zmanjšala ovire za udeležence, ki želijo vstopiti na ta trg, in zagotavljala uravnoteženo konkurenčno okolje.

Priporočila za socialno in ekonomsko naravnost

Dokument ITU–T Y.3001 poudarja, da morajo omrežja prihodnosti upoštevati socialna in ekonomska vprašanja, kot so omejitve pri vstopu na trg ali stroški za uvajanje in okolju primerno delovanje. To je interdisciplinarno vprašanje med tehnologijo in strategijo, pri čemer moramo paziti, da večine teh ne smejo določati standardi, temveč trg s konkurenco. Zato je dobro vnaprej predvideti tudi učinkovitost orodij za nadzor in posege različnih regulatornih organov.

S tem namenom je bila odprta razprava o socialno-ekonomskih vprašanjih in pripravljen osnutek priporočila ITU–T Y.Fnsocioeconomic – »Projektiranje tehnologije omrežij prihodnosti s socialno in ekonomsko naravnostjo« (priporočilo je predvideno za sprejem 7/2014). Ta osnutek daje okvir, da se predhodno ovrednoti lastnosti kandidatnih tehnologij za omrežje prihodnosti pri socialno-ekonomskem vplivu tako, da upošteva ustrezno število udeležencev, konflikte med njimi ter možnosti, ki so na voljo, da predvidi stabilen, konkurenčno spodbuden ali nestabilen rezultat pri razvoju tehnologije, da ugotovi potencialen presežek (neželenih) učinkov primarne funkcionalnosti tehnologije na drugo funkcionalnost in da pomaga pri projektiranju tehnologije za omrežja prihodnosti, ki ustreza socialno-ekonomskim usmeritvam in ciljem.

VI. TRENUTNE AKTIVNOSTI

Aktivnosti na področju standardizacije omrežij prihodnosti so dobile zagon. SDN, ki je tesno povezan s ciljem storitvene naravnosti, je na primer postal vroča tema v industriji informacijskih in telekomunikacijskih tehnologij.

Zato se je študijska skupina SG 13 ITU–T za delo v obdobju 2013–16 odločila, da standardizacijo omrežij prihodnosti reorganizira v tri skupine: prva skupina (Q14/13) za storitveno naravnost, vključno s SDN, druga skupina (Q15/13) za podatkovno naravnost in tretja skupina (Q16/13) za okoljsko in socialno-ekonomsko naravnost in kratkoročno realizacijo omrežij prihodnosti. Omrežja prihodnosti so široko področje, ki pri nadaljnji standardizaciji zahteva proučitev številnih vprašanj ločeno od osnutkov priporočil, omenjenih v prejšnjih poglavjih. Ena najpomembnejših področij je enotno upravljanje omrežij prihodnosti, ki vključuje avtomatsko upravljanje znotraj omrežja [7]. To je pristop, pri katerem so upravljalne in krmilne funkcije razdeljene in nameščene ali gostujejo v upravljanem omrežju in storitvenih elementih ali blizu njih. Prednosti so ustrezna podpora za samoupravljalne funkcije, boljša avtomatizacija in avtonomnost, preprostejša uporaba upravljalnega orodja in nadgradnja omrežja z vgrajeno inteligenco in znanjem. Dodatne prednosti vključujejo zmanjšanje in optimizacijo zunanjega vzajemnega delovanja pri upravljanju, ki je ključno za zmanjšanje ročnih akcij in povečanje obvladljivosti velikega števila omrežnih sistemov ter premik s paradigme upravljanega objekta k upravljanju na podlagi ciljev. Prav tako se še ni pristopilo k celostni analizi regulatornih aspektov v omrežjih prihodnosti, čeprav je nekaj izzivov identificiranih (globalno upravljanje SDN omrežja oz. dinamično programsko rekonfiguriranje in nacionalna suverenost).

Z vsemi vidiki omrežij prihodnosti se vse intenzivneje ukvarjajo tudi druge študijske skupine ITU–T v okviru svojih specifičnih področij in druge organizacije za razvoj standardov (varnost, transport, management). Za realizacijo omrežij prihodnosti je pomembno tudi večplastno sodelovanje na področju tehnoloških raziskav in tržnih zahtev.

VII. SKLEP

Ko smo leta 2009 začeli razpravljati o omrežjih prihodnosti, je bila definicija omrežja prihodnosti še na začetni stopnji. Pri delu na področju standardizacije pa smo s pomočjo mnenj različnih strokovnjakov lahko došli in določili ključne karakteristike in pomembne vidike omrežij prihodnosti in jih opredelili v omenjenih dokumentih. Prepričan sem, da bodo ta priporočila dobra podlaga in ustrezne smernice pri nadaljnji izvedbi, standardizaciji, raziskavi in razvoju omrežij prihodnosti.

Strateško pomembna se mi zdi prisotnost Slovenije v standardizacijskem delu. Na ta način imamo vpogled v časovno dinamiko na področju razvoja ekosistema omrežja prihodnosti. Čeprav širši slovenski strokovni srenji dosedaj ni uspelo veliko prispevati k oblikovanju podrobnosti omrežja prihodnosti, so vsa vrata odprta in procedure za to omogočene. Zavedam se, da je to lahko posledica strokovnega primanjkljaja na tem področju, zato je nujno, da že s spremljanjem omogočamo vsem zainteresiranim hitrejšo kompenzacijo tega manjka. Znanje o tem področju potrebujemo za strategije nadaljnjega razvoja IKT, izvedbo posodobitev nacionalnega omrežja, proaktivnost in inovativnost v več industrijskih sektorjih in končno, za operativno izrabo funkcionalnosti omrežij prihodnosti v naslednjih desetletjih.

ZAHVALE

Zahvaljujem se kolegom Daisuke Matsubari, Takashiju Egawi, Nozomu Nishinagi, Myung-Ki Shinu, Vedu Kafllu in Alexu Galisu za intenzivno strokovno sodelovanje pri standardizacijskem delu na področju FN in sodelovanje pri pripravi članka [15], ki je osnova tudi za ta prispevek. Zahvaljujem se tudi Sangjinu Jeongu, Hidekiju Otsukiju, Toshihikiju Kuriti, Martinu Waldburgerju, Naotaki Moriti, Hyoung-Jun Kimu in Chaesubu Leeju za njihovo sodelovanje in angažiranje v ITU-T, ki je pripeljalo do navedenih rezultatov.

LITERATURA

- [1] Recommendation ITU-T Y.3001, "Future Network Vision – Objectives and Design Goals", 2011.
- [2] Recommendation ITU-T Y.3011, "Framework of Network Virtualization for Future Networks", 2012.
- [3] Recommendation ITU-T Y.3021, "Framework of energy saving for Future Networks", 2012.
- [4] Recommendation ITU-T Y.3031, "Identification Framework in Future Networks", 2012.
- [5] V. Jacobson, D. K. Smetters, J. D. Thornton, M. F. Plass, N. H. Briggs, R. L. Braynard (PARC) "Networking Named Content," CoNEXT 2009, Rome, December, 2009.
- [6] Álvarez, F., A. Galis, A. Domingue, J. Gavras, A. Zahariadis, T. Stiller, B. Schaffers, H. Daras, P. Frances, Cleary Henning Mueller Michael Nilsson Volkmar Lotz, Krco S., Karnouskos, S., Avessta, S., "Future Internet – From Promises to Reality"– Lecture Notes in Computer Science 7281, Springer ISBN 978-3-642-30240-4, pp 249, April 2012, <http://www.springerlink.com/content/?k=LNCS+7281>.
- [7] Clayman, S., Clegg, R., Mamatas, L., Pavlou, G., Galis, A.: "Monitoring, Aggregation and Filtering for Efficient Management of Virtual Networks"– IEEE CNSM mini-conference 2011: 7th International Conference on Network and Service Management www.cnsm2011.org/ – October 2011, Paris, France <http://cnsm.loria.fr/>.
- [8] Dirk Kutscher, Bengt Ahlgren, Holger Kar3, Börje Ohlman, Sara Oueslati, and Ignacio Solis "Information-Centric Networking," Dagstuhl Seminar Dagstuhl Seminar, 2010.
- [9] Domingue, J., Galis, A., Gavras, A., Zahariadis, T., Lambert, D., Cleary, F., Daras, P., Krco, S., Müller, H., Li, M.-S., Schaffers, H., Lotz, V., Alvarez, F., Stiller, B., Karnouskos, S., Avessta, S., Nilsson, M. (Eds.) – "The Future Internet – Future Internet Assembly 2011: Achievements and Technological Promises"– Lecture Notes in Computer Science, Vol. 6656, 465 pp, ISBN 978-3-642-20897-3, 4th May 2011– Springer <http://www.springer.com/computer/communication+networks/book/978-3-642-20897-3>.
- [10] Galis, A., Denazis, S., Brou, C., Klein, C. (ed) – "Programmable Networks for IP Service Deployment" ISBN 1-58053-745-6, pp 450, June 2004, Artech House Books, www.artechhouse.com.
- [11] Rochwerger, J. Caceres, R. Montero, D. Breitgand, A. Galis, E. Levy, I. Llorente, K. Nagin, Y. Wolfsthal "The RESERVOIR Model and Architecture for Open Federated Cloud Computing", the IBM System Journal Special Edition on Internet Scale Data Centers, vol. 53, no. 4, 2009, http://www.haifa.ibm.com/dept/stt/sas_public.html.
- [12] Rubio-Loyola, J., Galis, A., Astorga, A., Serrat, J., Lefevre, L., Fischer, A., Paler, A., de Meer, H., "Scalable Service Deployment on Software Defined Networks"–IEEE Communications Magazine/ Network and Service Management Series, ISSN: 0163-6804; December 2011.
- [13] <http://www.gartner.com/it/page.jsp?id=503867>.
- [14] Recommendation ITU-T Y.2001, "General overview of NGN", 2004
- [15] A. Hudobivnik, D. Matsubara, T. Egawa, N. Nishinaga, M.K.Shin, V. Kafle, A.Galis, »Omrežje prihodnosti – stališče ITU-T«, ELEKTROTEHNIŠKI VESTNIK 80(1–2): 19–26, 2013
- [16] EC FIArch Group2, Fundamental Limitations of current Internet and the path to Future Internet, <http://www.future-internet.eu/publications/>, 2011
- [17] Hudobivnik A., »Novice iz ISO, IEC in ITU: Kako nastajajo zahteve za omrežje prihodnosti, imenovano Future Networks«, Sporočila SIST, 17–22, Februar 2011
- [18] Recommendation ITU-T Y.3300, "Framework of Software-Defined Networking", 4/2014
- [19] Recommendation ITU-T Y.3032, "Configurations of node identifiers and their mapping with locators in future networks", 1/2014
- [20] Recommendation ITU-T Y.3033, "Framework of data aware networks for Future Networks", 1/2014
- [21] The BLED Declaration: Towards a European approach to the Future Internet; <http://www.future-internet.eu/publications/bled-declaration.html>



Alojz Hudobivnik je diplomiral leta 1983 in magistriral leta 1989 na Fakulteti za elektrotehniko in računalništvo v Ljubljani. Zaposlen je bil v Iskra Delti in kasneje v Iskratelju. Vodil je razvojni oddelek programske opreme signalizacije št. 7 na sistemu EWSD in projekt uvajanja ATM in ADSL v Sloveniji, profitni center novih podatkovnih rešitev, skrbel za strokovno-tehnično usposabljanje in bil nazadnje svetovalec tehničnega direktorja. Intenzivno deluje tudi na področju mednarodne standardizacije, kjer od leta 1994 zastopa Slovenijo v ITU-T na področju konceptov in zahtev razvoja omrežja. V letih 2009–2012 je bil koporočevalec Q21/13, zdaj pa je namestnik vodje ITU-T SG13 WP3 (Future networks and SDN) in poročevalec Q15/13. (alozj.hudobivnik@ties.itu.int).

Omrežja prihodnosti: poslovni vidiki, migracijski scenariji in tehnološke danosti

Tomo Bogataj, Ana Robnik, Janez Öri, Iskratel, d.o.o., Kranj

Povzetek – Smeri razvoja omrežij prihodnosti so tesno povezane z njihovim preходом v programirljivost in ponujanje omrežij kot programskih gradnikov na standardizirani strojni opremi ter s preходом in uporabo tehnologij omrežij 5G. Vzdržen pristop, ki temelji na optimizaciji CAPEX/OPEX ter inoviranju na področju storitev in aplikacij, pomeni tudi napredek v načrtovanju omrežij prihodnosti in prispeva k vsesplošnemu zadovoljstvu poslovnih uporabnikov in vsakega od nas. Vendar to ni dovolj. V članku je predstavljen tudi dolgoročnejši vzdržni pristop, ki novo paradigmo omrežja kot programja uporablja v podaljšanih vrednostnih verigah in ekosistemi za trajnostne ekonomske in družbene koristi (hrana, voda, energija...). Tak pristop omogoča in pospešuje tehnološke, sociološke in okoljske inovacije, ki morajo biti skladne z zakonodajo in regulativo.

Ključne besede – omrežja prihodnosti, prihodnji internet, omrežje kot programje, 5G, sektor IKT, vertikalni sektorji

Abstract – Development trends of future networks are closely related to their transition to network programmability and deliver networks as software modules on standardized hardware, and to the transition and technology usage in 5G networks. A sustainable approach that bases on the optimization of CapEx/OpEx and on innovation in the field of services and applications leads the progress in designing future networks and contributes to the overall satisfaction of business customers and each of us. But this is not sufficient. In this paper we present a long-term sustainable approach, which uses a new paradigm “network softwarization” in the extended value chains and ecosystems for sustainable economic and social benefits (food, water, energy, etc.). Such an approach enables and promotes technological, sociological and environmental innovations harmonized with legislation and regulatory instruments.

Keywords – Future networks, Future internet, Network softwarization, 5G, ICT sector, Vertical sectors

I. MOTIVACIJA IN IZZIVI

Prehod telekomunikacijskih omrežij iz klasičnih vodovnih v »All-IP« omrežja in približevanje poslovnih IT omrežij sta bistvena dejavnika v poenotenju pogleda na omrežja prihodnosti. Zlivanje storitev in aplikacij v obeh kategorijah omrežij, ki jih uporabljajo tako poslovni uporabniki kot tudi rezidenti, predstavljajo nadaljnji korak v razvoju omrežij prihodnosti, tudi s stališča varnosti. Izvajanje storitev in aplikacij v oblaku ter hranjenje podatkov izven zasebnega okolja prinaša sicer hitreje poslovne učinke, srečamo pa se v najkompleksnejši obliki z vprašanjem dostopa do vsebin in z zasebnostjo. Uporaba storitev in aplikacij v domenskih sektorjih (energetika, promet, zdravstvo, javna varnost, ...) pa dodaja omrežjem kapilarno povezljivost naprav in stvari med seboj in s človekom (IoT – ang. *Internet of Things* / M2M – ang. *Machine to Machine*) ter povečuje zahteve v zvezi z odzivnostjo in žilavostjo. V vseh omrežjih in zgoraj omenjenih okoljih pa se povečuje količina prenešenih bitov in shranjenih podatkov (ang. *Big Data*), razširjajo se zahteve po uporabi podatkov in pridobivanju znanj iz prenešenih bitov (ang. *Open Data*) ter sprejemanju najprimernejših odločitev na podlagi teh znanj.

Vendar pa vsa omenjena poenotenja in spremljajoči poslovno-tehnološki dejavniki niso dovolj za trajen in vzdržen razvoj omrežij prihodnosti. Pridobimo sicer raznorodno uporabo sorodnih konceptov omrežij in inoviranja nad njimi ter prepotrebno cenovno učinkovitost,

agilnost in vitkost organizacij, poslovnih strank in posameznikov.

Omrežja prihodnosti postanejo dolgoročno vzdržni koncepti šele tedaj, ko bistveno pripomorejo k nudenju rešitev za današnje in prihodnje družbene izzive, kot so učinkovita in trajna proizvodnja in raba naravnih virov (hrana, voda, energija...) ter okoljska prijaznost in družbeni napredek (promet, zdravstvo, šolstvo, državna uprava, javna varnost, obramba, logistika, vesolje...).

Omrežja prihodnosti morajo biti torej s svojimi arhitekturnimi rešitvami in tehnologijami, z razslojenostjo in odprtostjo na različnih ravneh, pripravljena ne le na ekonomske izzive in spodbujanje inovativnosti, ampak tudi na družbene izzive, ki jih v veliki meri rešujejo vertikalni sektorji v podaljšani vrednosti verigi. Omrežja prihodnosti s svojimi storitvami šele kot omogočevalne tehnologije (ang. *enabling technologies*) predstavljajo in opravičujejo njihov trajni in vzdržni razvoj. Bistvena dodana vrednost zgoraj omenjenim domenskim sektorjem je ključno gonilo za njihov napredek.

Na omrežja prihodnosti vplivata zakonodaja in regulativa, ki uravnava segmente, ki jih ni mogoče urediti le z zakonitostmi, ki jih narekuje trg in tržno gospodarstvo.

A. Poslovna motivacija

Ponudniki povezljivosti in storitev ("operaterji") se v spremenjenih tržnih razmerah srečujejo z vrsto izzivov. A njihov skupni imenovalac ni tehnične narave, temveč je to obvladovanje TCO (ang. *Total Cost of Ownership*).

i. Obvladovanje investicij (CAPEX)

Ključno za obvladovanje investicij (CAPEX ang. *Capital Expenditure*) je obvladovanje dolžine investicijskega cikla.

Evropska zakonodaja zavezuje operaterje s prevladujočim tržnim vplivom k odprtosti, da morajo preko svojega omrežja zagotavljati prenos storitev drugih ponudnikov. Obenem jih zakonodaja sili k čim širšemu geografskemu pokrivanju oz. zagotavljanju širokopasovnega dostopa vsem prebivalcem (t.i. digitalna agenda). Operaterji so tako ujeti v škarje med investiranjem z vprašljivim vračanjem investicije, hkrati pa jim alternativni ponudniki storitev odzirajo prihodke od končnih uporabnikov.

Statistika ETNO (ang. *European Telecommunications Network Operators*) že nekaj let zapovrstjo ugotavlja, da investicije rastejo za 5 % letno, medtem ko prihodki upadajo za 2 % letno.

Situacijo še poslabšujejo prometni trendi v omrežjih. Količina širokopasovnega prometa skozi omrežja raste za približno 60 % letno in se podvoji v 2-3 letih, investiranje v sprotno povečevanje prometne prepustnosti jedra pa pomeni nevzdržno kratek investicijski cikel, saj padanje cen omrežnih vmesnikov (na priključek, na Gbps) za približno 20 % na leto dovoljuje vzdržen investicijski cikel 4-5 let ob enakomernem investiranju.

Kako naj operaterji zaščitijo svojo investicijo v (jedrno) omrežje ter podaljšajo investicijski cikel na zdržno mejo?

ii. Obvladovanje operativnih stroškov (OPEX)

Da bi zadržali končne uporabnike v zaostrenih tržnih razmerah, so operaterji prisiljeni konkurirati z diferencirano ponudbo lastnih storitev. Te morajo biti po svoji tehnični naravi vedno bolj kompleksne, vključevati bolj sofisticirano razločevanje prometa, personalizacijo, časovno prilagajanje, povezovanje z aplikacijami v oblaku ipd. – kar vse zahteva bolj kompleksno in vse pogostejše konfiguriranje omrežnih virov na vsej komunikacijski poti (ang. *End-to-End*). Posledice so povečanje tveganja, težave s skalabilnostjo ter neizogibno povečani operativni stroški (OPEX, ang. *Operating Expenditure*).

Kako naj operaterji znižajo svoje operativne stroške ob vpeljevanju novih (upravljanih) storitev in aplikacij?

iii. Obvladovanje povprečnega prihodka od uporabnika (ARPU) in bega uporabnikov k OTT

Navade končnih uporabnikov se hitro spreminjajo. Vedno več jih prehaja od upravljanih operatorskih storitev k cenejšim ali celo brezplačnim storitvam OTT (ang. *Over-the-Top*): uporabljajo npr. Skype namesto telefonije VoIP ali spletni video namesto televizije IPTV. Vsem storitvam OTT je skupno, da uporabniki potrebujejo le internetni dostop (kot transport za OTT), zato se odpovedujejo upravljanim storitvam IPTV in VoIP (t.i. beg uporabnikov oz. ang. *Customer Churn*). Prihodki operaterjev se zmanjšujejo, manj je naročnikov upravljanih storitev.

Za spopadanje z grožnjo OTT lahko uberejo operaterji več poti, a nobena ni idealna ali lahka: če blokirajo ali ovirajo OTT, se znajdejo na tankem ledu načela nevtralnosti omrežja (ang. *Net Neutrality*); če s ponudnikom OTT sklenejo ustrezen poslovni dogovor, sodelujejo pri delitvi prihodka, a je ta nižji; če skušajo OTT konkurirati, se srečajo z novimi investicijami in višjimi operativnimi stroški.

Drugi dejavnik, ki velikim operaterjem poleg OTT odžira prihodke, je regulatorna zahteva po funkcionalni razvezanosti ponudnikov infrastrukture in ponudnikov storitev (t.i. modeli *bit-stream* oz. *wholesale*). V primeru funkcionalne razvezave infrastrukturni operaterji le delno participirajo pri prihodkih, glavnino poberejo ponudniki storitev.

Pozitivna diferenciacija OTT ali lastnih konkurenčnih storitev vsekakor pozitivno vpliva na uporabniško izkušnjo, zato se ta zdi prava izbira. Kakšen poslovni model naj torej operaterji izberejo, da vsaj ohranijo prihodke od lastnih storitev, ustrezno zaračunavajo prenosne poti ostalim ponudnikom storitev in tako zmanjšajo beg uporabnikov?

iv. Omrežja prihodnosti kot temelj novim poslovnim modelom in organiziranosti vertikalnih sektorjev

Storitve sektorja IKT vplivajo na delovanje omrežij in storitev vertikalnih sektorjev (n.p. elektroenergetskih omrežij, transportnih poti in logistike, javnega sektorja, ...) ter omogočajo posodabljanje poslovanja in delovnih procesov v organizacijah teh sektorjev. Povezovanje storitev IKT s storitvami vertikalnih, domenskih sektorjev prinaša tudi nove možnosti v verigi ustvarjanja nove in dodane vrednosti. 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*). Z učinkovitim horizontalnim povezovanjem funkcijskih področij pa omogočamo prehod iz hierarhične v mrežno organiziranost posameznih deležnikov znotraj sebe in med seboj (n.p. 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. Zagotovo pa je treba v zvezi s tem ustvariti tudi enake konkurenčne pogoje in razširiti delovanje na širšem trgu. Posebno dimenzijo poslovanju pa dodajo še regulatorji posameznega sektorja in njihovo usklajeno medsebojno delovanje (n.p. regulativa na področju telekomunikacij v povezavi z uporabo plačljivega spektra za energetiko, javno varnost, itd.). Medsektorska regulativa je še vedno šibka točka v prenekaterih državah.

B. Tehnična motivacija

Tehnični vidiki so neločljivo povezani s poslovnimi, eni se prelivajo v druge in so z njimi pogojeni.

i. Obravnava prenosa storitev

Ne glede na poslovno obravnavo alternativnih in/ali konkurenčnih storitev (npr. OTT) in razmerje z njihovimi ponudniki, je za participacijo operaterja pri prihodkih nujna diferencirana obravnava prometnega toka tovrstnih storitev.

Omrežja morajo vsebovati mehanizme za diferencirano obdelavo podatkovnega toka storitev, in sicer na uporabnika natančno. Diferenciacija je pogoj za pozitivno uporabniško izkušnjo (QoE, ang. *Quality of Experience*), ločevanje prometnih tokov po uporabnikih pa za personalizacijo in posledično zaračunavanje (ang. *Accounting*) ali zbiranje podatkov o uporabi.

Čeprav je cena pri veliko uporabnikih najpomembnejši kriterij, postaja QoE vedno pomembnejši element. Operaterji lahko s pozitivno diferenciacijo obdelave tokov izboljšajo QoE za lastne storitve, s katerimi konkurirajo OTT, pa naj bodo to pisarniška orodja v oblaku, oblachna hramba, igre (ang. *On-line Gaming*) ali personalizirana izkušnja televizije.

ii. Spremenjeni prometni vzorci

Drugačne navade uporabnikov in novi modeli storitev spreminjajo tradicionalno strukturo prometa skozi omrežja operaterjev, v kateri je glavnina prometa tekla od severa proti jugu, občuten del tega pa je predstavljal večciljni (ang. *Multicast*) promet IPTV.

Personalizacija uporabe TV (časovni zamik, snemanje v oblaku ipd.) povečuje delež enociljnega (ang. *Unicast*) prometa IPTV na račun večciljnega. Internetni promet postaja bolj simetričen: povečuje se delež prometa od juga proti severu. Vpeljava novih (oblačnih) storitev povečuje delež prometa z zagotovljenimi parametri (ang. *Service Guarantee*) glede na delež prometa z dostavo po najboljših močeh (ang. *Best Effort*). Storitve iz oblaka povečujejo delež prometa med jugom in datacentri.

Naraščanje količine prometa, spremenjeni prometni vzorci in pričakovana odzivnost zahtevajo drugačno načrtovanje omrežja ter bolj učinkovit nadzor nad obravnavo in posredovanjem prometa. Ohranjanje tradicionalnega pristopa brez granularnosti tokov in njihove diferenciacije maši omrežje: uveljavljanje politike le na centraliziranem storitvenem robu je neučinkovito in posledično le poslabšuje QoE.

II. TEHNOLOŠKE SMERNICE

A. Zlivanje omrežij, prehod v omrežja 5G in bodočega interneta

Današnja omrežja s preходом na »All-IP« tehnologijo doživljajo pomembno poenotenje drugega in tretjega nivoja sklada OSI (Ethernet in IP). Tako imenovana »IP-zacija« omrežja prodira v vse vrste omrežij pri telekomunikacijskih operaterjih ter ponudnikih storitev in aplikacij. Internetno omrežje in svetovni splet sta bila pri tem pomembna vzvoda. Na zgoraj opisano poenotenje je vplivalo tudi približevanje telekomunikacijskih in poslovnih omrežij, kjer poslovni uporabniki za potrebe učinkovitega in naprednega delovanja na vseh področjih, uporabljajo napredne podatkovne ter povsem IT storitve in aplikacije. In to s hitrostjo, ki jo zahtevajo posli. Njihovi notranji IT oddelki s silosi in hierarhičnimi pristopi k obvladovanju posla velikokrat tega tempa ne zmorejo, zato je nujna transformacija omrežij prihodnosti v smeri, ki bodo zagotavljala agilnost in vitkost poslovanja ter storitveno orientirano povezovanje.

Val »IP-zacije« se seli tudi v omrežja IKT, ki se uporabljajo v vertikalnih sektorjih (energetika, promet, zdravstvo, javna varnost...). Ta omrežja so po lastnostih veliko zahtevnejša od komercialnih, zato jih pogosto imenujemo omrežja kritičnih komunikacij (ang. *Critical Communications*), ki zagotavljajo primerno kakovost storitev v vseh situacijah, predvsem kritičnih, kjer je zahtevana visoka stopnja razpoložljivosti, zmogljivosti (pasovna širina, odzivnosti) in prioritet prometnih tokov. Tehnologija LTE Advanced v omrežju 4G, ki se pospešeno nadgrajuje (standard 3GPP, Release 12 in naprej), bo omogočala napredne storitve za komunikacijo naprava-naprava, tudi neposredno med seboj, skupaj s klici v skupini, predvsem za segment javne varnosti ter izboljšala zmogljivost omrežja (agregacija, heterogeno omrežje, nelicenčni spekter, ...) in performančne zmogljivosti celic na robu.

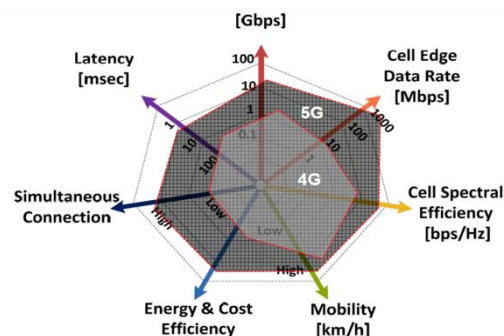
Kakšni izzivi so torej pred omrežji 5G? Omrežji 1G in 2G sta ponujali s svojimi tehnologijami mobilne komunikacije, omrežji 3G in 4G pa nudita širokopasovne mobilne komunikacije. Omrežje 5G pa bo omogočalo trajno povezovanje stvari, naprav, ljudi ter raznorodnih industrij in sektorjev, torej popolnoma povezano družbo za vse potrebe in namene, pri čemer bo uporabljala vse obstoječe in novo razvite tehnologije za področja, kjer današnje tehnologije niso več zadostne.

Slika 1 predstavlja nadaljnji razvoj omrežij v smeri 5G, kjer bodo vključene vse kategorije omrežij. Med najpomembnejšimi šibkimi točkami omrežij 4G, ki jih bodo morala preseči omrežja 5G, so:

- izjemno visoke hitrosti prenosa podatkov, še posebej na robu, kjer je zahtevan prenos do 1 Gbps,
- izjemno majhne odzivnosti (latency), tudi do 1 ms, kar je rang človekovega odziva na dotik,
- izredno visoko zanesljivost in razpoložljivost,
- bistveno izboljšanje energijske in cenovne učinkovitosti,
- izjemno nizka cena končnih naprav.

Te in dodatne zahteve se pojavljajo predvsem zaradi dodatnega tipa komunikacije, predvsem tedaj, ko je omrežje inteligentni povezovalac naprav in stvari (Machine-type Communication, Car-2-Car Communication, Device-2-Device Communication) ter prenašalec velike količine podatkov.

Evropska unija želi ohraniti vodilno vlogo pri razvoju omrežnih arhitektur in tehnologij, zato se je konec lanskega leta večje število proizvajalcev, operaterjev in raziskovalnih organizacij povežalo v združenje 5GPPP [1].



Slika 1: Zahteve za omrežja 5G, primerjava s 4G [2]

Med omrežji prihodnosti bo imel posebno vlogo prihodnji internet (ang. *Future Internet*), ki ne bo več tak kot ga poznamo danes. Storitve medmrežja (ang. *World Wide Web*) in podatkovne storitve kot jih poznamo že danes, se bodo dopolnjevale z naprednimi infokomunikacijskimi storitvami.

S pametnimi napravami so se storitve glasovnega in video klica skupaj z ostalimi storitvami, ki jih omogočajo operaterji in ponudniki storitev, nadomestile z aplikacijami v napravah (Skype...), kar bistveno spreminja pogled na dane storitve in tudi prihodke. Za uporabnika je dovolj, da ima pametna naprava internetni dostop.

Naslednji velik preskok pa bo uporaba infokomunikacijskih storitev, ki se bodo izvajale v brskalniku, kjer telefonske številke v klasičnem pomenu ne bodo več obvezne in se bo klic izvedel tudi mimo operatorskih omrežij. In kar je najpomembneje, vsaka naprava, ki ima brskalnik ali aplikacijo, bo omogočala komunikacijo v realnem času, ki bo vključevala glas, video in deljenje podatkov (datoteke, zasloni).

Kot najobetavnejša se pojavlja tehnologija WebRTC (ang. *Web Real Time Communication*). Kar je pomenilo uvajanje jezika HTML za vsebine v medmrežju, pomeni uvajanje tehnologije WebRTC za telekomunikacije oz. komunikacije v realnem času med brskalniki. WebRTC [3] je standardiziran s strani W3C, protokoli pa s strani organizacije IETF. Zanimivo je dejstvo, da WebRTC ne določa signalizacije in prepušča to področje ostalim. WebRTC torej omogoča komunikacijo v realnem času med brskalniki, pri čemer

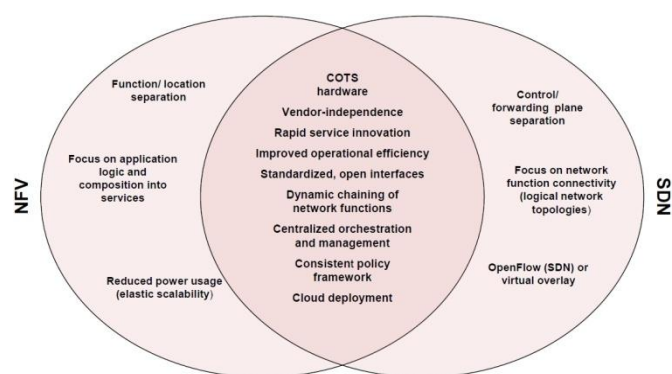
brskalniki Chrome, Firefox, and Opera že izvorno podpirajo te vrste komunikacijo, brez vtičnikov (ang. *Plug-ins*). WebRTC torej omogoča uporabnikom in razvijalcem razvoj aplikacij s HTML5 in skriptnim jezikom Javascript. Vsaka povezana naprava postane torej tudi komunikacijska naprava v klasičnem pomenu besede, vendar s povsem novimi tehnološkimi prijemi ter novimi omrežji in povezljivostmi.

Omrežje Prihodnji internet ni torej le omrežje zabavnih vsebin in poslovanja, ampak postaja tudi infokomunikacijsko omrežje in omrežje za povezovanje storitev in vsebin vertikalnih sektorjev. Internet kot družabno (ang. *Social Internet*) in poslovno omrežje vse bolj postaja omrežje za povsem profesionalne potrebe z zahtevano kakovostjo storitev (ang. *Professional Internet*). Poseben izziv bo pripraviti tehnologije in tehnike na način, da internet lahko postane odziven v času 1 ms, kar je odziv človeka na dotik (ang. *Tactile Internet*). Na ta način bo zagotovljena njegova najširša uporabnost, tudi za kritične komunikacije na področju energetike, javne varnosti in prometa.

B. Omrežje kot programje

Glavna trenda zadnjih let, ki obljublja revolucijo pri gradnji storitvene infrastrukture, sta povezana z obravnavo omrežja kot programja (ang. *Network Softwarization*) in vključujeta koncept SDN (ang. *Software-Defined Networks*, programsko opredeljena omrežja) in NFV (ang. *Network Functions Virtualisation*, virtualizacija omrežnih funkcij). Obema je skupna ločitev nadzorne ravnine (ang. *Control Plane*) od posredovalne (ang. *Forwarding Plane* ali *Data Plane*), njuna namembnost pa je različna – kljub temu, da se praviloma pojavljata drug ob drugem in vsebinsko dopolnjujeta.

Njuna nadgradnja v smeri odprtosti na nivoju aplikativnih programskih vmesnikov omogoči ponujanje omrežja kot storitve (ang. *Network as a Service*) skupaj z množico ostalih infokomunikacijskih storitev na standardni strojni opremi. Nadgrajeni koncept ima številne prednosti pri uporabi, predvsem pa načrtovalcem aplikacij in storitev prikrije vso kompleksnost heterogenosti omrežij in storitev v njih.

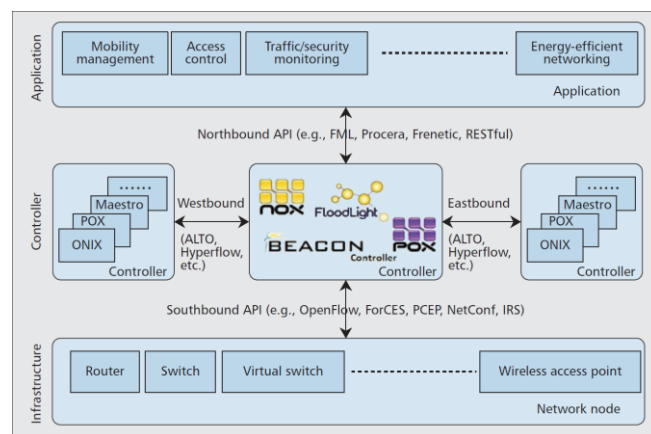


Slika 2: NFV in SDN [6]

i. Programsko opredeljena omrežja (SDN)

Značilnosti SDN so ločitev nadzorne in posredovalne ravnine, logično centraliziran SDN-kontroler z nadzorom nad omrežjem ter odprti vmesniki med napravami na kontrolni ravnini in infrastrukturnim nivojem. Centraliziran kontrolni nivo omogoča hitro konfiguriranje poti in storitev skozi infrastrukturni nivo.

Osnovno arhitekturo SDN sestavljajo trije nivoji: nivo infrastrukture (omrežne opreme), kontrolni nivo in nivo aplikacij na kontrolerju.



Slika 3: Arhitektura SDN [7]

Cilj SDN je podpora programirljivosti omrežne opreme (SDN-infrastrukture) z namenom optimizacije rabe omrežnih virov, interoperabilnosti med opremo različnih proizvajalcev, povečanja fleksibilnosti omrežja in spodbujanja inovativnih storitev, kar naj bi omogočalo dinamična virtualna omrežja, ki jih "poganjajo" storitve same.

ii. Virtualizacija omrežnih funkcij (NFV)

Za NFV je značilna selitev omrežnih funkcij z namenskih naprav na standardne strežnike (COTS, *Commercial Off-the-Shelf*) v datacentru ali oblaku in virtualizacija teh funkcij. To zmanjšuje stroške opreme, povečuje fleksibilnost in olajšuje vzdrževanje.

NFV naj bi omogočal virtualizacijo katere koli omrežne funkcionalnosti, tako na kontrolni kot posredovalni ravnini, tako za stacionarna kot za mobilna omrežja.

Gonilna sila za uvajanje konceptov NFV so prav operaterji, ki zahtevajo »IT-zacijo« omrežnih funkcij s poenotenjem strojne opreme v datacentrih. Tehnologije za operaterski oblak (ang. *Carrier-grade Cloud*) se pospešeno razvijajo in bodo omogočile odzivnost v realnem času in razpoložljivost petih devetk. Pomembna je avtomatizacija izvajalskega okolja, konfiguriranje in poenotena podpora življenjskemu ciklu funkcij (princip *Virtual appliances*). Dana infrastruktura za virtualizirane funkcije je torej obravnavana kot storitev (NFVaaS, ang. *Network Functions Virtualization Infrastructure as a Service*), ki je na voljo virtualiziranim omrežnim funkcijam različnih domen. Tudi slednje se nato kot storitve (NFVaaS, *Network Functions Virtualization as a Service*) ponujajo v platformi virtualnega omrežja (ang. *Virtual Network Platform*).

Še pomembnejši pa je koncept abstrakcije za namene federiranja različnih operativnih domen v skupni upravljalški kontekst in orkestracijo storitev, kjer se najtesneje srečata koncepta NFV in SDN.

Moč komunikacij v povezavi z računsko močjo prinaša torej sinergijo, na kateri bodo temeljile inovacije na področju storitev in aplikacij v omrežjih prihodnosti.

Na pobudo operaterjev je bila ustanovljena skupina ETSI NFV ISG (ang. ETSI Network Functions Virtualisation Industry Specification Group [4]), ki šteje približno 200 članov in skrbi za specifikacijo arhitekture in virtualizacijo omrežnih funkcij na področju mobilnega jedrnega omrežja

EPC (ang. *Evolved Packet Core*) in IMS (ang. *IP Multimedia Subsystem*), dostopovnega omrežja, mobilnih baznih postaj radijskega omrežja, domačega omrežja in omrežij CDN (ang. *Content Delivery Networks*).

iii. *Privlačnost in pasti SDN in NFV*

Tehnologiji SDN in NFV obljubljata možnost novih in bolj fleksibilnih poslovnih modelov, povečanje prihodkov od (novih) storitev, učinkovito rabo omrežja ter nadzor nad njim. Obljubljeni rezultat sta znižanje investicij in operativnih stroškov, zato sta tehnologiji deležni velike pozornosti na telekomunikacijskem trgu.

Pozornost je predvsem priložnost za proizvajalce, ki se prerivajo in skušajo na novo pozicionirati na brbotajočem trgu, vsak pa vleče bolj ko ne po svoje. Operaterji razumejo obljube, a jih težko opredmetijo v svojih omrežjih: bojijo se, da SDN in NFV pomenita revolucijo in zahtevo po novih investicijah v novo opremo; poslovna motivacija prehoda ter ROI (ang. *Return On Investment*) jim nista jasna.

Pravzaprav operaterji ohranjajo dokajšnjo zdravo skeptiko ob napihovanju SDN in NFV. Čeprav ne dvomijo o srednje- in dolgoročnih ekonomskih prednostih vpeljave tehnologij, pa prepoznavajo pri uvedbi kar nekaj ovir: integracijo strojnih in programskih komponent SDN z obstoječimi (*legacy*) sistemi; nezadostno standardiziranost rešitev, ki še ne omogoča dejanske interoperabilnosti; tveganje vezanosti (priklenjenosti) na konkretnega dobavitelja opreme; težavnost prehoda (migracije) brez prekinitve obratovanja ali prekinitve storitev.

Dve področji, kjer se SDN danes realno uveljavlja, sta gradnja novih datacentrov, v katerih ni težavnosti prehoda, ter optična transportna/jedrna omrežja, v katerih prinaša centraliziran nadzor otipljive prednosti. V drugih segmentih pa so operaterji še zadržani.

III. ODGOVORI NA IZZIVE

A. *Tehnični pristop*

Analiza poslovnih težav pripelje k identifikaciji tehničnih razlogov zanje in razumevanju medsebojne pogojenosti. Le na razumevanju temelječe tehnične rešitve lahko pripomorejo k odpravi poslovnih težav in k uresničitvi poslovnih koristi.

i. *Decentralizacija in diferenciacija*¹

Temeljni problem gradnje omrežij je osredotočenost samo na golo prepustnost, ne pa na razumevanje, kaj z njo početi. Operaterji končajo pri omrežjih neumnih debelih cevi (ang. *Dumb Fat Pipe*) brez dodane vrednosti. Ključni koraki, s katerimi lahko to omejitev odpravijo, pa so relativno preprosti:

- osredotočenost na dostavo storitev in upravljanje z njimi na celotni komunikacijski poti oz. od kraja do kraja (ang. *End-to-End*),
- decentralizacija storitvenega roba (ang. *Service Edge*) in porazdeljeno uveljavljanje politike (ang. *Policy Enforcement*),
- zagotavljanje kakovosti storitev (QoS, ang. *Quality of Service*), z osredotočenostjo na zagotavljanje QoE (ang. *Quality of Experience*),
- zadostno visoka granularnost diferenciacije storitvenih podatkovnih tokov,

¹ To ni politični slogan.

- integracija nadzora in spremljanja tokov s sistemi za obračunavanje (*accounting*) in zbiranje podatkov.

Ustrezno nadzorovan prenos storitvenih tokov podpira spremenjene navade uporabe sodobnih storitev in prometne vzorce. Tako npr. posredovanje prometa neposredno med uporabniki in datacentri (mimo centraliziranega roba) ne le omogoča QoE, marveč tudi zmanjšuje količino prometa, ki sicer maši omrežje. To omogoča posredno obvladovanje investicijskega cikla: če operaterjem uspe preusmeriti 25 % prometa mimo storitvenega roba in omejiti rast prometa skozi rob in jedro na 20 % letno, lahko podaljšajo investicijski cikel na vzdržnih 4-5 let.

ii. *Granularnost diferenciacije podatkovnih tokov*

Positivna diferenciacija lastnih storitev ali OTT je nujen predpogoj za pozitivno uporabniško izkušnjo. Temeljiti mora na sposobnosti medsebojnega ločevanja podatkovnih tokov, s tolikšno granularnostjo, ki omogoča diferencirano obdelavo na storitev in na uporabnika natančno.

Integracija s sistemi AAA (ang. *Authentication, Authorisation, Accounting*) omogoča uporabnikom personalizacijo izkušnje in njeno samoprilagajanje (ang. *Self-Provisioning*), kar blagodejno vpliva na operaterjeve prihodke in operativne stroške, hkrati pa operaterjem omogoča pozicioniranje zoper OTT z lastnimi upravljanimi storitvami in aplikacijami iz svojega datacentra.

iii. *Iskratelova celostna rešitev za operaterje*

Iskratelova [5] arhitektura ISA (ang. *Intelligent Service Access*) združuje navedene koncepte in v dostopovno-agregacijsko omrežje vpeljuje inteligentno dostavo storitev. Po omrežju porazdeljena diferencirana obdelava granularno prepoznanih podatkovnih tokov, obenem pa integrirana v operaterjeve obstoječe elemente upravljanja omrežja, omogoča mehak prehod operaterjev na nove pristope gradnje omrežij in nudi podporo novim poslovnim modelom.

Čeprav razvita pred komercialno pojavitvijo SDN in od njega neodvisno, je že arhitektura ISA ločila nadzorno od posredovalne ravnine, upravljanje s storitvami in njihov nadzor pa logično centralizirala. V današnji terminologiji SDN lahko ISA imenujemo za prvo SDN-aplikacijo.

Poleg tega, da je arhitektura ISA že prisotna v omrežjih operaterjev, ima pred današnjim nivojem razvoja SDN še dve prednosti: ne le, da se vsi elementi infrastrukture zavedajo posameznih storitvenih tokov, marveč na njih uveljavljajo tudi ustrezno storitveno politiko, hkrati pa so neposredno integrirani v sistem AAA.

Iskratelove infokomunikacijske rešitve za operaterje s poudarkom na storitvah IMS in aplikacijah se selijo v oblak, že danes je to dejstvo za aplikacije upravljanja in nadzora. Bistvene omrežne funkcije bomo virtualizirali in uporabljali skupno nadgrajeno oblačno infrastrukturo tako zanje kot tudi za aplikacije.

Poseben poudarek bo na aplikacijah vertikalnih sektorjev, kjer je Iskratelov strateški cilj zagotavljati celovite rešitve za področja energetike, transporta (predvsem železnic) in javne varnosti. Že danes se aplikacije za klic v sili ter aplikacije obveščanja in alarmiranja do neke mere izvajajo v oblaku.

V prihodnosti bomo sledili strateškim ciljem, ki predvidevajo uporabo tehnologij IKT kot omogočevalnih tehnologij za ostale sektorje ter povezovanje storitev IKT z domenskimi storitvami. Izkušnje s področja IKT bomo tudi v bodoče prenašali v druge sektorje. Opažamo namreč tudi v

drugih sektorjih, da nameravajo uveljaviti veliko sorodnih usmeritev in konceptov, ki so bili že uvedeni na področju IKT.

B. Poslovne koristi

Omrežja z dodano vrednostjo za operaterje in uporabnike, grajena po zgoraj očitanih pravilih morejo odgovoriti na izzive in potrebe operaterjev.

i. Obvladovanje investicij

Premik od neučinkovitega centraliziranega storitvenega modela k porazdeljenemu ter posledično izvajanje storitvene politike čim bližje končnim uporabnikom omogočata nadzor nad prometom in olajšujeta načrtovanje omrežja. Sta elementa, ki najbolj prispevata k obvladovanju investicij in investicijskega cikla.

Dolgoročno vzdržen poslovni model je mogoč le z omrežjem s programsko opredeljivim delovanjem omrežnih elementov (SDN-infrastrukture), saj le ti omogočajo nujno prilagodljivost za inovativne nove storitve, ki je v čim večji meri avtomatizirana, hitra in učinkovita.

V prehodnem obdobju med čisto tradicionalnim in omrežjem SDN v povezavi z NFV je nujno hibridno delovanje in koeksistenca svetov. Zato je pomembno, da znajo dobavitelji opreme ponuditi operaterjem migracijske scenarije, ki vključujejo integracijo v obstoječe sisteme in njihovo čim večjo pouporabo oziroma zlitje obojega v novo, na SDN temelječo rešitev.

ii. Obvladovanje operativnih stroškov

Konfiguriranje storitev od kraja do kraja omogoča večjo skalabilnost omrežij in zmanjšuje operativne stroške.

Možnost personalizacije, uporabniškega samoprilagajanja in avtomatizacija upravljalških procesov konfiguriranja storitev povečujejo produktivnost in poenostavljajo procese, tako v sektorju IKT kot tudi v vertikalnih sektorjih.

iii. Obvladovanje prihodkov

Porazdeljena "inteligenca" omrežja pomembno izboljšuje uporabniško izkušnjo (pri uporabi storitev iz operatorskega oblaka oz. datacentra) in omogoča pozicioniranje zoper OTT. Le ustrezen nivo uporabniške izkušnje (seveda ob privlačni cenovni politiki) lahko zmanjša ali ustavi beg uporabnikov.

K temu prispeva tudi granularna diferenciacija storitev, saj omogoča nove storitve in poslovne modele in blagodejno učinkuje na prihodke.

Ustrezen pristop k vgradnji "intelligence" v obstoječe omrežje lahko omogoči gladke migracijske scenarije – ne z revolucijo, temveč s postopnim preходом – in v prehodnem obdobju omogoči kakovostno dostavo inovativnih storitev tudi preko obstoječe inštalirane omrežne opreme. Tako bo povečanje prihodkov možno že z le delno nadgrajenim omrežjem.

Omrežje prihodnosti skupaj s svojimi storitvami pa ima izjemen pomen pri prihodkih vertikalnih sektorjev in njihovi dodani vrednosti v podaljšanih verigah. Tu se izrazi še dodatni učinek, ki je mogoč zaradi inoviranja v domenskih sektorjih ter vseh mogočih optimizacij ter reorganizacij deležnikov teh vrednostnih verig.

IV. KAKO IN KAM NAPREJ?

Ni dvomiti, da sta tehnologiji SDN in NFV prava smer, ki prinaša ne le tehničnih prednosti, marveč tudi (ali predvsem!) poslovne prednosti. A njuna trenutna nezrelost in nezadostna standardiziranost zbuja pri operaterjih upravičen dvom o tem, kako hitro ju vpeljati, in na kakšen način.

Prav tako bo šel bliskovit razvoj v smeri omrežij 5G ter širše in specializirane uporabe Bodočega interneta.

Zato bo ključno torišče dogajanja v naslednjih mesecih (in letih) pri migracijskih scenarijih, hibridnem delovanju in koeksistenci obstoječega (ne nujno starega) z novim. Le tisti dobavitelji opreme in rešitev, ki bodo znali operaterjem in ponudnikom storitev ter vertikalnim sektorjem ponuditi varen prehod in odgovoriti na bistvena vprašanja o ekonomičnosti, koristih in poslovnih modelih, bodo verjetni zmagovalci.

LITERATURA

- [1] <http://www.leti.cea.fr/en>
- [2] <http://5g-ppp.eu/>
- [3] <http://www.webrtc.org/>
- [4] <http://www.etsi.org/technologies-clusters/technologies/nfv>
- [5] <http://www.iskratele.com>
- [6] <http://www.lightreading.com>
- [7] Sakir Sezer et al., Are We Ready for SDN? Implementation Challenges for Software-Defined Networks, IEEE Communications Magazine, julij 2013



Tomo Bogataj ima več kot 15-letne izkušnje v telekomunikacijah, ki obsegajo tako raziskave in razvoj kot produktno vodenje in marketing. Odgovoren je za oblikovanje strategije vpeljave SDN v dostopovni in agregacijski segment Iskratelovih telekomunikacijskih produktov in rešitev. Je soavtor Iskratelove arhitekture ISA. Ukvarja se s poslovnimi modeli, povezanimi z uporabo načel SDN v omrežjih za inteligentno dostavo storitev. Pred zaposlitvijo v Iskratel se je štiri leta ukvarjal z znanstvenimi raziskavami. 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 magistrirju 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 portfelja Iskratela.



Janez Ōri je direktor partnerske prodaje v Iskratel, pred tem pa je bil tam tehnični direktor, odgovoren za produktno strategijo in upravljanje portfelja izdelkov. Diplomiral je s področja telekomunikacij/elektrotehnike na Fakulteti za elektrotehniko Univerze v Ljubljani leta 1997. Od leta 2003 je bil vodja ekipe ter ključna oseba Iskratelovih tehničnih rešitev in razvoja posla za širokopasovni dostop in IP omrežje. Med drugim je pomagal oblikovati prvo Ethernet DSL in FTTH Triple Play omrežje v Evropi za Iskratelove stranke.

Regulacija bližnje prihodnosti

Mag. Katja Mohar Bastar, Agencija za komunikacijska omrežja in storitve Republike Slovenije, Ljubljana

Povzetek — članek se ukvarja z razvojem regulativnih načel, ki se prilagajajo razvoju trga, skozi oči Evropske komisije, BEREC in nacionalnih regulatorjev. Najpomembnejše teme so povezane predvsem z investicijami, reguliranimi cenami in posledično s stroškovnimi metodologijami, ki morajo odsevati realno stanje trga.

Ključne besede — enako obravnavanje, stroškovne metodologije, enotni trg

Abstract — this article is dealing with the evolvement of regulation regarding newest market developments, as seen through the eyes of European Commission, BEREC and national regulators. The most relevant topics are connected to the investments, regulated prices and consequently cost calculations, which have to reflect the market.

Keywords — non-discrimination, costing methodologies, single market

Lahko bi rekli, da v prihodnosti regulacija ne bo več potrebna, saj bo telekomunikacijski trg sam po sebi ugotovil pomembnost glavnih regulatornih načel in po dolгих letih reguliranega okolja ohranil koncepte enakega obravnavanja in transparentnosti. Istočasno bi operaterji razumeli priložnost delovanja na veleprodajnem trgu kot svojo pomembno poslovno priložnost ter svojim uporabnikom računali cene, temelječe na stroških, pri čemer bi dopuščali obstoj konkurentov na trgu z dovolj veliko razliko med veleprodajno in maloprodajno ceno. Vloga regulatorja bi se v takšnem idealnem okolju skrčila na nekatere operativne naloge, kot so evidence, reševanje sporov, izdajanje odločb o dodelitvi omejenih dobrin, ipd.

Vendar pa tej ideji nasprotujeta dva argumenta. Prvi je ta, da se je Slovenija z referendumom 23.3.2003 odločila za vstop v Evropsko Unijo in se s tem zavezala, da bo sprejemala njena pravila in obveze, med katerimi je tudi vzpostavljanje in ohranjanje konkurence na način predhodne (ex-ante) regulacije ter tudi varovanje konkurence z ex-post načeli.

Drugi argument pa je, da bi vsak od operaterjev ob umiku regulacije pozabil na ta načela in v primeru, da bi obvladoval tako veleprodajni kot maloprodajni del, poskušal pridobiti monopolni tržni delež in posledično oblikoval tudi monopolne cene. Ker se končni uporabniki ob pomanjkanju ponudbe, ne bi mogli odločati za konkurenčnega ponudnika, bi lahko obstoječi novi monopolist postavljал lastna pravila maloprodajnem trgu, medtem ko bi verjetno veleprodajni postopoma ugasnil.

V primeru, da bi obstajala le ena NGA infrastruktura, konkurenca na strani dostopa do omrežja ne bi obstajala. Tako bi regulator v prvem koraku spodbujal povpraševanje, da bi alternativni operaterji začeli končnim uporabnikom nuditi storitve, ki bi potrebovale kapacitete omrežij nove generacije. Ko bi prišlo do veleprodajnega povpraševanja, bi regulator vzpostavil ustrezno okolje z regulatornimi odločbami, da bi s tem stimuliral ponudbo. Z nujenjem storitev si tudi drugi operaterji ustvarijo dovolj sredstev, da si vsaj deloma tudi sami zgradijo omrežje, kar privede do večje

konkurenčnosti na strani dostopa do omrežja. Takšna situacija je trenutno tudi v Sloveniji. Naloga regulatorja v tej situaciji je, da vpliva na ponudbo na način, da omogoči učinkovite investicije v omrežje s predvidljivo in konsistentno regulacijo, ki bo investitorjem dala dovolj jasnih informacij in gotovosti, da bodo pripravljeni za vlaganje na slovenski telekomunikacijski trg. Ko bo Slovenija dosegla cilje digitalne agende in s tem omogočila dostopnost do širokopasovnih storitev vsem končnim uporabnikom, ki bi to želeli, bo lahko regulator pričel predvsem z delom na strani povpraševanja, kar predstavlja konvergenco storitev, saj bi bilo glede na trenutni razvoj pričakovati povratek k stand-alone ponudbam telekomunikacijskih operaterjev in OTT storitvam različnih ponudnikov storitev in aplikacij. Glavno vprašanje je, kaj lahko bližnja prihodnost ponudi telekomunikacijskim operaterjem, da bodo pripravljeni investirati v omrežja, če predvidevajo, da bodo storitve nudili drugi ponudniki storitev, ki ne bodo telekomunikacijski in z njimi ne bodo sklepali do sedaj uveljavljenih oblik sodelovanja.

Evropska komisija je v izogib nastanku nove monopolne situacije pri izgradnji omrežij nove generacije 11. septembra 2013 sprejela priporočilo o nediskriminaciji in cenovnih metodologijah. Situaciji je pripomoglo tudi nizko povpraševanje in nezainteresiranost za investicije v širokopasovno infrastrukturo s strani operaterjev. Zato je Evropska komisija iskala možnosti za pospeševanje trga, bodisi s strani ponudbe bodisi s strani ponudbe za razvitejše trge. Tako priporočilo promovira investicije v omrežje s hkratnim ohranjanjem konkurence. Zato zahteva takšno regulacijo veleprodajnih trgov dostopa do širokopasovne infrastrukture, da bo omogočala cenovno fleksibilnost na ravni omrežij nove generacije, medtem ko bodo cene bakra stabilne in predvidljive, vendar še vedno v skladu s stroškovno naravnanoostjo, pri tem pa bo potrebno še bolj pazljivo zagotoviti enakovredne pogoje za delovanje konkurentov na trgu »level playing field«. Priporočilo je sestavljeno iz treh glavnih delov: zagotavljanje enakosti dostopa, cenovnih metodologij, veleprodajne regulacije omrežij nove generacije brez naložitve cenovnih metodologij ter ekonomske ponovljivosti.

Enakost dostopa se po definiciji priporočila zagotavlja preko koncepta EOI (Equivalence of inputs), ki zahteva popolno enakost vseh inputov v procesu veleprodaje: enotno bazo podatkov, informacijski sistem, enake produkte oziroma storitve kot za svojo maloprodajno enoto, mora operater s pomembno tržno močjo v tem primeru zagotoviti tudi ostalim operaterjem na trgu. Glede na to, da mora regulator pri svojem delu upoštevati tudi načelo sorazmernosti, je v tem

primeru priporočilo preskočilo korak EOO (Equivalence of outputs), kjer je pomemben predvsem rezultat, torej da je na trgu popolnoma zagotovljeno enako obravnavanje, medtem ko pot do tam ni popolnoma predpisana in se s tem lahko dopusti tudi nekatere razlike v procesih med alternativnimi operaterji in maloprodajno enoto operaterja s pomembno tržno močjo.

Moč regulacije se kaže predvsem v cenovnih metodologijah, saj tam regulator na podlagi stroškov določi veleprodajno ceno. V poštev pridejo predvsem tisti stroški, ki predstavljajo uporabo omrežja in omrežnih elementov za nudenje določene storitve. Stroški so sestavljeni iz stroškov kapitala, katerega predstavlja stopnja donosa in amortizacija, operativnih ter skupnih stroškov. Regulator nato z uporabo stroškovnega standarda, za določitev stroškov učinkovitega operaterja nasproti dejanskim in stroškovne baze, ki lahko temelji na preteklih ali pa sedanjih stroških ter modelom alokacije stroškov, ki se lahko opredeli zgolj na inkrement ali pa na alokacijo celotnih stroškov, določi veleprodajno ceno določene regulirane storitve operaterju s pomembno tržno močjo. Ali se bo z omrežji prihodnosti spremenil stroškovni standard in celoten pristop k cenovni regulaciji? Regulator se bo postavil v kožo novega vstopnika, kateri bo moral biti stroškovno nadvse učinkovit in ponujati storitve po takšni ceni, ki bo pokrila stroške, dopuščala dovolj visoko maržo, pa še vedno dovoljevala takšno maloprodajno strukturo, ki bo privlačna za končne uporabnike in se bodo za učinkovitega operaterja na konkurenčnem trgu odločali raje kot za druge. Ravno ta isti pristop bo moral poleg konkurenčnosti omogočati tudi investicije. In sicer se bo moral operater na podlagi informacij s trga, če le te ne bodo popačene, odločiti, ali infrastrukturo najame ali pa jo zgradi sam. Investicijske odločitve so močno odvisne od mnogih dejavnikov, ki poleg samega povpraševanja zajemajo tudi gostoto prebivalstva, prisotnost drugih infrastruktur in zmožnost njihove nadgradnje.

Priporočilo o nediskriminaciji pa predlaga tudi, da regulatorji ne naložijo stroškovne usmerjenosti, in sicer takrat ko se poslužijo EOI, s katerim naložijo tehnično in ekonomsko ponovljivost. Priporočilo namreč predvideva, da bo regulator izmed maloprodajnih ponudb operaterja s pomembno tržno močjo izbral tiste, ki so tako imenovane »Flag offers« oziroma izbrane ponudbe, za katere je pričakovati, da bodo na maloprodajnem trgu dosegle najboljše rezultate oziroma pritegnile največje število končnih uporabnikov. Te ponudbe bodo morale biti predmet obravnave regulatornih testov in obveznosti, saj bodo morale že ex-ante pokazati svojo tehnično in ekonomsko logiko, in ponuditi svojo popolno ponovljivost. Izbira posamezne obveznosti in testov je odvisna od geografske komponente v smislu gostote prebivalstva. To pomeni, da bo regulator definiral posamezne geografske enote, na katere se bodo implicirale posamezne obveznosti.

Ekonomska ponovljivost posamezne ponudbe v svojem bistvu pomeni škarje cen, oziroma metodologijo določanja dovolj visoke razlike med veleprodajno in maloprodajno ceno, ki bo alternativnim operaterjem na omrežjih nove generacije omogočala obstoj in morebiti celo poslovni model. Škarje cen predstavljajo temelj regulacije omrežij nove generacije, hkrati pa zahtevajo pazljivo obravnavo, saj

izkušnje kažejo da nepazljivost pri oblikovanju metodologije lahko privede do hujših kršitev konkurence.

Priporočilo o nediskriminaciji in cenovnih metodologijah s ciljem ohranjanja konkurence in omogočanja investicij v NGA prinaša več metodologij, ki jih bo moral regulator pazljivo implementirati, da bi lahko dosegel pravi namen. Problem je tudi v tem, da se je priporočilo pripravljalo na podlagi trenutno veljavnega priporočila o upoštevni trgi, ki pa je sedaj, pol leta po sprejetju prvega, v fazi javne obravnave in tehtnega premisleka.

Predlagano priporočilo o upoštevni trgi namreč manjša število trgov, ki so podvrženi ex-ante regulaciji iz sedem na štiri. Te štiri trge predstavljata oba trga zaključevanja klicev, tako fiksni kot mobilni, ter dva trga dostopa do širokopasovnega omrežja. Trg 3 je razdeljen na podtrga, od katerih prvi nadomešča trenutni trg 4 in drugi, 3b, nadomešča trenutno poznani trg 5, vendar brez poslovnih uporabnikov. Evropska komisija se je namreč skozi obsežno študijo Ecorys odločila, da je predlagana struktura upoštevni trgov takšna, ki bo sledila splošnemu cilju ohranjanja konkurence in hkratnemu pospeševanju investicij v NGA. Vendar že pri teh dveh, skorajda hkratnih priporočilih, lahko vidimo problem nekonsistentnosti in različnih pristopov že v jedru. To pa nacionalnemu regulatorju pri oblikovanju konsistentne regulacije ne pomaga.

Poleg navedenega je Evropska komisija v letu 2013 predstavila tudi novo uredbo, imenovano Telecoms Single Market (TSM), ki naj bi Evropsko unijo na področju telekomunikacij ponesla v globalno konkurenčno sfero. TSM predlaga predvsem poenotenje glavnih značilnosti trga telekomunikacij: avtorizacije, dražbe spektra, enotnega veleprodajnega širokopasovnega produkta, namenjenega za operaterje s pomembno tržno močjo ter simetričnega veleprodajnega produkta z zagotovljeno kakovostjo storitev, ki bi vsem ponudnikom storitev zagotovil enake pogoje v vseh evropskih državah. Poleg navedenega TSM v kratkem časovnem obdobju predlaga spremenjen princip mednarodnega gostovanja, poenotena pravila glede varstva končnih uporabnikov, omrežne nevtralnosti, spremembo BEREC in še kaj. Predlog TSM je trenutno v rokah delovnih skupin sveta, medtem ko je Evropski parlament že podal svoje amandmaje na predlog in ga s tem nekoliko omilil.

Celotna slika regulatornega okolja na področju telekomunikacij je torej dinamična ravno toliko kot sama panoga. V duhu ohranjanja konsistentnosti in predvidljivosti, regulator pripravlja metodologijo regulacije omrežij prihodnosti, ki bo zajemala vsa znana dejstva in do naslednje regulacije upoštevni trgov dostopa do širokopasovne infrastrukture, verjetno tudi nekoliko drugačna.

Transparentnost je pomembna tako na nivoju regulatorja kot tudi na nivoju veleprodajnega trga. Z vidika omogočanja investicijskega okolja pa lahko rečemo, da tudi posluh za vse deležnike na trgu.

LITERATURA

- [1] http://ec.europa.eu/smart-regulation/impact/ia_carried_out/docs/ia_2013/c_2013_5761_en.pdf
- [2] <http://ec.europa.eu/digital-agenda/en/connected-continent-legislative-package>
- [3] http://berec.europa.eu/eng/news_consultations/whats_new/2192-berec-has-published-a-statement-on-european-parliaments-vote-on-telecoms-legislative-proposals
- [4] <http://edri.org/wp-content/uploads/2014/02/EDRI-comments-ITRE-ams.pdf>
- [5] Zakon o elektronskih komunikacijah (ZEKom); Uradni list RS, št. 13/07-UPB1, 102/07-ZDRad in 110/09-ZEKom-B



Katja Mohar Bastar je vodja področja za telekomunikacije pri Agenciji za komunikacijska omrežja in storitve in na delavnici VITEL sodeluje s prispevkom Regulacija bližnje prihodnosti.

Pametna omrežja z vidika integracije sistemov

Andrej Souvent, Elektroinštitut Milan Vidmar, Ljubljana

Povzetek — Članek obravnava integracijo sistemov v okviru koncepta pametnih omrežij. Ključni pogoj za uspešno integracijo je ustrezen standardizacijski okvir. Na pobudo mandata M/490 Evropske komisije ga je izdelala koordinacijska skupina za pametna omrežja evropskih standardizacijskih organizacij CEN, CENELEC in ETSI. Standardizacijski okvir vsebuje referenčno arhitekturo, primere uporabe ter nabor standardov, priporočila za informacijsko varnost in metodologijo trajnostnega razvoja standardizacije. V članku je predstavljen koncept standardizacijskega okvirja s poudarkom na nujnosti uvedbe semantičnih podatkovnih modelov v integracijski proces.

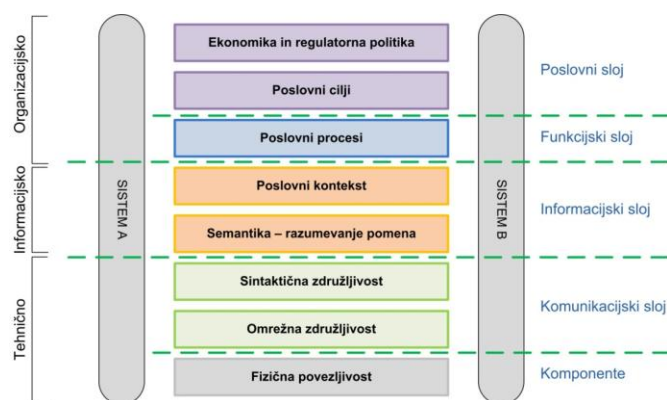
Ključne besede — pametna omrežja, interoperabilnost, integracija sistemov, standardizacijski okvir, CIM, mandat M/490, SGAM

Abstract — Paper deals with systems integration from the smart grids point of view. The key issue for the successful systems integration is an appropriate standardization framework. Such a framework was developed by the European Standardization Organizations CEN, CENELEC and ETSI, which accepted the standardization Mandate M/490 on smart grid standardization issued by the European Commission. The standardization framework contains the reference architecture, use cases and a set of standards, recommendations for information security and sustainable methodology of the future standard development. This paper presents the concept of the standardization framework with an emphasis on the necessity of introducing semantic data models to the integration process.

Keywords — smart grids, systems integration, interoperability, standardization framework, CIM, mandate M/490, SGAM

I. UVOD

Integracija sistemov pomeni, da sisteme informacijsko povežemo v smislu avtomatske izmenjave podatkov med njimi. Temelji na njihovi zmožnosti medsebojnega povezovanja in delovanja - interoperabilnosti, ki jo moramo obravnavati celostno v več slojih, kot to prikazuje interoperabilnostni sklad na sliki 1.



Slika 1: Interoperabilnostni sklad (GWAC¹)

Celostna obravnava interoperabilnosti v kontekstu elektroenergetskega sistema (EES) se do sedaj v praksi še ni uveljavila. Večinoma prevladuje le tehnični vidik povezovanja s poudarkom na komunikacijskem sloju, ki s pripadajočimi komunikacijskimi protokoli poskrbi za prenos informacij, tolmačenje le-teh pa je prepuščeno človeku, ki "ročno" poskrbi za ustrezne preslikave (t.i. "mapiranje") med različnimi sistemi.

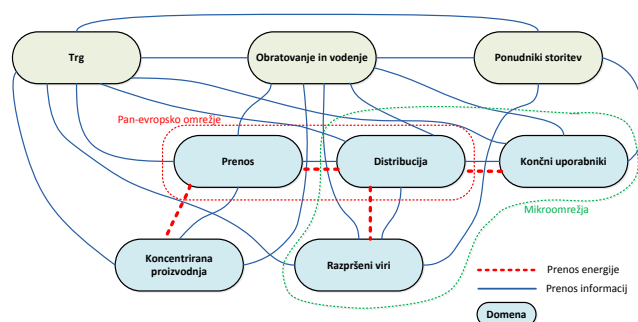
Pri vsej množici novih inteligentnih naprav in informacijskih sistemov, ki bodo del pametnih omrežij, bo "ročno" tolmačenje podatkov postalo neobvladljivo. Zato moramo uvesti informacijski sloj, ki vpelje semantične podatkovne modele, kar omogoča strojno razpoznavanje pomena informacij. Pri tem z uporabo ustreznih metodologij upoštevamo tudi višja sloja, kot sta funkcijski in poslovni.

II. PAMETNA OMREŽJA

Koncept pametnih omrežij pomeni nadgradnjo današnjega koncepta vodenja, obratovanja in načrtovanja EES. V učinkovito celoto vključuje posamezne elemente sistema, tako klasične (centralizirane velike proizvodne enote, prenosno in distribucijsko omrežje, končne uporabnike) kot nove, kot so na primer razpršeni proizvodni viri, sistemi za učinkovitejšo izrabo obstoječe infrastrukture, končni uporabniki z možnostjo prilagajanja porabe, napredni sistemi merjenja rabe energije pri končnih odjemalcih, virtualne elektrarne, električna mobilnost, hranilniki električne energije, itd.

Značilnost tehnologij in rešitev pametnih omrežij je, da temeljijo na informacijskih tehnologijah (IT). V EES uvajajo številne nove inteligentne naprave in informacijske sisteme, ki zahtevajo povezljivost in interoperabilnost, da jih lahko integriramo v funkcionalno zaključene rešitve.

Slika 2 prikazuje evropski konceptualni model pametnih omrežij, kot ga definira evropska Referenčna arhitektura [1].



Slika 2: Konceptualni model pametnega omrežja [1]

Na sliki 2 vidimo pet glavnih domen za katere je značilno, da se med njimi dejansko pretaka električna energija, ter še tri ključna področja, ki pa posegajo v domene le informacijsko. Vse povezave med elementi slike, razen debelih rdeče črtkanih, predstavljajo pretok informacij. Že iz konceptualnega modela se torej vidi pomen informacijske komunikacijskih tehnologij (IKT) in IT rešitev, ki te informacijske povezave omogočajo.

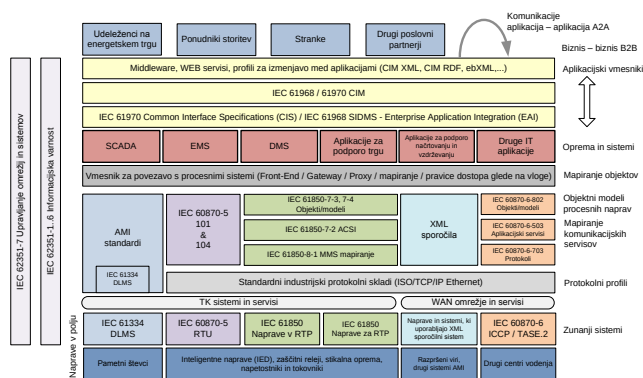
¹ GridWise® Architecture Council Interoperability Framework

V okviru konceptov pametnih omrežij, ki nastajajo v Sloveniji in pripadajočih dokumentov, je integracija sistemov obravnavana kot eno izmed ključnih področij.

III. STANDARDIZACIJSKI OKVIR

Ključnega pomena za integracijo sistemov v okviru koncepta pametnih omrežij je ustrezen standardizacijski okvir, ki mora temeljiti na odprtih standardih, saj bo le tako omogočena interoperabilnost naprav in sistemov različnih proizvajalcev.

Ker je pametno omrežje zelo kompleksen sistem sestavljen iz sistemov in podsistemov, zahteva izdelava standardizacijskega okvira sistematičen pristop podprt z ustrežno metodologijo in referenčno arhitekturo. Prvi se je tega lotil NIST² in leta 2010 izdal prvo verzijo standardizacijskega okvirja [2], kar je potem uporabil tudi IEC³ [3], ki je v okviru tehničnega odbora TC57⁴ tudi definiral referenčno arhitekturo za izmenjavo informacij v elektroenergetskem sistemu [4] (slika 3).



Slika 3: Referenčna arhitektura po IEC

Ta referenčna arhitektura podaja ključne standarde za integracijo naprav in aplikacij v elektroenergetskem sistemu. Izpostaviti velja naslednje družine standardov:

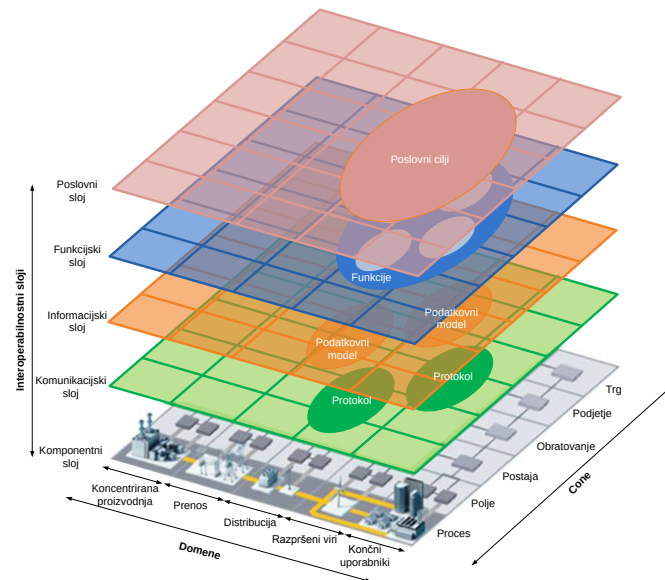
- IEC 61850 – področje avtomatizacije omrežja in integracije raznih inteligentnih naprav v EES,
- IEC 61968 / 61970 (CIM) – integracija aplikacij,
- IEC 60870 – komunikacije med RTU⁵ in centri vodenja (-5-101 in -5-104) ter med centri vodenja (-6 ICCP⁶),
- IEC 61334 – napredna merilna infrastruktura (pametni števeci).

Evropska standardizacija (CEN, CENELEC in ETSI⁷) povzema omenjene standarde, arhitekturo pa še podrobneje obravnava in jo postavi v kontekst evropskih specifik. Nastala je na pobudo mandata M/490 Evropske komisije, katerega namen je bil postaviti standardizacijski okvir za evropska pametna omrežja [5]. Pripravila ga je CEN-CENELEC-ETSI Smart Grid Coordination Group. Na voljo so naslednji rezultati:

- Referenčna arhitektura - RA – *Reference Architecture* [1],

- Nabor standardov - FSS - *First set of Standards* [6],
- Trajnostni proces standardizacije in pripadajoča orodja za skupinsko delo - SP – *Sustainable Processes* [7],
- Priporočila za informacijsko varnost - SGIS – *Smart Grid Information Security* [8].

V okviru Referenčne arhitekture je definiran tudi arhitekturni okvir evropski pametnih omrežij - *Smart Grids Architecture Model (SGAM) Framework*.



Slika 4: Arhitekturni model pametnih omrežij (SGAM) [1]

Osnova tega modela je informacijska ravnina pametnih omrežij, ki je kartezična ravnina sestavljena iz petih domen ene - in šestih con druge - množice. Domene so naslednje:

- koncentrirana proizvodnja,
- prenos,
- distribucija,
- razpršeni viri in
- končni uporabniki.

Cone pa:

- proces (osnovni procesi, ki potekajo v domeni),
- polje (naprave v polju, npr. zaščitni releji, ipd.),
- postaja (nadzor in vodenje na nivoju RTP),
- obratovanje (na nivoju centrov vodenja, SCADA/DMS/EMS),
- podjetje (IT sistemi v podjetju),
- trg (IT podpora trgu z energijo).

Vsak interoperabilnostni sloj je razdeljen na zgoraj opisan način. Sloji so nanizani eden nad drugim (slika 4). Za vsak sloj so v naboru standardov definirani relevantni standardi, ki jih izberemo glede na pozicijo v informacijski ravnini (slike 5, 6, in 7). Omeniti še velja, da določena področja vertikalno sekajo vse sloje (*cross-cutting issues*) – na primer področje informacijske varnosti.

² National Institute of Standards and Technology

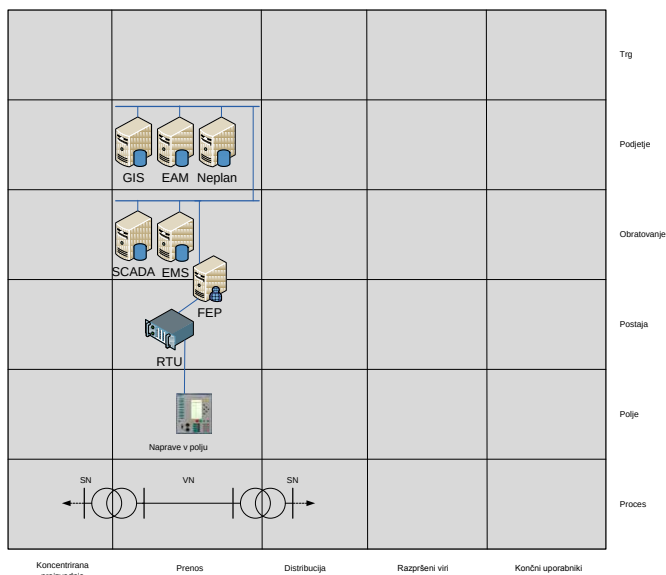
³ International Electrotechnical Commission

⁴ IEC TC57 - Power systems management and associated information exchange

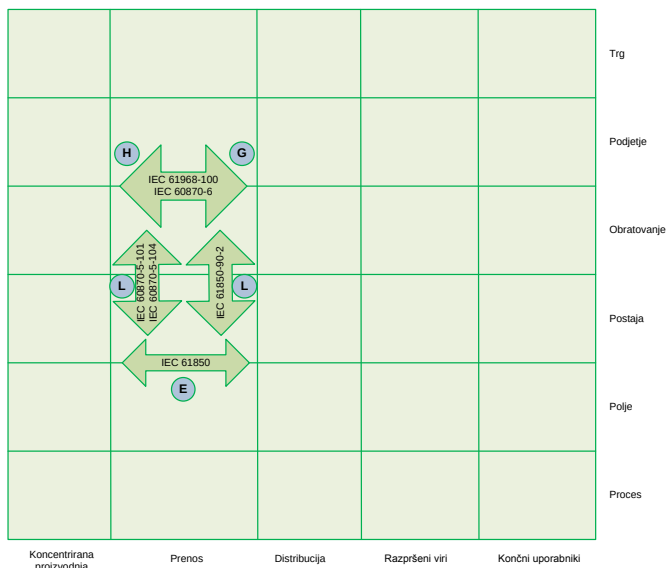
⁵ Remote terminal unit

⁶ Inter-Control Center Communications Protocol, imenovan tudi TASE.2

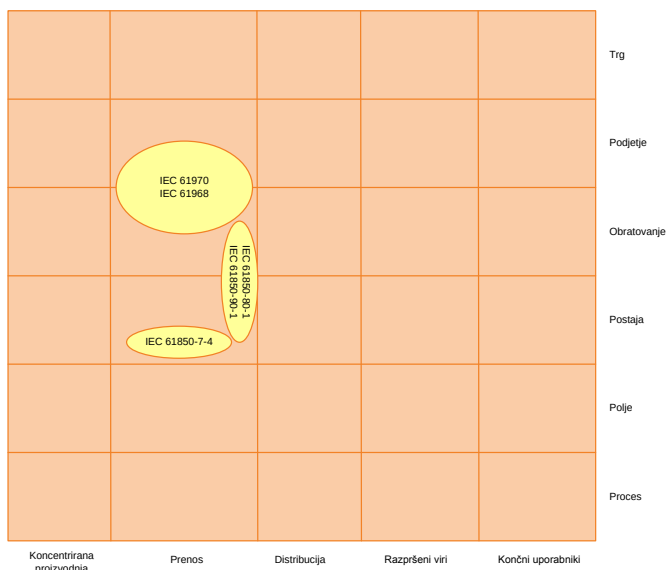
⁷ Standardizacijske organizacije: Comité Européen de Normalisation, Comité Européen de Normalisation Électrotechnique, European Telecommunications Standards Institute.



Slika 5: Preslikava na SGAM - komponentni sloj



Slika 6: Komunikacijski sloj



Slika 7: Informacijski sloj

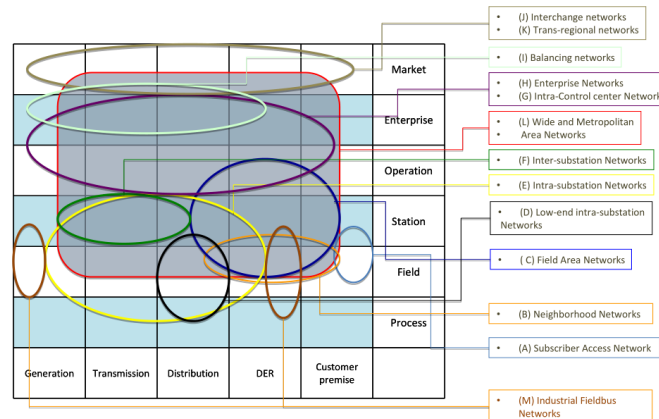
Namen SGAM je, da nam omogoča sistematizirano določanje standardov, ki pridejo v poštev za določen primer uporabe (*use case*). Postopek strnjeno opišemo takole:

- izhajamo iz danega primera uporabe,
- komponente primera uporabe preslikamo na informacijsko ravnino pametnih omrežij sloja komponent
- v kartezične produkte domen in con, ki se jih tiče,
- v naboru standardov po interoperabilnostnih slojih poiščemo kateri standardi so relevantni za dan sloj.

Poglejmo zgled. Slike 5, 6, in 7 prikazujejo primer integracije ključnih sistemov prenosnega operaterja v conah *postaja*, *obratovanje* in *podjetje*.

Slika 6 prikazuje relevantne standarde komunikacijskega sloja, ki omogočajo izmenjavo informacij med danimi napravami oziroma sistemi med in znotraj con. Črkovne oznake v krogcih poleg puščic z oznako standardov pomenijo vrsto omrežja. V tabeli 77 v [6] so vrstam omrežij prirejeni relevantni standardi; na primer za vrsto omrežja **E** (omrežje znotraj RTP⁸) so to med drugimi: IEEE 802.11, IEEE 802.3/1, IPv4, IPv6, IP MPLS, ...

Slika 8 prikazuje preslikavo vrst omrežij na SGAM [6].



Slika 8: Preslikava komunikacijskih omrežij na SGAM [6]

Slika 7 prikazuje relevantne standarde informacijskega sloja, ki zagotavljajo semantično združljivost naprav, ki jih integriramo.

Trenutna verzija nabora standardov obravnava standarde komunikacijskega in informacijskega sloja GWAC interoperabilnostnega sklada.

IV. INTEGRACIJA SISTEMOV

Poudarek pri integraciji sistemov v okviru pametnih omrežij bo v prihodnosti zagotovo na informacijskemu sloju. Bistvo tega sloja so podatkovni modeli. Sodobni podatkovni modeli temeljijo na objektih in relacijah med njimi. Omogočajo opis in predstavitev znanja z določenega področja uporabe, oziroma specifikacijo konceptualizacije, kar imenujemo tudi ontologija. Gre za semantične modele, ki omogočajo strojno razpoznavanje pomena informacij.

Referenčna arhitektura za pametna omrežja, ki smo jo obravnavali v prejšnjem poglavju, določi CIM model kot temeljni semantični model za modeliranje elektroenergetskega sistema v conah *obratovanje*, *podjetje* in *trg*, ter interakcijah teh con. V conah *postaja* in *polje* pa podatkovni model po standardu IEC 61850.

⁸ Razdelilna transformatorska postaja

CIM model⁹ (Common Information Model – splošni informacijski model) je objektno orientiran semantični model, ki vsebuje ontologijo za področje elektroenergetskega sistema. Omogoča standardiziran opis elementov in procesov. Definiran je v okviru družin standardov IEC 61968, IEC 61970 in IEC 62325. Družina standardov IEC 61970 opisuje model in programske vmesnike v segmentu prenosa in proizvodnje električne energije. Družina standardov IEC 61968 razširja IEC 61970 za potrebe distribucije električne energije in specifikira ustrezno integracijsko arhitekturo in storitve, družina standardov IEC 62325 pa opisuje trg z električno energijo.

CIM model je primer predvsem za integracijo aplikacij. Z ustrezno integracijsko platformo temelječo na storitveno usmerjeni arhitekturi (SOA) omogoča učinkovito integracijo le-teh.

Z uvedbo integracije na osnovi SOA in semantičnega modela izvedemo t.i. koncept brezzapletne integracijske arhitekture (*Seamless Integration Architecture* - SIA), kakor jo definira IEC [4]. Kot že samo ime nakazuje, s tem dosežemo, da s čim manj zapleti in dela integriramo sisteme. To prav tako velja za posodobitve in nadgradnje sistemov, ki so lahko danes prava nočna mora, sploh če smo s posodobitvijo zamenjali tudi proizvajalca sistema.

Integracije sistemov se moramo lotiti sistematično, skrbno načrtovano in v skladu s strategijo. Pri tem je treba upoštevati tri ključna področja [10]:

- **podatkovni inženiring** (Analiza kako bodo obstoječi sistemi in njihovi podatki modificirani, prilagojeni ali morebiti zamenjani in kako jih preslikati na semantični model.),
- **sistemi inženiring** (Definiranje "lastništva nad podatki" – kateri sistem je izvor podatka in kateri ponor, ali oboje. Nadalje je treba določiti vmesnike, ki poskrbijo za izmenjavo podatkov med sistemi in za integracijsko platformo, ter postopke za upravljanje in vzdrževanje modela.) in
- **organizacijo in vodenje projekta** (V podjetju je treba tudi z organizacijskimi spremembami poskrbeti, da se podatkovni in sistemski inženiring izvajata nemoteno in komplementarno, ter da so v procese vključeni vsi potrebni strokovnjaki - iz elektroenergetike, ki imajo tudi IT znanja, kot tudi IT strokovnjaki s področja integracije sistemov in podatkovnih baz, semantike in ontologije).

V. ZAKLJUČEK

Tehnologije pametnih omrežij temeljijo na IKT in IT rešitvah. V elektroenergetski sistem prinašajo množico novih inteligentnih naprav in informacijskih sistemov, ki zahtevajo povezljivost in interoperabilnost, da jih lahko integriramo v funkcionalno zaključene rešitve. Ključnega pomena pri integraciji je ustrezen standardizacijski okvir, ki mora omogočiti integracijo naprav in sistemov različnih proizvajalcev. Standardizacijski okvir za evropska pametna omrežja je nastal na pobudo mandata M/490 Evropske komisije. Izdelala ga je koordinacijska skupina standardizacijskih organizacij *CEN-CENELEC-ETSI Smart Grid Coordination Group*. Podaja referenčno arhitekturo, nabor standardov, priporočila za informacijsko varnost in

definira trajnostni proces nadaljnjega razvoja standardizacije s področja pametnih omrežij. V okviru standardizacijskega procesa je že definirano veliko število primerov uporabe, ter relevantni standardi komunikacijskega in informacijskega sloja interoperabilnostnega sklada. Celostna obravnava interoperabilnosti – sploh pa uvedba standardiziranih semantičnih podatkovnih modelov informacijskega sloja v koncepte integracije sistemov v okviru koncepta pametnih omrežij, je ključnega pomena za uspešno integracijo, posledično pa tudi za uspešnost koncepta pametnih omrežij nasploh.

LITERATURA

- [1] "Smart Grids Reference Architecture." CEN-CENELEC-ETSI Smart Grid Coordination Group, Nov-2012.
- [2] "NIST Framework and Roadmap for Smart Grid Interoperability Standards, Release 1.0." National Institute of Standards and Technology, Jan-2010.
- [3] "IEC Smart Grid Standardization Roadmap, SMB Smart Grid Strategic Group (SG3), Edition 1.0." IEC, Jun-2010.
- [4] "IEC 62357-1 TR Ed.1: Reference architecture for power system information exchange." IEC, 2011.
- [5] "Smart Grid Mandate M490, Standardization Mandate to European Standardisation Organisations (ESOs) to support European Smart Grid deployment." European Commission, Directorate-general for energy, Brussels, 01-Mar-2011.
- [6] "First set of standards." CEN-CENELEC-ETSI Smart Grid Coordination Group, Nov-2012.
- [7] "Sustainable Processes." CEN-CENELEC-ETSI Smart Grid Coordination Group, Nov-2012.
- [8] "Smart Grid Information Security." CEN-CENELEC-ETSI Smart Grid Coordination Group, Nov-2012.
- [9] "IntelliGrid Common Information Model Primer: Second Edition," EPRI, Palo Alto, CA, 3002001040, 2013.
- [10] "Report on the CDPSM 2011 CIM-XML Interoperability Test, The Power of the Common Information Model (CIM) to Exchange Power System Data. Final report Version 2.0," UCA INTERNATIONAL USER'S GROUP, Jun. 2012.



Andrej Souvent je diplomiral leta 1999 na Fakulteti za elektrotehniko Univerze v Ljubljani. Po diplomi je delal v zasebnih podjetjih na področju sistemov vodenja in procesne informatike predvsem za podjetja splošne in elektro-energetike. Od leta 2007 do 2013 je bil zaposlen kot raziskovalec na Elektrotehništvu Milan Vidmar, od decembra 2013 pa vodi Oddelek za vodenje in delovanje elektroenergetskih sistemov. Je tudi predsednik tehničnega odbora SIST TC/PSE (Procesni sistemi v energetiki), ki je zrcalni komite IEC TC57 (Power systems management and associated information exchange), ter član WG13 in WG14 pri IEC TC57. Področje njegovega dela so sistemi nadzora in vodenja elektroenergetskih sistemov, tehnologije in rešitve pametnih elektroenergetskih omrežij, procesna informatika in integracija sistemov. Je soavtor programa razvoja pametnih omrežij v Sloveniji. Sodeloval je pri prvih slovenskih projektih s področja pametnih omrežij.

⁹ Zelo dobro je predstavljen v publikaciji *Common Information Model Primer* [9], ki je na voljo tudi na spletu.

Taktična komunikacijska omrežja prihodnosti

Andrej Kos, Urban Sedlar, Luka Koršič, Mojca Volk, Janez Bešter,
Fakulteta za elektrotehniko, Univerza v Ljubljani

Povzetek — V prispevku je predstavljen konceptualni pregled zmogljivosti in primernosti tehnologij IPv6 in LTE/EPC za kritične komunikacije, ki so namenjeni podpori delovanju profesionalnih služb za zaščito in reševanje v mirnodobnem delovanju in ekstremnih razmerah. Izpostavljene so omrežne in aplikacijske prednosti sodobnih širokopasovnih tehnologij, ki omogočajo napredno mobilnost in visoke podatkovne kapacitete s pomočjo združevanja mobilnih, fiksnih in satelitskih dostopovnih omrežij v kombinaciji z naprednimi mehanizmi za varnost in QoS, kar omogoča transparentno mobilnost taktičnih enot, uporabnikov, naprav in podpornih senzorskih sistemov v profesionalnih okoljih. Tehnološki potencial je v prispevku podkrepljen s konkretnim primerom izgradnje naprednega sistema A-ERCS ter dveh namenskih aplikacij, mobilne aplikacije za triažo na terenu in nadzorne plošče za vodenje operacij na taktičnem in strateškem nivoju. Predstavljene tehnološke in storitvene prednosti potrjujejo potrebne zmogljivosti in primernost tehnologije za nadgradnjo obstoječih in vzpostavitev novih namenskih omrežij tipa BB-PPDR, kar bo omogočilo izgradnjo visoko specializiranih storitev na cenovno učinkovit način. Prednostim navkljub pa področje odpira številne znanstvene in razvojne izzive ter postavlja tudi marsikatero strateško vprašanje, predvsem z vidika standardizacije in regulacije za namene PPDR, vzpostavitev ustreznih poslovnih modelov in uvajanja tehnologij IPv6 in EPS na ustrezna aplikativna področja.

Ključne besede — Komunikacije za zaščito in reševanje, varna družba, GEN6, A-ERCS, LTE, EPC, Internetni protokol verzije 6 (IPv6), mobilni sistemi.

Abstract — In this paper, a conceptual overview of applicability and capability of IPv6 and LTE/EPC technologies is presented from the perspective of its use in tactical and strategic emergency communications systems that serve to support professional emergency response and disaster relief operations in day-to-day and extreme situations. Network and application capabilities of state of the art commercial broadband technologies are presented. These allow for advanced mobility and high data rates by combining mobile, fixed and satellite access networks in combination with advanced security and QoS mechanisms, which together enable transparent mobility of tactical units, users, devices and sensing setups in professional environments. The discussed technological potential is illustrated with a concrete example of an advanced ECS system and two dedicated applications, a mobile triage application for operational level and a real-time dashboard for intervention management on tactical and strategic levels. The presented technological and service advantages confirm the required capabilities and applicability of the technology to upgrade existent and implementation of new BB-PPDR systems, which will allow for cost efficient delivery of highly specialized services. However, notwithstanding the technological advantages, the addressed field presents also a variety of scientific and development challenges and poses strategic questions, in particular from PPDR standardization and regulatory aspects as well as in terms of development of new business models and IPv6 and EPS migration strategies.

Keywords — Public Protection and Disaster relief (BB-PPDR), Public safety, GEN6, A-ERCS, LTE, EPC, Internet Protocol version 6 (IPv6), mobile systems.

I. UVOD

Žledolom v Sloveniji (2014), potres v Severni Italiji (2012), potres in tsunami na Japonskem (2011), poplave na območju Ljubljane (2010) so naravne nesreče, ki nas opozarjajo, da živimo v okolju kjer so nesreče velikih razsežnosti del našega vsakdana. Hitrost in učinkovitost ukrepanja služb za zaščito in reševanje v danih ekstremnih razmerah je v veliki meri odvisna od usposobljenosti reševalnih ekip na terenu, ter tehničnih in komunikacijskih zmogljivosti operativnih omrežnih sistemov.

Za učinkovito delovanje operativnih služb tako v mirnodobnih kot v ekstremnih scenarijih mora omrežni sistem za kritične komunikacije prihodnosti podpirati

raznolik nabor klasičnih in specializiranih funkcionalnosti, ki omogočajo visoko stopnjo fleksibilnosti in zmogljive komunikacije v mirnodobnem načinu delovanja ter visoko robustnost in razpoložljivost v ekstremnih razmerah. V ta namen je potrebno za namene kritičnih komunikacij vzpostaviti distribuiran sistem visokih kapacitet z decentralizirano omrežno in storitveno logiko ter močnimi varnostnimi funkcijami in mehanizmi za zagotavljanje kakovosti storitev.

Primerjava današnjih komercialnih in namenskih omrežij pokaže, da je zrelost in zmogljivost komercialnih tehnologij občutno prehitela trenutno tehnološko opremljenost sistemov za kritične komunikacije, poleg tega po odpira »neomejene možnosti« zagotavljanja visoko specializiranih aplikacij, ki temeljijo na izrabi zmogljivih in cenovno učinkovitih širokopasovnih omrežnih tehnologij ter pristopov interneta stvari.

Vse to govori v prid migraciji profesionalnih komunikacijskih rešitev na komercialno preverjene tehnologije, zlasti IPv6 (angl. Internet Protocol version 6) in LTE/EPC (angl. Long Term Evolution / Evolved Packet Core). Slednji imajo potencial za podporo storitvene, terminalne in omrežne mobilnosti v kombinaciji z visoko kakovostjo in varnostjo, kar omogoča transparentno mobilnost taktičnih enot, uporabnikov, naprav in podpornih senzorskih sistemov v profesionalnih okoljih.

Na osnovi sodobnih povezovalnih in senzorskih pristopov bo tako omogočena podpora za napredne storitvene zmogljivosti, ki bodo uporabnikom sistema na strateškem taktičnem in operativnem nivoju omogočala preprost nadzor ter vodenje enot in upravljanje podporne tehnične opreme na mestu dogodka. Poleg klasične govorne, podatkovne in multimedijske komunikacije bo sistem omogočal tudi oddaljen nadzor enot, ter zajem in upravljanje informacij s senzorskih in drugih podpornih sistemov (živiljenjske funkcije, stanje okolice itd.).

II. KONVERGENCA PROFESIONALNIH IN KOMERCIALNIH KOMUNIKACIJ NA OSNOVI SISTEMA EPS

Evolucija paketnega sistema (angl. EPS – Evolved Packet System) predstavlja zmogljivo in razširljivo komunikacijsko platformo četrte generacije, osnovano na konceptu »vse IP« (angl. All IP), ki omogoča združevanje heterogenih komunikacijskih rešitev, ki vključujejo mobilne, brezžične in fiksne tehnologije v enotno komunikacijsko platformo. Osnutki direktiv za standardizacijo rešitev pete generacije (angl. 5G – 5th Generation) predvidevajo dodatno razširitev paketnega jedra tudi v smeri vključevanja satelitskih dostopovnih domen, ki predstavljajo zadnji manjkajoči globalno razširjen dostopovni segment v obstoječih širokopasovnih komunikacijah. Z aplikacijskega stališča je obstoječa platforma EPS zasnovana v skladu s smernicami sodobnih in odprtih komunikacijskih sistemov, ki omogočajo ločitev omrežnih funkcij od storitvene logike, ter s tem neodvisen razvoj namenskih storitvenih ekosistemov, ki so lahko izvedeni na platformi IMS (angl. Internet Protocol Multimedia Subsystem), kakor tudi na popolnoma odprtih internetnih storitvenih ekosistemih, imenovanih »prekrivne rešitve« (angl. OTT – Over-The-Top), med katerimi so danes najbolj prepoznavne Google, Twitter, FaceBook, YouTube, Apple itd [9].

Sistem EPS [2] tako predstavlja novo standardizirano rešitev, ki bo operaterjem komercialnih omrežij in sistemov za kritične komunikacije omogočila resnično združevanje fiksnih, brezžičnih, mobilnih in satelitskih domen na omrežnem nivoju. S stališča storitev in aplikacij bo to omogočilo vzpostavitev enotne komunikacijske platforme, zato ne bo več potrebno po zavedanju stanja sistema na nivoju aplikacijske logike, sledenju trenutne prisotnosti ter ugotavljanju zmogljivosti izbrane fiksne, brezžične, satelitske oziroma mobilne domene, saj bo za prenos omrežnih kontekstov, kot so varnost, ohranjanje seje, QoS itd., transparentno poskrbelo omrežje samo. Kompleksnost razvoja storitev in aplikacij, predvsem pa njihova uporaba s stališča končnih uporabnikov, ki lahko prihajajo iz komercialne ali profesionalne domene, se bo tako močno zmanjšala.

Arhitektura razširjenega sistema EPS, ki poleg tehnologij 3GPP (angl. 3rd Generation Partnership Project) omogoča tudi integracijo s sistemi »ne-3GPP«, za katere bomo v nadaljevanju kot referenčnega privzeli sistem WiFi, definira

sledeče omrežne zmogljivosti [2].

A. Enotna avtentikacija in avtorizacija

Avtentikacija in avtorizacija se izvajata na osnovi varnostnih procedur AKA (angl. Authentication and Key Agreement). Na radijskem delu omrežja ne-3GPP (npr. WiFi) se sporočila EAP-AKA (angl. Extensible Authentication Protocol – Authentication and Key Agreement) prenašajo prek protokola 802.1X med terminalom UE (angl. User Equipment) in brezžično dostopovno točko (angl. Access Point), na hrbtnem delu omrežja, med točko AP in strežnikom 3GPP AAA (angl. Authentication, Authorization and Accounting), pa prek vmesnika, ki temelji na protokolu Diameter. Identifikacija terminala UE poteka na osnovi mednarodne identitete mobilnega naročnika, ki se na WiFi domeni prenaša v obliki NAI (angl. Network Access Identifier) v okviru procedure EAP-AKA.

B. Avtorizacija terminala

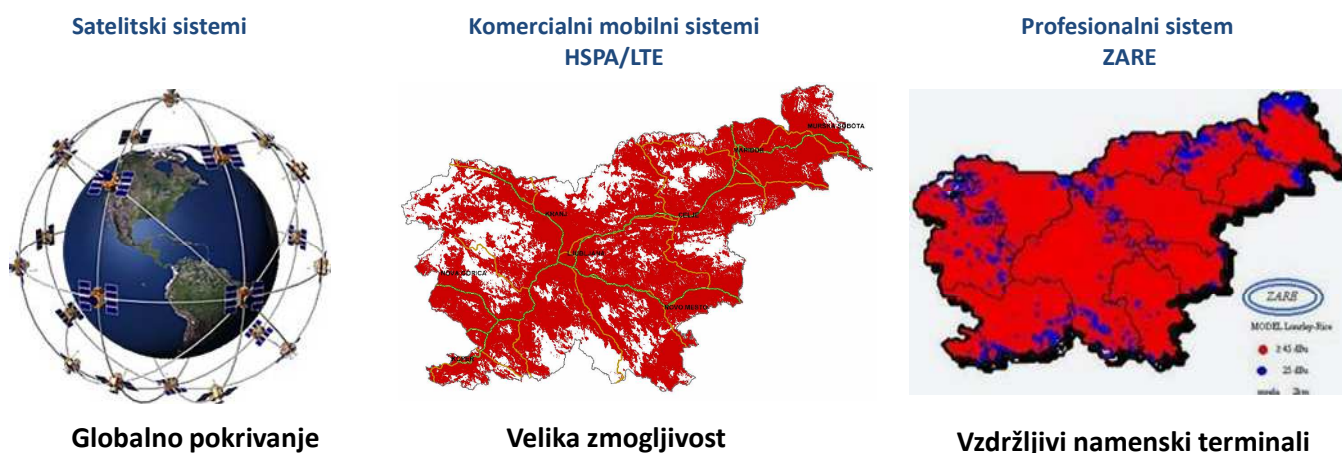
Avtorizacija uporabniškega terminala je omogočena na osnovi globalnega identifikatorja IMEI (angl. International Mobile Equipment Identity), ki ga posreduje terminal UE v procesu avtentikacije, t.j. s proceduro EAP-AKA.

C. Prenos varnostnega konteksta med rešitvami 3GPP in ne-3GPP

Sistem LTE (angl. Long Term Evolution) in npr. WiFi omogočata zagotavljanje zasebnosti in integritete prenašanega uporabniškega prometa in signalizacije. Varnostne storitve v obeh domenah lahko temeljijo na uporabi mehanizma AES (angl. Advanced Encryption Standard), tako da je omogočena ekvivalentna stopnja varnosti na obeh dostopovnih sistemih.

D. Mobilnost in ohranjanje seje

Kontrolna ravnina, na kateri temelji funkcija uporabniške mobilnosti, je izvedena na protokolu PMIPv6 (angl. Proxy Mobile IPv6) ter tunnelskem mehanizmu GRE (angl. Generic Routing Encapsulation), ki zagotavljata podatkovno ravnino sistema. V razvoju so tudi razširitvene opcije protokola GTP (angl. GPRS Tunneling Protocol), ki bodo omogočale zamenjavo mehanizma PMIPv6/GRE na vmesniku S2a, ki predstavlja povezavo proti dostopovnim tehnologijam ne-3GPP.



Slika II-1: Komercialni, profesionalni in satelitski sistemi v Sloveniji [8] [9]

E. Transparenten dostop do storitev

Koncept dinamične izbire storitvenega podomrežja (angl. PDN – Packet Data Network) se izvaja z enakimi mehanizmi tako na dostopovnih sistemih 3GPP kot ne-3GPP. Izbira storitvenega omrežja poteka na osnovi posredovanega naslova APN s strani mobilnega terminala UE oziroma strežnika HSS (angl. Home Subscriber Server). Tuneliranje uporabniškega prometa do storitvenih domen pa prek mehanizma PMIPv6/GRE.

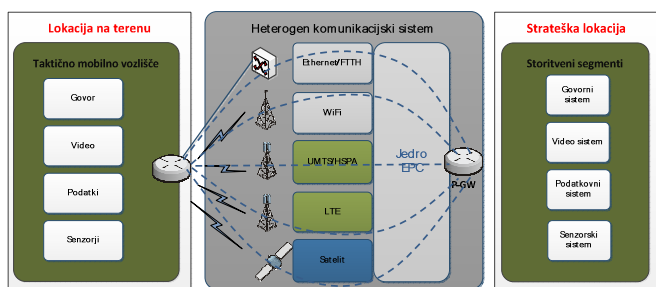
F. Ohranjanje dogovorjenega nivoja QoS

Sistem EPS omogoča statično in dinamično zagotavljanje QoS (angl. Quality of Service) na osnovi koncepta PCC (angl. Policy and Charging Control). Mehanizem PMIPv6/GRE v osnovi ne omogoča prenosa signalizacije QoS od prehoda P-GW (angl. Proxy Gateway) proti dostopovnem prehodu ne-3GPP, kjer se izvaja funkcija MAG (angl. Mobility Access Gateway). S podporo funkcije BBERF (angl. Bearer Binding and Event Reporting Function) na dostopovnem segmentu ne-3GPP se lahko omogoči tudi prenos signalizacije QoS med funkcijo PCRF (angl. Policy and Charging Rules Function) in dostopovno domeno ter s tem prenos konteksta QoS, ko uporabnik prehaja med mobilno domeno 3GPP in dostopovno domeno ne-3GPP.

Navkljub dobro definiranim omrežnim primitivom in široki podpori temeljnih omrežnih funkcij, standard EPS [1] trenutno še ne podpira domensko specifičnih funkcij, kot jih poznamo v obstoječih namenskih komunikacijskih sistemih, kot je npr. TETRA. V slednje funkcije spadajo predvsem neposredna povezljivost med mobilnimi terminali brez prisotnosti bazne postaje ter razširjene storitvene zmožnosti za skupinske klice. Manjkajoče funkcije, ki so specifične za uporabo v sistemih kritičnih komunikacij, bodo standardizirane v naslednjih izdajah specifikacij 3GPP in bodo predvidoma zaključene do leta 2017.

III. HETEROGEN OMREŽNI SISTEM ZA KRITIČNE KOMUNIKACIJE

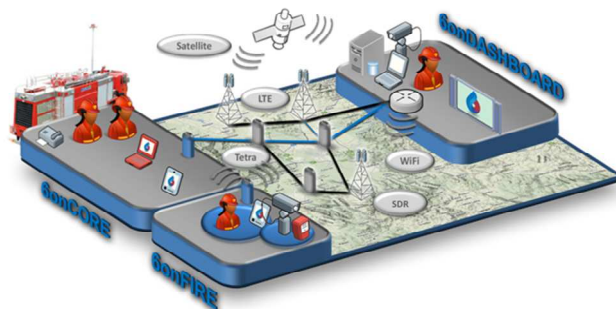
Primer danes delujočega heterogenega komunikacijskega sistema za kritične komunikacije, ki temelji na razširjenem konceptu sistema EPS, predstavlja rešitev A-ERCS (angl. Advanced Emergency Response System) [3][4]. Razvili smo jo v okviru evropskega projekta GEN6 (Governments enabled with IPv6) [3] za potrebe širokopasovnih komunikacij profesionalnih služb in predstavlja enega izmed prvih tovrstnih sistemov, ki so zgrajeni po usmeritvenih predlogih CEPT ECC [7] za »širokopasovne komunikacijske sistem za zaščito in reševanje« (angl. BB-PPDR – BroadBand-Public Protection and Disaster Relief).



Slika III-1: Arhitektura heterogenega komunikacijskega omrežja za kritične komunikacije [3].

A-ERCS predstavlja heterogen komunikacijski sistem za zaščito in reševanje naslednje generacije, ki povezuje v enotno komunikacijsko platformo zmogljivosti profesionalnih komunikacijskih sistemov, kot tudi komercialne mobilne, brezžične, satelitske in fiksne komunikacijske tehnologije. Na osnovi uporabe napredne kontrolne in podatkovne ravnine sistema, ki temelji na tehnologiji mobilnega internetnega protokola verzije 6 za podporo več-domnemu gostovanju lokalnega omrežja [6], je omogočeno združevanje kapacitet heterogenih dostopovnih sistemov v zmožljiv logičen komunikacijski kanal, ki omogoča poleg povečanja kapacitete sistema tudi razvoj naprednih omrežnih storitve, kot sta npr. zagotavljanje velike razpoložljivosti, prometno uravnovešanje itd.

Sistem A-ERCS je zgrajen po principu distribuirane omrežne in storitvene logike (Slika III-1), ki omogoča preprosto dodajanje potrebnih omrežnih komponent za potrebe strateškega in taktičnega odločanja, kot tudi preprosto razširitev zmogljivosti na operativnem nivoju. Rešitev omogoča zagotavljanje naprednih multimedijско podprtih komunikacijskih storitev, ki se izvajajo prek namenskih profesionalnih omrežij (Software Defined Radio, satelit), komercialnih omrežij (npr. HSPA – angl. High Speed packet Access in LTE) ter po potrebi zagotovljenih omrežnih rešitvah (npr. mesh WiFi in namenski LTE/EPC).



Slika III-2: Arhitektura sistema A-ERCS

Vgrajena odločitvena logika, ki temelji na protokolu IPv6 in naprednih funkcijah omrežnih prehodov, omogoča izbiro optimalnega komunikacijskega kanala (profesionalni, komercialni oz. namenski komunikacijski sistem) na trenutni lokaciji na terenu, s tem pa transparentno in zanesljivo povezljivost taktičnih in operativnih enot s strateškim centrom.

Poleg omrežne inteligence A-ERCS rešitev vključuje tudi vrsto namenskih aplikacijskih zmogljivosti, ki so prilagojene uporabi v kontekstu kritičnih komunikacij, kot je to ilustirano v nadaljevanju.

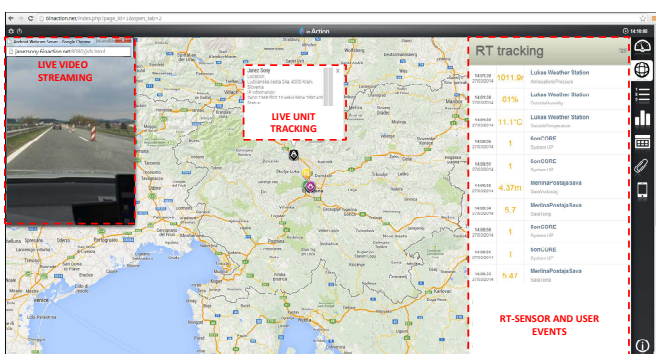
IV. TERMINALNA OPREMA IN STORITVENI EKOSISTEM

Predlagana rešitev omogoča uporabo komercialnih pametnih mobilnih terminalov in tabličnih računalnikov, ki so mehansko zaščiteni in v vodotesnih ter industrijsko standardiziranih ohišjih za taktične in operativne namene (Slika IV-1).



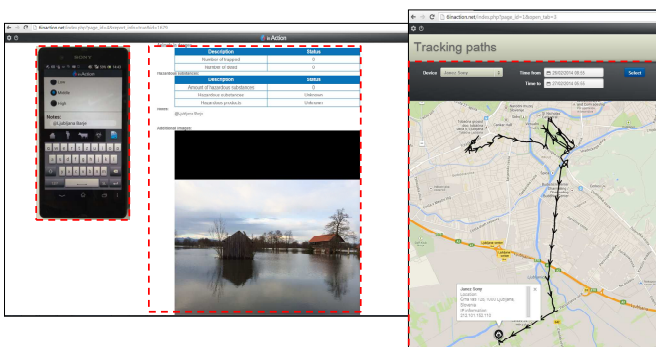
Slika IV-1: Pametni mobilni terminali in tablični računalnik v zaščitnih ohišjih

Uporaba zrele in preizkušene strojne ter programske opreme v kombinaciji s programskimi platformami za razvoj aplikacij odpira širok nabor možnosti uporab sistema tako na strateškem, taktičnem kot operativnem nivoju. Izbor preverjene in na trgu dostopne tehnologije omogoča hitrejši in cenejši dograjevanje sistema, tako v kritičnih situacijah kot tudi strateško dolgoročno.



Slika IV-2: Nadzorna plošča za vodenje operacij

Na sliki (Slika IV-2) je predstavljena napredna spletna nadzorna plošča za vodenje operacij na strateškem in taktičnem nivoju, ki omogoča centralno združevanje informacij iz različnih informacijskih virov (sledenje in lociranje enot na terenu, prenos videa iz vozila v realnem času, zbiranje, prikaz in analiza senzorskih informacij) ter njihov nadzor in upravljanje. Za uporabo storitev nadzorne plošče v realnem času je kritična kombinacija z inteligentnim in zmogljivim omrežjem na operativnem nivoju, ki omogoča zanesljivo in transparentno povezavo med terenskimi enotami in strateškim centrom za vodenje intervencij.



Slika IV-3: Napredna rešitev za triažo dogodkov

Na sliki (Slika IV-3) je predstavljena rešitev za avtomatiziran popis in izvajanje triaže v realnem času, ki omogoča operativnim enotam na terenu popis stanja objektov, v primeru večjih naravnih nesreč (poplave, požar, potres), ter dodajanje informacijskega konteksta v obliki zajete slike visoke resolucije ter lokacijskih informacij.

Prikazani aplikacijski rešitvi, osnovani na preizkušenih komercialnih tehnologijah, služita za vodenje operacij v realnem času, s pomočjo združevanja visoko namenskih aplikacij ter klasičnih informacijskih storitev.

V. IZZIVI SISTEMOV ZA KRITIČNE KOMUNIKACIJE PRIHODNOSTI

Tehnologije četrte generacije danes predstavljajo najbolj dovršeno tehnološko rešitev, ki z razširitvami kontrolnih mehanizmov in naprednimi funkcijami v omrežnih prehodih omogočajo integracijo tako profesionalnih kot komercialnih sistemov v enotno komunikacijsko platformo z zmogljivim in odprtim storitvenim ekosistemom. Ključne prednosti predstavljene rešitve so tako tehnološke kot poslovne:

- visoka propustnost sistema, ki v delujočih komercialnih sistemih dosega systemske hitrosti prek 90 Mbit/s, s kratkimi obhodnimi časi podatkovne ravnine, ki je v rangu 10 ms,
- standardizirana podpora mehanizmom za zagotavljanje statičnega in dinamičnega QoS,
- virtualizacijske zmogljivosti omrežja so standardizirane in omogočajo različne implementacijske modele povezovanja: poslovi APN, MVNO (angl. Mobile Virtual Network Operator), nacionalno gostovanje,
- odprt in zmogljiv ekosistem za razvoj multimedijskih storitev in aplikacij s podporo senzorskim sistemom in komunikaciji stroj-stroj (angl. Machine to Machine), ki temelji na spletnih tehnologijah in priznanih industrijskih razvojnih platformah kot so iOS, Android, Microsoft SDK in HTML5,
- povezovanje profesionalnih služb na nacionalnem in mednarodnem nivoju, ki temelji na tehnoloških zmogljivostih mednarodnega (GRX/IPX) in nacionalnega gostovanja,
- standardiziranost, globalna razširjenost sistema ter združljivost za nazaj z mobilnimi sistemi tretje in druge generacije,
- širok nabor proizvajalcev ter zmogljive terminalne opreme,
- relativno nizka cena v primerjavi z namenskimi profesionalnimi sistemi, ki je osnovana na ekonomiji obsega.

Ne nazadnje, nacionalno pokrivanje s taktičnimi širokopasovnimi komunikacijami je izvedljivo že danes. Storitve, ki niso kritične z operativnega vidika profesionalnih služb, se lahko ob ustreznem dogovoru s komercialnimi mobilnimi operaterji, ki že omogočajo nacionalno pokrivanje s signalom HSPA in LTE, zagotavljajo na osnovi specializiranih omrežnih in storitvenih nastavitev za delovanje v kriznih situacijah.

Ključne pomanjkljivosti predlagane rešitve predstavlja dejstvo, da tehnologija LTE/EPC danes še ni bila uporabljena in preverjena v ekstremnih situacijah. 3GPP standardizacija na tem področju še ni zaključena in je v teku, pri čemer je ključni poudarek na zagotovitvi enakovrednih zmogljivosti kot so danes na voljo v namenskih sistemih TETRA. Poleg tega je definicija in dodelitev BB-PPDR frekvenčnih pasov za področje EU v teku, dodaten izziv pa predstavlja tudi dejstvo, da so EU države nedavno investirale veliko sredstev v vzpostavitev namenskih nacionalnih infrastruktur na osnovi tehnologije TETRA.

VI. ZAKLJUČEK

Tehnologiji IPv6 in LTE/EPC predstavljata neizogiben korak k modernizaciji komercialnih in profesionalnih omrežnih rešitev, s tem pa tudi komunikacijsko rešitev sedanjosti in prihodnosti. V prispevku smo podali konceptualni pregled novosti in izzivov, ki jih tehnologiji IPv6 in EPS prinašata v ekosistem za kritične komunikacije, s poudarkom na tehnoloških novostih ter novih področjih aplikativne uporabe. Predstavljeno področje smo podkrepili s konkretnim primerom izgradnje naprednega komunikacijskega sistema, ki služi za podporo operativnemu delovanju profesionalnih služb v mirnodobnem in ekstremnem načinu delovanja. Številne tehnološke in storitvene prednosti predstavljajo potrditev zmogljivosti in primernosti tehnologije za nadgradnjo obstoječih in vzpostavitev novih namenskih omrežij tipa BB-PPDR ter bodo omogočile izgradnjo visoko zmogljivih specializiranih storitev na cenovno učinkovit način. Prednostim navkljub pa področje odpira številne znanstvene in razvojne izzive ter postavlja tudi marsikatero strateško vprašanje, predvsem z vidika standardizacije in regulacije za namene PPDR, vzpostavitve ustreznih poslovnih modelov in uvajanja tehnologij IPv6/EPS na ustrezna aplikativna področja. Ti vidiki so danes ključna področja nadaljnjih raziskav, ki bodo omogočila, da se tehnološki preboj uresniči hitreje kot lahko pričakujemo.

ZAHVALE

Znanstveno-raziskovalno delo je bilo delno sofinancirano s strani Agencije za raziskovalno dejavnost Republike Slovenije ter s strani evropskega projekta GEN6; CIP-ICT-PSP.2011.4.3. Za pomoč pri izvedbi projekta se zahvaljujemo: Mestni občini Ljubljana, Oddelku za zaščito, reševanje in civilno obrambo; Telekomu Slovenije, d.d.; Cisco Systems Slovenija; Go6 inštitutu; Inštitutu za vodarstvo d.o.o.; Akademski in raziskovalni mreži Slovenije ter Ministrstvu za izobraževanje, znanost in šport.

LITERATURA

- [1] 3rd Generation Partnership Project; Technical Specification Group Services and System Aspects; General Packet Radio Service (GPRS) enhancements for Evolved Universal Terrestrial Radio Access Network (E-UTRAN) access (Release 10); 3GPP TS 23.401, junij 2011.
- [2] 3rd Generation Partnership Project; Technical Specification Group Services and System Aspects; Architecture enhancements for non-3GPP accesses, (Release 10), 3GPP TS 23.402, junij 2011.
- [3] GEN6 – Governments Enabled with IPv6; <http://www.gen6-project.eu>, april 2014
- [4] STERLE, Janez, VOLK, Mojca. IPv6-powered emergency communication systems. FIA Athens Program, marec 2014.
- [5] IETF RFC 2460: Deering, Hinden, "Internet Protocol, Version 6 (IPv6) Specification", december 1998.
- [6] G. Tsirtsis, H. Soliman, N. Montavont, G. Giaretta, K. Kuladinithi: »Flow Bindings in Mobile IPv6 and Network Mobility (NEMO) Basic Support«, RFC 5648, IETF januar 2011.
- [7] CEPT ECC Report 199, CEPT, maj 2013.
- [8] www.telekom.si.
- [9] www.sos112.si.

Andrej Kos je diplomiral leta 1996 na Fakulteti za elektrotehniko, Univerze v Ljubljani in doktoriral leta 2003. Zaposlen kot izredni profesor na Fakulteti za elektrotehniko. Ukvarja se z raziskavami na področju širokopasovnih paketnih omrežij in inteligentnih storitvah naslednje generacije.

Urban Sedlar (urban.sedlar@fe.uni-lj.si) je doktoriral leta 2010 na Fakulteti za elektrotehniko, Univerze v Ljubljani. Zaposlen je v Laboratoriju za telekomunikacije na Fakulteti za elektrotehniko (LTFE), kjer se ukvarja z raziskavami in razvojem na področju internetnih sistemov in storitev, računalništva v oblaku in sistemi za obdelavo velike količine podatkov.

Luka Koršič (luka.korsic@fe.uni-lj.si) je magistriral leta 2010 na Fakulteti za elektrotehniko, Univerze v Ljubljani. Trenutno je zaposlen v Laboratoriju za telekomunikacije na Fakulteti za elektrotehniko (LTFE). Njegova raziskovalna področja obsegajo omrežne sisteme nove generacije ter rešitve za testiranje in verifikacijo omrežnih rešitev.

Mojca Volk (mojca.volk@fe.uni-lj.si) je doktorirala leta 2010 na Fakulteti za elektrotehniko, Univerze v Ljubljani. Zaposlena je v Laboratoriju za telekomunikacije na Fakulteti za elektrotehniko (LTFE). Ukvarja se z raziskavami na področju IoT, analizo in vizualizacijo velike količine podatkov, ter komunikacijskimi sistemi in aplikacijami za krizno reševanje.

Janez Bešter (janez.bester@fe.uni-lj.si) je doktoriral leta 1995 na smeri telekomunikacije Fakultete za elektrotehniko Univerze v Ljubljani. Od leta 1996 vodi Laboratorij za telekomunikacije. Njegovo znanstvenoraziskovalno delo obsega področja naprednih tehnologij telekomunikacijskih omrežij, vključenosti oseb s posebnimi potrebami v informacijsko družbo, zagotavljanje dostopnosti do izobraževanja z e-učenjem, optimizacijo konvergenčnih aplikacij s poudarkom na večpredstavnosti ter uvajanje novih internetnih storitev v zdravstvu, energetiki in šolstvu.

Uporaba sodobnih infokomunikacijskih rešitev za zagotavljanje kritičnih komunikacij v industrijskih okoljih

Klemen Belec, Matej Pintar, Iskratel d.o.o., Kranj

Povzetek — Uporaba sodobnih infokomunikacijskih rešitev za zagotavljanje kritičnih komunikacij v industriji postaja v današnjem času izrednega pomena. Z njimi izboljšujemo splošno varnost proizvodnih procesov ter neposredno vplivamo na varnost zaposlenih, optimiziramo in zvišujemo odličnost industrijskih procesov, dolgoročno zmanjšujemo obratovalne stroške. Kar pa je morda najpomembnejše, vsem odločitvenim nivojem v podjetju zagotavljamo verodostojne podatke iz procesov podjetja, na podlagi katerih se lažje in bolj suvereno odločajo o kočljivih poslovnih odločitvah.

Ključne besede — infokomunikacije, kritične komunikacije, industrijsko okolje, IP tehnologija, VITEL 2014

Abstract — The use of modern infocommunications solutions, covering critical communications in industry is becoming nowadays of utmost importance. They increase the overall safety of production and business processes and have a direct influence on employees safety, optimizes and increases the excellence of industrial processes, while reducing operational costs. Perhaps most important, they participate in a decision-making process within the company, providing credible information from the production process as an input into a decision making process in the company.

Keywords — infocommunications, critical communications, industry, IP technology, VITEL 2014

I. UVOD

Uporaba sodobnih infokomunikacijskih rešitev za zagotavljanje kritičnih komunikacij v industriji postaja v današnjem času izrednega pomena. Z njimi izboljšujemo splošno varnost proizvodnih procesov ter neposredno vplivamo na varnost zaposlenih, optimiziramo in zvišujemo odličnost industrijskih procesov, dolgoročno zmanjšujemo obratovalne stroške. Kar pa je morda najpomembnejše, vsem odločitvenim nivojem v podjetju zagotavljamo verodostojne podatke iz procesov podjetja, na podlagi katerih se lažje in bolj suvereno odločajo o kočljivih poslovnih odločitvah.

II. PRIPRAVLJENOST PODJETJA NA VPSELJAVO INFOKOMUNIKACIJSKIH REŠITEV

Ko govorimo o infokomunikacijskih rešitvah za zagotavljanje kritičnih komunikacij v industrijskih okoljih, se moramo najprej vprašati v kateri fazi vpeljave tovrstnih rešitev v podjetju smo. Stroka razlikuje med fazama avtomatizacije in informatizacije procesov in njihovih delov ter fazama integracije in optimizacije, ki posamezne komunikacijsko že podprte in avtomatizirane dele procesov integrirajo in povežejo v enoten operativno/poslovni informacijski sistem.

V prvem primeru govorimo o inicialnem opremljanju kritičnega procesa s komunikacijsko tehnologijo ali bazično avtomatizacijo delov procesa. Proces je bil pred tem v celoti nadzorovan in upravljan ročno. Pogosto se za tovrstno infokomunikacijsko opremo pokaže konkretna potreba, ko želimo izboljšati varnost ali optimizirati kritičen proces v podjetju. V današnjem času je sicer že redkost, vseeno pa se zgodi, da nadzor nad kritičnim procesom, skupaj s tveganji še

vedno vrši izključno človeška oseba ali več njih. Taki izpostavljenosti se skušamo izogibati, sploh z zavedanjem kako visoko stopnjo tveganja v proces lahko vnaša faktor človeške napake.

V drugem primeru podjetje že razpolaga z določeno stopnjo infokomunikacijske opremljenosti ter avtomatizacije procesov. Vendar so te rešitve med seboj slabo sklopljene in navadno niso povezane v enotno komunikacijsko celoto, temveč so tako na strani proizvodnega procesa, kot na upravljavski strani razdrobljene v več nadzornih orodjih različnih proizvajalcev. Ti proizvajalci so navadno ozko specializirani za posamezne dele/segmente proizvodnega procesa, katere profesionalno pokrivajo, na žalost pa se z ozko usmerjenostjo izgubi širše zavedanje in potreba po integraciji sorodnih komunikacijskih rešitev, ki sodelujejo v istem procesu. Z namenom izboljšanja učinkovitosti delovanja in optimizacije proizvodnega procesa, je potrebno sisteme med seboj povezati, poenotiti komunikacijske protokole, tehnologije in nazadnje tudi storitve, ter vse skupaj postaviti na enotno nadzorno platformo, ki upravljavcu omogoča enostavno upravljanje ter korelacijo dogodkov med različnimi sistemi v realnem času. Namen integracije je torej lažje obvladovanje, sledenje in optimizacija kritičnih procesov v podjetju.

III. STANJE V SLOVENIJI NA PODROČJU KOMUNIKACIJSKE PODPRTOSTI KRITIČNIH PROCESOV V INDUSTRIJI

V Sloveniji smo po ocenah Društva avtomatikov Slovenije v veliki meri še vedno pretežno v prvi fazi, fazi informatizacije in avtomatizacije procesov. Največji delež informatizacije in avtomatizacije predstavlja procesna avtomatizacija. Preseneča tudi dejstvo, da je sklopljenost industrijskih procesov s poslovno-informacijskimi sistemi slaba, kar kaže na to, da se poslovni informacijski sistemi v veliki meri še vedno izkoriščajo zgolj za osnovne poslovne funkcije, kot so elektronska pošta, podatkovne baze poslovnega sistema, dokumentni sistemi ipd., manj pa za shranjevanje in obdelavo industrijskih procesnih podatkov ter njihovo uporabo v procesu optimizacije in sprejemanja odločitev.

Najpomembnejši cilj informatizacije in avtomatizacije procesov v vsakem podjetju je torej iskanje ustreznega

ravnovesja med stopnjo tehnološke podprtosti kritičnih industrijskih procesov, organizacijo kritičnih industrijskih procesov ter človekom kot nepogrešljivim dejavnikom v delih, kjer je kritična človeška presoja še vedno nujno potrebna.

IV. NAMEN VPELJAVE INFOKOMUNIKACIJSKIH REŠITEV

Ko obravnavamo uporabo infokomunikacijskih rešitev za obvladovanje kritičnih procesov v podjetju ne moremo mimo dejstva, da sta navadno dva dejavnika, ki sprožita uvajanje rešitev. Prvi je povsem operativne narave. Z njim želimo izboljšati zanesljivost kritičnih industrijskih procesov, izboljšati varnost zaposlenih, definirati procese in ukrepanja za preprečitve občin katastrof.

Drugi razlog pa je ekonomski in izhaja iz poslovnih ciljev podjetja in želje po povečanju učinkovitosti, optimiziranju kritičnih in drugih procesov podjetja ter zniževanju operativnih stroškov iz poslovanja.

Operativni vzroki za vpeljavo infokomunikacijskih rešitev so:

- Varnost zaposlenih
- Procesna varnost kritičnih procesov
- Širša družbena varnost in odgovornost (nevarnost okoljskih nesreč, okužb, zastrupitev, ...)

Ekonomski vzroki za vpeljavo infokomunikacijskih rešitev pa so naslednji:

- Optimizacija poslovanja
- Povečanje procesne zanesljivosti in odličnosti
- Povečanje učinkovitosti
- Zmanjšanje vpliva človeškega faktorja in zvišanje odgovornosti
- Kvalitetna podpora odločanju na podlagi zbranih podatkov iz kritičnih industrijskih procesov

K prvemu nas navaja predvsem potreba po izboljšanju zanesljivosti delovanja procesa ter njegovi varnosti in varnosti zaposlenih, ki v ta proces vstopajo. Zagotavljanje informatizacije v tem delu je torej nujno in s stališča stroškov vedno upravičeno. Poleg tega tudi zakonodajalec nalaga delodajalcu, da mora ravnati v skladu z varnostnimi standardi in uredbami, ki veljajo za posamezen industrijski segment. Pomembna je tudi širša družbena odgovornost za primer industrijskih nesreč, če gre za industrijo z izrazito povečano stopnjo tveganja za okolje.

V drugem delu pa je vodilo izključno ekonomske narave, zato je odločitev informatizacije ali avtomatizacije posameznega dela procesa ali procesa kot celote, vedno plod odločitve upravljalca na podlagi kalkulacije stroškov in pozitivnih učinkov na prihodnje poslovanje podjetja.

Tovrstno zavedanje je pomembno predvsem za razumevanje odločitev vodstva v podjetju, ko se le to odloča o vpeljavi tovrstnih komunikacijskih rešitev v podjetje.

V. INFOKOMUNIKACIJSKE REŠITVE

V industrijskih okoljih se vsakodnevno srečujemo z različnimi vrstami tveganj. Najsi bodo to tveganja poškodb zaposlenih, tveganja neljubih dogodkov/nesreč, ki jih lahko s postavitvijo namenskih sistemov kontroliramo in znatno omilimo ali celo preprečimo njihovo pojavnost ali pa omejimo in kontroliramo izpostavljenost tveganjem,

havarijam in drugim naravnim nesrečam na katere nimamo neposrednega vpliva. Z vpeljavo namenskih sistemov lahko spremljamo njihov potek, omejimo obseg ter skrajšamo čas, ki je potreben za odpravo posledic. S pomočjo informacijskih sistemov poskrbimo za omejevanje tveganj zaposlenih ter zmanjševanje vpliva človeških napak. Z eno besedo, govorimo o sistemih obveščanja v najširšem možnem pomenu besede.

Po drugi strani pa informacijska podpora kritičnim procesom preprečuje kritične situacije, da podjetje ne bi zašlo v ekonomsko neugodne situacije, optimizira delovanje kritičnih industrijskih procesov, povečuje procesno učinkovitost, kontrolira kakovost in skrbi, da se kritični procesi podjetja zaradi kakršnegakoli razloga nepredvideno ne ustavijo, upočasnijo ali pa je rezultat procesa okvarjen izdelek. V tem primeru govorimo o nadzoru kritičnih procesov na podlagi infokomunikacijskih sistemov, kot pomoč upravljanju v podjetju.

Vidimo torej, da imamo dva precej različna pogleda na infokomunikacije v povezavi z zagotavljanjem kritičnih komunikacij v podjetju, ki ju v grobem lahko razdelimo na:

- uvajanje infokomunikacijskih rešitev za zmanjševanje in preprečevanje tveganj,
- uvajanje infokomunikacijskih rešitev z namenom povečanja ekonomske učinkovitosti.

VI. TEHNOLOŠKI POGLED

Infokomunikacijski sistemi, kot jih v Iskratelu imenujemo, so komunikacijski sistemi namenjeni zahtevnim industrijskim okoljem za zagotavljanje kritičnih komunikacij ter hkrati kot osnovna informacijska platforma za ostale namenske sisteme, kot so sistemi nadzora, sistemi odčitavanja, sistemi krmiljenj, protipožarni sistem, kontrola dostopa, video nadzor, avtomatizacija, obveščanje, alarmiranje, idr.

Navadno jih uvajamo z razlogom:

- Avtomatizacije, komunikacijske podrtosti in optimizacije delovnih procesov
- Izboljšanja učinkovitosti procesov
- Povečanja varnosti (varnosti zaposlenih in procesna varnost)
- Povečanja odgovornosti zaposlenih in sledljivosti dogodkov
- Znižanja operativnih stroškov iz poslovanja
- Zavarovanja in preprečevanja večjih nesreč kot posledice napak kritičnih procesov

S preišljenim uvajanjem infokomunikacijskih sistemov v industrijska okolja zasledimo sinergijske učinke tudi na področju poenotenja informacijske infrastrukture, povečanja zanesljivosti in robustnosti informacijskega sistema, izboljšanje dostopnosti do novih virov informacij, ki so v pomoč pri odločanju, tako pri poslovanju kot obratovanju industrijskega sistema. Poleg tega novi viri informacij omogočajo konstantno spremljanje parametrov in fino optimizacijo industrijskih in poslovnih procesov, kar vodi k dolgoročnem povečanju odličnosti poslovanja industrijskega subjekta.

K obvladovanju kritičnih procesov v zahtevnih industrijskih okoljih je potrebno pristopiti celostno, s širokim zavedanjem o vseh dejavnikih, ki delajo nek industrijski proces kritičen, ter jih z zlaganjem različnih kosov rešitev

povezati v enotno infokomunikacijsko platformo. Pri tem je zelo pomembno, da ne vpeljujemo parcialnih komunikacijskih rešitev, ki so med seboj ohlapno ali celo nepovezane. S tem namreč vnašamo nove stopnje tveganja že v same rešitve za preprečevanje tveganj.

Nazadnje ne smemo pozabiti, da imamo v industrijskih okoljih množico rešitev, protokolov in tehnologij, ki jih ni možno in smiselno čez noč zamenjati, spremeniti ali prilagoditi, zato je pomembno da ob uvajanju infokomunikacijskih rešitev upoštevamo tudi dejstvo, da je ob uvajanju sodobnega infokomunikacijskega sistema, potrebna integracija obstoječo industrijsko komunikacijsko infrastrukturo.

VII. GRADNIKI INFOKOMUNIKACIJSKIH REŠITEV

Osnova infokomunikacijske rešitve je enotno IP komunikacijsko omrežje, ki zagotavlja osnovo za komunikacijo in daje podlago za vsakovrstne aplikacije. Z ustrezno razmejitev je možno doseči, da se enotno omrežje uporablja tako za industrijsko okolje, za podporo industrijskim procesom ter hkrati tudi kot poslovno informacijsko omrežje v podjetju.

Današnji trendi, ter tudi standardizacijska telesa so definirali Ethernet/IP omrežje kot de facto standard tudi v industrijskih okoljih. Vse več in več vmesnikov industrijskih strojev in naprav danes že podpira naravni Ethernet vmesnik za vsakovrstno komunikacijo in nadzor ter spremljanje in upravljanje delovanja naprav. Kot logična posledica se torej dandanes kot osnova že uporablja Ethernet omrežje, navadno nadgrajeno z IP/MPLS protokolnimi skladi. Ob tem obstaja velika množica namenskih protokolov in rešitev, za katere je treba za vmesni prehodni čas zagotoviti ustrezne vmesnike, da jih lahko povežemo v omrežje. Poleg tega se je potrebno zavedati, da nekaterih kritičnih komunikacijskih aplikacij, ki zahtevajo izredno visoko razpoložljivost, minimalne zakasnilne čase omrežja ob visoki robustnosti, nikoli ne bo mogoče preseliti na enotno Ethernet/IP omrežno platformo. Delno industrija to rešuje z v ta namen razvitimi posebni industrijski standardi (npr: IEC61850 – goose messages), ki Ethernet omrežje uporabljajo na način, ki izpolnjuje želene in zahtevane industrijske karakteristike prenosa podatkov.

Kot osnova za gradnjo omrežja se danes v največji meri uporablja optika zaradi svojih odličnih lastnosti, praktično neomejene kapacitete in odpornosti na vse vrste elektromagnetnih sevanj. Za krajše povezave pa se uporabljajo bakreni UTP kabli. Ker v vseh primerih ni možno zagotoviti žičnih povezav, se uporabljajo tudi brezžična omrežja, kot so mikrovalovne radijske zveze, WiFi omrežja, v zadnjem času pa stopajo v veljavo tudi že industrijska LTE omrežja ter rešitve na brezžičnem dostopu kratkega dosega, kot so Zigbee in Z-wave, NFC, RFID, predvsem kot povezave do krmilnikov, senzorjev, bralnikov kod ipd.

Za infokomunikacijsko omrežje v industrijskem okolju je pomembno predvsem, da:

- je zgrajeno redundančno v smislu ločenih telekomunikacijskih poti, tudi s kombiniranjem različnih tehnologij, da se zagotovi ustrezna raven kvalitete, zanesljivosti in robustnosti,
- zagotavlja aktivno komunikacijo med primarno in rezervno centralno nadzorno lokacijo in lahko hipno odreagira na spremembo,

- je zagotovljena geografska redundanca telekomunikacijskih omrežnih poti,
- je s stališča kapacitet pravilno dimenzionirano, kar dovoljuje kritičnim aplikacijam vselej razpoložljivo omrežno storitev,
- so dogodki v omrežju ustrezno nadzirani in kontrolirani,
- ima enoten centralni sistem nadzora in upravljanja za vse omrežne elemente, kar olajša tako upravljanje, kot vzdrževanje, kot zahtevo po strokovnjakih za posamezne tipe omrežij,
- z enotnim omrežjem dosežemo znižanje operativnih stroškov,
- poenoti in zmanjša število različnih tipov omrežnih storitev.

Pri tem se uporablja opremo, ki je v skladu s standardi in zahtevami za posamezno industrijsko okolje. Da dosežemo ustrezno stopnjo zanesljivosti omrežja, moramo tudi vso omrežno opremo koncipirati na način, da zagotavlja redundančno vpetje, podvojeno napajanje, baterijsko rezervo ipd.

Drugi pomemben gradnik je centraliziran nadzor nad infokomunikacijsko platformo in storitvami. Centraliziran nadzor je pomemben zaradi enostavnega spremljanja in upravljanja industrijskih procesov osebja v nadzornem centru ter hkrati možnosti korelacije dogodkov, alarmov in podatkov iz množice različnih sistemov.

Ob tem je pomembno poudariti, da centraliziran nadzor ne pomeni tog in enoznačen sistem, v katerega je integracija tretjih sistemov problematična in naporna, temveč predstavlja odprto standardizirano komunikacijsko platformo, ki dovoljuje več tipov različnih integracijskih vmesnikov, tako navzdol proti omrežju in napravam, kot tudi navzgor proti višjim ali paralelnim OSS/BSS sistemom upravljanja.

Poleg tega je pomembno, da so aplikacije dosegljive tudi preko ustaljenih vmesnikov kot so, spletni brskalnik, v obliki namenske aplikacije na mobilni napravi, tablici in podobno. S tem je omogočen dostop do podatkov v realnem času tudi drugim udeležencem procesa, ne zgolj tistim v nadzornem centru.

Pomembno in zelo aktualno vprašanje je vprašanje ali aplikacije poganjati na namenskih strežnikih podjetja ali pa kar iz oblaka. Odgovor na vprašanje ni enoznačen in zahteva tehten razmislek. Vsekakor pa je treba upoštevati vidik varnosti, razpoložljivosti, zanesljivosti, usposobljenosti lokalnega IT oddelka, zanesljivosti lokalnega IT data centra, izpostavljenost naravnim tveganjem, državni varnosti...

VIII. DRUŽBENI VIDIK INFOKOMUNIKACIJSKIH REŠITEV

Iz širšega družbenega vidika so infokomunikacijske rešitve v industriji, ki pokrivajo kritične dele procesov, pomembne predvsem kot infrastruktura, ki avtomatsko reagira in opozarja širšo okolico ter obvešča komunikacijske centre ob nesrečah, predpisuje primerno ukrepanje ogroženih s konstantnim obveščanjem o trenutnem statusu ter nudi možnost neposredne komunikacije s centralno točko tudi v primeru, ko drugi komunikacijski sistemi odpovedo.

Tovrstne rešitve spadajo v sisteme obveščanja, ki na zvočni, vizualni ali drug način opozarjajo na naravne nesreče, namerna ogrožanja (terorizem, vojaški napad) ali tehnološke nesreče, hkrati pa nudijo možnost robustne komunikacije in nasploh varujejo in nadzirajo delovanje kritičnih procesov v

podjetju. Sistemi vedno delujejo v povezavi z drugimi informacijskimi sistemi v podjetju (predvsem senzorični sistemi in drugi sistemi beleženja stanj), kateri sprožijo delovanje sistema obveščanja (sistemi za preprečevanje iztekanja/uhajanja nevarnih snovi, nadzor dostopa, požar, itd.).

Skupna značilnost teh sistemov je, da uporabljajo enotno IP platformo, so robustni, prilagojeni za delovanje v zahtevnih industrijskih okoljih, grajeni redundantno z visoko stopnjo razpoložljivosti ter upravljani iz centralne upravljavske točke. V kolikor povezavo s centralno točko izgubijo, so sposobni delovati samostojno na lokalnem nivoju.

IX. VARNOSTNI VIDIK INFOKOMUNIKACIJSKIH REŠITEV

Dokazano je, da človek v kritičnih situacijah najbolje reagira na jasne in razločne glasovne inštrukcije. Pisna in vizualna opozorila prihajajo šele v drugem planu, saj je zaradi stresa, psihičnega pritiska v zahtevi po hitri in pravilni reakciji, ter motenj okolice, posameznik težko osredotočen na eno točko, ki jo kakršnakoli pisna navodila ali LCD obvestilne table predstavljajo. Razširjeni dispečerski sistemi v povezavi z namenskimi interkomi, zvočnimi sistemi obveščanja ter navezavo z drugimi komunikacijskimi sistemi v industriji, so torej nujni sestavni del tovrstnih rešitev.

Sistemi morajo biti zasnovani na način, da so robustni in zanesljivi, ter da delujejo tudi v primeru, ko je komunikacija s centralno lokacijo prekinjena. Če govorimo o prenosu govornih signalov, to pomeni, da mora sistem omogočati, za primer lokalne preživeljivosti, polno funkcionalnost moderne telefonske centrale s komutacijo klicev in vseh drugih podatkovnih storitev, skupaj z navezavo z ostalimi sistemi obveščanja tudi v primeru, ko povezava proti centralni točki, kjer se navadno izvršujejo opisane funkcionalnosti, ni na voljo.

Operativna telefonija, dispečer, poslovna telefonija, sistemi obveščanja, videonadzor in snemanje, kontrola dostopa, alarmiranje (zaposlenih, požarno alarmiranje, vlom, okvara), arhiviranje dogodkov in sledenje odgovornosti ter drugi, so vsi sistemi, ki medsebojno sodelujejo v fazi zagotavljanja varnosti v pomembnih industrijskih procesih.

X. INFOKOMUNIKACIJSKE APLIKACIJE IN STORITVE

Infokomunikacijske storitve morajo omogočati:

- nadzor kritičnih industrijskih procesov,
- avtomatizacijo kritičnih industrijskih procesov,
- izboljšanje varnosti in zmanjševanje vpliva človeškega faktorja ter povečanje odgovornosti posameznika,
- integracijo z drugimi aplikacijami v procesu,
- diagnostiko v realnem času,
- podporo odločanju,
- in ne nazadnje optimizacijo industrijskega procesa.

Pomemben moment sodobnih infokomunikacijskih rešitev je poenotenje storitev in aplikacij. Ob dejstvu, da upravljamo z enotnim IP/Ethernet omrežjem, je smiselno preveriti, koliko različnih tipov storitev in aplikacij moramo zagotavljati in jih na osnovi enotne centralne platforme, poenotnih standardov in standardiziranih vmesnikov zmanjšati na njihovo minimalno možno število. S tem se izognemo velikemu številu aplikacij, kjer vsaka izmed njih

zahteva različne nastavitvene parametre in protokole, različne načine upravljanja in končno tudi različna znanja za upravljanje in vzdrževanje sistemov.

V storitvah infokomunikacijske platforme se uporablja vse tri modele komunikacije, saj gre v vseh primerih za tesno integrirane sisteme. Tako poznamo:

- komunikacijo človek – človek,
- komunikacijo človek – naprava,
- komunikacijo naprava – naprava.

V realnem svetu pa gre vedno za skupek vseh treh modelov komunikacij, ki delujejo v industrijskem okolju v soodvisnosti drug od drugega.

XI. ZAŠČITA INVESTICIJE Z UPORABO SODOBNIH, ODPRTIH TEHNOLOGIJ

Ob uvedbi infokomunikacijski sistemov za podporo kritičnim komunikacijam v industriji, je potrebno poudariti, da bomo z uporabo sodobnih sistemov, ki temeljijo na IP/Ethernet. tehnologiji, vedno imeli odprte možnosti nadaljnega dograjevanja in izpopolnjevanja tovrstnih rešitev z enostavnim dodajanjem novih storitev in aplikacij.

XII. TRŽENJE VIŠKOV OMREŽNIH KAPACITET IN STORITEV

Infokomunikacijsko omrežje se v svojem jedru dandanes ne razlikuje več od komercialnih omrežij operaterjev. Tako je lahko omrežje nekaterih industrijskih subjektov lahko namenjeno tudi za nudenje storitev tretjim osebam, v kolikor so v omrežju na voljo prosti viri.

Podjetje mora zgolj poskrbeti, da imajo storitve, ki so namenjene za obvladovanje kritičnih procesov, vedno prednost pred vsemi ostalimi storitvami v omrežju in tako ustrezno prioritizirane glede na storitve, ki jih nudimo tretjim osebam.

Velja pa tudi obratno, da se s konstantnim dviganjem kvalitete operatorskih omrežij ter ponudbo storitev, katere kvaliteta in zanesljivost se preverja s podpisanim SLA (Service Level Agreement) dokumentom, že ponuja možnost, da se v določenih primerih lahko uporablja tudi infrastruktura javnega operaterja telekomunikacijskega omrežja.

XIII. ZAKAJ VPELJATI INFOKOMUNIKACIJSKO REŠITEV

Kar nekaj razlogov je torej, da se odločite za vpeljavo infokomunikacijske rešitve v podporo kritičnim komunikacijam v industrijskih procesih. Zagotovo je pomembno, da bo z vpeljavo modernega komunikacijskega sistema prišlo do poenotenja storitev, uveljavil se bo celosten pristop k gradnji tovrstnih sistemov, s tem pa bo podjetje pripravljeno na nove tehnološke izzive v prihodnosti. Poleg tega se znatno izboljša procesna učinkovitost in optimizira konkretni kritični industrijski proces. Tipična posledica vpeljave sistema je tudi dvig odličnosti industrijskega procesa ter kvalitete končnega izdelka, saj je tekom procesa na voljo več kontrolnih točk, preko katerih odčitavamo hipne podatke, s pomočjo katerih je omogočeno promptno preverjanje kvalitete procesa. S pomočjo tovrstnih podatkov je na voljo nov nivo podatkov, ki jih je možno s pridom uporabljati kot pomemben faktor v procesu odločanja. In nazadnje, s pametno vpeljavo tovrstnih sistemov je mogoče dolgoročno bistveno zmanjšati obseg operativnih stroškov podjetja.

LITERATURA

- [1] Interno gradivo Iskratel
- [2] Tony Gray, P3, LTE for Critical Communications, Drivers, Benefits and Challenges, http://www.p3-group.com/downloads/4/1/7/5/2012-06_P3_-_LTE_for_Critical_Communications_-_White_Paper_-_v2_0.pdf
- [3] IP interkom i integracija s ostalim sustavima tehničke zaštite, Marko Karas, EIS2009
- [4] Boris Tovornik, Stanje avtomatizacije v Sloveniji, Univerza v Mariboru in Društvo avtomatikov Slovenije, http://www.avtomatika.com/ARHIV_AVTOMATIKA/A99.pdf



Matej Pintar je v Iskratelu odgovoren za sodelovanje s partnerji na področju rešitev za poslovne uporabnike. V preteklosti je vodil sektor Rešitve, kjer je skrbel za podporo prodajnim aktivnostim. Deloval je tudi kot vodja produktne linije brezžične rešitve, kjer je vpeljal rešitev brezžičnega širokopasovnega dostopa Wimax. Na projektu SŽ GSMR je odgovorni projektant za telekomunikacijske načrte. Matej Pintar je univ. diplomirani inženir računalništva. Študij je opravil na fakulteti za elektrotehniko in računalništvo v Ljubljani.



Klemen Belec je inženir telekomunikacij v Iskratel. V podjetju se ukvarja s področjem sestavljanja in koncipiranja telekomunikacijskih rešitev in omrežij za operaterje in industrijske poslovne uporabnike. Pri tem uspešno kombinira svoja tehnična znanja z močnimi prodajnimi in marketinškimi veščinami. Iz svojih prejšnjih zaposlitev prenaša v rešitve svoje bogate izkušnje s področij telekomunikacijskega operaterstva in razvoja podpornih informacijskih sistemov ter telekomunikacij omrežij v energetiki. Na ljubljanski Fakulteti za elektrotehniko je diplomiral leta 2005 na področju telekomunikacij. Magistrski študij je nadaljeval v smeri managementa in ekonomije na Fakulteti za management v Kopru.

Iskratel d.o.o. je ponudnik celovitih rešitev, vključno z integracijo obstoječe infokomunikacijske infrastrukture. Razumemo kupčevo problematiko in specifike zato gradimo rešitve po meri kupca. Kot lokalni partner z lastnim razvojem in proizvodnjo predstavljamo ogromno ključno prednost za kupca, poleg tega pa imamo 65 let izkušenj na področju razvoja telekomunikacijskih produktov.

IKT infrastruktura pametnih elektroenergetskih omrežij

Edvard Košnjek, Tomaž Mavec, Aleš Sirnik, Aleš Blaznik, Drago Novak, Elektro Gorenjska d.d., Kranj

Povzetek — Dokument predstavlja nove pristope k IKT tehnologijam potrebnim v distribucijskih elektroenergetskih omrežjih. Od visokonapetostnega, preko srednje napetostnega do nizkonapetostnega omrežja se pojavljajo različne zahteve po prenosu podatkov in različne komunikacijske tehnologije: od optičnih omrežij na visokonapetostnem delu do večinoma radijskih omrežij po sistemu točka-več-točk v nizkonapetostnem delu distribucijskega omrežja. V prispevku je glavni poudarek na IKT sistemih na meji med srednje in nizkonapetostnim omrežjem, saj se s pospešenim uvajanjem pametnih omrežij na tem delu omrežja pojavlja velika potreba po prenosu večjih količin podatkov. Opisano je trenutno stanje tehnike Elektro Gorenjska d.d.. Predstavljene so naše izkušnje z WiMAXom, ozkopasovnim dostopovnim radijem, optičnim omrežjem (FTTH (FTTSS)) in javnimi mobilnimi omrežji.

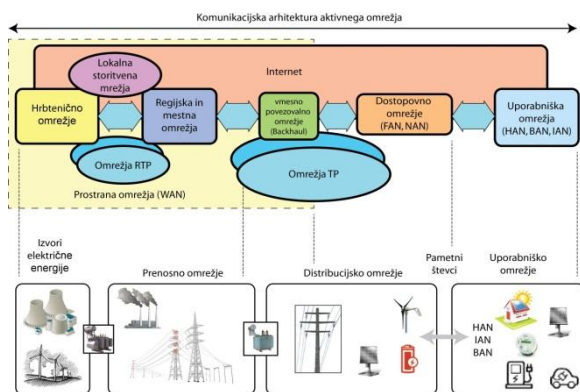
Ključne besede — Pametno omrežje, optična omrežja, WiMAX, ozkopasovni dostopovni radio, javna mobilna omrežja

Abstract — This paper presents approaches to new ICT technologies seen on power distribution network. In the document several layers of ICT are described. From high voltage, through middle voltage to low voltage power systems different telecommunication requirements and technologies are used. From optical networks on high voltage level to mainly point-to multipoint radio systems on low voltage distribution network. Main stress is laid on the ICT systems on middle to low voltage transformation since the majority of Active networks data is coming from there. Current status of technologies used in Elektro Gorenjska d.d. is described. Experience with WiMAX, narrowband point-to-multipoint radio, optical networks (FTTH (FTTSS)) and public mobile networks will be presented.

Keywords — Smart Grids, optical networks, WiMAX, narrowband point-to-multipoint radio, public mobile networks

I. UVOD

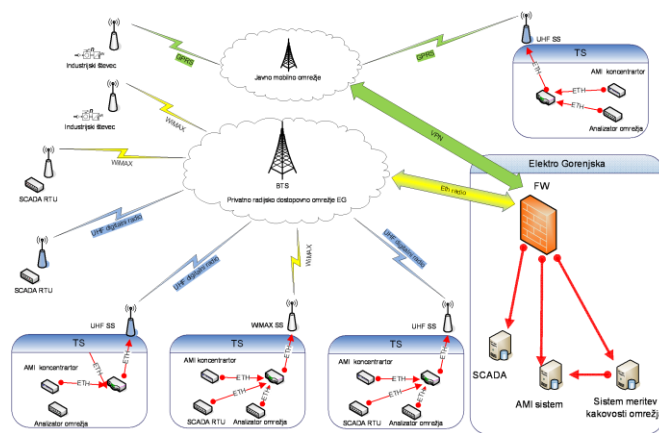
Upravljanje elektroenergetskega sistema s proizvodnjo, distribucijo in porabo električne energije, je eden najkompleksnejših procesov. Sistem mora v vsakem trenutku izpolnjevati kritične zahteve po kakovosti, stabilnosti, varnosti in ekonomičnosti. Uspešno delujoč elektroenergetski sistem zahteva uporabo visoko kakovostne sekundarne opreme, med katere sodijo IKT sistemi, sistemi zaščite in vodenja, sistemi za nadzor, regulacijo, rezervni sistemi napajanja ipd.. Napredek na področju računalništva in telekomunikacij je omogočil razvoj kompleksnih IKT sistemov, ki omogočajo polno upravljanje in nadzor celotnega elektroenergetskega sistema.



Slika 1: Struktura elektroenergetskega omrežja

V Elektro Gorenjska d.d. komunikacijsko hrbenico predstavlja optično omrežje, ki med seboj povezuje vse razdelilno transformatorske postaje (RTP). Kot nadgradnja in dopolnitev le te, pa uporabljamo obroč radijskih usmerjenih zvez, ki si v dveh točkah zagotavlja redundanco preko optičnega omrežja.

Bolj zanimiva so v zadnjem času radijska omrežja. Z uvajanjem paketnega prenosa podatkov (Ethernet), kot komunikacijskega standarda in z uporabo enotne komunikacijske poti do končnih objektov distribucijskega omrežja [5], predvsem SN/NN transformatorskih postaj, se kar sama ponujajo radijska omrežja. Nobena od nam poznanih in cenovno dostopnih tehnologij na žalost ne izpolnjuje vseh pričakovanj. Zato se je podjetje Elektro Gorenjska d.d., po večletnih preizkušanjih, odločilo za kombinacijo različnih tehnologij, ki vsaka v zadostni meri, na svojem področju, izpolnjujejo pričakovanja. V mešanih omrežjih za potrebe pametnih elektroenergetskih omrežij smo tako poleg optičnih uporabili še radijske tehnologije WiMAX, GPRS, ozko pasovni dostopovni radio in v omejenem obsegu tudi javno mobilno omrežje [1].

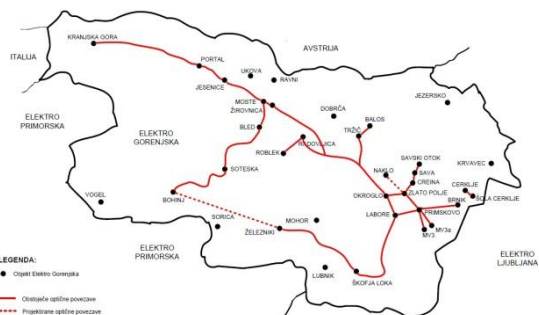


Slika 2: Mešana IKT omrežja EG

Večino svojih IKT storitev za potrebe Pametnih omrežij namerava Elektro Gorenjska izvajati preko lastnih telekomunikacijskih omrežij, kajti le tako ima lahko vedno in v celoti nadzor nad svojim IKT omrežjem in posledično nad kakovostjo TK storitev.

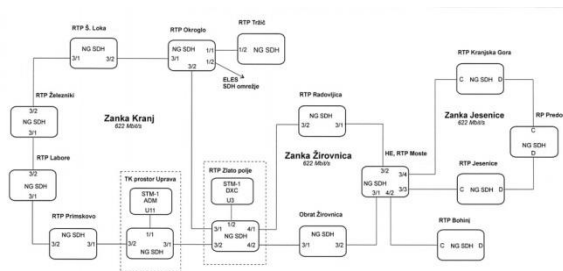
II. OPTIČNO OMREŽJE

Optično omrežje v osnovi tvorita dva obroča, ki predstavljata hrbtenico našega IKT omrežja. Na ta dva sta priključena dva manjša obroča (obroč Kranjska Gora, obroč Bohinj) in privodno omrežje. TK vozlišča, ki se nahajajo v vseh razdelilno transformatorskih postajah, so med seboj povezana z optičnimi enorodovnimi vlakni, ki ustrezajo standardu ITU-T G.652 in tako omogočajo tudi optično multipleksiranje.



Slika 3: Optično omrežje

Za zdaj v optičnem omrežju obstaja samo ena fizična zanka na področju Kranja. Na vseh ostalih področjih so uporabljene ploske zanke, ki tako zagotavljajo vsaj delno redundanco. Z izgradnjo daljnovoda med Bohinjem in Železniki, bo večina razdelilno transformatorskih postaj povezanih preko fizičnih zank.



Slika 4: NG-SDH omrežje

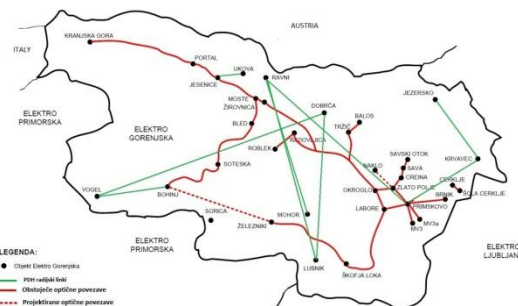
Na optično omrežje je vpeto NG-SDH omrežje, nivoja prenosa STM 4 (622 Mbit/s). ADM STM-4 multiplekserji imajo vgrajene Ethernet vmesnike. ADM multiplekserji omogočajo preslikavo TDM in IP prometa v TDM ali IP podatkovni pretok in so preko STM-4 vmesnikov povezani v posamezne obročje. Vsa TK vozlišča so opremljena z Ethernet stikali. Za združevanje uporabniških vmesnikov (G703, G704, ISDN, ATA, ATC, RS232) je v vozliščih vgrajen Fleksibilni multiplekser, ki se na ADM multiplekser povezuje na nivoju 2 Mbit/s.

Zaradi velikosti omrežja in načina delovanja sta za krmiljenje opreme vgrajena dva PRC-ja (primarna referenčna ura) z metodo master-slave sinhronizacije.

Seveda se pojavljajo nove generacije naprav tako za hrbtenična omrežja, kot tudi za radijska omrežja. Vsa nova tehnologija (Carrier Ethernet in Ethernet Radio) bazira na Ethernet tehnologiji, in omogoča višje prenosne kapacitete (1/10/40/100GB odvisno od sistema), na naprednem upravljavskem sistemu za upravljanje prometa in kvalitete storitev (zahteve standarda IEC 61850-5(6)).

III. RADIJSKO HRBTENIČNO OMREŽJE

Nadgradnjo optičnega omrežja predstavlja sistem usmerjenih radijskih zvez. Osem baznih postaj je med seboj povezanih z PDH usmerjenimi radijskimi linki.



Slika 5: Radijsko in optično hrbtenično omrežje

Radijski obroč je v Bohinju in Kranju povezan z NG-SDH omrežjem. Večino linkov podpira hitrost prenosa do 16x2Mb/s. Sistem omogoča poleg PDH tudi prenos Ethernet prometa.

Na ta način je zagotovljeno celovito in zanesljivo hrbtenično omrežje tako za potrebe radijskega dostopovnega omrežja, kot tudi za potrebe sistemov radijskih govornih zvez in daljinskega vodenja.

Trenutno nameščena IKT oprema v hrbtničnem omrežju izpolnjuje zahteve, ki jih prednjo postavlja dostopovno omrežje.

IV. DOSTOPOVNO OMREŽJE

Uvajanje storitev, ki jih uvrščamo v Pametna omrežja na mejo med srednje in nizkonapetostnim omrežjem (AMI, obratovalne meritve, odčitavanje industrijskih števecv, daljinsko upravljanje, meritve kakovosti napetosti, regulacija napetosti ipd.) ali celo v nizko napetostno omrežje (upravljanje s porabo pri odjemalcih, upravljanje razpršenih virov, odčitavanje industrijskih števecv) postavlja pred IKT omrežja nove zahteve.

Elektro Gorenjska se je že pred nekaj leti odločila za Ethernet kot odprt komunikacijski protokol. Poleg tega smo zaradi optimizacije iskali tehnologije, ki bi lahko zagotavljale enotno komunikacijsko pot do končnih objektov, ki jim je potrebno zagotoviti IKT podporo za različne storitve.

Upoštevati je bilo potrebno zahteve po:

- zagotavljanju kvalitete storitev,
- prioritizaciji prometa,
- segmentaciji prometa,
- zagotavljanju primerne časovne sinhronizacije končnih naprav,
- zadostnih hitrostih prenosa podatkov,
- pokritosti področja z IKT omrežji,
- zanesljivosti delovanja,
- podpori »energetskih IKT protokolov«,
- varovanju podatkov,
- licenciranem frekvenčnem spektru,
- cenovni sprejemljivosti,
- SNMP nadzorljivosti,
- možnosti daljinskega programiranja in spreminjanja konfiguracij.

C. Ozkopasovni dostopovni radio

Področja, ki jih ob razumnem številu baznih postaj z WiMAXom, ne moremo pokriti in ki zahtevajo visoko zanesljivost delovanja, nameravamo pokrivati z ozkopasovnimi radijskimi sistemi, ki delujejo v frekvenčnem pasu pod 1GHz po sistemu točka-več-točk. Izpolnjevali naj bi večino postavljenih zahtev. Zagotovo bomo s temi sistemi zagotavljali telekomunikacijske sisteme za potrebe daljinskega vodenja. Enotna komunikacijska pot in paketni prenos podatkov pa posledično potegneta za seboj tudi prenos ostalih informacij preko istega sistema.

Daljinsko vodenje SN mreže preko radijskih sistemov se je pričelo uvajati v letu 1996 in se je kasneje tudi nadaljevalo z uvedbo avtomatizacije, tako da danes obratuje preko 200 končnih točk v SN omrežju, ki so daljinsko vodene preko teh sistemov. Komunikacija poteka preko analognih radijskih postaj z hitrostmi 2,4 kbit/s in po zaprtem (MDLC) protokolu.

Zaprto protokola in doseganje majhnih prenosnih hitrosti je neprimerno za uporabo enotne komunikacijske poti in paketnega prenosa do posameznih končnih točk (transformatorskih postaj), kjer je poleg vodenja potrebna komunikacija tudi za potrebe AMI in meritev kakovosti električne energije.

Na trgu se že pojavlja nabor radijskih naprav za dostop do končnih točk, ki so izven dosega WiMAX dostopovnega sistema in ki izpolnjujejo sledeče zahteve:

- frekvenčno področje v sub-giga področju, po možnosti področju 450 MHz,
- širina radijskega kanala 25 kHz,
- prenosne hitrosti do 120 kb/s,
- adaptivna modulacija,
- avtentikacija in kriptiranje na radijskem vmesniku,
- Ethernet podatkovni vmesnik,
- določanje prioritete na posameznem vmesniku,
- možnost delovanja naprave kot repeater.

Na osnovi teh minimalnih tehničnih zahtev smo izbrali primerno opremo in postavili testno omrežje.

S testnim omrežjem smo preverili vse možne kombinacije uporabe radijskih naprav glede na način delovanja (bazna postaja, končna postaja, vmesna (repetitorska) postaja). Preverjene pa so bile tudi vse zahtevane funkcionalnosti. Na osnovi testnih izkušenj smo dve bazni postaji opremili z ozkopasovnim dostopovnim radijem ter tako na velikem delu Elektro Gorenjske zapolnili »luknje« v pokrivanju s signalom, ki jih je zaradi visokih frekvenc povzročal WiMAX.

Na podlagi pozitivnih rezultatov testiranja predvidevamo, da bo ozkopasovni dostopovni radio izpolnil večino pričakovanj. Ocenjujemo, da je njegova največja prednost v velikem pokrivanju terena, tudi na področjih daleč od optične vidljivosti. Tega namreč za WiMAX ne moremo trditi. Prav tako lahko izpostavimo kot prednost tudi to, da sistem deluje kot privatno omrežje, s čemer ima distribucijsko podjetje popoln nadzor nad njegovim delovanjem. Kot pomanjkljivost velja izpostaviti relativno nizke prenosne hitrosti, seveda ne upoštevajoč uporabljeni frekvenčni pas in pasovno širino. Ne nazadnje je potrebno kot pomanjkljivost omeniti tudi ceno. Ta je višja od cene končnih naprav delujočih tako v WiMAX sistemu, kot tudi v javnem mobilnem omrežju.

V. ZAKLJUČKI

Enotna komunikacijska pot in paketni prenos podatkov s pomočjo standardiziranih in zrelih protokolov sta osnovna temelja mešanih IKT omrežij za potrebe Pametnih omrežij Elektra Gorenjska. Nobena od obstoječih tehnologij v celoti ne izpolnjuje vseh zahtev. Zato se za podporo obratovanju elektroenergetskega omrežja na posameznih delih uporabljajo različne tehnologije. Na nekaterih delih omrežja je za zagotavljanje istih potreb uporabljenih celo več tehnologij.

Informatizacija distribucijskega elektroenergetskega omrežja prodira vse globlje v distribucijsko omrežje, včasih celo preko svojih meja, v domove uporabnikov in v proizvodne procese podjetij. S tem pa se kompleksnost sistema zelo povečuje.

Večina komunikacij v sodobnih elektroenergetskih sistemih temelji na paketnem prenosu podatkov. Ta pa poleg fleksibilnosti in cenovne ugodnosti s seboj prinaša tudi slabosti in nevarnosti. Predvsem ne smemo v nobenem primeru pozabiti na probleme internetne varnosti [6]. Njeno kršenje lahko v elektroenergetiki povzroči ogromno materialno škodo in tudi smrtne žrtve.

LITERATURA

- [1] L. Močnik. (2013) Specification of future ICT system for small-scale DNO, project HiPERDNO
- [2] L. Močnik idr. (2013) Vodenje in nadzor TP in DVS – izkušnje pri uporabi WiMAX in digitalnega radia, 11. konferenca slovenskih elektroenergetikov. Laško
- [3] L. Močnik idr. (2013). Problematika časovne sinhronizacije v informacijsko-komunikacijskih sistemih za aktivna omrežja (Smart Grids), 11. konferenca slovenskih elektroenergetikov. Laško
- [4] A. Hribernik (2011). Ocena stroškov delovanja sistemov nadzora na podlagi tehnologij GPRS in WiMAX, Elektro Gorenjska d.d.
- [5] E. Košnjek. (2009). Prednosti in slabosti TK tehnologij za nadaljnjo informatizacijo SN omrežja, 30. Kotnikovi dnevi, Radenci
- [6] A. Simnik idr. (2013). Varnost distribucijskega omrežja, 11. konferenca slovenskih elektroenergetikov. Laško

Komunikacije v izrednih razmerah

Boštjan Tavčar, Uprava RS za zaščito in reševanje, Ljubljana

Povzetek — Komunikacije v izrednih razmerah so izziv sodobnih komunikacijskih in informacijskih sistemov. Vse večja kompleksnost tehnologij ob hkratnih težnjah po zmanjševanju stroškov postavljajo pod vprašaj njihovo sposobnost delovanja v izrednih razmerah.

Ključne besede — izredne razmere, storitve v oblaku, 112, TETRA, ZARE

Abstract — Communication in emergency situations is a challenge for modern communication and information systems. The increasing complexity of technology and trends to reduce the cost are calling into question of their ability to operate in emergency situations.

Keywords — emergency situations, services in the cloud, 112, TETRA, ZARE

I. UVOD

Komunikacije v izrednih razmerah so pojem, katerega širine in zapletenosti se zavemo šele, ko je že prepozno. Moderne informacijske in komunikacijske tehnologije so spremenile ustaljene medsebojne načine komuniciranja in sobivanja. Virtualni svet Interneta je bolj realen in vseprisoten, kot si to sploh upamo priznati. Kompleksnost tehnologij in aplikacij v informacijskih in komunikacijskih sistemov eksponentno narašča. Deregulacija trga in konkurenca znižujeta ceno storitev, kar ob pričakovanih finančnih donosih nujno pomeni nižanje stroškov, žal pogosto tudi na račun premalo premišljenega varčevanja. Vprašanje je, ali sisteme sploh še obvladujemo v celoti oziroma do kdaj jih bomo še lahko. Ali je v teh pogojih še mogoče načrtovati učinkovite ukrepe za zagotavljanje delovanja sistemov, še zlasti v izrednih razmerah? Kako pomembna je v teh pogojih sposobnost ukrepanja na podlagi izkušenj?

Kakovost zagotavljanja storitev v normalnih in izrednih razmerah je merilo ustreznosti tehnologij in aplikacij. Zmožnost, razpoložljivost, zanesljivost, vzdržljivost in varnost so lastnosti sistemov, ki bi jih morali znati strokovno ovrednotiti. Pa jih res znamo ali bolje rečeno hočemo? Strogo tehnično gledano so v prednosti stare klasične tehnologije, katerih zmožnost in vzdržljivost sta izkustveno potrjeni, razpoložljivost in zanesljivost pa preprosto določljivi. Ob tem je pomenljivo, da je obseg njihovih storitev še dandanes večinoma ustrezen. Ključno vprašanje je, s kakšnim namenom in predvsem kdaj vpeljati nove tehnologije. Pri tem naj ne bodo domnevni denarni prihranki ali zgolj slepo navdušenje nad novimi ključni.

II. STORITVE V OBLAKU

Storitve v oblaku obljublajo korenite spremembe na področju informatike in komunikacij. V osnovi jih lahko opredelimo z naslednjimi pojmi:

- programska oprema kot storitev (software as a service - SaaS),
- platforma kot storitev (platform as a service - PaaS),
- infrastruktura kot storitev (infrastructure as a service - IaaS).

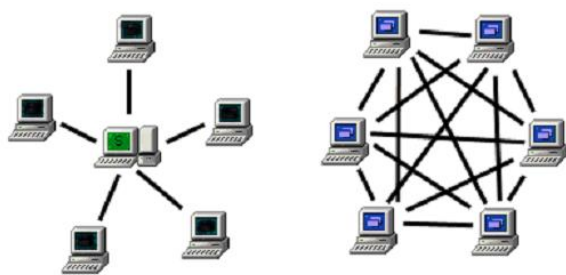
Ekonomija storitev v oblaku stavi na znižanje stroškov zaradi ekonomije obsega ob hkratnem povečanju dobičkov zaradi lažjega uvajanja novih storitev. Koncentracija infrastrukture v oblaku zahteva zmožljive, razpoložljive in varne komunikacijske povezave, kar še zlasti velja pri infrastrukturi kot storitvi. Dodatno uvajanje storitev v oblaku spodbuja obravnavanje informatike kot (odvečnega) stroška [1].

Kako optimalna je lahko takšna rešitev v primeru izrednih razmer? Koncentrirana infrastruktura je lažje obvladljiva vendar zaradi koncentracije tudi bolj ranljiva od porazdeljene infrastrukture. Povprečna obljubljena razpoložljivost storitev v oblaku je boljša od 99,9, kar pomeni povprečno 8 ur in 46 minut izpada na leto oziroma povprečno 10 minut na teden. Ob tem se velja vprašati, kako ponudniki storitev v oblaku zagotavljajo obljubljeno razpoložljivost ob dejstvu, da nimajo neposrednega vpliva na razpoložljivost komunikacijskih poti, ki se lahko razprostirajo prek več držav. Očitno gre za neke vrste verigo zaupanja sestavljeno iz medsebojnih dogovorov o zagotavljanju kakovosti storitev SLA. V primeru naravnih nesreč ali izrednih stanj so komunikacijske povezave najšibkejši člen zaradi preobremenjenosti, izpadov ali nezmožnosti zagotavljanja njihovega delovanja. V primeru gostovanja storitev v oblaku v državi, ki jo je prizadela velika naravna nesreča, so posledice nesreče lahko regionalne ali celo globalne.

Storitve v oblaku temeljijo na Internetu zato so od njega močno odvisne. Za Internet se zdi, da je na več področjih že dosegel skrajne meje, zlasti v zmožnosti svojega delovanja. Na odpornost Interneta vplivajo predvsem tehnične težave, kibernetički napadi ali politične odločitve. Vse kažejo na njegovo občutljivost, ki se pri uporabi storitev v oblaku še potencira. Zavedati se je treba, da Internetno omrežje prvotno ni bilo zasnovano za komercialno uporabo [3].

Oblaki so kompleksni, zato se težave pri njihovem delovanju lahko pojavijo že zaradi nepredvidenih načinov uporabe, še zlasti ob velikih naravnih nesrečah, ki neposredno ali posredno prizadenejo komunikacijska omrežja. Zaplete je zelo težko predvideti, nemogoče pa je preizkusiti vse postopke in mehanizme za zagotavljanje nemotenega delovanja komunikacijskih omrežij. Nemogoče je zagotavljati preizkusno okolje, ki bi zadovoljivo ponazarjalo realno sliko dejanskega okolja, saj je obseg storitve in možnih zapletov preprosto prevelik. Ena od rešitev je vzpostavitev rezervne lokacije strežnikov in ostale opreme ter podvojitev komunikacijskih povezav. Nekateri ponudniki storitev v oblaku ponujajo takšno rešitev v obliki storitve okrevanja v primeru nesreče (Disaster Recovery as a Service – DRaaS). Še boljša rešitev bi bila razpršenost ključnih storitev in podatkov po celotnem oblaku po zgledu zankastih

omrežij (Peer to Peer Networks), kot je to primer omrežja Torrent.



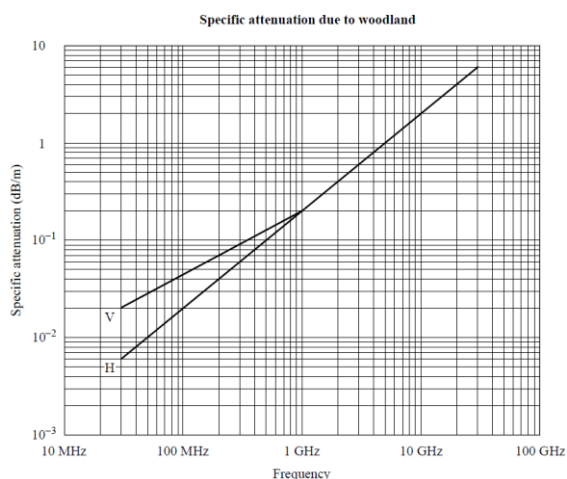
Slika 1: Centralizirano in razpršeno omrežje v oblaku

Ne gre pozabiti, da imajo oblaki končno zmogljivost, kolikšna bo njena končnost je odvisno od ekonomičnosti, ne od dejanskih potreb! Bodo zmogli močno povečane pretoke informacij in premostitve izpadov ob izjemnih stanjih? Ravno v teh dejstvih se skriva največja nevarnost in ključna ranljivost storitev v oblaku.

III. RADIJSKE KOMUNIKACIJE

Profesionalni sistemi radijskih zvez so praviloma zaprti telekomunikacijski sistemi, namenjeni zaključenim skupinam uporabnikov s točno določenimi nalogami. V prvi vrsti namen, delno pa tudi zahteve uporabnikov, narekujejo vrsto in kakovost njihovih storitev.

Zmožnost profesionalnega radijskega sistema izhaja iz tehnologije, ki mu mora omogočati delovanje vseh storitev z želeno stopnjo kakovosti, tudi in predvsem v izrednih razmerah. Obstoječi analogni sistemi radijskih zvez delujejo v VHF frekvenčnem območju, ki je ugodno za razširjanje radijskega signala v naravnem okolju in gozdovih.



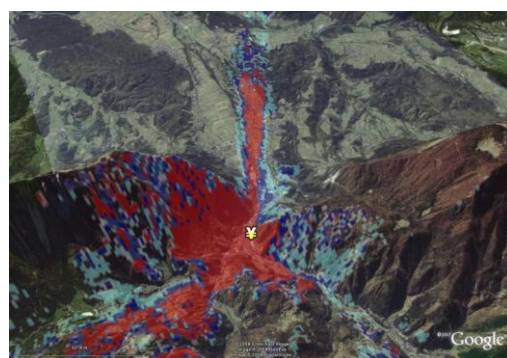
Slika 2: Dušenje radijskega signala v gozdu [2]

Razlika pri dušenju radijskega signala v gozdu sistema zvez zaščite in reševanja ZARE, ki deluje v zgornjem VHF frekvenčnem območju, in sistema zvez TETRA na spodnjem UHF frekvenčnem območju, je $3 \cdot 10^{-2}$ db/m, kar na razdalji 100 m predstavlja enkrat večjo absolutno jakost slabljena radijskega signala. Po drugi strani imajo sistemi radijskih zvez, ki delujejo na UHF frekvenčnem območju prednost v stavbah zaradi manjšega dušenja.

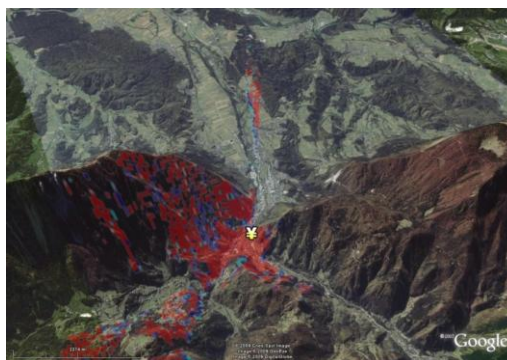
Tabela 1: Dušenje v posameznih nadstropjih

Nadstropje	VHF	UHF
Pritličje	-34 dB	-27 dB
1. nadstropje	-29,5	-23,5
3. nadstropje	-26	-20
5. nadstropje	-23	-15
10. nadstropje	-12	-3,5
14. nadstropje	-7,8	+2,0 dB

Bolj problematične od fizikalnih omejitev, na katere nimamo vpliva, so tehnološke. Ena takšnih omejitev pri sistemih zvez TETRA je fazna modulacija, ki zahteva linearno končno stopnjo visokofrekvenčnih ojačevalnikov. Zaradi relativno slabega izkoristka linearnega ojačevalnika je izhodna moč ročnih radijskih postaj TETRA ponavadi omejena na 1W. Domet radijskih postaj v neposrednem načinu delovanja je zato vsaj trikrat manjši od dometa radijskih postaj, ki jih uporabljamo v sistemu zvez ZARE.



Slika 2: Območje dometa radijske postaje sistema zvez ZARE



Slika 3: Območje dometa radijske postaje sistema zvez TETRA

Zanesljivost in razpoložljivost sistemov radijskih zvez sta neposredno povezani s kompleksnostjo uporabljene tehnologije in količine uporabljenih gradnikov. Obstoječi sistemi radijskih zvez so v prednosti zaradi manjše kompleksnosti in manjše porabe električne energije. Na razpoložljivost vpliva tudi zmožnost odpravljanja napak in zagotavljanja osnovnih pogojev za delovanje. Ob letošnji ujmi z žledom je bil največji problem kako zagotavljati neprekinjeno električno energijo na zelo težko dostopnih telekomunikacijskih objektih po posameznih hribih. Drug problem je bil kako zagotoviti nemoteno delovanje radijskih zvez, tudi z namestitvijo rezervne mobilne radijske opreme. V teh pogojih se pokaže prednost tehnološko preprostih in energetsko manj potratnih sistemov radijskih zvez. Do izraza pride tudi zmožnost uporabe neposrednih radijskih zvez na kar največjih razdaljah, saj se s primerno organizacijo

reševanja na terenu da zagotoviti nujno potrebno medsebojno komunikacijo.

IV. 112 – DELOVANJE V IZJEMNIH STANJIH

Klic v sili na 112 je storitev javnih komunikacijskih omrežij. Izvajalci javno dostopnih telefonskih storitev morajo sprejeti ustrezne tehnične in organizacijske ukrepe, s katerimi zagotavljajo, da so njihove dejavnosti v primeru izjemnih stanj čim manj motene. Z ukrepi mora biti zagotovljeno, da se v najkrajšem času zagotovi razpoložljivost javno dostopnih telefonskih storitev. Še zlasti morajo omogočiti neprekinjeno uporabo in dostop do številke za klic v sili, predvsem do enotne evropske telefonske številke 112. Kateri ukrepi so učinkoviti in kako jih preizkusiti v praksi, je vprašanje, na katerega ni enoličnega odgovora.

Kako pomembno je nemoteno delovanje številke za klic v sili 112, lahko vidimo ob večjih naravnih in drugih nesrečah. Letošnja ujma z žledom je bila velik izziv načrtovanim ukrepom za zagotavljanje nemotenega delovanja komunikacijskih omrežij in praktični preizkus njihove primernosti. V času večjih dogodkov od 31. januarja do 7. februarja smo v Sloveniji prejeli 37.825 klicev v sili na številko 112. Od tega največ v Regijskem centru za obveščanje v Ljubljani 9.516, Postojni 4.788, Mariboru 4.375, Kranju 4.005 klicev in Celju 3.892 klicev. Za primerjavo: centri za obveščanje so v letu 2013 na dan povprečno prejeli 1.529 klicev. Največ klicev smo prejeli 2. februarja, v Ljubljani od 16. do 17. ure 230, v Mariboru od 18. do 19. ure 150, v Celju od 17. do 18. ure 116 in dan prej v Kranju od 18. do 19. ure 79 klicev in Postojni od 19. do 20. ure 84 klicev.

Da smo v času ujme z žledom zagotovili kar najmanj moteno delovanje javnih telekomunikacijskih storitev, še zlasti storitve za klic v sili na 112, smo predstavnike Telekom Slovenije prosili, da nam posredujejo spisek prednostnih telekomunikacijskih objektov, ki so nujni za zagotavljanje delovanja telekomunikacijskih omrežij. Spisek smo posredovali vsem predstavnikom elektro distributerjev s prošnjo, da na navedenih objektih, v okviru svojih tehničnih zmognosti, prednostno zagotavljajo preskrbo z električno energijo. Na vseh telekomunikacijskih objektih v upravljanju Uprave RS za zaščito in reševanje in Službe za informatiko in komunikacije Ministrstva za obrambo smo zagotovili napajanje iz ustreznih električnih agregatov, na katere smo priključili tudi operaterje javnih telekomunikacijskih storitev. S predstavniki Telekom Slovenije ter Oddajnikov in zvez RTV Slovenija smo imeli dogovorjene helikopterske prevoze agregatov na posamezne telekomunikacijske objekte.

Ukrepi so se pokazali za zelo uspešne, zato jih nameravamo formalizirati. Skupaj s predstavniki Agencije za komunikacijska omrežja in storitve načrtujemo sestanek z operaterji javnih komunikacijskih omrežij. Na sestanku bomo predlagali ukrepe za skupno koordinirano ukrepanje v primeru izrednih stanj in še zlasti velikih naravnih in drugih nesreč. Predlagali bomo tudi, da se preverjanje ustreznosti ukrepov opravi v okviru posameznih vaj civilne zaščite na regijskih in državnem nivoju.

V. SKLEPNE MISLI

Problematika zagotavljanja komunikacij v izrednih stanjih, še zlasti v primeru velikih naravnih in drugih nesreč, je zelo obširna, zato sem se v članku osredotočil na tri, trenutno ključna področja.

Klic v sili na 112 se z leti razvija in dobiva vedno nove storitve. S tako imenovanimi »pametnimi« telefoni so se odprle možnosti razvoja storitev klica v sili naslednje generacije. Ali bo njihova uporabna vrednost opravičevala razvoj in pričakovanja uporabnikov? Kako bodo tovrstne aplikacije delovale v izrednih stanjih?

Profesionalni sistemi radijskih zvez druge generacije so obljubljali nove storitve za še učinkovitejše komunikacije. Koliko od novih storitev se dejansko uporablja? Ali je razpoložljivost in zanesljivost boljša ali slabša, kot je bila pri sistemih radijskih zvez prve generacije?

Storitve v oblaku obljubljajo učinkovitejšo in cenejšo informatizacijo procesov. Na kakšne prometne zmognosti bodo projektirani oblaki? Kdo in koliko bo vlagal v omrežja? Kdo bo zagotavljal razpoložljivost in varnost omrežij in oblakov? Bodo zmogla močno povečane pretoke informacij ob izjemnih stanjih?

LITERATURA

- [1] Blaž Brenčič, Računalništvo v oblaku: Stanje v Sloveniji in primerjava s tujino, diplomsko delo, Univerza v Ljubljani, Ekonomska fakulteta, 2010
- [2] Recommendation ITU-R P.833-4, Attenuation in vegetation, ITU, 1992 – 2003
- [3] Računalništvo v oblaku, mnenje Evropskega ekonomsko-socialnega odbora, Uradni list Evropske unije, C24/40, 2012
- [4] Boštjan Tavčar, Kakovost storitev v zasebnih sistemih radijskih zvez, Uprava RS za zaščito in reševanje, VITEL, 2002
- [5] Zakon o elektronskih komunikacijah, Uradni list RS št. 109/2012



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, 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 telekomunikacij, informatike in varstva pred naravnimi in drugimi nesrečami.



Projekt kvantni preskok: reorganizacija državne informatike

Jurij Bertok, Direktorat za informatiko in e-storitve, Ministrstvo za notranje zadeve

Povzetek: Namen članka je predstavitev predloga za reorganizacijo državne uprave. Javnofinančna situacija sili državo k racionalizaciji in optimizaciji poslovanja uprave. Projekt je odziv na vedno strožje omejitve porabe proračunskih sredstev, istočasno pa se potrebe sodobnega javnega sektorja večajo.

Abstract: This article explains how to reorganize state informatics. Due to the economic challenges the public administration in Slovenia should do more and better with less resources. The project is an answer to budget cutting situation. On the other side is response to the public administration modernization and rapid technological development.

Gledano z vidika države sama višina proračunskih sredstev za informatiko tudi po znižanju ne predstavlja večjega problema, vendar samo ob njihovi pravilni prerazporeditvi.

I. REORGANIZACIJA DRŽAVNE INFORMATIKE

Projekt Kvantni preskok je odziv na tri ključne dejavnike: potrebe sodobnega javnega sektorja, tehnološki razvoj in trenutno javnofinančno situacijo.

Prinaša strateško centralizacijo in ne le pomaga, ampak sploh omogoča vsakemu posameznemu področju, da na novo postavi temelje za svoje delovanje na področju IT.

Po eni strani gre za nujno orodje, ki bo iz strateškega centra državi omogočilo realizacijo zastavljenih ciljev, hkrati pa bo vsem deležnikom nudilo poln nadzor nad temi spremembami.

Tehnološki razvoj narekuje **prehod na storitve v oblaku** (storitve na zahtevo, plačilo glede na porabljene kapacitete). Pričakovanja uporabnikov so visoka, saj ne moremo več pristajati na dolg razvojni cikel, na butično izvedbo priprave računalniške infrastrukture in pristajanje na slabo delovanje sistemov za relativno visoko ceno. Danes institucije javnega sektorja pričakujejo od informacijsko komunikacijske tehnologije (v nadaljevanju: IKT) hitro odzivanje na njihove potrebe, zahtevajo enostaven dostop in uporabo informacijskih sistemov, ki so že izdelani in so na voljo, vlada pa pričakuje hitro doseganje strateških ciljev in izvajanje politike. Ob tem je potrebno doseči tudi **dolgoročno zniževanje stroškov za IKT**. Potrebno je **opogumiti ponudnike na področju IKT, da začnejo pripravljati celovite storitve**, do katerih pridemo hitro, z minimalnimi prilagoditvami, skupaj z vzdrževanjem in zagotovljenimi kapacitetami.

Zaradi trenutne javnofinančne situacije se sredstva, namenjena upravljanju in vzdrževanju centralnih oziroma skupnih elementov informacijsko komunikacijskega sistema državne uprave, znižujejo na raven, ki ogroža normalno in nemoteno delovanje sistemov. Hkrati pa se precejšnja sredstva po resorjih porabljajo za manjše projekte (ni ekonomije obsega), vzdrževanje starejših ali celo zastarelih tehnologij (ni prihranka zaradi tehnološkega napredka) ter posledično precej manj učinkovito.

S projektom Kvantni preskok se organizacija delovanja informacijsko komunikacijskih sistemov državne uprave postavlja na nove temelje. Na eni strani želimo izkoristiti priložnosti, ki jih ponuja tehnološki napredek in prehod na novejšo tehnologije, na drugi strani pa želimo posodobiti, optimizirati in racionalizirati tako potrebe državne uprave, kot način njihovega zagotavljanja. Ob tem želimo izkoristiti potencial, ki ga ponujajo sodobnejši poslovni modeli, vključno s poslovnim modelom javno-zasebnega partnerstva in dolgoročno znižati potrebne stroške.

II. NAMEN

Namen projekta je v prvi vrsti centralizacija državne informatike na način, da se znižajo skupni stroški za informatiko ob sočasnem zagotavljanju razvoja in funkcijske pokritosti z možnostjo nadaljevanja projekta v smeri konsolidacije informatike javnega sektorja. Med slednjo štejemo storitve zavodov in javnih agencij, ki opravljajo dejavnost v imenu in po javnem pooblastilu države. Čeprav niso neposredno odvisne od državnega proračuna, pa so njihovi prihodki del javnofinančne slike te države.

III. CILJI

1. znižati stroške lastništva informacijsko komunikacijskih sistemov in storitev v državni upravi;
2. posodobiti skupni informacijsko komunikacijski sistem državne uprave, kar nam nalaga zakonodaja (74.a člen Zakona o državni upravi);
3. odpraviti odvisnost od t. i. "dvornih" dobaviteljev IT opreme in storitev (»vendor lock-in«);
4. razbremeniti javno upravo, gospodarstvo in državljane skozi povezane (integrirane) e-storitve in tudi omogočiti čezmejne e-storitve, kot to zahteva enotni notranji trg Evropske unije.

IV. IZZIVI, S KATERIMI SE SOOČA DRŽAVNA INFORMATIKA

1. **razdrobljenost virov financiranja po državnih organih**, kar povzroča:
 - odsotnost celovite strategije državne informatike, kar ima za posledico neučinkovitost sistema;
 - da se vsak deležnik ukvarja izključno s svojo parcialno rešitvijo, ni pa motiviran zasledovati cilja učinkovitosti sistema kot celote;
 - nekompatibilnost sistemov in posledično dodatni stroški koordinacije ter povezljivosti;
 - podvajanje sistemov in njihovo predimenzioniranje, s tem pa nepotrebne stroške;
 - neenotnost standardov izvajanja storitev in dobavljene opreme;
 - različne cene za primerljive dobave oz. storitve (odsotnost benchmarkinga);
 - višje cene zaradi nižjih pogodbenih vrednosti po posameznih naročilih (ekonomija obsega);
 - razdrobljenost postopkov oddaje javnih naročil za opremo in storitve, preobremenjenost z administrativnimi opravili, prevelika osredotočenost na formalna vprašanja namesto na vsebinska;
 - pomanjkljivo vrednotenje celotnih dejanskih stroškov posamezne nabave z vidika skupnih stroškov v življenjskem ciklu in stroškov povezanih s potrebnimi prilagoditvami, posodobitvami, odpravo nekompatibilnosti, itd;
2. **multipliciranje kadrovskih kompetenc** z nizko stopnjo specializacije, kar povzroči primanjkljaj v kakovosti strokovnega znanja;
3. **nadomestitev tehnološko zaostalih rešitev**, ki povzročajo visoke stroške vzdrževanja in odvisnost od posameznih dobaviteljev;
4. **vklučitev zasebnega sektorja** na način, ki ne povzroča srednjeročne ali dolgoročne odvisnosti od ponudnikov, ki praviloma privede do postopnega dvigovanja cen in oblikovanja »monopolov«;
5. **odprava obstoječih monopolov** na način, da se ohrani delovanje in stabilnost sistema;
6. **prehod v sodobnejši poslovni model javno-zasebnega partnerstva**, kjer se v večji meri nabavljajo storitve in v manjši meri informacijska infrastruktura. Zasebni sektor je treba motivirati k zagotavljanju kvalitetnih storitev (uvedba principa »buying services not assets«);
7. **predpisi na nacionalni in EU ravni**, ki v nezadostni meri odražajo razvitost informacijsko-komunikacijskih storitev;
8. **oblikovanje enotnega informacijsko komunikacijskega sistema državne uprave**.

V. UKREPI

1. **oblikovanje enotne strategije razvoja, vzdrževanja in upravljanja informacijsko komunikacijskih sistemov v državni upravi**;
2. **uvedba enotnih tehnoloških standardov**;
3. **centralizacija nabav**: racionalizacija nabav zaradi ekonomije obsega, standardizacija opreme, znižanje stroškov javnega naročanja;
4. **centralizacija kadrovskih virov** z oblikovanjem ustreznega strokovno usposobljenega jedra: z večjim

obsegom notranjega izvajanja storitev (»insourcingom«) bomo znižali strošek lastništva (TCO – total cost of ownership) in posledično zagotavljali večjo neodvisnost od ponudnikov storitev;

5. **vzpostavitev dejanske konkurence med ponudniki in tehnološkimi rešitvami**: številni organi so vezani na svoje sisteme IKT in njihove ponudnike. Tovrstno pomanjkanje konkurence povzroča višje cene in nepotrebne izgube. Tudi Evropska komisija poudarja, da boljša uporaba standardov konkurenci omogoči ponudbo alternativnih rešitev, zaradi česar se zmanjša vezanost na ponudnika in poveča konkurenčnost. Posledično se znižajo cene in povečajo možnosti za dvig kakovosti. Standardi namreč določajo ključni element tehnologije in ustvarjajo enake konkurenčne pogoje za vse dobavitelje IKT. Na javne razpise za standardizirane sisteme se bo tako lahko prijavilo več dobaviteljev, zaradi česar se bosta povečali konkurenčnost in ponudba;
6. **uvedba sodobnejših poslovnih modelov**, predvsem uvedba principa »buying services not assets« v okviru modela javno-zasebnega partnerstva in načinom obračuna po principu »no service no payment«;
7. **stroškovna primerjava variante »outsourcinga«** in njena uporaba, ko je to stroškovno upravičeno in strokovno sprejemljivo;
8. **zmanjšanje zalog** in hitrejša izvedba novih rešitev;
9. **primerjava cen** znotraj državne uprave (uvedba benchmarkinga) in poenotenje cen na spodnjo premiso;
10. **zaostritev pogodbenih klavzul**, prenos nabavnega nadzora k dobavitelju;
11. **vzpostavitev organizacije, ki bo enotno izvajala vse omenjene ukrepe** in dolgoročno vodila politiko razvoja, upravljanja in vzdrževanja skupnih informacijskih sistemov države, izvajala enotno varnostno politiko ter skrbela za ekonomsko najugodnejše nabave ostalih sistemov, ki ne padejo neposredno v njeno finančno okrilje.

VI. PREDNOSTNE VSEBINSKE NALOGE

1. **Modernizacija centralnega računalniškega sistema Podatkovnega Centra – PDC**:

Visoki stroški infrastrukture centralnih računalnikov nastajajo predvsem zaradi tehnološke zastarelosti! S prehodom s centralnega računalnika na porazdeljeno, distribuirano okolje majhnih strežnikov bi zgolj pri vzdrževanju strojne opreme in nakupu licenc v treh letih prihranili cca 3 mio EUR.

Podcilji:

- znižati stroške lastništva;
- poenotiti verzije podatkovnih zbirk ter s tem zmanjšati kompleksnost systemske podpore, posledično odpreti storitev systemske podpore za širši nabor izvajalcev;
- izvesti obsežnejše investicijsko vzdrževanje zastarele strežniške opreme distribuiranega (ne-mainframe) okolja (starejše od 6 let) skupaj s konsolidacijo licenc v smeri prehoda na virtualizacijo in koncepte zasebnega računalniškega oblaka ter s tem posledično poenostaviti upravljanje strežniške infrastrukture;
- izdelati načrt za vpeljavo porazdeljenega hibridnega privatnega računalniškega oblaka in konsolidacijo obstoječe infrastrukture;

- vzpostaviti procese, ki bodo zagotavljali sledljivost v procesu uvajanja novih storitev ali sprememb obstoječih s ciljem zagotavljanja zanesljivih in varnih informacijskih rešitev;
- podatkovni center pretvoriti iz stroškovnega v profitni center ter uvesti interne SLA (Service-level agreement) in QoS (Quality of Service) dogovore ter interno fiktivno obračunavanje storitev.

2. Prenova državnega komunikacijskega omrežja HKOM:

Cilj prenove omrežja HKOM je znižati strošek lastništva, ki je trenutno višji, kot je ocenjena vrednost projekta prenove! S prenovo jedra omrežja bi znižali stroške upravljanja in vzdrževanja za 2 mio EUR v obdobju treh let.

Podcilji:

- znižati stroške lastništva;
- povečati prepustnost in prilagoditev potrebam sodobnih informacijskih sistemov;
- najeti kriptirano povezljivost končnih lokacij v omrežje HKOM (od končne lokacije do enega od dveh vzpostavljenih komunikacijskih prehodov v jedro omrežja HKOM) skupaj z opremo na končnih lokacijah, pripadajočim upravljanjem in vzdrževanjem storitve in opreme na končnih lokacijah, kot je danes definiran pristopni del omrežja HKOM;
- prenoviti jedro komunikacijskega omrežja;
- spremeniti poslovni model, v katerem lahko fiksiramo stroške lastništva ob predvideni organski rasti.

3. Prenova sistema za upravljanje z dokumentarnim gradivom

V okviru prenove informacijskega sistema za upravljanje z dokumenti bomo vzpostavili storitev v hibridnem privatnem oblaku in jo ponudili drugim državnim organom, kasneje pa tudi občinam in širšemu javnemu sektorju.

Podcilji:

- znižanje stroškov poslovanja;
- dvig učinkovitosti državnih organov;
- poenostavitev poslovnih procesov in upravnih postopkov;
- hitrejša prilagajanje spremembam, konsolidacija in usklajeno izvajanje nekaterih nalog;
- poenotenje notranjih poslovnih procesov, koordiniran in poenoten razvoj poslovanja.

4. Vzpostavitev interoperabilnostne platforme in skupnih skrbniških storitev za novo generacijo e-storitev

V okviru interoperabilnostne platforme bomo uvedli skupne skrbniške storitve, kot so sodobne centralne rešitve za e-avtentikacijo, strežniški e-podpis, uvedbo poenotenih e-dokumentov, e-vročanje, e-hrambo idr. za novo generacijo e-storitev. Interoperabilnostna platforma bo izboljšala stanje na področju povezljivosti različnih informacijskih rešitev in uporabe različnih podatkovnih virov v javnem sektorju. S tem bo omogočen razvoj integriranih e-storitev, kar pomeni razbremenitev javne uprave, gospodarstva in državljanov.

Podcilji:

- dvig stopnje povezljivosti med specifičnimi vsebinskimi rešitvami na tehničnem, semantičnem in organizacijskem nivoju;
- učinkovitejši, hitrejši in cenejši razvoj sektorskih projektov z vključevanjem že izdelanih centralnih skrbniških storitev;
- vsebinski nosilci sektorskih projektov se bodo lahko posvetili ključnim vsebinskim nalogam projektov;
- stabilnejše delovanje sistemov in večjo informacijsko varnost, ki jo prinaša uporaba preizkušenih in zrelih izdelkov interoperabilnostne platforme;
- enovito izpolnjevanje zahtev enotnega trga Evropske unije;
- cenejše in administrativno manj obremenjujoče storitve za državljanke in poslovne subjekte.

VII. DINAMIKA IZVEDBE PROJEKTA

Tabela 1: Dinamika izvedbe projekta

Sklopi izvedbe projekta	Naloga	Časovnica
Prvi sklop	analiza dejanskega stanja in izdelava operativnega programa ukrepov z oceno finančnih učinkov vključno z opredelitvijo prioritet in možnosti uvedbe sodobnih poslovnih modelov in rešitev	3 mesece
Drugi sklop	izvedba centralizacije nabav strojne opreme (»infrastrukture) in centralizacije kadrovskih resursov ter izvedba pilotnih projektov za prehod na sodobnejše poslovne modele in rešitve;	T + 1 leto
Tretji sklop	centralizacija nabav aplikacij in širitev novih poslovnih modelov	T + 3 leta
Četrti sklop	konsolidacija informatike v javnem sektorju	T + 6 let

A. Proces analize

V procesu analize obstoječega stanja je ključnega pomena za vsako ministrstvo:

- analizirati obstoječe stanje infrastrukture, vključno z verzijami posameznih produktov, licencami in strojno opremo,
- oceniti stanje obstoječe infrastrukture in s tem povezane zahteve pri migraciji v zasebni oblak,
- oceniti stanje aplikacijskih sistemov in potrebne strežnike infrastrukture ter drugo zahtevano aplikacijsko opremo za delovanje,
- narediti popis obstoječega organizacijskega stanja, kadrov in načina dela,
- identificirati bodoče potrebe po infrastrukturi in aplikacijskih sistemih,
- zajeti tekoče projekte nakupa nove infrastrukture in razvoja ali dopolnjevanja obstoječih aplikacijskih sistemov,
- popisati zunanje dobavitelje, ki skrbijo za infrastrukturo in aplikacijske sisteme,

- identificirati določene sistemske vidike delovanja, od upravljanja identitet, načina prijave, varnostnih protokolov, pomoči uporabnikom, načina uporabe lastnih naprav, oddaljenega dostopa, ipd.

Za uspešen začetek izvedbe analize obstoječega stanja je treba najprej identificirati ministrstva, ki bodo vključena v projekt, oziroma natančneje **časovnica ministrstev**, po kateri se bodo ta vključevala v projekt.

Na posameznih organih je pomembno, da se identificirajo **ustrezni kadri**, ki bodo sodelovali pri projektu. Ti morajo biti ustrezno usposobljeni in motivirani za uspeh projekta. Prav tako je ključno zagotoviti tudi podporo dotičnega ministra in sekretarjev.

B. Vzpostavitev referenčne arhitekture

Za uspešnost projekta kot celote je ključnega pomena, da se na začetku projekta definira **enotna referenčna arhitektura razvoja in vzdrževanja informacijsko komunikacijskega sistema državne uprave**.

Ta mora definirati osnovno organiziranost sistema, ki se odraža skozi komponente in njihove medsebojne povezave ter načela in metode za načrtovanje in razvoj sistema. Definicija slednjih je ključnega pomena za dolgoročno ohranjanje skladnosti in vzdržnosti arhitekture ter preprečevanja izjem.

Referenčna arhitektura pokriva poslovno arhitekturo, arhitekturo aplikacij, podatkovno arhitekturo in tehnološko arhitekturo.

1. Referenčno arhitekturo zasebnega oz. hibridnega računalniškega oblaka, ki obsega:

- a. na nivoju infrastrukture (IaaS): opredelitev koncepta virtualizacije, omrežja, shrambe, načina konfiguracije virov, postopkov orkestracije, postrežbe (provisioninga), merjenja, obračunavanja, definicije SLA in QoS vidikov ter ostalih ključnih infrastrukturnih konceptov. Posebna pozornost mora biti posvečena izkoriščanju obstoječe strojne in sistemske programske opreme in logična povezanost distribuiranih strežnikov v virtualiziran oblak.
- b. na nivoju platforme (PaaS): opredelitev aplikacijske arhitekture za posamezne nivoje (podatkovni, aplikacijski, storitveni, procesni, predstaviteni) ter koncepte, vzorce in načine razvoja na način, da bodo aplikacijski sistemi izkazovali skladno homogeno arhitekturo. Preprečevanje heterogenosti aplikacijskih rešitev je ključnega pomena za lažjo integracijo in interoperabilnost ter za znižanje stroškov vzdrževanja in nadgradenj.
- c. na nivoju storitev (SaaS): definicija referenčne arhitekture e-storitev, načinov nameščanja, izvajanja, nadzora in uporabe e-storitev s stran različnih deležnikov in načinov spremljanja.

2. Referenčno arhitekturo za razvoj novih rešitev, ki določa aplikacijsko arhitekturo za razvoj nove generacije aplikacijskih rešitev, ki temeljijo na konceptih storitvene zasnove in računalništva v oblaku. Referenčna arhitekture predstavlja »blueprint« za razvoj aplikacij s strani različnih dobaviteljev oz. outsourcing partnerjev ter zagotavlja skladnost in poenotenost teh rešitev.

3. Pravila in standarde za integracijo in interoperabilnost aplikacijskih sistemov in e-storitev, ki definirajo koncepte in načine za integracijo, mediacijo in

interoperabilnost, ki za svoje delovanje uporabljajo interoperabilnostno hrbtenico. Pravila in standardi definirajo različne vidike integracije, od podatkovnega, preko aplikacijskega (API) in procesnega nivoja, do integracije predstavitenega nivoja. Ključni cilj je zagotoviti učinkovito, enostavno in poceni povezljivost različnih rešitev.

4. Referenčno arhitekturo in postopke za migracijo obstoječih aplikacij v oblak, ki bo definirala načine prenosa obstoječih aplikacij na oblako infrastrukturo in platformo. Arhitektura mora definirati scenarije za različne tehnološke rešitve obstoječih aplikacij in načine za njihovo migracijo tako, da se kar v največji meri izkoristijo prednosti zasebnega oblaka, hkrati pa se minimizira vložek, potreben v nadgradnjo aplikacije.

5. Standarde in najboljše prakse, ki jih je potrebno upoštevati pri gradnji in razvoju. Definicija slednjih je pomembna za dolgoročno ohranjanje arhitekture celotnega sistema in za preprečevanje parcialnih, heterogenih in neskladnih rešitev.

C. Nadalje mora referenčna arhitektura definirati postopke vodenja e-storitev.

Njeni cilji so naslednji:

- *Poudarjati celostno arhitekturo*: Vzpostaviti arhitekturne procese za zagotovitev celostnega pregleda nad poslovanjem, tehnologijo in viri, da se lahko podpre odločanje notranjih in zunanjih tehnoloških skupin.
- *Racionalizacija, ponovna uporaba in umik podedovanih (obstojećih / legacy) sredstev*: Identificirati, definirati in načrtovati je potrebno poravnavo in konsolidacijo funkcij, podatkov in sistemov.
- *Doseči organizacijsko učinkovitost in odgovornost*: Identificirati, vzpostaviti in izvajati strategije, politike in načrte e-storitev, ki vključujejo organizacije, vloge, procese, strojno in programsko opremo ter okolja.
- *Izkoristiti skupne e-storitve*: Identificirati, ponovno uporabiti/kupiti/najeti/zgraditi ter namestiti e-storitve, orodja in infrastrukturo, ki zagotavlja dostopne, zanesljive, vidne in varne storitve.

Vodenje je pomembno predvsem z vidika spremljanja poteka faz in razmejitev odgovornosti. Slednje je še posebej pomembno, če imajo določene odgovornosti različne organizacijske enote in zunanji izvajalci.

D. Vzpostavitev interoperabilnostne platforme in skupnih skrbniških storitev za novo generacijo e-storitev

Nadgraditi in posodobiti je potrebno interoperabilnostno platformo in skrbniške storitve za e-storitve in ostale aplikacije znotraj javne uprave in navzven. Slednje ne bo zagotavljalo zgolj povezljivosti registrov in integracijo podatkovnih virov, pač pa interoperabilnost z upravljanjem ključnih podatkov (MDM – Master Data Management). Omogočilo bo učinkovito in fleksibilno integracijo podatkovnih virov in aplikacij, predvsem pa storitev in v prihodnosti tudi naprav (IoT – Internet of Things) ter agregacijo podatkov in njihovo analitiko v smislu spremljanja ključnih poslovnih indikatorjev.

VIII. POVZETEK

Cilji, ki smo si jih skupaj z EU zastavili v iniciativi Digitalna agenda 2020 in so začrtani z nekaterimi nacionalnimi strateškimi dokumenti, temeljijo na sodobnih in učinkovitih rešitvah IKT. Slovenija jih s stalnim zmanjševanjem proračunskih sredstev namenjenih informatiki in obstoječimi poslovnimi ter organizacijskimi modeli zagotovo ne more doseči.

Projekt Kvantni preskok skozi cilje in ukrepe upošteva in uresničuje najnovejše ugotovitve in usmeritve Digitalne agende 2020, povezane z IT rešitvami za državno upravo. Predhodni izračuni nakazujejo, da lahko s skoraj 30 % prihrankom proračunskih sredstev zagotovimo primerno IKT podporo za uresničevanje zastavljenih ciljev, ki so edino vodilo iz trenutne finančne in gospodarske situacije.

Ključni elementi predlagane rešitve so:

- uporaba novih poslovnih in organizacijskih modelov,
- konsolidacija infrastrukturnih in človeških virov,
- vpeljava preizkušenih tehnoloških rešitev z dokazanimi pozitivnimi finančnimi učinki,
- zagotavljanje interoperabilnosti rešitev,
- uporaba dobro dokumentiranih odprtih standardov in
- vzpostavitev učinkovitih mehanizmov nadzora in ukrepanja.

Kvantni preskok ni tehnološka revolucija! Projekt temelji na uveljavljenih rešitvah in predstavlja nizko tehnološko tveganje, vendar bo ga bo potrebno izvesti pri vseh uporabnikih IKT rešitev znotraj državne uprave ter drugih deležnikov. Vsi skupaj moramo spoznati, da je to edini način, kako od informatike dobiti več z manj. Informatika ni strošek, ampak priložnost za prihranek povezan z neprestanim razvojem.

Strategija Slovenije na področju IKT

Mojca Jarc, Direktorat za informacijsko družbo, Ministrstvo za izobraževanje, znanost in šport

I. UVOD

Sodobni globalni razvojni trendi pred nas postavljajo cilj razvoja družbe znanja, ki bo med drugim temeljila na zmogljivi omrežni infrastrukturi elektronskih komunikacij, kot eni izmed ključnih infrastruktur digitalne družbe, ki mora omogočati kvaliteten dostop do interneta za vse. Širokopasovni dostop prinaša pozitivne družbeno-ekonomske učinke za državo in državljane. Študije ugotavljajo močno korelacijo med rastjo širokopasovnih priključkov in dvigom gospodarske rasti, ter pozitiven vpliv na zaposlenost in produktivnost. OECD je ugotovil neposredno povezanost med rastjo širokopasovnih povezav in BDP – 10% dvig širokopasovne povezeljivosti predvidoma povzroči rast BDP med 0,9 % in 1,5 %. Širokopasovna omrežja na ruralnem področju omogočajo enakomeren razvoj podeželja in ustvarjanje ugodnega okolja za razvoj MSP.

Evropa potrebuje široko dostopen hiter in ultrahiter dostop do interneta po konkurenčnih cenah. Strategija Evropa 2020 je poudarila pomen uvedbe širokopasovnih povezav za spodbujanje družbene vključenosti in konkurenčnosti v EU. V Evropski digitalni agendi (v nadaljevanju: EDA) so predlagani ukrepi, ki so nujno potrebni, da Evropa stopi na pot pametne, trajnostne in vključujoče rasti¹. Eden od ključnih ukrepov je tudi »hitri in ultra hitri dostop do interneta«. Gospodarstvo prihodnosti bo gospodarstvo znanja, ki bo temeljilo na mrežah z internetom v središču. Cilji EDA so naslednji:

- Do leta 2013: dostop do osnovne širokopasovne povezave za 100% prebivalcev EU
- Do leta 2020: dostop do internetne povezave hitrosti nad 30 Mb/s za 100% prebivalcev EU
- Do leta 2020: 50 ali več % EU gospodinjstev naročenih na internetne povezave hitrosti nad 100 Mb/s

Države članice morajo:

- do leta 2012 z uporabo javnega financiranja v skladu s pravili EU glede konkurence in državnih pomoči razviti in vzpostaviti **nacionalne načrte za širokopasovne povezave**, ki izpolnjujejo **cilje pokritosti, hitrosti in uporabe**, kot so določeni v strategiji Evropa 2020; Komisija bo v sklopu upravljanja digitalne agende letno poročala o napredku;
- sprejeti ukrepe, vključno s pravnimi določbami, za **olajšanje naložb v širokopasovne povezave**, kot so zagotavljanje, da se v gradbeni dela sistematično vključujejo investitorji, zagotavljanje pravice do poti in načrtov razpoložljive pasivne infrastrukture, ki je primerna, da se jo opremi s kabli ter izboljšanje napeljav v zgradbah;

- v polni meri izkoristiti sredstva iz **strukturnih skladov in sklada za razvoj podeželja**, ki so že namenjena za naložbe v infrastrukturo in storitve IKT;
- izvajati program **evropske politike radiofrekvenčnega spektra**, da se zagotovi usklajeno dodeljevanje spektra, ki je potrebno za izpolnitev cilja 100-odstotne pokritosti z internetom hitrosti 30 Mb/s do leta 2020 in ciljev iz **priporočila o NGA**.

II. ANALIZA STANJA

Po podatkih Agencije za komunikacijska omrežja in storitve² je bila ob koncu leta 2013 penetracija fiksnega širokopasovnega dostopa do interneta glede na prebivalstvo 26,5 %, glede na gospodinjstvo pa 69,7 %.

Tržni delež Telekom Slovenije se zmanjšuje in ima 37,1 % tržni delež. Sledijo mu T-2, Telemach in Amis, ki imajo skupaj 46,1 % tržni delež ter drugi operaterji z bistveno manjšimi tržnimi deleži. Med tehnologijami prednjači xDSL, ki ima 48,0 % delež (ta tehnologija sicer prednjači, dejansko pa je v upadanju), sledijo ji kabelski modemi (29,3 %), FTTH (20,1%) in ostale tehnologije (2,6 %).

Rast števila optičnih priključkov do doma (FTTH) ima neprekinjen trend rasti; ob koncu leta 2013 je bilo prek 100.000 priključkov FTTH.

Glede na hitrost dostopa do interneta ima 10,6 % uporabnikov hitrost dostopa manjšo od 2 Mb/s, 44,7 % uporabnikov med 2 Mb/s in 10 Mb/s, 38,9 % uporabnikov ima hitrost dostopa med 10 Mb/s in 30 Mb/s, 5,8 % uporabnikov pa ima hitrost dostopa do interneta večjo od 30 Mb/s.

Po podatkih Evropske komisije (Broadband Coverage in Europe in 2011³) je ozemlje Republike Slovenije 100 % pokrito s satelitskim dostopom.

III. DOSEDANJA VLAGANJA V RAZVOJ INFRASTRUKTURE

Podatki Statističnega urada Republike Slovenije o investiranju v sektorju elektronskih komunikacij⁴ kažejo na bistven padec investiranja v letu 2009, ki se je na to še nadaljevalo, tako da se je investiranje v letu 2011 v primerjavi z letom 2009 zmanjšalo še za 35,5 %. Podatek je še dodatno zaskrbljujoč, ker je v tem obdobju potekalo najintenzivnejše javno sofinanciranje gradnje odprtih širokopasovnih omrežij, kar kaže na dejanski zastoj zasebnega investiranja v sektorju elektronskih komunikacij. Krivulja investiranja se je v letu 2012 obrnila navzgor.

¹ Povzeto po Sporočilu Komisije Evropskemu parlamentu, Svetu, Evropskemu ekonomsko – socialnemu odboru in Odboru regij Evropska digitalna agenda, COM(2010)245

² http://www.akos-s.si/files/Telekomunikacije/Porocila_in_raziskave/Cetrletna_porocila/2013/cetrletno-porocilo-Q4-2013.pdf

³ http://ec.europa.eu/information_society/newsroom/cf/document.cfm?doc_id=1102

⁴ http://www.stat.si/novica_prikazi.aspx?id=5695

Sofinanciranje gradnje odprtih širokopasovnih omrežij

Za namen sofinanciranja gradnje odprtih širokopasovnih omrežij na področju t.i. belih lis si je Slovenija v finančni perspektivi 2007 – 2013 izpogajala 82 mio € finančnih sredstev iz Evropskega sklada za regionalni razvoj. Na tej podlagi sta bila izvedena dva javna razpisa za sofinanciranje gradnje odprtih širokopasovnih omrežij v lokalnih skupnostih. Izbrani prijavitelji so z javnimi sredstvi in še dodatno z zasebnim vložkom v višini 39,2 mio € izvedli prijavljene projekte (povečini gre za optične priključke) in zagotovili pokritje belih lis, to je področij, kjer operaterji nimajo komercialnega interesa, v 43 občinah z odprtim širokopasovnim omrežjem.

Poleg navedenega je bil tudi v okviru Programa razvoja podeželja 2007 – 2013 izveden javni razpis za naložbe v širokopasovna omrežja na podeželju v višini 4,3 mio EUR. Nepovratna sredstva so bila dodeljena lokalnim skupnostim v Pomurski regiji za območja kjer so t.i. bele lise.

IV. CILJ

Ne glede na cilje EDA pa si države zastavljajo tudi drugačne in višje cilje razvoja širokopasovnih omrežij.

Ozemlje Republike Slovenije je pokrito z infrastrukturo, ki omogoča osnovne širokopasovne dostope. V interesu razvoja digitalne družbe in izkoriščanja priložnosti, ki jo omogočajo informacijsko komunikacijske tehnologije za doseganje trajnih gospodarskih in družbenih koristi (razvoj gospodarstva, večja konkurenčnost, povečevanje bruto družbenega proizvoda in povečanje produktivnosti dela) si v Republiki Sloveniji zastavljamo strateški cilj:

omogočiti fiksni dostop do širokopasovnega omrežja po celotnem ozemlju države s hitrostjo 100 Mb/s do leta 2020.

V. OCENA FINANČNE IZVEDLJIVOSTI CILJA

Pri oceni finančne izvedljivosti so upoštevani:

- podatki o stanju širokopasovnega dostopa do interneta iz Poročila Agencije za komunikacijska omrežja in storitve o razvoju trga elektronskih komunikacij za četrto četrtletje 2013,
- metodologija Evropske investicijske banke (EIB)⁵ o višini stroškov za uveljavitev različnih scenarijev,
- Smernice EU za uporabo pravil o državni pomoči v zvezi s hitro postavitvijo širokopasovnih omrežij (2013/C 25/01). V skladu s Smernicami bi morale subvencionirano omrežje zagotoviti veliko spremembo v smislu razpoložljivosti širokopasovnih povezav, velika sprememba se lahko dokaže, če zaradi javnega posredovanja (1) izbrani ponudnik zagotovi bistvene nove naložbe v širokopasovno omrežje in (2) subvencionirana infrastruktura pomeni znatne nove zmogljivosti za trg v smislu razpoložljivosti, zmogljivosti, hitrosti in konkurenčnosti širokopasovnih storitev. Velika sprememba se primerja z obstoječim stanjem in s konkretno načrtovanimi postavitvami omrežij. Na primer

⁵ http://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&frm=1&source=web&cd=1&ved=0CCgQFjAA&url=http%3A%2F%2Fec.europa.eu%2Finformation_society%2Fnewsroom%2Fcf%2Fdae%2Fdocument.cfm%3Fdoc_id%3D777&ei=t6hnU_7gA8e6ygOi4oKIDQ&usq=AFQjCNERFYBFeyZD-v1yyIPR7ZcJWCwY2g&sig2=uVV7Tew6pCTK-Q3Y5BZNrcA

obrobne naložbe, ki se nanašajo zgolj na nadgradnjo aktivnih sestavin delov omrežja, se ne bi smele šteti kot upravičene do državne pomoči. Podobno bi nekatere tehnologije za izboljšanje prenosa podatkov po bakrenih vodih (na primer tehnologija za preprečitev presluha) sicer lahko povečale zmogljivosti obstoječih omrežij, vendar večje naložbe v novo infrastrukturo zanje niso nujne, zato ne bi smele biti upravičene do državne pomoči. Določbe Smernic se upoštevajo pri projektih, ki so sofinancirani z javnimi sredstvi.

30,3 % gospodinjstev NIMA širokopasovnega dostopa do interneta, kar je 246.603 gospodinjstev. Po metodologiji EIB je zgornja višina stroškov za uveljavitev naprednega scenarija (ADSL2, LTE, VDSL2, EuroDOCSIS 3.0, FTTB, FTTH) doseganja ciljev EDA 1.200,00 € /gospodinjstvo, tako da so celotni stroški širokopasovnega dostopa do interneta za ta delež gospodinjstev 279 mio €.

69,7 % gospodinjstev IMA širokopasovni dostop do interneta z različnimi hitrostmi. Stroški nadgradnje obstoječih širokopasovnih povezav za doseganje ciljev EDA:

Hitrost dostopa	Število gospodinjstev brez ustrezne povezave	Stroški v € na gospodinjstvo po metodologiji EIB	Skupaj v mio €
do manj kot 2 Mb/s	60.130	742,00	44,6
2 – 10 Mb/s	253.569	514,00	130,3
10 – 30 Mb/s	148.570	322,00	47,8
SKUPAJ	462.269		222,7

STROŠKI SKUPAJ:

- | | |
|---|-----------|
| 1. Vzpostavitev širokopasovnega dostopa za 30,3 % gospodinjstev | 279 mio € |
| 2. Nadgradnja širokopasovnega dostopa | 223 mio € |
| SKUPAJ | 502 mio € |

Slovenija je izrazito ruralna država z zelo razpršeno poseljenostjo prebivalstva, tako da praktično celotno ozemlje države sodi v skupino, kjer je po metodologiji Evropske investicijske banke najdražja gradnja, kar lahko samo po sebi predstavlja veliko oviro v nadaljnjem razvoju. Zato ocenjujemo, da se stroški lahko povečajo za 10 – 20 % in znašajo do 600 mio €.

VIRI FINANCIRANJA:

Bele lise:

Ocenjujemo, da je na področjih, kjer operaterji nimajo komercialnega interesa, 260.000 gospodinjstev. Stroški vzpostavitve dostopa znašajo po metodologiji EIB 1.200,00 € /gospodinjstvo in so skupaj 312 mio €.

Viri financiranja: javna sredstva (finančna sredstva kohezijske politike, javno – zasebno partnerstvo) in zasebna sredstva.

Sive lise:

Viri financiranja: zasebna sredstva

Črne lise:

Viri financiranja: zasebna sredstva

VI. UKREPI ZA DOSEGO CILJEV

– Olajšanje naložb v širokopasovne povezave

Vprašanja, povezana z gradnjo omrežij, kot npr. uporaba obstoječe infrastrukture, preglednost in koordinacija gradbenih del in druga lahko bistveno olajšajo naložbe v širokopasovno infrastrukturo in pripomorejo k zmanjšanju stroškov razvoja komunikacijske infrastrukture visokih hitrosti. Tem vprašanjem je Republika Slovenija v zadnjih desetih letih posvečala posebno pozornost pri oblikovanju zakonskih določb zakona, ki ureja elektronske komunikacije.

– Kartiranje infrastrukture

Kartiranje infrastrukture je bilo v Sloveniji uvedeno v določbe zakona o elektronskih komunikacijah leta 2004 predvsem v smislu zaščite obstoječih javnih komunikacijskih omrežij. Pomembno vlogo pri tem je imela Geodetska uprava Slovenije in seveda vsi operaterji, ki so ji sporočili podatke o svojih omrežjih, tako da so danes vsa omrežja popisana in v javni evidenci, poimenovani Kataster gospodarske javne infrastrukture, ki je na voljo vsem zainteresiranim uporabnikom.

– Sofinanciranje gradnje širokopasovnih omrežij na belih lisah iz javnih sredstev (iz sredstev kohezijske politike, državnega ter občinskih proračunov)

Ocenjujemo, da je na področjih belih lis, kjer operaterji nimajo komercialnega interesa, 260.000 gospodinjstev. Stroški vzpostavitve dostopa znašajo po metodologiji EIB 1.200,00 € /gospodinjstvo in so skupaj 312 mio €.

– Izvajanje prvega programa politike radijskega spektra

Republika Slovenija bo zagotovila usklajeno dodeljevanje radijskega spektra, v skladu s Sklepom št. 243/2012/EU Evropskega parlamenta in Sveta o vzpostavitvi večletnega programa politike radijskega spektra. Brezžične širokopasovne povezave so pomembno sredstvo za dvig konkurenčnosti, potrošnikove izbire in dostopa na podeželju in drugih območjih, kjer je žične širokopasovne povezave težko vzpostaviti ali to ekonomsko ni izvedljivo.

– Vključitev širokopasovnega dostopa v univerzalno storitev

V določbah zakona o elektronskih komunikacijah je v skladu z direktivo 2009/136/ES predvideno, da lahko Agencija za komunikacijska omrežja in storitve v okviru univerzalne storitve določi takšno prenosno hitrost, ki omogoča tudi širokopasovni dostop, vendar pod strogimi pogoji skladno s pristopom Evropske unije. Pogoj je, da širokopasovni dostop že uporablja vsaj polovica gospodinjstev v Republiki Sloveniji. V tem primeru prenosno hitrost določi tako, da upošteva tisto prenosno hitrost, ki jo uporablja vsaj 80 odstotkov gospodinjstev z obstoječim širokopasovnim dostopom.

– Komercialni interes operaterjev

Operaterji, ki so za posamezna področja izrazili komercialni interes za vzpostavitev širokopasovnega dostopa interneta, ga realizirajo v roku 3 let, v skladu z določbami zakona o elektronskih komunikacijah. Realizacijo komercialnega interesa nadzira Agencija za komunikacijska omrežja in storitve.

VII. POVZETEK

Sodobni globalni razvojni trendi pred nas postavljajo cilj razvoja družbe znanja, ki bo med drugim temeljila na zmogljeni omrežni infrastrukturi elektronskih komunikacij, kot eni izmed ključnih infrastruktur digitalne družbe, ki mora omogočati kakoviten dostop do interneta za vse.

V interesu razvoja digitalne družbe in priložnosti, ki jo predstavljajo informacijsko komunikacijske tehnologije za doseganje trajnih gospodarskih in družbenih koristi (razvoj gospodarstva, večja konkurenčnost, povečevanje bruto družbenega proizvoda in povečanje produktivnosti dela) si v Republiki Sloveniji zastavljamo strateški cilj – omogočiti fiksni dostop do širokopasovnega omrežja na celotnem ozemlju države s hitrostjo 100 Mb/s do leta 2020.

Področja belih lis, kjer je približno 260.000 gospodinjstev bodo sofinancirana z javnimi sredstvi, vsa preostala področja pa bodo financirana z zasebnimi sredstvi. Poleg finančnih sredstev so v skladu z določbami zakona o elektronskih komunikacijah na voljo ukrepi, ki bodo po pričakovanju olajšali in pocenili gradnjo širokopasovne infrastrukture. Med ukrepi za doseg ciljev posebej izpostavljamo olajševanje naložb v širokopasovne povezave, kartiranje infrastrukture, sofinanciranje gradenj na belih lisah z javnimi sredstvi, izvajanje prvega programa politike radijskega spektra, preveritev prenosne hitrosti dostopa do interneta in morebitna vključitev širokopasovnega dostopa v univerzalno storitev in uresničevanje izraženega komercialnega interesa operaterjev.



Mojca Jarc je vodja Sektorja za elektronske komunikacije na Ministrstvu za izobraževanje, znanost in šport.

Torek, 13. maj 2014

Mobilna omrežja prihodnosti

Peter Zidar, Telekom Slovenije

Povzetek — Prispevek obravnava mednarodno razširjenost mobilnih omrežij LTE in LTE-Advanced ter njihove zmogljivosti in lastnosti. Opisani so načini, kako je mogoče povečati zmogljivost mobilnih omrežij, tako da bo ta do 1.000-krat večja. Na podlagi trenutnih trendov je mogoče napovedati nekatere mobilne storitve, ki se bodo pojavile v prihodnosti.

Ključne besede — LTE, LTE-Advanced, majhne celice, mobilne storitve, mobilna omrežja, podatkovni promet, zmogljivost mobilnih omrežij, hitrost prenosa podatkov

Abstract — This article is describing LTE and LTE-Advanced mobile networks, their capacity and properties. It is proposed how operators could increase mobile networks capacity up to 1000-times. Based on current trends it is possible to predict which mobile services will be available in future.

Keywords — LTE, LTE-Advanced, small cells, mobile services, mobile networks, data traffic, capacity of mobile network, data transfer speed

I. MEDNARODNA RAZŠIRJENOST OMREŽIJ LTE IN LTE-ADVANCED TER NJIHOVA ZMOGLJIVOST IN LASTNOSTI

Tehnologija LTE je vse bolj razširjena, saj je na svetu že 274 komercialnih omrežij LTE v 101 državah. Do konca leta 2014 bo postavljenih že več kot 350 javnih omrežij LTE. Skupno število naročnikov LTE je že danes preseglo 200 milijonov.

Tudi Slovenija ne zaostaja, saj imata tako Telekom Slovenije kot Simobil svoje omrežje LTE. Telekom Slovenije je omrežje LTE zagnal 21. marca 2013 s 30 % pokritostjo prebivalstva v 27 večjih mestih. Danes je ta pokritost že 56,38 %, pri čemer je 93 krajev pokritih s pomočjo 248 baznih postaj (podatek: februar 2014). Hitrost prenosa v omrežju LTE Telekoma Slovenije znaša do 100 Mbit/s v smeri proti uporabniku in 50 Mbit/s v nasprotni smeri. Trenutno je v Sloveniji za LTE uporabljeno frekvenčno območje na 1800 MHz, pri Telekomu Slovenije pa je na voljo že 35 različnih modelov naprav LTE.



Slika 1: Bazna postaja LTE v Sloveniji

V svetovnem merilu je nabor naprav LTE še veliko večji, saj 154 različnih proizvajalcev ponuja kar 1563 različnih naprav LTE. Obstaja že 636 različnih pametnih telefonov LTE in 454 usmerjevalnikov LTE. Na treh frekvenčnih območjih: 800/1800/2600 MHz deluje 340 naprav, 589 naprav pa deluje na 1800 MHz.

Kljub velikemu uspehu omrežij LTE je pred nami še veliko izzivov. Mednarodno gostovanje v omrežjih LTE je zaenkrat na voljo le v nekaterih državah in med nekaterimi

operaterji. Ameriški mobilni operater AT&T ima na primer možnost gostovanja v posameznih omrežjih LTE 12 držav. Standard LTE ima tudi to omejitev, da v njem ni zajet prenos telefonskega pogovora, temveč le podatkov. Prenos govora je pokrit s standardom VoLTE, lahko pa je implementiran tudi s pomočjo CS Fallback iz LTE na 2G/3G. Nadaljnja težava, ki omejuje razmah omrežij LTE, je počasno dodeljevanje dodatnih frekvenčnih območij, ki jih regulatorji le počasi dajejo na razpolago, pri tem pa jih v Evropi izredno drago zaračunavajo. Visoke cene frekvenčnih območij v Evropi so že vplivale na počasnejše in zmanjšano investiranje v nadgradnjo mobilnih omrežij, zato je Evropa začela zaostajati za ZDA in Daljnim vzhodom. Operaterji morajo investirati ne le v gradnjo baznih postaj LTE, temveč morajo nadgraditi tudi hrbtenične podatkovne povezave do njih.

Po velikem uspehu omrežij LTE se nam sedaj obetajo tudi nadgradnje le-teh na omrežja LTE-Advanced, ki bodo omogočala še višje hitrosti prenosa podatkov, zmanjšali pa se bodo tudi odzivni časi. Prva omrežja LTE-Advanced so že v uporabi. Že leta 2012 je ruski operater Yota v Moskvi postavil omrežje LTE-Advanced s hitrostjo prenosa podatkov 300 Mbit/s. Junija 2013 je korejski operater SK Telecom postavil prvo nacionalno omrežje LTE-Advanced s hitrostjo prenosa podatkov okoli 150 Mbit/s in že v kratkem načrtuje nadgradnjo na 450 Mbit/s. Njegov konkurent LG Uplus je hitrost 450 Mbit/s že demonstriral v testnem omrežju. Operater EE (VB) je novembra 2013 v Londonu lansiral omrežje LTE-Advanced s hitrostjo 300 Mbit/s. Tudi Telstra (Australia) in Elisa (Finska) v svojih mobilnih omrežjih že podpirata to hitrost, T-Mobile v ZDA pa naj bi še letos dodal LTE-Advanced funkcionalnosti. Operaterja CSL (Hong Kong) in Etisalat (Arabski Emirati) testirata omrežje LTE-Advanced s hitrostjo 300 Mbit/s. Tudi Orange v francoskem mestu Bordeaux testira omrežje LTE-A na frekvenčnem pasu 3,4–3,6 GHz (v kombinaciji z 2,6 GHz), v katerem naj bi hitrosti dosegale okoli 300 Mbit/s.

S pomočjo LTE-Advanced se podirajo hitrostni rekordi glede podatkovnega prenosa v mobilnih omrežjih. Avstralski operater Optus je v zahodnem Sydneyu testiral hitrosti prenosa 520 Mbit/s v njihovem omrežju TD-LTE, pri čemer je združil štiri frekvenčne pasove na 2,3 GHz. Februarja 2014 je nemškemu Telekomu v mobilnem omrežju uspelo doseči hitrost 580 Mbit/s. Pri tem rekordu so prav tako združili več frekvenčnih območij in več anten (MIMO). Nekateri rekordni dosežki v testnih omrežjih LTE-Advanced pa so že precej stari. Že leta 2010 je bil v Las Vegasu predstavljen prenos prek LTE-Advanced povezave s hitrostjo 1,2 Gbit/s. Februarja 2007 je japonski mobilni operater NTT DoCoMo objavil rezultate testiranja, med katerim so dosegli maksimalno hitrost prenosa 5 Gbit/s s pomočjo frekvenčnega

pasu širine 100 MHz, pri čemer se je mobilni terminal gibal s hitrostjo 10 km/h. Omrežja LTE-Advanced lahko torej že kmalu presežejo hitrost 1 Gbit/s tudi zunaj testnega okolja, čeprav se je pri tem seveda potrebno zavedati, da so dejanske hitrosti prenosa v praksi vedno precej nižje od maksimalnih deklariranih hitrosti.

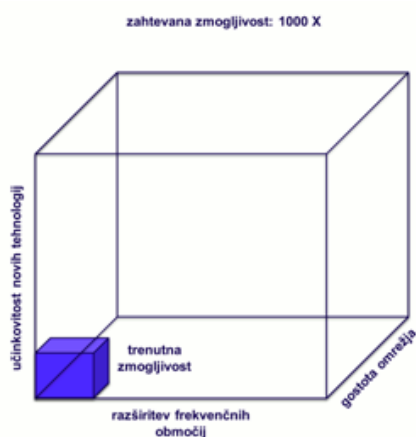
Toda kaj takšne hitrosti zares pomenijo v primerjavi z drugimi tehnologijami prenosa podatkov? Če jih primerjamo z drugimi načini dostopa do interneta, se izkaže, da jih močno prekašajo. Tehnologija WiFi 802.11n, ki je trenutno najhitrejši bolj razširjen način brezžičnega dostopa do interneta, omogoča hitrosti nekje do 300 Mbit/s, v praksi pa le 130 Mbit/s. Ožičeni internet se je izkazal za še precej slabšega, saj trenutno nekje najhitrejši ADSL2+ dosega okoli 24 Mbit/s, VDSL pa maksimalno 52 Mbit/s. Resna konkurenca LTE-Advanced je pravzaprav le optika, kjer pa večina ponudnikov interneta še vedno ponuja hitrosti do okoli 100 Mbit/s.

Najbolj presenetljivo je to, da mobilna omrežja s temi hitrostmi prenosa dosegajo in presegajo hitrosti v ožičenih lokalnih računalniških omrežjih, presegajo pa celo večino hitrosti prenosa podatkov med računalniki in njihovimi perifernimi napravami. LTE-Advanced tako že presega najpogostejše uporabljan vmesnik USB 2.0, ki ima maksimalno prepustnost 480 Mbit/s, v praksi pa dosega le okoli 215 Mbit/s. Hitrejši je celo od običajnega prenosa podatkov iz vgrajenega trdega diska.

Le malo je vmesnikov, ki po hitrosti prekašajo LTE-Advanced in še za te je težko verjeti, da jih sploh primerjamo s hitrostjo mobilnega omrežja. Hitrejši je na primer najnovejši USB 3.0 (max 4,6 Gbit/s), ki ga že uporablja vedno več naprav, ali SATA vodilo verzija 3.0 (6 Gbit/s), pa še tega bi dobro izkoristili šele s SSD-diskom, pri čemer dosežene hitrosti znašajo okoli 3,2 Gbit/s.

II. NAČINI, NA KATERE JE MOGOČE POVEČATI ZMOGLJIVOSTI MOBILNIH OMREŽIJ

Zmogljivost mobilnih omrežij je potrebno za doseganje tako visokih hitrosti prenosa podatkov znatno povečati. To je mogoče narediti na več načinov. Lahko se poveča količina uporabljenega frekvenčnega prostora, število baznih postaj, se uvaja nove tehnologije, nadgradi hrbtenično omrežje ali pa se preprosto omeji »ekstremne« uporabnike, ki ustvarjajo toliko podatkovnega prometa, da se ostalim uporabnikom zniža hitrost prenosa podatkov.



Slika 2: Zmogljivost mobilnih omrežij lahko povečamo predvsem na tri različne načine, katerih produkt nam da celotno povečanje

kapacitete, ki ga lahko predstavimo z razliko v velikosti majhnega in velikega kvadra na ilustraciji. Proizvajalci opreme, operaterji in uporabniki si želijo, da bi bilo povečanje 1.000-kratno.

Celotno povečanje zmogljivosti radijskega dela mobilnega omrežja lahko predstavimo kot produkt povečanja frekvenčnega prostora, ki je na voljo, izboljšanja hitrosti prenosa zaradi novih tehnologij in povečanja gostote omrežja, kar lahko dosežemo s postavitvijo velike količine majhnih celic. V bližnji prihodnosti lahko objektivno pričakujemo le za okoli trikrat več frekvenčnega prostora in približno šestkratno povečanje zmogljivosti zaradi uvedbe novih tehnologij. Če bi želeli povečati kapacitete mobilnega omrežja za faktor 1.000, bi tako morali njegovo gostoto povečati kar za faktor 56. Očitno bo povečanje zmogljivosti mobilnih omrežij slonelo predvsem na gradnji velikega števila majhnih celic.

Majhne celice bodo torej ključna nadgradnja, ki bo omogočila prenos veliko večje količine podatkovnega prometa. Njihova prednost je tudi ta, da bo zaradi njihove majhnosti mogoče veliko bolje izkoristiti višje frekvenčne pasove, ki omogočajo krajši doseg. Majhnost pomeni tudi manjšo porabo energije na vsaki posamezni celici in manjše sevalne obremenitve okolice. Vlaganje v klasično radijsko omrežje se bo zato pri mobilnih operaterjih zmanjšalo, vendar se bo hkrati povečalo vlaganje v majhne celice.

Kljub številnim prednostim gradnja majhnih celic predstavlja številne izzive. Pridobiti je potrebno ustrezne lokacije, ki imajo na voljo električni priključek, električni števec in hrbtenično povezavo ter tiste, ki so primerne s stališča lokalne regulacije. Problem bi znal biti tudi sam izgled majhnih celic, saj bi veliko število novih anten lahko sprožilo odpor lokalnega prebivalstva. Do težav bi lahko prišlo pri preklapljanju podatkovne povezave, ko bi se uporabnik gibal med celicami, kar se bo pogosto dogajalo celo pri počasnem premikanju. Predvsem bodo problematični preklopi med celicami različnih proizvajalcev. Pri postavljanju majhnih celic bo imelo ključno vlogo hrbtenično omrežje. Pri tem si bodo operaterji pomagali z usmerjenimi mikrovalovnimi povezavami.

Združevanje podatkovnega prometa se mora zgoditi čim bližje njegovemu nastanku, da se bolje izkoristi širokopasovne podatkovne povezave do majhnih celic. Sektorizacija majhnih celic je lahko pri tem v pomoč. Mobilni operaterji bodo nabavljali predvsem majhne celice, ki hkrati podpirajo LTE, HSPA in WiFi. Vsaka majhna celica bi morala imeti vsaj 100 Mbit/s povezavo s hrbteničnim omrežjem. Souporaba femtocelic med operaterji bo problem, saj operaterjem to načeloma ni v interesu. Majhne celice bi morale izboljšati tudi QoE.

Kapaciteta mobilnega omrežja se bo povečala tudi po zaslugi novih frekvenčnih območij. Zanimiva so predvsem naslednja:

- 800, 900, 1800, 2100 in 2600 MHz: Ta frekvenčna območja so že vključena v izvedene in načrtovane dražbe frekvenc po svetu.
- 694–790 MHz: Pas na 700 MHz je predviden za obravnavo na konferenci WRC-15 pod točko 1.2. agende v regiji 1, v ZDA pa je že v uporabi.
- 470–694 MHz: Ta frekvenčni pas je zelo primeren za območja izven naselij in za notranjost stavb ter omogoča poceni pokrivanje večjih območij, vendar je trenutno zaseden s TV-oddajniki.

- 1375–1492 MHz: Ta frekvenčni pas ponuja dober doseg in hkrati tudi dobre prenosne hitrosti.
- 2700–2930 MHz: Ta pas je trenutno rezerviran za letalsko navigacijo in lociranje.
- 3300–4200 MHz: Ima potencial za zelo visoke prenosne hitrosti, vendar ima kratek doseg.

Pri tem bo mogoče združevati več frekvenčnih pasov za zagotavljanje višje prenosne hitrosti. Nižje frekvence bodo sicer primernejše za zagotavljanje pokritosti, višje pa za visoke hitrosti prenosa.

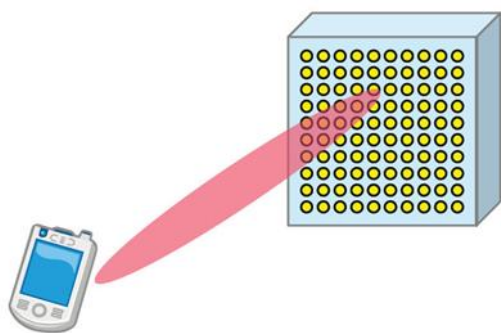
Poleg gostejše pokritosti in novih frekvenčnih območij bodo večje zmogljivosti zagotavljale tudi nove tehnologije, ki bodo povečale učinkovitost mobilnih omrežij.

Ena najpomembnejših tovrstnih tehnologij je MIMO (Multiple-Input, Multiple-Output), ki uporablja več anten na strani sprejemnika in oddajnika. Signali, ki od oddajnika potujejo po več poteh, se sestavijo v sprejemniku. MIMO deluje celo bolje kadar so ovire na poti radijskih signalov. Možne so kombinacije od MIMO 2X2 do MIMO 8X8 (tudi MIMO 4X2).

S pomočjo tehnologije CoMP (Coordinated Multi-point Transmission/Reception) je mogoče izboljšati hitrost prenosa podatkov na robu celic. Gre za hkratni prenos dveh tokov podatkov iz dveh sosednjih celic na en mobilni terminal. Zmanjša se tudi medsebojni vpliv celic, ker delujejo usklajeno. Pri tem gre večinoma le za nadgradnje programske opreme.

S tehnologijo Advanced Transmitter Beamforming lahko oblikujemo radijski žarek v treh razsežnostih ob hkratni uporabi tehnologij MIMO in Active Antenna System (AAS). To omogoča kontrolo smeri žarka tako v vodoravni kot navpični smeri. Mogoče je celo ustvariti navidezne sektorske celice znotraj večjih celic.

Najbolj napredna pa je tehnologija Massive MIMO, ki je še posebej uporabna na višjih frekvenčnih pasovih. Temelji na antenah, ki so sestavljene iz več kot 100 posameznih manjših anten. Omogoča oblikovanje zelo ozkega žarka, ki je usmerjen k posameznemu uporabniku. To zmanjša izgube na večjih razdaljah, ki sicer nastanejo pri višjih frekvencah. Antene namenjene višjim frekvencam se lahko miniaturizirajo, njihovo število pa se s tem lahko poveča. Zmanjšajo se tudi potrebe po dodatnih lokacijah za celice, manjša pa je tudi poraba elektrike, zato se zmanjšajo tudi stroški obratovanja.



Slika 3: Tehnologija Massive MIMO bo znatno izboljšala prenosne hitrosti, zmanjšala porabo energije in potrebe po novih lokacijah baznih postaj.

Pomembno spremembo arhitekture bo prinesel Cloud RAN. Gre za centralizirano arhitekturo radijskega omrežja, v

katerem je večino procesiranja izvedeno znotraj računalniškega oblaka. Centralna lokacija je izvedena kot računalniški oblak in znotraj nje se dogaja večina procesiranja, ki je bilo doslej izvedeno v okviru baznih postaj. Izvedba Cloud RAN temelji na uporabi anten Remote Radio Head (RRH) skupaj z izredno hitrimi optičnimi povezavami, pri katerih so zakasnitve zelo majhne. SK Telecom v Južni Koreji že uporablja centralizirano arhitekturo in virtualizacijo za njihova omrežja LTE. Cloud RAN gradi tudi NTT DoCoMo na Japonskem in China Mobile.

Pri 3GPP razmišljajo o poimenovanju za omrežja LTE, ki bodo implementirana na osnovi različice Rel-12 njihovih standardov. Ime bi predstavljalo nov cikel inovacij na omrežju, ki jih ta različica uvaja: hyper-densification, device-to-device communications, Machine-Type Communications, advanced MIMO itd. Predlagana imena so: LTE 2.0, LTE-B, LTE-Beyond, LTE-X, LTE-extra, LTE+, LTE-ultra.

Zaenkrat se omrežja, ki bodo sledila LTE-Advanced in bodo predstavljala naslednjo generacijo mobilnih omrežij, imenujejo kar 5G. Standardi za 5G naj bi bili na voljo okoli leta 2017, komercialno pa naj bi bil 5G na voljo po letu 2020. 5G bo slonel predvsem na naslednjem:

- Tehnologiji Massive MIMO
- Uporabi visokih frekvenčnih pasov (npr. 6–60 GHz)
- Ultra gostih omrežjih majhnih celic
- Tehnologiji 3D MIMO
- Uporabi Cloud RAN
- Uporabi kognitivnega radia in SDN
- Varčevanju z energijo

Proizvajalci opreme pri tem napovedujejo hitrosti nad 10 Gbit/s na uporabnika. Južna Koreja že namenja 1,5 milijarde dolarjev za 5G, Evropa pa bo v okviru Horizon 2020 za 5G namenila 700 milijonov evrov.

III. PODATKOVNI PROMET V MOBILNIH OMREŽJIH PRIHODNOSTI

Prenos podatkov v mobilnih omrežjih narašča eksponentno in vse napovedi napovedujejo nadaljnjo eksponentno rast tudi v prihodnjih letih. Znatno narašča tudi signalizacija v omrežju, kar je posledica naraščajoče uporabe pametnih telefonov.

Število mobilnih uporabnikov se bo z 3,2 milijarde v letu 2012 povečalo na 3,9 milijarde uporabnikov v letu 2017. Število uporabnikov LTE bo narastlo z 62 milijona v letu 2012 na 920 milijonov v letu 2017. Vsako leto naj bi se količina prenesenih podatkov povečala za 66 %. Prenos podatkov ostaja glavno področje rasti za mobilne operaterje v vseh svetovnih regijah. Povečala se bo količina pametnih telefonov tudi v tretjem svetu.

Prišlo bo do prehoda na omrežja All-IP. Zaradi tega bodo operaterji obstoječo opremo 2G/3G postopoma zamenjevali s cenejšimi usmerjevalniki in stikali. Omrežje IP bo tudi bolj neodvisno od prihodnjega razvoja radijskih tehnologij (razen seveda kapacitet). Jedrno omrežje se zato lahko razvija neodvisno od radijskega dela. Jedrno omrežje postaja tako bolj fleksibilno in se lahko prilagodi tudi drugim dostopovnim omrežjem. Prihaja lahko do združevanja prenosa podatkov, govora in multimedije. Lažje je implementirati inteligenco v omrežju, vključno s SDN in radijskim oblakom. Nemški Telekom na primer pospešeno prehaja na omrežje All-IP. Makedonski Telekom, ki je v

njihovi lasti, je februarja 2014 prvi v Evropi dokončal migracijo na omrežje IP. V naslednjem letu Makedoniji sledita Hrvaška in Črna Gora.

IV. MOBILNE STORITVE PRIHODNOSTI

Eno najpomembnejših storitev v mobilnem omrežju bo predstavljal Mobilni računalniški oblak, ki bo najverjetneje postal najbolj dinamičen del računalništva v oblaku. Ta sprememba bi lahko v temeljih spremenila IT-industrijo. Pojavili se bodo novi poslovni modeli. Mobilni računalniški oblak bo izrazito izboljšal zmogljivosti mobilnih naprav.

Tencent na kitajskem na primer že danes ponuja 10 TB brezplačnega pomnilnika v računalniškem oblaku. Nekaj drugih ponudnikov pa ponuja 1 TB brezplačnega pomnilnika. Tablični računalniki bodo s pomočjo mobilnega računalniškega oblaka postali izredno zmogljive naprave. Za resno uporabo oblaka so potrebni nizki odzivni časi v omrežju.

Obeta se tudi temeljita sprememba klasične TV. Narašča namreč uporaba online video storitev. Vedno več oddaj je na voljo online. V Nemčiji razmišljajo celo o ukinitvi DVB-T, pri čemer je bila analogna TV seveda že ukinjena. V prihodnosti naj bi po tem načrtu uporabljali le satelitsko in kabelsko TV. Omrežje LTE so že sposobna pošiljati video visoke ločljivosti iz kamer na terenu v živo do studia, prihaja pa že tudi ločljivost 4K, pri čemer so nadgradnje na to ločljivost v smislu klasične TV v veliki zamudi.

Statistični podatki kažejo, da se uporaba klasičnih TV aparatov in računalnikov za ogled avdiovizualnih vsebin zmanjšuje, narašča pa njihov ogled s pomočjo prenosnih in tabličnih računalnikov ter pametnih mobilnikov. Potrošniške navade se torej hitro spreminjajo.

Video streaming (VoD) postaja podobno priljubljen kot standardna TV, njegova prednost pa je ta, da gledalci lahko določijo termin ogleda. Med ogledom filma gledalci s pomočjo mobilnih telefonov in tablic lahko prejemajo tudi dodatne informacije. Gledalci med dolgočasnim delom filma ali reklamami preverjajo elektronsko pošto, Facebook, SMS, Whatsapp, igrajo videoigre ali gledajo nek drug video. Standardna TV je zaradi fiksnosti časovnih terminov ogleda primerna predvsem na primer za športne dogodke in dnevne novice in predstavlja vedno manjši del celotne multimedijske izkušnje.

Ena pomembnih storitev v mobilnih in drugih omrežjih prihodnosti bo ambientni video. Gre za nekakšen časovno neomejen Skype video klic; nekateri to imenujejo tudi "Room-to-room call". Del Skype uporabnikov video klicev do bližnjih sorodnikov ali partnerjev ne zaključuje in je zveza z njimi neprestano vzpostavljena. Prednost takšnega klica je v tem, da uporabnikom ni potrebno vsakič znova vzpostavljati klica in da je vzpostavljena neke vrste oddaljena prisotnost oziroma okno, ki prikazuje oddaljeni prostor. V resnici takšen klic ne obremenjuje podatkovnih povezav pretirano, saj med dolgimi obdobji neaktivnosti ni preneseno veliko podatkov.

Mobilna omrežja bodo v prihodnosti uporabljena tudi za nadgrajeno resničnost, s pomočjo katere se sliki, ki jo uporabnik opazuje skozi posebna očala ali mobilni telefon, dodaja relevantna informacija. Na ta način je mogoče vzpostaviti navidezna muzeje, nuditi turistične informacije ali igrati videoigre znotraj resničnega okolja.

Ravno videoigre se bodo s pomočjo računalniškega oblaka lažje preselile na prenosne naprave ob predpostavki,

da bodo prenosne hitrosti dovolj velike in odzivni časi dovolj kratki. Že sedaj obstaja več ponudnikov videoiger v oblaku, kot sta na primer OnLive in GaiKai.

Zanimivo alternativo operacijskim sistemom iOS in Android predstavlja Mozilla Firefox, ki so ga lansirali julija 2013. Uporablja odprte spletne standarde, kot so HTML, CSS in JavaScript, zato ni potrebno plačevati licenc. Vsak, ki izdela spletno stran, lahko načeloma naredi tudi aplikacijo za Firefox OS (operacijski sistem). Gre torej za poceni alternativo Androidu in iOS. Prvi telefoni so bili na voljo že za 69 evrov (z vključenimi 30 minutami govora). Ta OS, ki ga aktivno podpira 18 večjih mobilnih operaterjev, bo predvidoma na voljo tudi ta tablične računalnike.

Podobne ambicije je imela tudi različica operacijskega sistema Ubuntu OS za pametne telefone in tablične računalnike. Ta OS naj bi bil najprej na voljo na telefonu Ubuntu Edge. Žal telefon Ubuntu Edge ni zbral dovolj denarja skozi crowdfunding (zbral je "samo" 12 milijonov USD), tako da bodo poskusili ponovno. Prve tovrstne naprave, ki so že dobile podporo s strani EE, Deutsche Telekom, Korea Telecom in Telecom Italia naj bi bile po prvotnem načrtu na voljo že v letu 2014, sistem pa naj bi bil kompatibilen z Androidom. Zanimivo je tudi to, da naj bi bil Ubuntu Edge prvi pametni telefon, ki bi ga bilo možno uporabljati kot PC.

V prihodnjih mobilnih omrežjih se bodo močno izboljšale tudi storitve povezane z javno varnostjo. Možna bo hitrejša izmenjava informacij, vključno z multimedijskimi vsebinami. S pomočjo omrežja senzorjev IoT (temelječem na IPv6), bo mogoče temeljiteje nadzorovati območja, ki jih je prizadela naravna katastrofa. Policisti in gasilci bodo lahko v živo spremljali dogajanje na terenu in izvajali oddaljen nadzor. Telekom Slovenije med drugim sodeluje v evropskem projektu 6inACTION (GEN6), v okviru katerega se testira mobilni nadzorni center, ki komunicira prek omrežja LTE in satelita.



Slika 4: Mobilni nadzorni center ljubljanskih gasilcev, ki preko omrežja LTE Telekoma Slovenije komunicira z omrežjem senzorjev in glavnim nadzornim centrom.

Vse bolj pomembne bodo tudi storitve M2M, ki pa bodo povečale količino signalizacije v omrežju. Pri tem obstaja nevarnost istočasne signalizacije milijonov naprav M2M. Storitve M2M bodo zanimive predvsem na področju inteligentnih transportnih sistemov in pametnih električnih števec.

V. ZAKLJUČEK

Majhne celice bodo ključne za povečanje kapacitete v mobilnih omrežjih prihodnosti. Potrebno je zagotoviti čim več frekvenčnega prostora za mobilne operaterje, da bodo ti lahko svoja omrežja nadgradili in preko njih omogočili visoke hitrosti prenosa podatkov. Dostop do oddaljenih podatkov prek mobilnega omrežja bo v prihodnosti lahko celo hitrejši od dostopa do lokalnih podatkov. Ogled videa bo v prihodnosti iz klasične TV počasi prehajal na druge medije. Mobilna omrežja bodo torej vedno bolj vlivala na razvoj številnih področij, zato je njihov razvoj pomemben za celotno gospodarstvo.

LITERATURA

- [1] Arthur D. Little, Connected Things, 2014
- [2] Huawei, 5G: A Technology Vision, 2013
- [3] 4G Americas, 4G Mobile Broadband Evolution, 3GPP Release 11 & Release 12 and Beyond, februar 2014.
- [4] Ericsson, Orange, Telecom Italia, Telekom Slovenija, Telenor, PC on ECC/DEC/(11)06 Frequency arrangements in the 3.4-3.6 GHz band
- [5] DAE Scoreboard 2013
- [6] GSMA Intelligence, Global LTE network forecasts and assumptions, 2013–17, november 2013



Mag. **Peter Zidar** je vodja standardizacijske pisarne v Telekomu Slovenije in predsednik operatorske skupine mednarodne organizacije UMTS Forum, v katerem je tudi član upravnega odbora. Ima okoli 20 let delovnih izkušenj na področju telekomunikacij in IT. Od leta 2000 je bil zaposlen pri Mobitelu, kjer je med drugim vodil projekte razvoja lokacijskih storitev, Uverture in postavitve spletnega portala Planet. Med leti 2003 in 2005 je vodil Sektor za projekte, od 2004 do 2010 pa je bil tudi vodja Mobitelove raziskovalne skupine.

V Telekomu Slovenije je v vlogi kontaktne osebe za številne mednarodne organizacije, kot so na primer ETSI, 3GPP, ETNO, OMA in UMTS Forum. V vlogi predstavnika UMTS Forumu in Telekoma Slovenije je nastopil že na 26 mednarodnih konferencah po vsem svetu.

Doslej je napisal že več kot 100 poljudno-znanstvenih člankov predvsem v reviji Življenje in tehnika, nekaj pa tudi v reviji GEA in prilogi Znanost časopisa Delo. V letu 2008 je izšla njegova knjiga Odstirto vesolje (14.900 izvodov), leta 2011 pa knjiga Kratka zgodovina videoiger (13.500 izvodov).

Omrežja pete generacije mobilnih komunikacij

Tomi Mlinar, Inštitut za EMS

Povzetek — Članek opisuje razvoj mobilnih omrežij četrte in pete generacije. Četrta generacija (4G) je na začetku svoje poti, čeprav je od postavitve prvih omrežij 4G minilo že več let. Standardi se še vedno razvijajo in vsaka naslednja različica je dopolnjena z zadnjimi razvojnimi dosežki. Peta generacija (5G) se predvideva v letih po 2020. Značilno zanjo naj bi bile prenosne hitrosti nad 10 Gbit/s in druge lastnosti, kot na primer dinamično dodeljevanje virov, uporabniku prilagojena uporabniška izkušnja, ad-hoc vzpostavljanje mobilnih omrežij, internet stvari, uporaba višjih frekvenčnih območij (nad 30 GHz), uporaba pametnih in učinkovitih sprejemnikov in podobno. Predvideva se tudi aktivno sodelovanje z drugimi brezžičnimi omrežji (npr. WiFi).

Ključne besede — četrta generacija, peta generacija, LTE, LTE-Advanced, mobilne komunikacije, širokopasovnost, prenosne hitrosti

Abstract — This paper describes development of mobile networks of a fourth and fifth generation. The fourth generation (4G) is at the beginning of its path, although many years have passed since the layout of the first 4G networks. 4G specifications are still under development and every new release brings some new features. First 5G networks are expected in the years after 2020. They should allow transfer speeds of more than 10 Gbps and actively deploy some features as dynamic resources allocation, user specific experience, ad-hoc multi hop mobile networks, internet of things, smart and efficient receivers, use of higher frequency bands (above 30 GHz), use of smart and efficient receivers, etc. Active 5G interworking with other wireless networks is also foreseen (e.g. WiFi).

Keywords — 4G, 5G, LTE, LTE-Advanced, mobile communications, broadband, transmission speeds

I. UVOD

Omrežja se razvijajo, o tem ni dvoma. Ponujajo nam več in več, vprašanje je le, kakšne so dejanske potrebe uporabnikov teh omrežij. Seveda uporabniki nismo odporni proti novostim. Nekateri smo sicer bolj konservativni in šele s časom popustimo, drugi, zgodnji 'posvojitelji', pa se nad novostjo navdušijo takoj, ko zagleda luč sveta in ji odpustijo vse 'porodne težave' in 'otroške bolezni', samo da so med njenimi prvimi uporabniki.

Za omrežja prihodnosti je pomembna tudi poštena konkurenca, ki zajema socialne vrednote. Osnovno zgradbo javnih telekomunikacijskih omrežij je težko spremeniti, saj so za to potrebna ogromna vlaganja v izgradnjo, upravljanje in vzdrževanje. Njihovo zgradbo je treba načrtovati tako, da bo dovolj prilagodljiva za neprestano spreminjajoče se zahteve. Internetni protokol, na primer, vključuje različne protokole v spodaj ležečih ravninah. S svojim preprostim naslavljanjem in drugimi lastnostmi se je uspel prilagoditi velikim spremembam v nadgradljivosti, kakovosti storitev in varnosti.

Omrežja pete generacije (5G) so zagotovo omrežja prihodnosti. S to oznako opisujemo predvidevanja, kaj bomo imeli po letu 2020, prave standardizacije za to generacijo (ITU, 3GPP) pa še ni.

Zanimiva je misel Theodora Sizerja, vodje brezžičnega razvoja v podjetju Bell Labs, ki je za Mobile World Live izjavil, da je treba pri snovanju in razvoju omrežij pete generacije (5G) misliti na generacijo uporabnikov, ki so bili rojeni po letu 2000. Kot pravi Sizer, je to generacija, ki ni nikoli slišala za žični telefon ali si telefon delila s svojimi starši, generacija, ki se ji ni treba zapomniti nobene številke, generacija, ki pozna le svet, kjer je nenehno brezžično

povezana. Bo pa ta generacija masovno uporabljala storitve pete generacije, ki jim bodo v polni obliki na voljo okrog leta 2025.

II. KAJ SE PRIČAKUJE OD OMREŽIJ PRIHODNOSTI

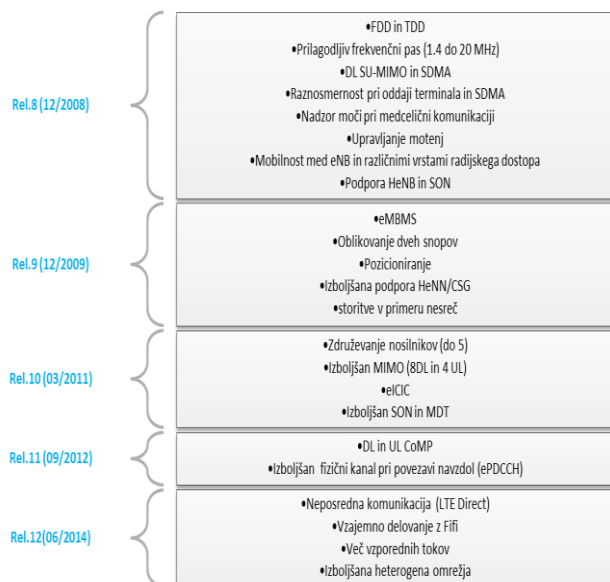
Od omrežij prihodnosti se pričakuje, da bodo izpolnila potrebe uporabnikov po vedno večjih količinah prenesenih podatkov, večji varnosti, hitrosti dostopa, lokacijski neodvisnosti in podobno, ne da bi operaterji morali za to veliko investirati ali pomembneje povečati vzdrževalne stroške. Omrežja prihodnosti morajo biti na eni strani dovolj univerzalna, na drugi strani pa tudi dovolj prirejena po meri posameznika. Omogočati morajo konkurenco in dovolj prihodka vsem členom v verigi.

Danes so telekomunikacije precej več kot le telefonija. Počasi prehajamo v fazo, ko je količina prenesenih podatkov (brskanje po internetu, prenašanje datotek, video vsebine itd.) v omrežjih precej večja, kot je količina osnovnega govornega prometa (vodovna komutacija), pa še ta se vedno bolj seli v svet internetnega protokola (IP). Trend gre torej v smer povečevanja podatkovnega prometa, prav po zaslugi telefonije IP in t. i. povrhnjih storitev OTT (ang. over-the-top), kjer prednjači Skype in druge podobne aplikacije.

Operaterji mobilnih omrežij so sledili trendom in spremenili model zaračunavanja. V naročniške pakete dajejo tako rekoč neskončne količine govornih minut in sporočil sms/mms, posebej pa zaračunavajo gigabite prenesenih podatkov. Ali povedano drugače, količina govornih minut ne pomeni nič, količina prenosa podatkov pa ima svojo ceno. Z novo evropsko zakonodajo, ko se počasi poslavljamo tudi od posebnih tarif za gostovanje v omrežjih drugih držav, bodo verjetno v paketih zajeti tudi klici v vsa evropska omrežja. Hitrejši kot je omrežje, bogatejše vsebine lahko prenašamo preko brezžične povezave in hitreje zapolnimo mesečno kvoto gigabajtov. In če primerjamo cene v brezžičnih in fiksnih omrežjih (pri katerih še vedno lahko prenesemo neomejene količine gigabitov za fiksno mesečno naročnino), so slednja z vidika končnega stroška še vedno ugodnejša za tistega, ki je velik porabnik podatkovnih storitev. Za uporabnike, ki uporabljajo podatkovni prenos za brskanje po spletu in branje elektronske pošte, pa so brezžična omrežja cenejša. Cene podatkovnih paketov so v Združenih državah Amerike dražje [2]. AT&T ponuja 12 različnih mesečnih podatkovnih paketov, od 300 megabajtov za 20 ameriških dolarjev pa vse do 50 gigabajtov za 375 dolarjev.

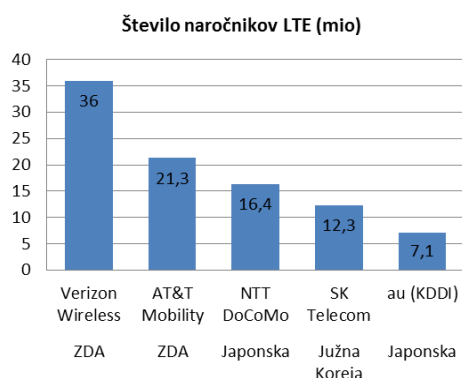
III. OMREŽJE ČETRTE GENERACIJE MOBILNIH KOMUNIKACIJ

Omrežje 4G ali LTE ima danes prenosne hitrosti okrog 300 Mbit/s, tehnološko in z novimi standardi pa se hitro bližamo meji 1 Gbit/s. Različice standardov in njihove funkcionalnosti, ki so zajete v posamezni fazi razvoja četrte generacije so prikazane na sliki 1.



Slika 1. Različice standardov 3GPP od številke 8 do 12

Pri omrežjih 4G (LTE) so z uvedbo prvih omrežij v letu 2010 prednjačile Združene države Amerike [2]. Trenutno je ameriški trg po številu priključkov četrte generacije daleč največji na svetu – ima jih približno 100 milijonov. Glavna igralca na tem trgu sta Verizon Wireless in AT&T, ki skupaj pokrivata skoraj 60 milijonov priključkov (slika 2). Po podatkih operaterja Verizon Wireless je približno 64 odstotkov vsega njihovega podatkovnega prometa v omrežju 4G. AT&T poroča, da je bilo oktobra 2013 v njihovem omrežju približno šestkrat več podatkovnega prometa kot govornega prometa.



Slika 2. Največji svetovni operaterji omrežja LTE v tretjem četrtletju 2013 (Vir: GSMA Intelligence)

Na začetku leta 2014 je ameriški operater AT&T naredil še korak naprej in predstavil sponzoriran prenos podatkov za mobilne uporabnike. Po tem modelu lahko podjetja reklamirajo določeno vsebino, uporabnikom pa plačajo

stroške podatkovne povezave. Tako lahko na primer zavarovalnice v mobilnih aplikacijah predstavljajo video vsebine, ki so označene kot reklamne. Uporabnik, ki si te vsebine ogleduje, ne plača podatkovnega prenosa, celo več, na voljo dobi še nekaj brezplačnih količin, ki jih lahko porabi v druge namene.

Zanimiv je podatek [3], da je uvedba omrežij četrte generacije v Aziji (Južna Koreja in Japonska) in Združenih državah Amerike pomenila precejšen porast povprečnega prihodka na uporabnika (ARPU) od podatkovnih storitev, medtem ko se je ta v Evropi celo zmanjšal. Trenutno je ARPU v Evropi okrog 30 dolarjev, v Južni Koreji 43 in v Združenih državah Amerike 45 ameriških dolarjev. Dobra kakovost omrežij LTE v Južni Koreji je celo povzročila, da uporabniki ostajajo na omrežju, tudi če je prisotno omrežje WiFi, ki je načeloma brezplačno.

Do zanimive ugotovitve so prišli raziskovalci v podjetju NSN Smart Labs [8], ki so ugotovili, da pametni telefoni, ki za govorno komunikacijo uporabljajo VoLTE, porabijo tudi polovico manj baterije kot pametni telefoni, ki uporabljajo VoIP kot povrhno storitev (OTT). Parametri, ki so jih merili, so bili poraba baterije, vrsta podatkovne povezave, količina prenesenih podatkov/prepustnost in količina signalizacije. Zvočna kakovost ene in druge storitve je bila primerljiva. Za vzdrževanje stanja pripravljenosti generira VoIP od 100 do 200 odstotkov več signalizacije v omrežju LTE kot VoLTE. Aplikacije VoIP med aktivno zvezo zahtevajo 20 do 40 odstotkov večjo prepustnost kot klienti VoLTE. Skratka, poleg manjše porabe baterije je uporaba VoLTE tudi do omrežja bolj prijazna kot večina aplikacij VoIP.

Trenutno je v uporabi standard 3GPP različice 11, ki je bil izdan leta 2012. Njegove pomembnejše tehnološke lastnosti so:

- tehnika usklajenega večtočkovnega delovanja (oddaje in sprejema) CoMP (ang. Coordinated Multi-Point operation);
- izboljšan nadzorni kanal fizične povezave navzdol ePDCCH(ang. Enhanced Physical Downlink Control Channel);
- izboljšana tehnika za koordinacijo medceličnih motenj eICIC (ang. Enhanced Inter-cell interference coordination).

Naslednja stopnja razvoja mobilnega omrežja je v prevodu Napredni LTE (ang. LTE Advanced), ki se od LTE razlikuje v uporabi tehnik, ki omogočajo še večje prenosne hitrosti. Po tolmačenju mednarodne organizacije za telekomunikacije ITU (ang. International Telecommunication Union), naj bi šele z uvedbo Naprednega LTE dobili pravo omrežje četrte generacije (4G). Združenje 3GPP je že z različicama 10 in 11 sprejelo podlage za Napredni LTE oziroma 4G.

In kaj lahko pričakujemo v različici 12 3GPP, ki jo pričakujemo letos poleti, in naslednjih različicah, ki bodo sledile?

A. Tehnike, ki bodo izboljšale zmogljivost omrežja in lastnosti celice na njenem robu [6]

- Nadaljnje manjšanje celic (vpeljava modulacij višjega reda pri povezavi navzdol, npr. 256QAM, izboljšava mehanizmov za prehode med celicami, sinhronizacija med celicami preko radijskega vmesnika, odpravljanje motenj, ko so v bližini celice LTE TDD z različnimi

hitrostmi na povezavah navzdol/navzgor, hkratna povezava mobilnega terminala z makro in majhno celico - preko slednje poteka hiter podatkovni prenos in podobno).

- Izboljšave anten (tridimenzionalno modeliranje prenosnega kanala – več dimenzionalni MIMO, oblikovanje antenskega snopa, prirejeno mobilnemu terminalu in podobno).
- Vpeljava drugih tehnologij (razvoj tehnike CoMP, razvoj naprednih tehnik za odpravo motenj na strani terminala).

B. Tehnike, ki bodo omogočile boljšo izrabo frekvenčnega spektra na strani terminala

- Izboljšave pri agregaciji nosilnikov (ang. Carrier Aggregation), na primer združevanje nosilnikov FDD in TDD (operaterji lahko boljše izrabijo dani frekvenčni prostor, zveza je lahko sidrana ali na nosilnik TDD ali na nosilnik FDD, obstoječi terminali lahko samostojno izberejo povezavo na nosilnik TDD ali FDD).
- Razvoj načinov za neopazno prehajanje med omrežjema LTE/UMTS in WIFI v stanju mirovanja in tudi v zvezi. Cilj je izboljšanje mobilnosti in uravnoteženje zasedenosti zmogljivosti obeh omrežij.

C. Tehnike, ki bodo izboljšale obstoječe storitve in omogočile nove

- Zmanjšati stroške in povečati doseg komunikacije med napravami (ang. Machine Type Communications, MTC) (predvsem gre za komunikacijo, ki ni občutljiva za zakasnitve in dobro deluje tudi pri nižjih prenosnih hitrostih, prenosna hitrost je lahko omejena na 1 Mbit/s, podatkovni kanal je lahko ozkopasoven, ima eno sprejemno anteno, lahko deluje s polovičnim dupleksom in podobno).
- Omogočiti neposredno komunikacijo med napravami (ang. Device to Device, D2D), predvsem ko gre za vprašanje javne varnosti in specifične uporabniške primere.
- Razviti skupinsko komunikacijo za zaščito javne varnosti ali omogočiti prednost govorni komunikaciji v primeru zasičenj omrežja, ko so ogrožena življenja.

Zanimivo je predvidevanje [9], da se bo oprema LTE precej uporabljala tudi v taktične in vojaške namene. Do leta 2020 naj bi bilo v te namene v uporabi okrog 15 tisoč baznih postaj. Celice naj bi bile v različnih oblikah, kot na primer celica v škatli, celica na kolesih in celo celice na zračnih plovilih.

IV. OMREŽJE PETE GENERACIJE MOBILNIH KOMUNIKACIJ

V času, ko države šele uvajajo četrto generacijo mobilnih komunikacij (4G), se marsikomu zdi prehitro govoriti o peti generaciji (5G), vendar države, ki so informacijsko in komunikacijsko korak pred ostalimi (kot Južna Koreja), že pospešeno vlagajo v naslednjo generacijo. Zavedajo se namreč, da je ogromna prednost, če si na nekem področju prvi. Južna Koreja je v zadnjem obdobju namenila peti generaciji mobilnih komunikacij milijardo in pol dolarjev [1], ki naj bi bilo za komercialno uporabo razvito do leta 2020, prvo testno omrežje pa bo predvidoma v uporabi že leta 2017. Pomemben podatek, ki govori o njihovih načrtih, je še ta, da

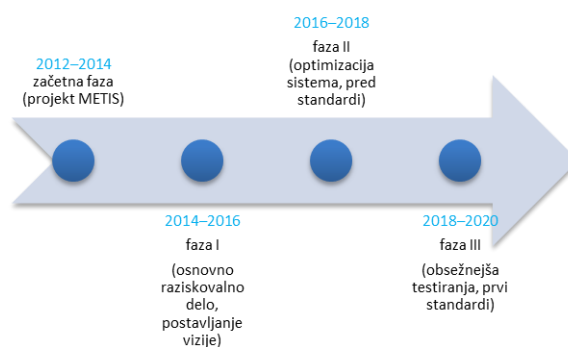
imajo velik odstotek mladega prebivalstva (do 25 let), ki so tradicionalno zgodnji posvojitelji novosti.

Tudi Evropska komisija je namenila razvoju pete generacije 50 milijonov evrov. Mnenje nekaterih [4] je, da bistvena prednost 5G ni v še večjih prenosnih hitrostih, ki naj bi na radijskem delu dosegale vsaj 10 Gbit/s, temveč da bo na radijskem delu omrežja zajel vsa frekvenčna območja, ki jih zdaj uporabljajo trenutne ali starejše generacije in tako povezal vse storitve v eno omrežje pete generacije. Z vidika uporabnosti in varnosti bi moralo omrežje 5G kot skupek vseh predhodnih omrežij in frekvenčnih območij delovati kot eno inteligentno omrežje – centralna omrežna inteligenca bo uporabnika priklopila na optimalno tehnologijo in frekvenčni pas za njegovo trenutno storitev. Razvojni dosežki novih generacij morajo biti uporabni tudi za predhodne generacije. Tehnološka lastnost združevanja nosilnikov, ki je bila del razvoja četrte generacije (LTE), je bila vpeljana že v omrežjih tretje generacije. Podobno mora veljati tudi za vse razvojne dosežke v okviru 5G.

Konec leta 2013 je Evropska komisija ustanovila združenje, ki ga je poimenovala Javno zasebno partnerstvo 5G (ang. 5G Public Private Partnership) [5, 10, 11]. To združenje naj bi razvilo potrebno tehnologijo in infrastrukturo za 5G. Člani združenja so različne raziskovalne institucije ter podjetja iz sektorja telekomunikacij in informacijske tehnologije. V naslednjih sedmih letih (do 2020) naj bi Evropa investirala v razvoj pete generacije 700 milijonov evrov.

Faze razvoja 5G PPP naj bi si po letih sledile takole (slika 3):

- 2012 do 2014 – začetna faza (projekt METIS)
- 2014 do 2016 – faza I (osnovno raziskovalno delo, postavljanje vizije)
- 2016 do 2018 – faza II (optimizacija sistema, pred standardi)
- 2018 do 2020 – faza III (obsežnejša testiranja, prvi standardi)



Slika 3. Faze razvoja pete generacije v Evropi (5G PPP)

Začetna faza partnerskega razvoja pete generacije je projekt METIS (ang. Mobile and Wireless Communication Enablers for Twenty-twenty Information Society) [12], katerega namen je postaviti temelje za peto generacijo. Njegov proračun je preko 27 milijonov evrov. Konzorcij sestavlja 29 partnerjev, proizvajalcev telekomunikacijske opreme, operaterjev omrežij, avtomobilska industrija in znanstvene institucije.

Nekateri projekti razvoja posameznih segmentov mobilnih omrežij naslednje generacije [13, 14, 15, 16, 17, 18], ki že tečejo in so večinoma podprti z denarjem Evropske komisije v okviru Sedmega okvirnega programa, so:

5GNOW – kratica pomeni Non-orthogonal Waveforms for asynchronous signalling. Projekt se ukvarja z razvojem mobilnih komunikacijskih tehnologij, kot je LTE-Advanced, v smislu izzivov, ki jih predstavljajo internet stvari, Digitalna agenda in heterogena omrežja.

iJOIN – projekt razvija rešitev za skupno oblikovanje dostopovnega (access) in zalednega (backhaul) omrežja. Cilj je povezati majhne celice omrežij prihodnosti s t. i. omrežjem v oblaku.

TROPIC – projekt želi povezati majhne femto ali domače celice in računalništvo v oblaku v eno omrežje. Želi odgovoriti predvsem na dve vprašanji: kakšne so komunikacijske in računske tehnologije, ki bi povezale omrežje femto celic s paradigmo računalništva v oblaku, in kakšne so prednosti povezave femto–oblak na področju spektralne in energetske učinkovitosti in boljših storitev.

COMBO – kratica pomeni CONvergence of fixed and Mobile BrOadband access/aggregation networks. Projekt se je začel januarja 2013. Zanj je namenjenih 7 milijonov evrov. Ukvarja se z raziskovanjem novih pristopov k združevanju fiksnih in mobilnih širokopasovnih dostopovnih in agregacijskih omrežij za različne namene (gosto poseljena mesta, urbana naselja, podeželje).

MOTO – kratica pomeni Mobile Opportunistic Traffic Offloading. Projekt raziskuje omejitve tehnologij 4G/LTE v pogojih nasičenja omrežja in išče alternativne načine komunikacije med terminali, da se v takšnih pogojih razbremenijo omrežje 4G/LTE.

PHYLAWS – kratica pomeni PHYsical LAYer Wireless Security. Kot že ime pove, želi projekt razviti nove načine za zaščito zasebnosti na fizični ravni (radijski kanal) brezžičnih omrežij. Rezultati naj bi bili uporabni tako za obstoječa kot za prihodnja omrežja.

Če strnemo več razmišljanj [1, 4, 5, 10–19], naj bi bile lastnosti omrežij pete generacije, da bi se res razlikovale le od manjših nadgrajenih obstoječih generacij, naslednje:

1. Širokopasovna povezava med dvema točkama, ki dosega ali presega pričakovanja uporabnikov:
 - a. cilj pa ni le večja hitrost dostopa, pač pa boljša uporabniška izkušnja, brez območij brez pokrivanja ali z nizkimi hitrostmi, izpadi zvez, boljša kakovost zvoka (kot pogovor v živo) in podobno;
 - b. za premostitev 'lukenj' naj bi pomagale majhne celice ali heterogeno omrežje, zakasnitve naj bi se približale vrednosti nič milisekund;
 - c. prilagodljivo omrežje bi poskrbelo za odpravo lokalnih zasičenj v omrežju, na splošno pa bi bilo omrežje vseprisotno (na prostem, v velikih dvoranh, v tunelih itd.) in odporno proti vremenskim vplivom, izpadom električne energije in podobno.
2. Dinamično dodeljevanje virov:
 - a. pričakuje se uporaba kombinacije več frekvenčnih območij v enem sistemu, saj je zdajšnje fiksno razdeljevanje frekvenčnega prostora za različne segmente uporabe zelo neekonomično in neučinkovito. Tako pa bo vsak segment omrežja (dostop, hrbtenica itd.) dobil frekvenčno območje in

pas po trenutni potrebi in vsaka aplikacija frekvenčno območje in širino pasu po potrebi;

- b. korak naprej pri dodeljevanju radijskih virov je lahko vnaprejšnje predvidevanje po zahtevanih virih.
3. Uporabniku prilagojena uporabniška izkušnja:
 - a. uporabnik naj bi dobil zelo dobro podporo za različne aplikacije, predvsem tako, da si bo sistem zapomnil uporabniške preference in vzorce uporabe;
 - b. QoS se bo prilagajala aplikaciji (če bo uporabnik, na primer, želel vzpostaviti video zvezo, mu bo operater ponudil ustrezen podatkovni paket in omrežje v okolici se bo samodejno prilagodilo na zahteve).
 4. Ad-hoc mobilna omrežja (MANET):
 - a. taka omrežja delujejo brez strukture in imajo lastnost samostojnega organiziranja. Brezžična vozlišča komunicirajo med seboj z večkratnim podaljševanjem zveze, ne da bi komunikacija tekla preko centralne dostopne točke ali bazne postaje. Če bo nek terminal zunaj dosega omrežja, bo vzpostavil zvezo z najbližjim terminalom, ki bo v omrežju, in bo deloval kot repetitor in/ali pametna antena;
 - b. ta princip se uporablja v vojaške namene in v primeru nesreč, komercialno pa še ne.
 5. Internet stvari:
 - a. gre za komunikacijo med napravami (M2M) – v tem primeru gre za komunikacijo preko RFID, ki je povezana z unikatnim naslovom IP;
 - b. naprave z naslovom IP lahko komunicirajo med seboj brez posredovanja ali vedenja človeka. Na primer zdravstveno osebje bo lahko ves čas nadziralo delovanje naprav, ki jih bodo imeli bolniki (npr. srčni spodbujevalnik), ali pa se bo pri vožnji z avtomobilom domov 20 minut pred prihodom vklopilo hišno gretje.
 6. Uporaba frekvenčnih območij centimetrskih in milimetrskih valovnih dolžin:
 - a. trenutno poteka boj za frekvenčna območja pod 3 GHz, ki so že zelo zasedena, prav tako pa so na voljo le relativno ozki frekvenčni pasovi;
 - b. prihaja čas uporabe višjih frekvenčnih območij (30 GHz, 60 GHz, 100 GHz). Ta območja imajo pasovne širine nekaj gigahertzov in so idealne za širokopasovne komunikacije kratkega dosega.
 7. Pametni in učinkoviti sprejemniki:
 - a. sprejemniki v mobilnih napravah so v zadnjem času naredili velik napredek, še veliko pa bo treba narediti na področju čim nižje porabe energije (baterij). Tu se računa tudi na inteligenco terminalov, ki se bodo ves čas zavedali svoje okolice in bodo namesto z oddaljeno bazno postajo komunicirali kar preko bližnjega mobilnega terminala, ki bo med uporabnikom in bazno postajo.

V. SKLEP

O omrežju pete generacije (5G) mobilnih komunikacij, ki ga pričakujemo po letu 2020, lahko danes le ugibamo. Standardizacija se še ni dobro začela, saj se še vedno dopolnjujejo standardi četrte generacije, katerih omrežja se danes pospešeno gradijo po vsem svetu.

Kar danes vemo o peti generaciji, je, da se po letu 2020 ne bomo pogovarjali o visokih hitrostih prenosa, ker bo hitrost

povezave do uporabnika dosegala ali presegala njegova pričakovanja – dodeljena mu bo hitrost, ki bo primerna za njegovo trenutno aplikacijo. V omrežju nove generacije bomo imeli dinamično dodeljevanje virov, uporabniška izkušnja bo prilagojena uporabniku, verjetno se bodo tudi v komercialne namene uporabljali principi ad-hoc omrežij, vključevala se bodo tudi višja frekvenčna območja od 30 do 100 GHz za komunikacijo na kratke razdalje. V uporabi bodo pametni in učinkoviti sprejemniki, ki bodo aktivno sodelovali tako z baznimi postajami kot z ostalimi terminali v okolici.

Skratka, omrežja pete generacije ne bodo samo hitra, ampak tudi pametna.

LITERATURA

- [1] D. Gross, South Korea spending \$1.5 billion for '5G' network, CNN, January 2014, http://edition.cnn.com/2014/01/22/tech/mobile/south-korea-5g/index.html?goback=%2Egde_65453_member_5832224871408488448#%21
- [2] J. Gillet, How the US is embracing the 4G data revolution, Mobile World, January 2014, http://www.mobileworldlive.com/us-embracing-4g-data-revolution?goback=%2Egde_136744_member_5832651031053361153#%21
- [3] C. Dewar, 4G driving data usage but not all markets reaping the rewards, GSMA Intelligence, <http://www.mobileworldlive.com/4g-driving-data-usage-markets-reaping-rewards>
- [4] U. Ewaldsson, 5G is about integrated wireless technologies, not just speeds, Mobile Europe, September 2013, <http://www.mobileeurope.co.uk/News-Analysis/ericsson-cto-5g-is-about-integrated-wireless-technologies-not-just-speeds>
- [5] P. Pietrzyk, Towards 5G – Introduction, Nutaq, January 2014, http://nutaq.com/en/blog/towards-5g-%E2%80%93-introduction?goback=%2Egde_136744_member_5833531563148591106
- [6] D. Flore, 3GPP RAN: Rel-12 and beyond, Future Mobile Summit, 21 November 2013, http://docbox.etsi.org/Workshop/2013/201311_FUTUREMOBILESUMMIT/06_3GPPRAN_FLORE.pdf
- [7] Qualcomm: <http://www.qualcomm.com/solutions/wireless-networks/technologies>
- [8] VoLTE better than OTT VoIP for carriers, customers, NSN Smart Labs, april 2014, http://www.fiercewireless.com/tech/story/nsn-volte-better-ott-voip-carriers-customers/2014-04-09?utm_source=Twitter&utm_medium=Editor&utm_campaign=SocialMedia
- [9] [Military and tactical LTE eNodeB installed base to reach 15,000 by 2020, March 2014, <http://4g-portal.com/military-and-tactical-lte-enodeb-installed-base-to-reach-15000-by-2020>
- [10] 5G PPP Factsheet: http://ec.europa.eu/research/press/2013/pdf/ppp/5g_factsheet.pdf
- [11] EC press release: http://europa.eu/rapid/press-release_IP-13-1261_en.htm
- [12] Projekt METIS 2020: <http://www.metis2020.com>
- [13] Projekt 5GNow: <http://www.5gnow.eu/>
- [14] Projekt iJOIN: <http://www.ict-ijoin.eu/>
- [15] Projekt TROPIC: <http://www.ict-tropic.eu/>
- [16] Projekt COMBO: <http://www.ict-combo.eu/>
- [17] Projekt MOTO: <http://www.fp7-moto.eu/>
- [18] Projekt PHYLAWS: <http://www.phylaws-ict.org/>
- [19] G. Indrayan, What to expect from the next generation of wireless communications?, 21 January 2014, http://wirelesstelecom.wordpress.com/2014/01/21/what-to-expect-from-the-next-generation-of-wireless-communications/?goback=%2Egde_136744_member_5831823048772177923#%21



Tomi Mlinar je doktoriral na Fakulteti za računalništvo in informatiko, magistriral in diplomiral na Fakulteti za elektrotehniko Univerze v Ljubljani, študij MBA pa opravil na Univerzi v Kansasu v ZDA. Redno je zaposlen na Inštitutu za EMS in dopolnilno na Fakulteti za elektrotehniko. Njegovo raziskovalno delo zajema vse vrste brezžičnih komunikacij. Dolga leta se je ukvarjal z elektromagnetnimi sevanji, v zadnjem času pa se posveča 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 in dolgoletni organizator in programski vodja strokovnega seminarja Radiokomunikacije.

Dolgoročno izboljševanje brezvodniških širokopasovnih omrežij

Iztok Saje, Telekom Slovenije

Povzetek: LTE je že uveljavljena tehnologija, ki se še vedno razvija in izboljšuje. Članek podaja glavne izboljšave LTE, s katerimi bomo dosegali napovedane vršne prenosne hitrosti. Razvoj LTE vpliva tudi na omrežja WiFi, GSM-R in TETRA.

Ključne besede: LTE, TETRA, Telekom Slovenije, VITEL

Abstract: LTE is already mature technology. It is evolving in order to fulfill planned traffic demand. LTE evolution has impact on other networks like WiFi, GSM-R and TETRA.

Keywords: LTE, GSM, TETRA, Telekom Slovenije, VITEL

I. UVOD

Pred dobrimi desetimi leti smo napovedovali, da se bo v telekomunikacijah vsebina z vodnikov (govor) preselila na radio, vsebina z radia (TV) se bo preselila na vodnike. Govoru sledi tudi prenos podatkov in čedalje večji delež spletnih aplikacij se seli na radijska omrežja.

Pametni terminali že v veliki meri nadomeščajo osebne in prenosne računalnike in prevzemajo večino spletnih storitev. Izboljšana resničnost, storitve v oblaku, internet stvari in druge prihajajoče tehnologije temeljijo na visokoprepustnih mobilnih povezavah, zato se operaterji pripravljamo na desetkrat in stokrat višje vršne hitrosti baznih postaj v mobilnih omrežjih, kot so sedaj.

LTE (Long Term Evolution, Dolgoročno izboljševanje) je ustrezna tehnologija, načrtovana za prihodnost. V nekaterih omrežjih je LTE že prevzel večino HSPA+ prometa, drugje bo kmalu. Za govor in počasen prenos podatkov bo še vrsto let deloval tudi GSM sistem, ki ga podpirajo vsi današnji terminali. Tudi ob vpeljavi VoLTE (Voice over LTE, govor prek LTE) bo še vedno na voljo preklon na GSM, ki ga podpirajo današnji LTE telefoni.

Milijoni baznih postaj in milijarde terminalov pomenijo, da je zahtevna tehnologija postala cenena in dostopna, kar vpliva tudi na razvoj zasebnih radijskih omrežij. Zaradi visokih vlaganj v razvoj bodo večinoma privzeli LTE, ki s tem resnično postaja konvergenčna tehnologija za radijske komunikacije.

II. IZBOLJŠEVANJE DOLGOROČNEGA IZBOLJŠEVANJA

3GPP standardi so že iz GSM časov zasnovani tako, da omogočajo dodajanje novih funkcij in tehnologij in hkrati ohranjajo skladnost s starimi terminali.

LTE temelji na OFDMA (Ortogonalno frekvenčno ločevanje) tehnologiji, ki omogoča visok izkoristek spektra in radijski kanal širok do 20 MHz. MIMO (več sprejemnikov in oddajnikov) dodaja prostorsko ločevanje več radijskih kanalov na istih frekvencah pri povezavi med bazno postajo (celico) in terminali. Vršna prepustnost radijskega kanala se deli med vse povezave v celici, za kar skrbi razvrščevalnik (scheduler).

Klasični LTE (3GPP Rel-8) omogoča 150 Mb/s v smeri proti terminalu z uporabo 20 MHz kanala in MIMO 2×2 (dve polarizaciji). Napredni LTE (LTE-Advanced, 3GPP

Rel-10) predvideva združevanje več kanalov in MIMO do 8×8 in s tem izpolnjuje ITU zahteve za omrežja četrte generacije (1 Gb/s v smeri proti terminalu).

Kasnejši razvoj (3GPP Rel-12 in novejši) je usmerjen k boljšemu izkoristku in učinkovitosti radijskega kanala. Časovna sinhronizacija omrežja omogoča, da sosednje celice usklajujejo razvrščanje zvez med seboj in tako zmanjšajo medsebojne motnje. Kadar je to smiselno, je lahko terminal istočasno povezan na dve celici.

Terminali so omejeni z napajanjem ter velikostjo, zato bodo nekateri še vedno z dvema antenama (MIMO 2×2) in brez možnosti istočasnega oddajanja na več radijskih kanalih. Naprave, ki jim zadošča občasen prenos majhnega števila podatkov, morajo biti čim cenejše in enostavnejše, kar je tudi predvideno v prihajajočih standardih.

Internet stvari ter zasebni sistemi potrebujejo neposredno povezavo med terminali mimo omrežja, kar bo velika novost v javnih mobilnih omrežjih.

III. HETNET ALI RAZNOLIKO OMREŽJE

Izboljšano paketno jedro omrežje (EPC, Evolved Packet Core) omogoča združevanje LTE z drugimi tehnologijami, predvsem WiFi. Za pokrivanje v zgradbah (indoor) ter krajih z izjemno visokim prometom (hotspot) je primerna istočasna uporaba zunanjega LTE omrežja, mikro in piko celic ter WiFi.

WiFi sistemi na vsem dostopnih frekvenčnih pasovih so že danes dostopni skoraj povsod, tudi v pametnih terminalih. Prost dostop do frekvenc pomeni, da operater ne more nadzorovati motenj in s tem jamčiti kakovost storitev. Zlato pravilo je, da mora operater nadzorovati frekvence ali prostor, če želi jamčiti kakovostne storitve.

LTE je opazno boljši kot sedanji WiFi standardi, zato je WiFi primeren kot dopolnilno pokrivanje in ne kot razbremenitev LTE omrežij. S prihajajočimi WiFi standardi, predvsem 802.11ad, se bo to spremenilo.

Nekateri proizvajalci LTE opreme že danes testirajo piko LTE bazne postaje, ki delujejo na prostem pasu 5 GHz.

Načelo HetNet je, da ni ene splošne in vseobsegajoče rešitve, temveč je za vsako zgradbo ali lokacijo smiselno izbrati tehniško rešitev, ki čim bolj upošteva obstoječe stanje in želje uporabnikov in združuje velike in majhne (makro, mikro, piko) LTE in HSPA+ bazne postaje, repitorije ter Wifi z različnimi standardi v enotno visokoprepustno omrežje.

IV. IZGRADNJA LTE OMREŽIJ

LTE bazne postaje v Evropi bodo delovale na vseh frekvenčnih pasovih, ki so podeljeni operaterjem. Frekvence pod 1 GHz (800 in 900 MHz) so primerne za pokrivanje podeželja na razgibanem terenu, višje (1,8 GHz, 2,1 GHz in 2,6 GHz) omogočajo višje prepustnosti in uporabo več anten v mestih.

Operaterji pospešeno nadgrajujejo stara GSM in UMTS omrežja s sodobnimi baznimi postajami, ki omogočajo več različnih tehnologij na isti radijski opremi. Primeri dveh tehnologij so GSM in LTE ali UMTS na 900 MHz, GSM in LTE na 1800 MHz, LTE in UMTS na 2,1 GHz. Večina novih radijskih oddajnikov je postavljenih pri anteni ali celo v istem ohišju z anteno. S tem se izognemo slabljenju v koaksialnih kablji, hkrati se zmanjša segrevanje prostora, kjer je bazna postaja. Novi frekvenčni pasovi (800 MHz, 2,6 GHz) zahtevajo nove antene in proizvajalci že ponujajo antene za vseh pet pasov v istem ohišju, tudi z možnostjo MIMO 4×4 .

Bazne postaje so z jedrnim omrežjem povezane z Ethernet povezavo, zato operaterji pospešeno gradijo IP/MPLS omrežja ter optične povezave do baznih postaj. Visoke zahteve po prepustnosti, razpoložljivosti in zakasnitvah pomenijo, da so mikrovalovne zveze primerne samo tam, kjer (še) ni optike.

Nastavitev točne frekvence oddajnikov prek paketnih omrežij je enostavna, to zahtevajo vse bazne postaje, zahtevna je časovna (fazna) usklajenost, ki jo zahteva LTE-A. Na razpolago je več tehnologij, od GPS sprejemnikov na baznih postajah do IEEE 1588. Standard IEEE 1588 je bil prvotno zasnovan za točno frekvenco, šele pred kratkim so v standard dodali tudi fazno sinhronizacijo. Načrtovanje prenosnih sistemov olajša dejstvo, da lahko ločeno sinhroniziramo posamezne gruče baznih postaj, ki uporabljajo mehanizme za zmanjševanje motenj med celicami.

V. ZASEBNI RADIJSKI SISTEMI

GSM je prvi javni digitalni mobilni sistem in je zamenjal vrsto analognih javnih mobilnih omrežij (NMT, AMPS, TACS itd). Vzoredno je potekala standardizacija digitalnih zasebnih sistemov, na primer TETRA. Standardizacija je bila zahtevna in dolgotrajna, oprema je zaradi majhnih količin draga. Železnice so se odločile, da ne gredo v lasten razvoj in gradijo prilagojen GSM sistem (GSM-R), ki deluje na ločenem frekvenčnem pasu in je prilagojen specifičnim zahtevam upravljanja z železniškim omrežjem.

TETRA in GSM-R sta odlična sistema za govor in omogočata tudi počasen prenos podatkov, kar danes ne zadošča več. Uporabniki potrebujejo širokopasovne sisteme za učinkovito opravljanje svojih nalog, zato je velik pritisk na nadgradnjo in dopolnitev obstoječih sistemov.

LTE oprema je poceni in preskušena in je povsem logična izbira za nadgradnjo. Za uporabnike TETRA, GSM-R in podobnih sistemov je težava pridobitev dovolj širokih frekvenčnih pasov in draga izgradnja novih sistemov. Zaradi tega poteka standardizacija v 3GPP, ki jim bo omogočila uporabo obstoječih LTE omrežij. Tako bodo operaterji zasebnih omrežij lahko postali navidezni mobilni operaterji, ki uporabljajo javna LTE omrežja. Terminali bodo znali sočasno uporabljati obe tehnologiji in s tem bo omogočen hiter dostop do širokopasovnih podatkovnih storitev.

VI. TV IN RADIJSKA DIFUZIJA

Digitalizacija TV oddajnikov je omogočila, da je frekvenčni pas 800 MHz prerazpodeljen za javna mobilna širokopasovna omrežja. Hkrati večina TV gledalcev spremlja TV programe prek kabljskih ali internet omrežij, zato je čedalje manj zanimanja za izgradnjo prizemnih DVB-T2 oddajniških omrežij.

Operaterji in ponudniki vsebin že danes omogočajo spremljanje TV in radijskih programov prek mobilnih omrežij. Trenutno je za vsak terminal zahtevana lastna podatkovna povezava, saj le izjemno (športni dogodki) več terminalov v celici spremlja iste programske vsebine istočasno.

LTE omrežja omogočajo tudi posredovanje TV in radijskih programov s tehnologijo MBSFN (Multicast, Broadcast, Single Frequency Network), ki omogoča učinkovito posredovanje programov gledalcem in poslušalcem. Celica oddaja le tiste vsebine, ki jih uporabniki v celici želijo. Hkrati LTE omogoča povratni kanal za izbiro programa in nadzor nad kakovostjo.

Zelo verjetno je, da se bo nadaljeval proces, začet z digitalno dividendo na 800 MHz. V Evropi je napovedana širitev LTE na 700 MHz in povsem možno je, da bo LTE nadomestil večino prizemnih DVB in DAB oddajnikov.

VII. NEPREMIČNI MOBILNI TERMINALI

Podobno kot pri govoru lahko pričakujemo, da bo čedalje več stanovanj opremljeno s fiksnimi LTE terminali, prek katerih bodo dostopali do interneta. Zunanji terminali z usmerjenimi antenami lahko dosežejo vršne kapacitete LTE omrežja tudi tam, kjer terminali v zgradbah omogočajo le govor in počasni prenos podatkov.

Že danes je lahko pametni telefon z LTE/HSPA povezavo WiFi dostopovna točka (tethering). Zaradi pogoste uporabe je na voljo vrsta namenskih terminalov (MiFi), ki omogočajo WiFi v zgradbah in tudi v vozilih.

Tudi na tem področju se specializirane radijske tehnologije nadgrajujejo na LTE in nekaj WiMax operaterjev je najavilo posodobitev z LTE ali celo pridobilo frekvence, ki so bile namenjene predvsem mobilnim operaterjem.

VIII. ZAKLJUČEK

Dolgoročno izboljševanje (LTE Long Term Evolution) brezvodniških širokopasovnih omrežij presega samo nadgradnjo GSM in UMTS, saj omogoča vrsto storitev, ki so sedaj dostopne le na fiksnih ali zasebnih omrežjih. Bliža se leto 2020 in doseganje ciljev evropske digitalne agende si brez LTE omrežij ne moremo predstavljati.

Pred LTE operaterji je zahtevna naloga izgradnje omrežij. Prvo moramo omogočiti osnovno pokrivanje čim večjemu deležu prebivalstva, gospodinjstev, podjetij in ozemlja. Z rastjo prometa bo nujno zagotavljati ustrezno prepustnost omrežja z dodajanjem novih radijskih nosilcev in anten in izgradnjo novih baznih postaj. Istočasno z nadgradnjo baznih postaj poteka tudi posodobitev prenosnih sistemov, jedrnih omrežij in strežnikov.

Zagotavljanje delovanja storitev v zgradbah bo zahtevalo nove rešitve, verjetno s skupno izgradnjo več operaterjev in lastnikov objektov. Slovenija je dolgo časa kasnila z dodelitvijo frekvenc, primernih za LTE. AKOS je že leta 2013 omogočil izgradnjo LTE omrežij na 1800 MHz, leta

2014 so bile podeljene tudi frekvence na 800 MHz in 2,6 GHz in s tem lahko operaterji dolgoročno načrtujemo izgradnjo sodobnih omrežij, ki bodo kakovostno zagotavljale prihajajoče storitve povsod, kjer bodo to uporabniki pričakovali.



Iztok Saje, univ. dipl. ing. elektrotehnike, je strateg v Sektorju za dostopovna omrežja Telekoma Slovenije. Od leta 1992 sodeluje pri načrtovanju, izgradnji in optimizaciji brezpovezavnih dostopovnih omrežij NMT, GSM, UMTS in LTE. Z radijskimi zvezami se ljubiteljsko ukvarja od leta 1972. Iztok Saje predava na Višji strokovni šoli za telekomunikacije v Ljubljani.

E-pošta: iztok.saje@telekom.si

Arhitekture transportnih omrežij pri ponujanju multimedijskih storitev v LTE mobilnih omrežjih

Klaus Samardžić, Smart Com d.o.o., Ljubljana

Povzetek —LTE (Long Term Evolution) mobilna omrežja so zasnovana na IP protokolih za učinkovito ponujanje multimedijskih podatkovnih storitev. Način razporeditve anten in baznih postaj v obstoječih mobilnih omrežjih (GSM - Global System for Mobile Communications) je bil usmerjen na čim večje prostorsko pokrivanje pri ponujanju govornih komunikacij, kar ne zagotavlja ustrezne kapacitete končnemu uporabniku z multimedijsko terminalno napravo. Število dostopnih anten v omrežju se bo moralo bistveno zvišati v primeru ponujanju multimedijskih podatkovnih storitev. Zagotovitev konkurenčnosti poslovnega modela zahteva spremembo zgradbe posameznih elementov kot tudi arhitekture »Backhaul« in »Fronthaul« omrežja. Za učinkovito povezovanje elementov LTE mobilnega omrežja je najbolj smiselna uporaba tehnologij Operatorskega Ethernet (Carrier Ethernet) in WDM (Wavelength Division Multiplexing). V prispevku je podan pregled transportnih tehnologij pri implementaciji povezovanja gradnikov v mobilnih omrežjih LTE.

Ključne besede —Operatorski Ethernet, LTE, Transportna omrežja

Abstract — LTE (Long Term Evolution) mobile networks are based on IP protocols to deliver multimedia data services. Distribution of antennas and base stations in existing cellular networks (GSM - Global System for Mobile Communications) is focused on maximizing spatial coverage for voice communications, which does not provide adequate capacity to the end user with a multimedia terminal device. The number of antennas in the access network will be significantly increased in the case of offering multimedia data services. A competitive business model requires a structure change of the elements and architecture of the Backhaul and Fronthaul network. For the efficient interconnection of LTE mobile network nodes the implementation of Carrier Ethernet technologies is the most promising approach. The paper presents the possibility to implement Carrier Ethernet and WDM (Wavelength Division Multiplexing) technologies for LTE mobile network interconnections.

Keywords —Carrier Ethernet, LTE, Transport Networks

I. UVOD

Za svojo trideseto delavnico si je VITEL postavil zahtevano nalogo. Oceniti in predvideti za daljše obdobje kakšen razvoj informacijsko komunikacijskih tehnologij pričakujemo glede na vsebinske in tržne potrebe uporabnikov. To je zahtevna naloga za inženirja(e), saj smo pri svojem vsakdanjem delu navezani na obstoječe rešitve in svoje znanje dokazujemo z realiziranimi projekti. Tako postanemo eksperti. Pomen besede ekspert je nekdo, ki ve nekaj o nečem kar se je že zgodilo ali že obstaja. Kako usmeriti svoj pogled v čas pred nami? Potrebno bo osvojiti pogled na svet, ki je v navadi pri nekaterih drugih disciplinah. Tisti, ki smo se včasih ukvarjali z razvojem komunikacijskih sistemov posedujemo še nekaj izkušenj in veščin, da se fokusiramo na tisto kar manjka v obstoječih rešitvah komunikacijskih sistemov. Zaznano ovrednotimo in uporabimo kot priložnost za zasnovo novih rešitev v prihodnosti.

Ker smo inženirji pričakujemo določen nivo točnosti naših predvidevanj. Zelo hitro ugotovimo, da je prva žrtev premika v času točnost predvidevanj. Izberimo si kompromisno rešitev. Za nekaj let pred nami izberimo bolj precizen mehanizem predvidevanja zasnovan na analitičnih sposobnostih. Po tem času prepustimo domišljijo desni strani možganov [1], ki nam bo podala vizijo časov v daljni prihodnosti. Zakaj sploh potrebujemo ta pogled z

»daljnogledom«? Če bo naša percepcija omejena na prekretek čas si lahko izberemo popolnoma napačno smer. Vizija prihodnost nam omogoča, da na naši poti pridemo do »cilja« s stalnimi korekcijami glede na pričakovane ali nepričakovane dogodke. Pod nepričakovanimi dogodki so mišljeni tako imenovani »črni labodi« [2]. Kaj so »črni labodi«? To so malo verjetni dogodki, ki niso predvidljivi, imajo veliki vpliv na okolje in so kasneje vsem udeležnim na videz samoumevni. »History doesn't crawl; it jumps« je najbolj točen opis s strani Nicholas Taleb-a tistega kar nas pričakuje v bodočnosti.

Pri našem pogledu v prihodnost za tisto obdobje pred nepričakovanim črnim labodom si izberimo predvidevanje, ki je podobno delovanju fazno sklenjene zanke (Phase Locked Loop) saj nam je vsem, ki se ukvarjamo s komunikacijskimi tehnologijami delovanje tega sistema razumljivo. Pri fazno sklenjeni zanki je lasten vir takta krmiljen z razliko med neodvisnim vhodnim signalom in signalom iz izhoda lastnega vira takta. S povratno zanko omogočamo lastnem viru takta sledenje taktu vhodnega signala če razlika med takti ni prevelika. V našem primeru bi lasten vir takta bilo znanje s področja komunikacijskih sistemov in dogajanj v družbi s katerim razpolagamo. Vhodni signal takta bi bile nove informacije in znanje, ki se sproti spreminjajo. Pri pojavu »črnega laboda« naša »fazna zanka predvidevanj« ne more več slediti vhodnemu signalu. V zgodovini informacijskih in komunikacijskih tehnologij je nešteto takšnih scenarijev [3]. V takšnih primerih je vztrajanje na obstoječi »fazno sklenjeni zanki predvidevanja« zgrešeno. Potrebno je zgraditi si novo »fazno sklenjeno zanko predvidevanj«.

II. PRENOS MULTIMEDIJSKIH VSEBIN V TRANSPORTNIH KOMUNIKACIJSKIH OMREŽJIH

Izberimo si omejeno število parametrov, ki krmili našo »fazno sklenjeno zanko predvidevanj«. Kaj je najbolj pomemben medij pri komunikacijah, ki vsebuje na metanivoju vsebinske in tržne zahteve uporabnikov do omrežja? Vizualni medij. Vpliv vizualnega medija v družbi in način procesiranja vizualnih signalov v informacijskih in komunikacijskih tehnologijah bo naš izbrani »takt«, ki mu bomo sledili in na osnovi tega bomo poskusili podati možni razvoj komunikacijskih omrežij. Ste kdaj imeli priložnost občudovati slike, ki so jih naši predniki prepustili času v

jamah Altamire? Ste se kdaj poskusili pri podobnem opraviilu na papirju v svoji dnevni sobi? Vam ni uspelo doseči večšine naših prednikov? Tudi meni ne. Kot kaže smo vsi žrtve osvojitve večšine pogovora. Zapisane besede, podane s črkami so v bistvu okameneli pogovori, za katere ljudje uporabljamo (povečini) levo stran možganov. Za vizualne predstave se zanašamo na desno stran svojih možganov [1]. Z vpeljavo tiskanega stroja je za nekaj stoletij obvladal in dominiral prenos »osvinčenega pogovora« pri shranjevanju podatkov. Nakljub temu je ostala znana resnica da » ena slika pove več kot tisoč besed« in tako je z razvojem informacijskih in komunikacijskih tehnologij vse bolj v ospredje prihajala slika; sled slik. Poglejmo kako je v novejši dobi želja po zagotovitvi vizualnih informacij vplivala na komunikacijska omrežja.

Komunikacijska omrežja so v začetku uporabljali za omogočanje pogovora na daljavo. Se pravi interaktivne komunikacije. Potem je bil vpeljan prenos zapisanega pogovora, ki se je v obliki različnih datotek pretakal po omrežjih. Tedaj se je pojavil »črni labod« v obliki PC (Personal Computer) naprav, ki so s sabo pripeljale IP/Ethernet tehnologijo v komunikacijsko omrežje. Začelo se je v lokalnih omrežjih, nadaljevalo v prostiranih omrežjih (WAN) in na koncu prevzelo celotna komunikacijska omrežja. V informacijskih tehnologijah se tudi slike lahko pretvorijo v niz binarnih simbolov in se enako kot tekst pretakajo skozi omrežje med dvema uporabnikoma ali med strežnikom (procesnim ali podatkovnim) in uporabnikom. Prenos sleda slik v gibanju kar po navadi imenujemo video je bil večji izziv. S pojavom omrežij večjih kapacitet je bilo vprašanje časa kdaj se bo omrežje začelo uporabljati za prenos TV programov. Zahtevane kapacitete omrežja pri prenosu TV programov od strežnika do vsakega uporabnika posebej je vseeno bil prevelik izziv. Tedaj se je pojavil »črni labod« v obliki koncepta istočasnega oddajanja večjem številu uporabnikom v IP omrežju iz enega vira. Koncept vsebuje IP multicast skupinske naslove, multicast distribucijsko drevo in s strani uporabniškega terminala kreirano drevesno strukturo prenosa skozi omrežje. V literaturi [4] so podane osnove multicast pretakanja vsebine (streaming) storitev. Za pojav tega »črnega laboda« se lahko zahvalimo Stephen Deering-u, ki je multicast prenos znotraj IP omrežij razvil v sklopu svoje doktorske disertacije (1991) na Stanford University. V tem času je bil v razvojnem timu Xerox PARC podobno kot oče Ethernet-a Robert Metcalf v sedemdesetih letih prejšnjega stoletja. Denar, ki ga je imel na razpolago za disertacijo je bil zadosten za nakup omejenega števila naslovov. To je razlog zakaj se pri uporabi IP4 v Ethernet okvirjih pri prenosu multicast IP prometa pojavi »luknja«. Multicast prepoznamo po prvih štirih bitih 1110 v IP naslovu. Od 28 bitov, ki definirano IP multicast naslov se v Ethernet okvirju uporabi samo 23 bitov. Ethernet okvir se zgradi iz IP multicast naslova po določenem algoritmu. Razlika petih bitov med IP multicast naslovom skupine in Ethernet MAC (Media Access Control) naslovom lahko pripelje do pokrivanja med 32 možnimi IP naslovi v celotnem naboru od 268435456 možnih multicast naslovov. Verjetnost dogodka prekrivanja (ne ločevanja) med različnimi naslovi v Ethernet omrežju je okrog 0,00001 procenta. Za tiste, ki jim se to zdi velik naj povemo, da končni uporabnik ne zazna problema saj video aplikacija sama ne bo uporabila promet drugega pretoka. Omrežna vmesniška vezja v PC bodo obremenjena z dodatnim procesiranjem paketov [4].

Prikaz vpeljave storitev ponujanja TV podatkovnih potekov (stream) v Ethernet omrežjih najbolj kaže dinamiko razvoja omrežji in način sprejemanja Etherneta kot transportnega sloja v omrežjih uveljavljenih operaterjev. Ethernet je v veliki meri bil sprejet zaradi možnosti ponujanja TV storitev z omejeno uporabo resursov omrežja. Šele z vpeljavo Operatorskega Ethernet-a (MEF – Metro Ethernet Forum) je Ethernet postal dominantna tehnologija za reševanje transportnih storitev znotraj komunikacijskih omrežij.

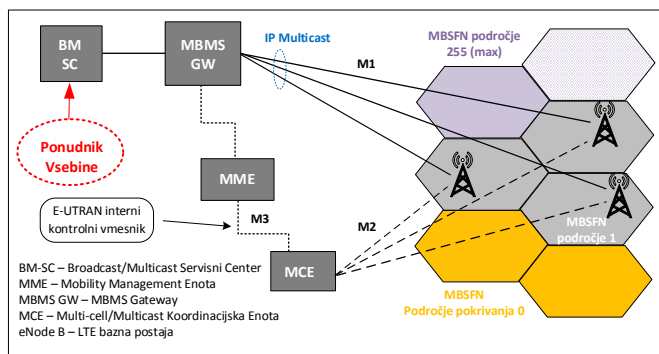
S pojavom večjega števila VoD (Video on Demand) storitev v omrežju je potreben drugačen način zagotavljanja kapacitet prenosa v transportnih omrežjih. Tehnologija OTN/DWDM (Optical Transport Networks / Dense Wave Division Multiplexing) zagotavlja potrebne kapacitete. Integracija funkcionalnosti statističnega procesiranja (Ethernet) signalov in OTN/DWDM funkcionalnosti določi nov tip transportnih sistemov P-OTS (Packet Optical Transport System). Lastnosti in delovanje teh sistemov so opisani v literaturi [5].

III. PRENOS MULTIMEDIJSKIH VSEBIN V LTE MOBILNIH OMREŽJIH

Uporabniški terminali, ki omogočajo sprejemanje multimedijske vsebine postavijo nove zahteve do mobilnih omrežjih. Potrebne kapacitete pri pretakanju multimedijskih vsebin v mobilnih omrežjih so nekajkrat višje od tistih, ki so jih ponujala GSM omrežja. V LTE omrežjih se na ta izziv poskuša odgovoriti z novimi omrežnimi koncepti in arhitekturami. LTE mobilna omrežja so bila definirana s strani 3GPP (3rd Generation Partnership Project) skupine. V oktobru leta 2010 je bila definirana LTE- Advanced verzija (Release 10). Kot pri GSM omrežjih, ki se sproti razvijajo v času dvajsetih let se tudi od LTE tehnologije pričakuje podoben potek stalnih izboljšav. Način razporeditve anten in baznih postaj v obstoječih mobilnih omrežjih (GSM - Global System for Mobile Communications) je bil usmerjen na čim večje prostorsko pokrivanje pri ponujanju govornih komunikacij, kar ne zagotavlja ustrezne kapacitete končnemu uporabniku z multimedijsko terminalno napravo. Število dostopnih anten v omrežju se bo moralo bistveno zvišati v primeru ponujanju multimedijskih podatkovnih storitev. V cilju zagotovitve zadostnih kapacitet se gradijo Heterogene mobilna omrežja (Hetnet, 3GPP Release 11) , ki komunicirajo z uporabniškimi terminali z 4G, 3G in Wi-Fi radijskimi sistemi. Večina operaterjev je mnenja do so majhne celice (small cells) najbolj pomembna lastnost LTE tehnologije. Small Cell Forum [7] redno spremlja razvoj tržišča. Tri poglavitna vzroka zakaj mobilni operaterji uporabljajo majhne celice so razbremenitev makro celice, zvišanje globine pokrivanja in bolj kvalitetna izkušnja uporabnika (QoE- Quality of Experience). V primeru razbremenitve operaterji znotraj makro celice uporabijo v povprečju 6 majhnih celic. V primeru boljšega pokrivanja se uporabi do 10 majhnih celic znotraj makro celice. V tretjem primeru se lahko uporabi od 5 do 30 majhnih celic v odvisnosti od pomena in razporeditve uporabe znotraj makro celice. Tehnologije za realizacijo majhne celice so Wi-Fi ali LTE. Wi-Fi lahko ponudi višje maksimalne kapacitete prenosa. LTE se pri vseh drugih parametrih bolj izkaže. Od dosega, ki je okrog pet krat večji v primerjavi z Wi-Fi, do višje zanesljivosti delovanja saj dela v licenčnem pasu za

razliko od Wi-Fi, ki svoj frekvenčni pas »deli« z drugimi napravami [6].

Nova arhitektura, ki zmanjša potrebne kapacitete v LTE mobilnem omrežju pri prenosu video vsebin večjem številu uporabnikov iz enega strežnika je eMBMS (Multimedia Broadcast and Multicast Services). Pri prenosu uporabniškega prometa (M1 vmesnik) med funkcijskimi bloki se uporablja IP multicast. V kombinaciji z MBSFN (Multimedia Broadcast over Single Frequency Network) omogoča boljše izkoriščanje radijskih resursov. Več baznih postaj oddaja na istem nosilcu identični video signal. V osnovi gre za podoben pristop kot pri vpeljavi multicast ponujanja storitev v prostranih IP omrežjih.



Slika 1: MBMS arhitektura in vmesniki

Eden od izzivov pri postavitvi sodobnega LTE omrežja z uporabo makro in majhnih celic je agregacijsko - hrbenično omrežje (Fronthaul – Backhaul). Zaradi zahtev delovanja mobilnih omrežjih je od izrednega pomena sinhronizacija takta in časa ter simetričnost delovanja. Zakasnitev signala v omrežju naj bi bila čim manjša in brez tresenja (jitter) signala. Postavi se vprašanje katera kombinacija optičnih in transportnih tehnologij lahko zagotovi najmanjše investicijske in obratovalne stroške (Capex in Opex). Rešitev je v Operaterskem Ethernet-u in optičnem multipleksiranju signala. Pri optičnem multipleksiranju signala je OTN/WDM (Optical Transport Network / Wavelength Division Multiplexing) zaradi simetričnosti prenosa in zagotovljenih kapacitet najboljša izbira. Izbira vmesnika je narejena prvenstveno na osnovi kvalitete prenosa vmesnika. Kvaliteta prenosa različnih Ethernet vmesnikov je med sabo zelo različna saj v osnovi gre za različne tehnologije, ki so bili privzete s strani Ethernet Task Force pri določitvi novih standardov. Pri vmesnikih z manjšo hitrostjo od 1 G Ethernet je zahtevno zagotoviti sinhronizacijo ITU-T Rec. G.8261-2-4 in kvaliteto prometa. Osnova Ethernet-a je namreč statistično multipleksiranje okvirjev (paketov) signalov, kar deluje če je dovolj neizkoriščene kapacitete na vmesniku.

Metro Ethernet Forum [6] in Small Cell Forum [7] sodelujeta v cilju zgraditve omrežji, ki operaterjem omogoči manjše investicijske in vzdrževalne stroške. S stani MEF definiran Operaterski Ethernet 2.0 prinaša mobilnim operaterjem rešitve podane v MEF Mobile Backhaul Phase 2 Specification (MEF 22.1), ki obsegajo zagotovitev kvalitete prenosa storitev (MEF 23.1), prenos signala za sinhronizacijo vozlišč mobilnega omrežja in podporo za povezovanje majhnih celic (small cell).

IV. NAMESTO SKLEPA

V prispevku je predlagan precizen (glede na nalogo) mehanizem predvidevanja razvoja komunikacijskih omrežij zasnovan na analitičnih sposobnostih za nekaj let pred nami pred pojavom naslednjega »črnega laboda«. Prikazane so smernice v razvoju prostranih transportnih omrežij in mobilnih omrežjih četrte generacije, ki se lahko uporabijo kot referenčni podatek v predlagani »fazni zanki predvidevanj«. Udeležencem delavnice je prepuščeno, da v zgrajeni model prispevajo svoje dodatne informacije in znanje. S tem bi mehanizem dosegel večjo preciznost in večjo verjetnost izbire prave smeri v razvoju komunikacijskih omrežij. Veliko večji izziv je predvideti področje pojava novega »črnega laboda«. S pregledom »topologije manjkajočih rešitev« na področju komunikacijskih tehnologij in izbruha alternativnih rešitev usmerjenih na reševanje istega izziva je moje osebno mnenje da so Mobilna omrežja tista v katerih je velika verjetnost pojava »črnega laboda«. Prenosne kapacitete in rešitve obstoječih radijskih sistemov namreč ne morejo zadostiti predvidenemu razvoju ponujanja multimedijских storitev. Zagotovitev konkurenčnosti poslovnega modela zahteva spremembo zgradbe posameznih elementov kot tudi arhitekture mobilnih omrežji. Za učinkovito povezovanje elementov LTE mobilnega omrežja je najbolj smiselna uporaba tehnologij Operaterskega Ethernet-a (Carrier Ethernet) in WDM (Wavelength Division Multiplexing) pri povezovanju na IP hrbenično omrežje in pri povezovanju oddaljene radijske enote (RRH- Remote Radio Head) in BBU (Base Band Unit) enote. Hitrost pojava »črnega laboda« je v veliki meri odvisna od načina organizacije sprejemanja novih rešitev na področju radijskih tehnologij in delovanja standardizacijskih institucij.

LITERATURA

- [1] Drawing on the right Side of the Brain, Betty Edwards, Penguin Books Ltd., 1979,1989,1998, 2012
- [2] The Black Swan – The impact of the highly improbable; Nassim Nicholas Taleb, Random House, New York, 2007.
- [3] In search of Stupidity – Over 20 Years of High- Tech Marketing Disasters; Merrill R. Chapman, 2003. Springer-Verlag GmbH, Heidelberg, Germany.
- [4] https://www.juniper.net/us/en/training/certification/JNCIA_studyguide.pdf
- [5] http://www.heavyreading.com/details.asp?sku_id=2464&skuitem_item_id=1216
- [6] <http://metroethernetforum.org/>
- [7] <http://www.smallcellforum.org/resources-reports>
- [8] Harvard Business Review on Change, Harvard Business School Publishing, Boston, 1998.
- [9] The Competitive Advantage of Nations; Michael E. Porter, 1998, PALGRAVE, New York.
- [10] Arhitektura in protokoli v vlemestnih omrežjih pri ponujanju komunikacijskih storitev za računalništvo v oblaku; Klaus Samardžić , Duncan Ellis, Vitel delavnica, 2011
- [11] http://www.newyorker.com/reporting/2008/05/12/080512fa_fact_gladwell



Klaus Samardžić univ. dipl. ing. se je po študiju na Elektro fakulteti v Ljubljani ukvarjal z razvojem linijske digitalne komunikacijske opreme v podjetju Elektrozeve d.d.. Navdušen nad optičnim prenosom je v podjetju Fotona d.d. vodil razvojni tim za optični linijski sistem, ki je bil implementiran v Sloveniji in Sovjetski zvezi. S pojavom novih tehnologij je dizajniranje omrežji postalo izziv. Dizajniral je nekaj SDH omrežij v Sovjetski zvezi in bil vključen v projektni management. Od leta 2000 dela v Smart Com d.o.o. Na začetku pri implementaciji novih omrežnih tehnologij v regiji in kasneje kot produktni vodja za transportne sisteme z OTN in Carrier Ethernet tehnologijo. Dizajniral je OTN/WDM transportna omrežja za Telemach d.d., T2 d.o.o., Amis d.d.

Uporaba formalne verifikacije za analizo učinkovitosti omrežij

Tatjana Kapus, Univerza v Mariboru, Fakulteta za elektrotehniko, računalništvo in informatiko, Maribor

Povzetek — Za ugotavljanje učinkovitosti komunikacijskih omrežij se običajno uporablja matematična analiza ali računalniška simulacija. Formalna verifikacija je bila v osnovi razvita za ugotavljanje logične pravilnosti sistemov, kot so komunikacijska omrežja oziroma protokoli. Že vrsto let pa potekajo raziskave formalne verifikacije kvantitativnih lastnosti sistemov. Članek predstavlja osnovne ideje teh raziskav. Poudarek je na metodi formalne verifikacije, imenovani preverjanje modelov, ki omogoča avtomatično verifikacijo, in na lastnostih, ki nas zanimajo pri analizi učinkovitosti omrežij. Predstavljeni so primeri uporabe preverjanja modelov na tem področju ter njegove prednosti in slabosti v primerjavi s tradicionalnima metodama.

Ključne besede — učinkovitost omrežij, preverjanje modelov, kvantitativne lastnosti

Abstract — Performance evaluation of communications networks is usually done by means of mathematical analysis or computer simulation. Formal verification has basically been developed with the purpose of checking logical correctness of systems, such as communications networks or protocols. However, for many years now, formal verification of quantitative system properties has also been an active research area. This article presents the basic ideas of it. The emphasis is on the formal verification method called model checking, which allows automatic verification, and on the properties being of interest in the case of network performance analysis. Presented are examples of the application of model checking in this area as well as its advantages and disadvantages over the traditional methods.

Keywords — network performance, model checking, quantitative properties

I. UVOD

Komunikacijska omrežja spadajo med sisteme, od katerih uporabniki ne pričakujejo le, da delujejo pravilno, ampak tudi učinkovito. Snovalci paketnih omrežij tako ne preverjajo samo, ali se bodo na primer sporočila prenesla v pričakovanem vrstnem redu, ampak jih zanima tudi propustnost omrežja, minimalna, poprečna in maksimalna zakasnitev paketov pri potovanju do cilja, dolžina čakalnih vrst v vozliščih, največji možni delež izgubljenih paketov in podobno. Pri snovanju omrežij oziroma protokolov si običajno pomagajo z matematičnimi modeli in simulacijo, ki omogočajo, da ocenijo učinkovitost svojih rešitev za različno velika omrežja in vrednosti parametrov v njih, ne da bi jih v resnici zgradili.

Matematični modeli sestojijo iz formul za izračun vrednosti za izbrana merila učinkovitosti. Formule so tipično izpeljane s pomočjo predstavitve dogajanja v omrežju s stohastičnimi modeli (tj. takimi, v katerih nastopa verjetnost) in z uporabo teorije vrst [1]. Za simulacijo se običajno zgradi omrežja in njegovo delovanje opiše v določenem jeziku v računalniku, ta pa nato opis "izvaja" in s tem simulira ali oponaša zaporedja dogodkov, ki bi bila možna v resničnem omrežju. Pri tem se beležijo podatki, potrebni za ugotavljanje učinkovitosti. Tudi v opisu sistema za simulacijo tipično nastopajo verjetnosti, saj hočemo tako kot pri matematični analizi na primer modelirati naključno prihajanje paketov v omrežje, naključno porazdelitev dolžine paketov, verjetnost okvare bitov pri prenosu in podobno.

Namen tega prispevka je, udeležence delavnice oziroma bralce seznaniti s tem, da že vrsto let potekajo raziskave,

kako bi za analizo učinkovitosti sistemov lahko uporabili formalno verifikacijo, in s tem, kako se lahko uporablja oziroma je že bila uporabljena za analizo učinkovitosti omrežij.

Formalna verifikacija je bila razvita kot metoda za preverjanje pravilnosti, ne pa učinkovitosti sistemov. V razdelku 2 je kratka razlaga formalne verifikacije in kaj je preverjanje modelov, ki je v praksi najpogosteje uporabljena vrsta formalne verifikacije. V razdelku 3 bralca nekoliko seznanimo s spremembami in dopolnitvami preverjanja modelov, potrebnimi, da bi z njim lahko ugotavljali učinkovitost sistemov. V razdelku 4 je podanih nekaj primerov dosedanje uporabe preverjanja modelov za ugotavljanje učinkovitosti omrežij oziroma protokolov. V razdelku 5 so nakazane prednosti in slabosti te metode v primerjavi z matematično analizo in simulacijo. Razdelek 6 vsebuje zaključek.

II. FORMALNA VERIFIKACIJA

Za formalno verifikacijo moramo sistem, ki ga hočemo preverjati, predstaviti s strogo matematičnim modelom oziroma le-tega opisati v jeziku z natančno definirano skladnjo in pomenom, to je v formalnem jeziku. Model običajno vsebuje stanja (ki ga na primer določajo trenutne vrednosti spremenljivk sistema) in prehode med njimi (na primer operacije, ki te vrednosti spreminjajo). V istem ali drugem formalnem jeziku moramo opisati še pričakovane lastnosti sistema, to je, kaj je za nas pravilno obnašanje sistema.

Primeri lastnosti, ki bi jih pričakovali od omrežja ali protokola: *zaporedje prejetih sporočil na cilju je vedno podzaporedje zaporedja oddanih sporočil; sistem nikoli ne pride v zagato, tj. vedno je omogočena oddaja novega sporočila; kadarkoli oddajnik odda sporočilo, sčasoma prispe na cilj.*

Formalna verifikacija na splošno pomeni, da z matematičnimi metodami dokažemo, da ima sistem oziroma njegov model zahtevane lastnosti. V praksi se ne samo za ugotavljanje učinkovitosti, ampak tudi za ugotavljanje pravilnosti pogosto uporablja simulacija ali testiranje. Z njima načeloma ne moremo preveriti vseh možnih obnašanj sistema in tako v sistemu napake samo odkrijemo, ne moremo pa dokazati, da jih ni. S formalno verifikacijo pa preverimo vsa možna obnašanja.

Če ima sistem neskončno mnogo stanj, je treba verifikacijo izvesti z matematičnim sklepanjem, ki ga je možno kvečjemu delno avtomatizirati. Če ima končno mnogo stanj, pa je možno uporabiti *preverjanje modelov*, ki je algoritmična metoda in tako omogoča avtomatično verifikacijo [2]. Programom za preverjanje modelov pravimo preverjalniki modelov. Zelo znan preverjalnik modelov je na primer Spin, ki ga med drugim uporabljajo razvijalci programske opreme pri NASI [3]. Poleg tega, da preverjalniki modelov od uporabnika ne zahtevajo znanja dokazovanja izrekov, je njihova prednost, da javijo, ali določena lastnost velja ali ne. Nekateri so zmožni tvoriti še protiprimer, ki kaže, kje v sistemu oziroma modelu je vzrok, da obnašanje sistema ni v skladu z zahtevami. To je na primer lahko zaporedje stanj, ki vodi k prepovedanemu stanju.

Pravilnost, ki smo jo omenjali do sedaj, je tako imenovana logična pravilnost. Lastnosti, ki jih hočemo preveriti s preverjanjem modelov, tipično napišemo v obliki formul neke vrste temporalne logike. Le-ta ima poleg običajnih logičnih operatorjev, kot sta tista za operaciji "in" in "ali", še temporalne operatorje, ki omogočajo izražanje o času, vendar ne na kvantitativen način. Lahko na primer izraziš zahtevo, da *sporočilo nekoč pride na cilj*, ne moreš pa izraziti zahteve, ob katerem času naj pride na cilj.

Snovalci pogosto razvijajo sisteme, pri katerih ni na primer pomembno samo, da se neka operacija izvede, ampak tudi, da se izvede pravočasno. Da bi lahko izražali take zahteve, so razvili temporalne logike stvarnega časa in preverjalnike modelov, ki omogočajo natančno izražanje o času v opisih sistemov ter znajo preveriti, ali sistem zadošča zahtevam v zvezi s stvarnim časom. Verjetno najbolj znan "stvarnočasovni" preverjalnik modelov je UPPAAL [4]. V takem preverjalniku lahko na primer preverimo, ali *bo vsako oddano sporočilo prispelo na cilj najkasneje v 2 časovnih enotah*.

III. PROBABILISTIČNO PREVERJANJE MODELOV

Kot smo omenili v uvodu, so komunikacijska omrežja primeri sistemov, v katerih nastopajo verjetnosti, na kratko probablističnih sistemov. Da bi lahko tudi takšne sisteme avtomatično formalno verificirali, so pričeli razvijati preverjanje modelov zanje. Tako kot avtorji verjetno najbolj znanega in izpopolnjenega probablističnega preverjalnika modelov PRISM ([5], [6]) ga bomo imenovali probablistično preverjanje modelov. Treba je bilo omogočiti, da se v modelu sistema izrazi verjetnosti, s katerimi sistem preide iz trenutnega stanja v različna druga. Ni naključje, da se uporabljajo podobni modeli kot pri matematični analizi učinkovitosti, kot na primer markovske verige z diskretnim časom, s tem pa tudi podobne metode za izračun verjetnosti.

Za izražanje zahtevanih lastnosti pa so v temporalne logike uvedli operatorje za izražanje o verjetnosti. Tako bi lahko za omrežja na primer izrazili naslednje lastnosti: *verjetnost, da oddano sporočilo nekoč prispe na cilj, je večja od 0,5*; *verjetnost, da sporočilo A prispe pred B, je največ 0,1*; *verjetnost, da okvirja nekoč trčita, je manjša od 0,13*; *verjetnost, da bo nekoč čakalna vrsta daljša od 50, je največ 0,2*.

Možno je opisati tudi model sistema, v katerem nastopajo tako verjetnosti kot časi dogodkov. Za opis lastnosti takih sistemov so na voljo temporalne logike, ki omogočajo

kombinirano izražanje o verjetnosti in o omejitvah stvarnega časa. Lahko na primer izrazimo takšne lastnosti: *verjetnost, da bo sporočilo prispelo na cilj najkasneje v 100 časovnih enotah, je najmanj 0,9*; *verjetnost, da je čakalna vrsta znotraj naslednjih 4 časovnih enot daljša od 50, je največ 0,2*.

Do sedaj smo predstavili samo zmožnost temporalnih logik, da z njimi izrazimo, kakšne vrednosti verjetnosti in časovnih omejitev pričakujemo od sistema. Za analizo učinkovitosti omrežij pa bi si želeli, da bi preverjalnik modelov sam dal odgovor, kolikšna je verjetnost izbranega dogodka ali najkasneje kdaj se bo zgodil. Prav preverjalnik modelov PRISM podpira tudi izražanje takšnih lastnosti oziroma vprašanj s pomočjo formul določene vrste probablistične temporalne logike.

Za omrežje lahko na primer izrazimo vprašanje, *kolikšna je verjetnost, da bo sporočilo prispelo na cilj v največ 5 časovnih enotah*, ali *kolikšna je verjetnost, da oddani okvirji med seboj nikoli ne trčijo*.

Da lahko preverjalnik modelov PRISM kot odgovor poda na primer pričakovani čas nekega dogodka, omogoča, da uporabnik določi tako imenovane nagrade ali cene stanj ali prehodov v modelu po izbranem kriteriju. Verifikacijski algoritem lahko pri preverjanju možnih izvajanj v modelu sproti računa in sešteva cene za določeno izvajanje. Jezik za specifikacijo lastnosti pa omogoča, da se izražamo o tem, kolikšna je pričakovana celotna cena do določenega dogodka oziroma stanja. Določena vrsta modela omogoča, da se cena za izvajanje poveča za ena za vsako časovno enoto in tako beleži pretečeni čas. PRISM nam lahko na primer odgovori na vprašanje, *kolikšen je pričakovani čas do prejema sporočila*, vendar žal samo če je verjetnost prejema sporočila enaka ena.

```
pta
module Protokol
  s: [0..3] init 0; // možna stanja
  x: clock; // ura
  invariant // do kdaj v določenem stanju
    (s=0 => x<=5) & (s=1 => x<=10) &
    (s=2 => x<=7)
  endinvariant
  // prehodi med stanji
  [oddaja] s=0 & x>=5 -> 0.2: (s'=1)
    + 0.8: (s'=2);
  [] s=1 & x>=10 -> (s'=0) & (x'=0);
  [potrditev] s=2 & x>=7 ->
    0.99: (s'=3) & (x'=0)
    + 0.01: (s'=1);
endmodule

label "konec" = s=3;

rewards "cas"
  true : 1;
endrewards

rewards "stevilo_oddaj"
  [oddaja] true : 1;
endrewards
```

Slika 1: Primer modela za orodje PRISM

S pomočjo nagrad oziroma cen lahko dobimo odgovore še na mnoga druga vprašanja, značilna za ugotavljanje učinkovitosti, kot na primer (prim. [7], [5]): *kolikšna je pričakovana propustnost do takrat, ko mine 5 časovnih enot*; *kolikšno je pričakovano število izgubljenih paketov v*

naslednjih 100 časovnih enotah; ali je pričakovana dolžina čakalne vrste po natanko 20 časovnih enotah manjša od 10; kolikšna je minimalna pričakovana poraba energije vseh postaj v omrežju do trenutka, ko končajo oddajanje.

Da bralec dobi vtis o izgledu opisov modelov in lastnosti za probabilistične preverjalnike modelov, na sliki 1 podajamo primer opisa modela za PRISM. V obliki probabilističnega avtomata s časom (PTA – "Probabilistic Timed Automaton") [8] je opisano pošiljanje enega podatka prek nezanesljive povezave. V modelu nastopajo verjetnosti in čas, predstavljen s pomočjo posebne spremenljivke tipa `clock`, katere vrednost se implicitno veča. V stanju 0 oddajnik 5 časovnih enot oddaja podatek. Vzeto je, da je ob pričetku oddaje pognal časovnik z intervalom 10 enot. Podatek se z verjetnostjo 0,2 izgubi in sistem gre v stanje 1, ki ga zapusti, ko poteče interval časovnika. Vrne se v stanje 0 in ponovno oddaja podatek. Z verjetnostjo 0,8 podatek doseže sprejemnik in sistem gre v stanje 2, ki predstavlja oddajanje potrditve 2 časovni enoti. Z verjetnostjo 0,99 se potrditev prenese uspešno in sistem gre v stanje 3. Z verjetnostjo 0,01 se izgubi. Sistem gre v stanje 1, ki ga zapusti, ko poteče interval časovnika. Sistem se vrne v stanje 0 za ponovno oddajo podatka.

V PRISM-u smo s formulo $P_{max}=?[F \text{ "konec"}]$ vprašali, kolikšna je verjetnost, da oddajnik nekoč dobi potrditev uspešnega prenosa podatka. Odgovor je verjetnost 1. `F` je temporalni operator "nekoč" ali "v prihodnosti".

S pomočjo definicije nagrade 1 za vsako časovno enoto na sliki 1 in formulo $R\{\text{"cas"}\}_{max}=?[F \text{ "konec"}]$ smo dobili odgovor, da je pričakovani čas do prejema potrditve 9.62623833370289 enot.

S pomočjo definicije nagrade 1 za prehod, ki predstavlja oddajo, in formule $R\{\text{"stevalo_oddaj"}\}_{max}=?[F \text{ "konec"}]$ smo dobili odgovor, da je pričakovano število potrebnih oddaj podatka, da prispe potrditev, 1.2626253425054945.

Oznaka `max` nastopa v formulah, ker PTA-ji lahko vsebujejo nedeterministično izbiro med prehodi iz stanj in tako izvajanja z večjimi in manjšimi verjetnostmi izbranih dogodkov in stanj ter z različnimi kumulativnimi vrednostmi nagrad [7]. PRISM preverja minimalne in maksimalne vrednosti. Ker v modelu na sliki 1 ni nedeterministične izbire, ampak samo izbira s pomočjo verjetnosti, so minimalne vrednosti enake maksimalnim.

IV. PRAKTIČNI PRIMERI UPORABE

Na podlagi pregleda literature bi lahko rekli, da je bilo probabilistično preverjanje modelov do sedaj najpogosteje uporabljeno za ugotavljanje učinkovitosti lokalnih oziroma osebnih omrežij, v katerih si postaje delijo skupen kanal. To je razumljivo, saj v njih igra pomembno vlogo verjetnost oziroma naključna izbira.

V [9] poročajo o analizi učinkovitosti protokola CSMA/CD za dve postaji s skupnim kanalom. Ugotavljali so verjetnost uspešnega prenosa sporočila do določenega časa in verjetnost trkov. Podobne analize so bile narejene za brezžična omrežja. V [7] je opisana analiza protokolov za sodostop z naključnim dostopom po standardu IEEE 802.15.4 in protokola za dinamično dodeljevanje časovnih rež v omrežjih "ad hoc" s PRISM-om. To orodje je bilo uporabljeno na primer tudi za analizo naključnega umikanja v omrežju IEEE 802.11, mehanizma odkrivanja naprav v

omrežju Bluetooth in protokolov za hitro razširjanje informacij v omrežjih [5]. Za brezžična omrežja je bila tipično analizirana tudi poraba energije.

V [10] je še en primer uporabe probabilističnega preverjanja modelov za dandanes aktualna komunikacijska omrežja. Predstavljena je analiza brezžičnega senzorskega omrežja v pametnem elektroenergetskem omrežju. Senzorsko omrežje tvorijo senzorska vozlišča, nameščena na električnih drogovi, med katerimi potekajo vodi za prenos električne energije. Na vsakem drogu je nekaj deset senzorskih vozlišč. Senzorji zaznavajo smer in hitrost vetra, nihanje vodov, napetost, kratek stik ... Samo eno, hrbtenično vozlišče, ima zmožnost usmerjanja. Preostala vozlišča na drogu tvorijo skupaj z njim zvezdno omrežje. Hrbtenično vozlišče komunicira tudi s hrbteničnimi vozlišči na bližnjih drogovi. Senzorska vozlišča lahko občasno odpovedo, porabljajo pa tudi energijo. Avtorji so ugotavljali robustnost senzorskega omrežja na podlagi podatkov o odpovedih senzorjev in časa popravila ter porabo energije z namenom, da bi ugotovili, ali je primerno organiziran servis senzorskih vozlišč ter kdaj naj vzdrževalci zamenjajo baterije v vozliščih. Uporabili so način modeliranja, pri katerem se prehodi med stanji v modelu na primer za razliko od PTA-jev lahko pojavijo ob necelih vrednostih časa, čas med prehodi pa je eksponentno porazdeljen. PRISM omogoča tudi verifikacijo za takšne modele. S pomočjo abstrakcije pri modeliranju so avtorji uspeli analizirati omrežje s 100 hrbteničnimi vozlišči in 5000 senzorskimi.

V. PREDNOSTI IN SLABOSTI

Argument v prid uporabe probabilističnega preverjanja modelov za analizo učinkovitosti omrežij namesto klasičnega matematičnega pristopa ali simulacije je, da naj bi načeloma omogočalo, da opiše omrežje, kaj o njem te zanima, poženeš preverjalnik modelov in kmalu dobiš točne odgovore.

Žal pa se pri preverjanju modelov pojavlja težko rešljiv problem eksplozije prostora stanj. Modeliranje stvarnega časa problem še poveča, saj so spremenljivke, ki predstavljajo čas, dodatne komponente stanja sistema. Kljub uporabi metod za učinkovito predstavitev sistema in obdelave v računalniku (npr. [11]) je število stanj, ki jih mora naenkrat hraniti in pregledovati preverjalnik, lahko ogromno že za omrežja z zelo malo komponentami. Poleg časovnih spremenljivk k eksploziji prostora stanj prispeva paralelno izvajanje komponent. Tako lahko na primer pri verifikaciji razmeroma preprostega protokola za sodostop število stanj omrežja že za nekaj postaj naraste na desetine milijonov, trajanje preverjanja modelov, če prej ne zmanjka pomnilniškega prostora, pa na več ur. Zaradi tega se preverjalniki modelov v velikosti omrežij, ki jih zmorejo preveriti, na splošno ne morejo kosati z matematično analizo in simulacijo. Seveda pa se moramo vprašati o točnosti rezultatov, ki jih dobimo s slednjima.

Da bi težavo z velikim številom stanj vsaj delno rešili, so razvili statistično preverjanje modelov, imenovano tudi približno probabilistično preverjanje modelov [12]. Pri tem tako kot za formalno verifikacijo opišemo sistem in zahtevane lastnosti, preverjanje lastnosti pa se izvaja z naključno simulacijo modela, podobno kot izvajajo simulacijo znani dogodkovno vodeni simulatorji za komunikacijska omrežja, kot sta OPNET [13] in ns-2 [14]. Bistvena razlika v primerjavi s slednjimi pa je v tem, da se pri

prvem pristopu še vedno preverja veljavnost lastnosti oziroma tvori odgovor za formule, ki sprašujejo na primer po verjetnosti ali času. Točnost rezultatov je seveda odvisna od tega, koliko tekov simulacije izvedemo, to je, koliko naključnih vzorcev izvajanja sistema se uporabi pri vrednotenju formul. Metoda je tipično implementirana tako, da podamo zahtevano mero zaupanja in orodje samo izračuna, koliko tekov mora izvesti. Iskane verjetnosti se izračunajo s pomočjo razmerja med številom vzorcev, ki formuli ustrezajo, in vseh dobljenih vzorcev, podobno kot se izračunajo oziroma jih na roko izračunamo pri navadnih simulatorjih. Orodji, ki ga za določene vrste modelov omogočata, sta na primer PRISM in Modest Toolset [15]. Dobra lastnost statističnega preverjanja modelov je, da ga lahko paraleliziramo. To so uspešno naredili v orodju UPPAAL in preskusili na primeru protokola LMAC za brezžična senzorska omrežja [16].

Prednost uporabe probabilističnega preverjanja modelov za analizo učinkovitosti omrežij pred klasično simulacijo je v tem, da lahko, preden preverjamo lastnosti glede učinkovitosti ali celo hkrati s tem, formalno verificiramo, ali je model logično pravilen. S tem lahko preverimo, ali se model obnaša tako, kot pričakujemo od sistema, ki ga s pomočjo modela analiziramo. Prav tako moramo v nekaterih simulatorjih verjetnosti izračunati sami, medtem ko jih tu zahtevamo s formulami. Slabost pa je, da s preverjanjem modelov ne moremo dobiti nekaterih statističnih podatkov, ki jih običajno pokažejo simulatorji sami, kot so na primer minimalne, poprečne in maksimalne vrednosti, ali pa moramo sami definirati zapletene nagrade za prehode ali stanja, da dobimo nekatere odgovore.

Ne nazadnje je treba komentirati še vernost modelov. Pri razvoju matematičnih modelov delajo poenostavitve, ki vodijo k netočnim rezultatom. Potrebne so zato, da z matematičnim znanjem sploh lahko izpeljejo izraze za iskane veličine, da izpeljave ne bi bile prezapletene in da računanje iskanih vrednosti s temi izrazi, četudi ga implementiramo v obliki programa, ne bi bilo preveč časovno zahtevno. Podobno kot simulacijski modeli so lahko formalni modeli vernejši, ker nam ni treba ničesar izpeljevati, ampak odgovor poišče preverjalnik modelov. To lahko vodi k točnejšim rezultatom analize za manjše sisteme v primerjavi z matematičnim modelom, za večje pa žal k eksploziji stanj. Zato je pri pripravi modela dobro uporabiti abstrakcije. To so prijemi, s katerimi skušamo modelirati samo tiste elemente sistema, ki so potrebni za preveritev lastnosti, ki nas zanimajo. Abstrakcije dajo enostavnejši model, vendar naj bi dale točne rezultate za te lastnosti. Preprost primer abstrakcije, ki dokazano ohranja veljavnost pomembnih lastnosti, je skaliranje časa v PTA-jih, tako da več originalnih časovnih enot za celoten model predstavimo kot eno [7]. S tem zmanjšamo število možnih vrednosti spremenljivk, ki predstavljajo ure, in tako nevarnost eksplozije stanj.

Klasični matematični pristop in preverjanje modelov sta si podobna v tem, da z njima omrežje težko modeliramo celovito, na primer cel protokolni sklad za vozlišča. Osredotočiti se moramo na določen protokol ali del protokola. V znanih omrežnih simulatorjih, kot je OPNET, lahko komunikacijsko opremo modeliramo mnogo celoviteje.

VI. ZAKLJUČEK

Predstavili smo probabilistično preverjanje modelov kot možno metodo za ugotavljanje učinkovitosti omrežij. Za manjša omrežja je lahko celo boljša kot matematična analiza in simulacija. Čeprav je zaradi eksplozije stanj na splošno ne moremo uporabiti za večja omrežja, nam lahko spoznanja, ki jih z njo dobimo za manjša omrežja, koristijo pri snovanju večjih, za slednja pa lahko uporabimo statistično preverjanje modelov. Posebej primerna je ravno za danes aktualna omrežja, kot so brezžična senzorska omrežja. To in sorazmerna novost njene uporabe na področju omrežij sta nas vzpodbudila, da pripravimo prispevek za to delavnico.

ZAHVALA

Raziskovalno delo avtorice je sofinancirano s strani Javne agencije za raziskovalno dejavnost Republike Slovenije v okviru programske skupine P2-0069 (Napredne metode interakcij v telekomunikacijah).

LITERATURA

- [1] H. Kobayashi, B. L. Mark. *System Modeling and Analysis*. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall, 2009.
- [2] C. Baier in J.-P. Katoen. *Principles of Model Checking*. Cambridge, MA: MIT Press, 2008.
- [3] Spin model checker homepage, <http://spinroot.com/spin/whatispin.html>.
- [4] UPPAAL Home, <http://www.uppaal.org/>.
- [5] PRISM - probabilistic symbolic model checker, <http://www.prismmodelchecker.org/>.
- [6] H. A. Oldenkamp, "Probabilistic model checking: A comparison of tools", Masters thesis, University of Twente, marec 2007.
- [7] M. Fruth, "Formal methods for the analysis of wireless network protocols", Ph.D. dissertation, University of Oxford, 2011.
- [8] M. Kwiatkowska, G. Norman in D. Parker, "PRISM 4.0: verification of probabilistic real-time systems", v *Proc. 23rd International Conference on Computer Aided Verification*, LNCS 6806, Springer-Verlag, 2011, str. 585–591.
- [9] M. Dufloy, M. Kwiatkowska, G. Norman, D. Parker, S. Peyronnet, C. Picaronny and J. Sproston, "Practical applications of probabilistic model checking to communication protocols", v *Formal Methods for Industrial Critical Systems: A Survey of Applications*, IEEE Computer Society Press, marec 2013, str. 133–150.
- [10] E. Yüksel, H. Zhu, H. R. Nielson, H. Huang in F. Nielson, "Modelling and analysis of smart grid: A stochastic model checking case study", v *Proc. IEEE 6th International Symposium on Theoretical Aspects of Software Engineering*, 2012, str. 25–32.
- [11] D. Parker, "Implementation of symbolic model checking for probabilistic systems", Ph.D. dissertation, University of Birmingham, 2002.
- [12] A. Hinton, "Software project M60: Simulator for the probabilistic model checker PRISM", MEng in Computer Science/Software Engineering, University of Birmingham, 2005.
- [13] OPNET technologies, <http://www.opnet.com/>.
- [14] ns-2, http://nsnam.isi.edu/nsnam/index.php/Main_Page.
- [15] Modest Toolset Home, <http://www.modestchecker.net/>.
- [16] P. Bulychyev, A. David, K. G. Larsen, A. Legay, M. Mikučionis, D. Bøgsted Poulsen, "Checking and distributing statistical model checking", v *Proc. 4th International Symposium NASA Formal Methods*, LNCS 7226, Springer-Verlag, 2012, str. 449–463.



Tatjana Kapus je profesorica na Univerzi v Mariboru na Fakulteti za elektrotehniko, računalništvo in informatiko. Poučuje pri predmetih o komunikacijskih omrežjih, programiranju in formalnih metodah. Njeno glavno raziskovalno področje so formalne metode za reaktivne sisteme, kot so na primer komunikacijski protokoli.

Transport sinhronizacije v hrbteničnih paketnih radijskih omrežjih nove generacije

Janez Mihelič, Aviat Networks in Andrej Kos, UL, Fakulteta za elektrotehniko

Povzetek — V prispevku bomo predstavili koncept mikrovalovne radijske transparentne ure (R-TC) za transport faze/časa v mikrovalovnih hrbteničnih omrežjih. R-TC temelji na podpori mikrovalovnega fizičnega sloja v kombinaciji s sinhronim ethernetom in uporabo prilagojenega protokola IEEE1588. Predlagani koncept kaže velik potencial za točen transport časa/faze preko mikrovalovnih hrbteničnih paketnih povezav.

Ključne besede — sinhronizacija, IEEE1588, mikrovalovna hrbtenična omrežja, časovno žigovanje zračnih okvirjev

Abstract — In this paper we develop a concept of microwave or millimeter wave (mmW) radio transparent clock (R-TC) for phase/time transportation over microwave links based on a microwave PHY support combined with synchronous Ethernet and the use of adapted IEEE1588 protocol. The proposed concept shows great potential for the implementation of accurate time/phase transportation over microwave/mmW backhaul links.

Keywords — Synchronization, IEEE1588, microwave backhaul networks, air frame time-stamping

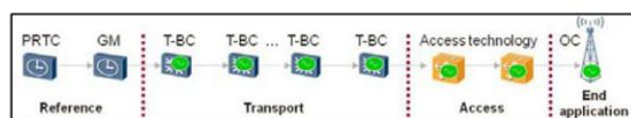
I. UVOD

Mikrovalovna omrežja so najbolj dominantna tehnologija pri izgradnji hrbteničnih omrežij mobilnih tehnologij. Za podporo hibridnim in paketnim tehnologijam so se mikrovalovna omrežja zelo hitro razvila in prešla iz TDM transportne tehnologije na paketno orientiran transport. Za uspešno podporo novim mobilnim tehnologijam, kot so WIMAX, TD-SCDMA, LTE in LTE-A, pa se mikrovalovna tehnologija sooča z novim velikim izzivom – transportom sinhronizacije. Ta izziv narekujejo nove mobilne tehnologije, saj za uspešno in učinkovito delovanje visoko prepustnih radijskih vmesnikov potrebujejo izredno točno sinhronizacijo. V nasprotju s sedanjimi mobilnimi sistemi (GSM / UMTS), ki zahtevajo le frekvenčno sinhronizacijo, pa nove, visoko zmogljive mobilne tehnologije zahtevajo oboje, t.j. frekvenco in čas/fazo.

ITU-T SG15/Q13 grupa preučuje uporabo sinhronnega etherneteta in IEEE1588v2 za potrebe telekomunikacijskih hrbteničnih omrežij mobilnih tehnologij. Študija zajema transport frekvenčne sinhronizacije za obstoječe mobilne sisteme, kot so GSM / UMTS in transport faze/časa za nove mobilne tehnologije, kot so TD-SCDMA in LTE-A idr. Rezultat študije je specifikacija dveh PTP telekomunikacijskih profilov, pri čemer je drugi PTP profil še vedno v fazi razvoja. Za doseganje visokih sinhronizacijskih zahtev drugi PTP profil specifikira paketni prenos časa od vozlišča do vozlišča in pri tem predvideva, da se mora vsako vozlišče v omrežju (stikala, usmerjevalniki) zavedati funkcionalnosti protokola IEEE1588 in jih podpirati. ITU-T SG15/Q13 študija se osredotoča na razvoj modela transporta omrežne sinhronizacije, ki je potreben predpogoj za določitev sinhronizacijskih parametrov in limit. Upoštevanje parametrov in limit pa omrežju nadalje zagotavlja predpostavljeno vrednost točnosti sinhronizacije, transportirane po takem omrežju (frekvenčna stabilnost in akumulacija časovnih napak). Osnutek specifikacij G.827x obravnava transport sinhronizacije z uporabo PTP BC, v

prihodnje pa se predvideva tudi uporaba PTP TC. Funkcionalnosti standardizirane PTP BC in zahtevane karakteristike, določene z drugim PTP profilom so predstavljene kot »Telecom Boundary Clock« (T-BC).

Pri obravnavi transporta sinhronizacije po omrežju, ITU-T obravnava ločeno vsak segment omrežja. Uporaba T-BC se tako trenutno nanaša le na transportni del paketnega omrežja. Temeljna transportna tehnologija v transportnem delu paketnega omrežja temelji na optičnih ali žičnih povezavah. Slika 1 prikazuje različne segmente omrežja in umestitev T-BC na sinhronizacijski poti.



Slika 1: Segmenti omrežja in sinhronizacijska veriga

Dostopni del transportnega omrežja pa lahko predstavljajo različne tehnologije, na primer mikrovalovni radio, CPRI, PON, DSL itd. Za ta segment omrežja ITU-T trenutno še ne določa načina transporta sinhronizacije, določa pa proračun sinhronizacijske napake za ta segment omrežja. Ob tem pa vseeno že predpostavlja, da je za tudi na tem segmentu za transport sinhronizacije poskrbljeno v okviru posameznega fizičnega transportnega medija, in da se IEEE1588 protokol prenaša preko teh tehnologij.

II. TRANSPORT SINHRONIZACIJE V PAKETNIH OMREŽJIH

Transport časa/faze v paketnih omrežjih je določen s standardom IEEE 1588 – 2008 [9]. V primeru transporta časa z uporabo peer-to-peer (P2P) transparentne ure (TC) se časovna informacija med *grandmaster* uro in *slave* uro propagira kot vsota treh sumandov. Prvi sumand je čas *grandmaster* ure v času, ko je bil poslan sinhronizacijski paket, drugi sumand je seštevek vseh rezidenčnih časov v vseh vozliščih, t.j. vozliščih, ki opravljajo vlogo transparentne ure, tretji sumand pa je vsota vseh zakasnitev na fizičnih povezavah med transparentnimi urami na sinhronizacijski poti. Vsaka napaka, tako pri merjenju rezidenčnega časa, kot pri merjenju zakasnitve na fizični povezavi, se odraža v končni točnosti časa, prenesenega preko omrežja transparentnih ur. Za doseganje visokih točnosti IEEE 1588 standard predvideva uporabo strojnega bloka za precizno časovno žigovanje sinhronizacijskih paketov na njihovem prehodu na fizični sloj prenosne poti. V

ethernet transportnem omrežju je točka žigosanja sinhronizacijskega paketa določena z začetkom prvega bajta po preambuli ethernet paketa. Za učinkovito izrabo preciznega časovnega žigosanja paketov standard dodatno predvideva postavitev točke žigosanja kar najbližje prehodu paketa na fizični sloj in nazaj, saj le fizični sloj ethernet paketne zveze zagotavlja konstantnost in simetričnost zakasnitev na zvezi, ki je predpogoj za zagotavljanje sinhronizacijske točnosti IEEE1588 protokola.

III. PROBLEMI TRANSPORTA SINHRONIZACIJE V MIKROVALOVNIH PAKETNIH OMREŽJIH

V mikrovalovnih paketnih omrežjih zgoraj definirana točka žigosanja ne predstavlja aktualnega časa prehoda paketa na fizični sloj povezave. Temu botrujejo specifičnost mikrovalovnega fizičnega sloja in njegove relacije z ethernet paketom. Za razliko od optičnih ali žičnih medijev, kjer ethernet paket predstavlja prenosno enoto, ki se prenaša po fizičnem sloju, se fizični sloj radijskega vmesnika ne zaveda posameznih ethernet paketov. Prenos podatkov na radijskem vmesniku temelji na kontinuiranem prenosu simbolov, grupiranih v zračne okvirje, ang. air frames (AF), ki so med seboj ločeni s preambulo (serija simbolov). Tak sistem prenosa imenujemo tudi Constant Bit Rate (CBR). Vsak zračni okvir se začne s preambulo, ki je sprejemniku znana sekvenca simbolov. Preambuli sledi kontrolno polje, ki določa okvir. Kontrolnemu polju sledi serija blokov QAM (ali QPSK) simbolov, ki se imenujejo transportni bloki (TB). TB-ji so t.i. zabojniki za izmenjavo uporabniških ethernet paketov in kontrolnih podatkov (ACM, ATPC, AGC ... regulacijske zanke) med modemoma. Velikost zabojnikov za prenos uporabniškega prometa določa stopnja modulacije, določena s strani ACM. Funkcija ACM upravlja dinamično prilagajanje slabljenju na radijski poti s spreminjanjem stopnje modulacije in FEC nivoja – tipično zaradi vremenskih sprememb na prenosni poti. Ključne prednosti uporabe ACM so izboljšana učinkovitost spektra, izboljšana razpoložljivost zveze in minimizacija prekinitev. Slabost spreminjanja stopnje modulacije in posledične spremembe prepustnosti mikrovalove zveze (nihanje velikosti zabojnikov) je precejšnje nihanje zakasnitev na paketnem nivoju - velik PDV, kar močno degradira sinhronizacijsko točnost IEEE1588 protokola, ki temelji na predpostavki o konstantni in simetrični zakasnitvi na zvezi. Transportni blok ali zabojnik je osnovna procesna enota radijskega sprejemnika, t.j. FFT bloka in nadaljnje signalne obdelave. To pomeni, da mora radijski sprejemnik za dekodiranje enega ethernet paketa obdelati celotni transportni blok, katerega obdelava zajema številne faze tako v frekvenčni kot časovni domeni. Radijski vmesnik kot osnovno prenosno enoto torej ne prenaša ethernet paketov, pač pa transportne bloke, v katerih se nahaja množica ethernet paketov. Kompleksnost relacije med ethernet paketom in TB-jem (poravnava prvega bita ethernet paketa s simbolom TB-ja), znotraj katerega se paket prenaša, je razlog, zakaj na fizičnem sloju radijskega vmesnika ne moremo pridobiti podatka (časovnega žiga) o posameznem ethernet paketu. Skrajna točka radijskega vmesnika, kjer še lahko obravnavamo posamezne ethernet pakete, je MAC vmesnik. Tipično so med MAC in PHY slojem radijskega vmesnika tudi čakalne vrste tipa FIFO, ki skrbijo za izravnavo različnih podatkovnih hitrosti MAC in PHY sloja. Čakalne vrste v sistem vnašajo dodatno variacijo zakasnitev na paketnem nivoju, kar še dodatno popači

časovno informacijo o prehodu paketa na fizični sloj. Iz opisanega sledi, da standardizirana metoda žigosanja paketov, določena s standardom IEEE1588, ni ustrezna za žigosanje na radijskem MAC vmesniku.

Dejstvo, da so mikrovalovna hrbtenična paketna omrežja izredno pomemben segment pri uvajanju sodobnih mobilnih omrežij (LTE-TDD), ki za svoje delovanje, poleg izredno točne frekvence, potrebujejo tudi izredno točno časovno sinhronizacijo, in dejstvo, da je sinhronizacija vse pogostejše transportirana preko paketnih omrežij (tudi zaradi odsotnosti ali nedostopnosti GPS signala v omrežju malih celic LTE-A), so motivi za izboljšanje učinkovitosti prenosa časa preko mikrovalovnih paketnih omrežij z uporabo protokola IEEE1588.

IV. KONCEPT RADIJSKE TRANSPARENTNE URE R-TC

Da bi rešili zgoraj navedene probleme radijskega vmesnika pri prenosu časa z uporabo protokola IEEE1588, smo razvili nov koncept uporabe protokola IEEE1588 za transport časa preko mikrovalovnih radijskih zvez, imenovan radijska transparentna ura (R-TC).

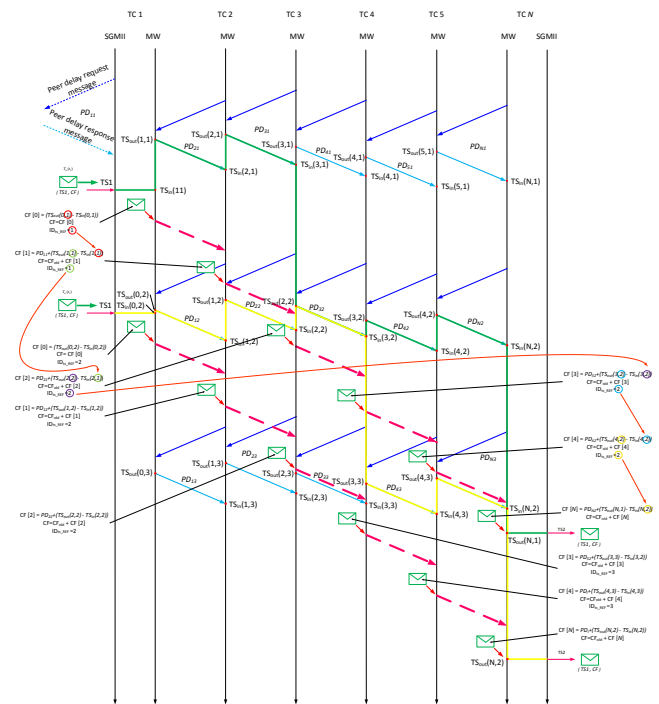
R-TC temelji na podpori fizičnega sloja, tako mikrovalovnega kot tudi žičnega oz. optičnega medija, in prilagojeni uporabi protokola IEEE1588 znotraj sistema R-TC. Ključni vidik R-TC-ja je časovno referenčni prehod (TRGW), kjer se časovna informacija ethernet okvirja zamenja s časovno informacijo radijskega zračnega okvirja. TRGW predstavlja nekakšen prilagoditveni sloj med fizičnim slojem mikrovalovnega vmesnika in protokolom IEEE1588.

S predstavitvijo transportirane časovne reference s paketnega nivoja na nivo zračnega okvirja, odpravimo vse zgoraj navedene ključne probleme radijskega vmesnika pri transportu časa na »paketnem« nivoju. Prestavitev reference se zgodi ob vstopu sinhronizacijskega paketa na mikrovalovno pot in ob izstopu z nje; to nalogo opravi TRGW. Po prehodu sinhronizacijskega paketa prek prvega TRGW-ja se časovna informacija v paketu nanaša/sključuje na časovno informacijo fizičnega sloja radijskega sprejemnika, t.j. na časovno informacijo radijskega zračnega okvirja. Točnost prenesene časovne informacije je z uporabo R-TC odvisna le od fizikalnih meja točnosti merjenja zakasnitev na poti in od točnosti merjenja rezidenčnega časa, ki ju določata strojna oprema in fizični sloj mikrovalovnega vmesnika. Točnost obeh meritev je v največji meri sistemsko pogojena z granulacijo časovnih žigov in asimetrijo fizičnih povezav. Koncept R-TC torej omogoča ekvivalentno obravnavo tako mikrovalovnih kot ožičenih vozlišč v kontekstu prenosa časa z uporabo protokola IEEE1588. Koncept R-TC predstavlja nov PTP profil, ki določa uporabo protokola na radijskem vmesniku.

V. DELOVANJE KONCEPTA R-TC

Izhodiščna zahteva koncepta radijske transparentne ure je točen in zanesljiv prenos časa/faze z uporabo protokola IEEE1588. Ključna problema pri prenosu sinhronizacije preko radijskega vmesnika sta velik PDV in nezmožnost žigosanja paketa na fizičnem sloju radijskega vmesnika. Predlagani koncept zaobide problem PDV-ja in nezmožnost žigosanja paketov z vpeljavo časovnega referenčnega prehoda (TRGW). Koncept temelji na časovni informaciji fizičnega sloja radijskega vmesnika, ki je vgrajena v sinhronizacijski paket. V predlaganem konceptu je paket le

nosilec informacije in ne referenčna točka časovnega žigosanja, kot to določa standard. Za pridobivanje časovnih informacij iz fizičnega sloja radijskega vmesnika predpostavimo, da imamo dostopne fizične signale, ki označujejo oddajo in sprejem zračnega okvirja. Izhodišče za delovanje TRGW je torej sposobnost časovnega žigosanja radijskega zračnega okvirja, kar danes omogoča večina sodobnih SoC in FPGA modemske implementacije na tržišču (Broadcom, DesignArt Networks, Altera, Xilinx idr). Tu tudi predpostavimo, da so radijski okvirji enolično oštevilčeni in da je njihova identifikacijska številka na voljo TRGW v času zajema časovnega žiga. Identifikacijska številka zračnega okvirja služi vzpostavitvi relacije med zračnim okvirjem in pripadajočim časovnim žigom na obeh straneh radijske zveze. Na osnovi te predpostavke ima TRGW na voljo vse podatke za izračun zakasnitve na radijski zvezi in rezidenčnega čas radijskega zračnega okvirja. Na enak način, kot to definira IEEE 1588 protokol, le da v primeru TRGW objekt časovnega žigosanja ni ethernet sinhronizacijski paket, temveč njemu pripisan radijski zračni okvir. Ideja predlaganega koncepta, ki ga izvaja TRGW, je vzpostavitev relacije med dejanskim PTP sinhronizacijskim paketom in zračnim okvirjem, katerega identifikacija je enolična tako za oddajnik kot sprejemnik. Pri vstopu PTP sinhronizacijskega paketa na mikrovalovno radijsko pot ta potuje preko prvega TRGW, kjer je najprej časovno žigosan na paketnem nivoju, nato pa mu, za nadaljevanje poti po mikrovalovni poti, TRGW pripiše izbrani zračni okvir. TRGW popravi vrednost CF polja v paketu z vrednostjo izračunane zakasnitve na zvezi (paketni nivo) in izmerjenega navideznega rezidenčnega časa. Navidezni rezidenčni čas tu pomeni razliko časovnih žigov izbranega zračnega okvirja in sinhronizacijskega paketa. TRGW sinhronizacijskemu paketu doda TLV, kamor zapiše identifikacijsko številko izbranega zračnega okvirja. Nadalje paket potuje po mikrovalovni poti in prehaja TRGW posameznih vozlišč (R-TC). Pri prehodu mu vsak posamezni TRGW popravi vrednost CF polja glede na izračunano zakasnitev na radijski zvezi in glede na izračunan »rezidenčni« čas med odhodnim in dohodnim zračnim okvirjem, pri čemer je dohodni zračni okvir specifičen v TLV dodatku paketa in ga je specifičiral predhodni TRGW. Zadnji korak TRGW pri prehodu sinhronizacijskega paketa je zapis identifikacije izbranega odhodnega zračnega okvirja v TLV polje tega paketa. Pri prehodu sinhronizacijskega paketa preko zadnjega TRGW se zgodi obraten proces kot pri prvem TRGW. Zadnji TRGW časovno žigosa PTP paket na svojem izhodnem ethernet vmesniku in preračuna CF polje glede na izračunano zakasnitev na zvezi in navideznim rezidenčnim časom PTP paketa. Navidezni rezidenčni čas je, podobno kot na vstopni točki, razlika med izhodnim paketnim časovnim žigom in časovnim žigom zračnega okvirja, specifičiranega v TLV dodatku tega paketa. Zadnji korak končnega TRGW-ja je še odstranitev TLV dodatka. Paket tako zapusti mikrovalovno pot v standardni obliki z vsemi potrebnimi korekcijami CF polja, ki adekvatno odražajo prepotovano pot preko radijskih transparentnih ur. Grafični prikaz delovanja koncepta prikazuje Slika 2.



Slika 2: R-TC koncept

VI. PRELIMINARNI REZULTATI SIMULACIJ

ITU- T G.8271.1 standard določa časovne in fazne limite pogreškov sinhronizacijske verige pri transportu časa z uporabo protokola IEEE 1588. Tem zahtevam in določilom se morajo podrežati tudi hrbtenična mikrovalovna paketna omrežja, ker so pomemben segment pri uvajanju mobilne tehnologije LTE – TDD. Za potrebe ciljnih aplikacij, kot so UTRA TDD in LTE-TDD (majhne celice), je meja sinhronizacijskega pogreška postavljena v razponu od 1 do 1,5 mikrosekunde.

Preliminarni rezultati simulacij, ki so bili narejeni s pomočjo razvitega modela za prenos časa preko R-TC sinhronizacijske verige, kažejo, da z implementacijo R-TC koncepta na mikrovalovni poti lahko zadostimo kriterijem in limitam, ki jih določa standard G.8271.1.

Rezultati kažejo, da so z implementacijo R-TC koncepta mikrovalovna paketna omrežja enakovredna žičnim ali optičnim omrežjem in se v smislu točnosti transportiranega časa lahko kosajo z njimi. To velja tudi za primer, ko je podrejena EEC sinhronizacijska veriga izpostavljena maksimalni dopustni frekvenčni motnji, kot jo specifičira ITU-T G.8262 standard. G.8271.1. standard pa tako motnjo privzema.

Simulacija je obravnavala tudi vpliv parametrov kot sta obhodni čas in rezidenčni čas na doseganje zahtevane točnosti. Iz simulacij sledi, da imamo za določitev teh dveh parametrov na voljo razmeroma širok interval, t.j. od 1 ms do 50 ms. To dejstvo predvsem olajša inženiring mikrovalovne opreme z vidika potrebne procesorske moči za zajem in obdelavo časovnih žigov na nivoju radijskega zračnega okvirja.

VII. SKLEP

V prispevku smo predstavili koncept mikrovalovne radijske transparentne ure (R-TC) za transport faze/časa v mikrovalovnih hrbteničnih omrežjih, ki temelji na podpori mikrovalovnega fizičnega sloja v kombinaciji s sinhronim ethernetom in uporabo prilagojenega protokola IEEE1588.

Rezultati simulacij so obetavni in kažejo potencial za nadaljnji razvoj in implementacijo koncepta R-TC na realnih mikrovalovnih zvezah. R-TC koncept teoretično zagotavlja potrebno raven sinhronizacijske točnosti, kot jo specifikira ITU-T, in tako omogoča širšo uporabo mikrovalovnih zvez za hitro in učinkovito izgradnjo hrbteničnih omrežij, potrebnih pri uvajanju novih dostopovnih tehnologij s potrebo po zelo točni frekvenčni in časovni sinhronizaciji.

ZAHVALE

Za pomoč pri nastanku pričujočega prispevka se zahvaljujem podjetju Aviat Networks. Podjetju se zahvaljujem tudi za omogočanje podiplomskega študija na Fakulteti za elektrotehniko, UL. Aviat Networks je vodilni proizvajalec sodobnih mikrovalovnih omrežnih sistemov.

LITERATURA

- [1] ITU-T Recommendation G.810 (08/96) "Definitions and terminology for synchronization networks".
- [2] ITU-T Recommendation G.826x series
- [3] ITU-T Recommendation G.827x series
- [4] ITU-T contribution 2243, SG15, "Effect of turnaround time on time transport performance using PTP", October 2012.
- [5] ITU-T contribution 1511, SG15, "Mathematical description of Boundary clock simulation models for the case of frequency distribution via SyncE", February 2011.
- [6] ITU-T contribution 1514, SG15, "Effect of Pdelay or Delay Request/Response Turnaround time and Sojourn Time on Boundary Clock Performance"
- [7] M. Ouellette, G. Garner, S. Jobert, "Simulations of a chain of Telecom Boundary Clocks combined with Synchronous Ethernet for phase/time transfer".
http://ieeexplore.ieee.org/xpl/login.jsp?tp=&arnumber=6070143&url=http%3A%2F%2Fieeexplore.ieee.org%2Fxppls%2Fabs_all.jsp%3Farnumber%3D6070143 (19.4.2014)
- [8] Geoffrey M. Garner, SAMSUNG Electronics, "Effect of a Frequency Perturbation in a Chain of Synchronized Transparent Clock".
<http://www.ieee802.org/1/files/public/docs2007/as-garner-protocol-synton-chain-freq-offset-accum-vgs-0307.pdf> (19.4.2014)
- [9] IEEE Std. 1588™-2008 "IEEE Standard for a Precision Clock Synchronization Protocol for Networked Measurement and Control Systems, July 2008.
- [10] Understanding Jitter and Wander Measurements and Standards, Second Edition (Agilent Technologies)
Z. Ghebretensae, J. Harmatos, K. Gustafsson, "Mobile Broadband Backhaul Network Migration from TDM to Carrier Ethernet", IEEE Communications Magazine, October 2010.
<http://cp.literature.agilent.com/litweb/pdf/5988-6254EN.pdf> (19.4.2014)
- [11] Jean-Loup Ferrant and Stefano Ruffini, "Evolution of the Standards for Packet Network Synchronization", IEEE Communications Magazine, February 2011.
http://ieeexplore.ieee.org/xpl/login.jsp?tp=&arnumber=5706321&url=http%3A%2F%2Fieeexplore.ieee.org%2Fxppls%2Fabs_all.jsp%3Farnumber%3D5706321 (19.4.2014)
- [12] A. Magee, "Synchronization in Next-Generation Mobile Backhaul Networks" IEEE Commun. Mag. October 2010.
http://ieeexplore.ieee.org/xpl/login.jsp?tp=&arnumber=5594685&url=http%3A%2F%2Fieeexplore.ieee.org%2Fxppls%2Fabs_all.jsp%3Farnumber%3D5594685 (19.4.2014)
- [13] Ilija Hadžić et al. »A Synchronization Algorithm for Packet MANs«, IEEE Transactions on Communications, vol. 59, no. 4, April 2011.
http://ieeexplore.ieee.org/xpl/login.jsp?tp=&arnumber=5719287&url=http%3A%2F%2Fieeexplore.ieee.org%2Fxppls%2Fabs_all.jsp%3Farnumber%3D5719287 (19.4.2014)

- [14] J.L. Ferrant, M. Gilson, S. Jobert, M. Mayer, M. Ouellette, L. Montini, S. Rodrigues, and S. Ruffini, "Synchronous Ethernet: a method to transport synchronization" IEEE Communications Mag., vol. 46, no. 9, p. 126–134, Sep. 2008.
<http://timing.zarlink.com/zarlink/SyncE-IEEE-sep08.pdf> (19.4.2014)



Janez Mihelič (janez.mihelic@aviatnet.com) je diplomiral leta 2008 na Fakulteti za elektrotehniko Univerze v Ljubljani. Trenutno je podiplomski študent, prav tako na Fakulteti za elektrotehniko. Zaposlen je v podjetju Aviat Networks, kjer se ukvarja z razvojem in implementacijo sinhronizacije na mikrovalovnih komunikacijskih sistemih.



Andrej Kos (andrej.kos@fe.uni-lj.si) je diplomiral leta 1996 na Fakulteti za elektrotehniko Univerze v Ljubljani in doktoriral leta 2003. Trenutno je zaposlen kot izredni profesor na Fakulteti za elektrotehniko. Trenutno se ukvarja z raziskavami na področju širokopasovnih paketnih omrežij in konvergenčnih storitev naslednje generacije.

Pomen pristopa programskih produktnih linij pri razvoju programske opreme naslednje generacije

Luka Pavlič in Marjan Heričko, FERI, Univerza v Mariboru

Povzetek — Programske produktne linije so uveljavljen pristop pri hkratnem razvoju sorodnih aplikacij. Omogočajo ponovno uporabo ne samo konkretnih gradnikov programske opreme, temveč in predvsem tudi procesov, ki so do programske opreme pripeljali - tako analitike, načrtovanja, testiranja, kot tudi vzdrževanja. Na takšen način pristop programskih produktnih linij omogoča dvig kakovosti programske opreme s hkratnim padcem stroškov razvoja.

Pristop na začetku predvideva vzpostavitev skupne arhitekture sorodnih izdelkov. Na tej osnovi končnim aplikacijam na skupno osnovo v smislu razširitev točk dodajamo ali spreminjamo funkcionalnosti, izgled, načine obnašanja, komunikacije, povezovanja in sodelovanje.

Predstavili bomo tako teoretična izhodišča pristopa kot tudi praktične možnosti uporabe pri razvoju programske opreme v svetu, kjer ne vemo zagotovo, ali ter v kakšni meri se bodo zahteve po povezovanju spremenile v prihodnosti. Predstavili bomo tudi praktične izkušnje na konkretnem primeru razvoja programske opreme.

Ključne besede — programske produktne linije, ponovna uporaba.

Abstract — Software product lines are one of well established techniques of reuse in software engineering. Based on software similarities and variability, the approach enables simultaneous development of several software versions. The key benefit of software product lines is, that the reuse of processes (such as analytics, design, testing, maintenance) are possible in addition to reuse of concrete software assets.

From technical point of view, software product lines use the same architecture for all similar products. The architecture is key for including features with prepared extension points. Extensions could include new or changed functionalities, different graphical user interface, behavioural differences, communication specialities, data handling and others. In this paper we show both, theoretical backgrounds and practical experiences with presented approach.

Keywords — software product lines, reuse in software development.

I. UVOD

Programsko inženirstvo v sklopu poslovnih ciljev zasleduje zagotavljanje visoke kakovosti razvite programske opreme, hiter razvoj in posledično kratek čas prodora na trg, nizke stroške razvoja, vzdrževanja in prilagajanja programske opreme, možnost hitrih sprememb ipd. V poslovnem svetu so zahteve po prilagodljivosti, poceni in visoko kakovostni programski opremi popolnoma razumljive in utemeljene. Ne samo, da mora sodobna programska oprema zadostovati aktualnim merilom kakovosti in tehničnih zmogljivosti - še več: realno je pričakovati, da bo danes razvita programska oprema kakovostna tudi s prihodnjimi merili, ter da bo sposobna izkoriščati vse prihodnje, danes še nepoznane, potenciale izvajalnih okolij, možnost povezovanja ipd. V sklopu članka predstavljamo pristop programskih produktnih linij, ki omogoča ravno to: nižanje stroškov, višanje nivoja kakovosti ter visoko prilagodljivost tako spreminjajočim se poslovnim ciljem kot tudi tehničnim zahtevam in zmoglostim.

II. PROGRAMSKE PRODUKTNE LINIJE

Ponovna uporaba kot ena izmed temeljnih disciplin programskega inženirstva igra pomembno vlogo pri razvoju novih ali vzdrževanju obstoječih sistemov. V preteklosti je že narekovala prevladujoči model razvoja programske opreme.

Od modularnega razvoja v 60. in 70. letih, preko objektno, komponentno in kasneje storitveno naravnane razvoja. Kljub temu, da s pravilno in redno uporabo konceptov ponovne uporabe na prej omenjenih nivojih pridobimo mnogo koristi, vendarle obstaja še nekaj vrzeli, ki jih zgolj uporaba obstoječih delov programske kode, knjižnic, komponent, storitev, vzorcev ali kar celotnih ogrodij ne naslavlja.

Ko govorimo o množici sicer podobnih programskih izdelkov, ki jih loči le določen manjši nabor specializiranih funkcionalnosti po posameznih izdelkih, z možnostjo različne izvedbe istih funkcionalnosti, lahko to udeležimo po eni strani brez pristopov ponovne uporabe ali pa zgolj z ustrezno uporabo uveljavljenih metod: komponentnega razvoja, uporabe vzorcev, knjižnic ipd. Programske produktne linije omogočajo poleg obstoječih mehanizmov še druge nivoje ponovne uporabe - ponovno uporabo na nivoju večjih zaključenih enot. Le-te poleg samih ponovno uporabljivih gradnikov vključuje še postopke in pravila združevanja sestavljenih celot, združujejo tudi enotno analitiko, načrtovanje in upravljanje razvoja programske opreme ter tudi in predvsem na takšen način nižajo stroške razvoja in višajo kakovost. Pristopa programskih produktnih linij se lahko poslužimo, ko se pojavijo naslednje težave kot posledica kompleksnosti programske opreme [3]:

- srečujemo se z razvojem enake funkcionalnosti za različne izdelke in/ali stranka,
- enaka sprememba mora biti izvedena v več različnih izdelkih,
- enaka funkcionalnost se mora različno obnašati v odvisnosti od končnega izdelka,
- določenih funkcionalnosti več ne moremo vzdrževati in tako mora stranka preiti na novejšo različico programske opreme,
- ne znamo oceniti stroškov prenosa določene funkcionalnosti v drug izdelek,
- spremembe določenih osnovnih infrastrukturnih gradnikov vodijo v nepredvidljivo obnašanje odvisnih izdelkov,
- večino truda vlagamo v vzdrževanje in ne razvoj novih funkcionalnosti.

Na tem mestu lahko potegnemo vzporednico z drugimi inženirskimi disciplinami, kjer je takšen pristop (produktne linije) ne samo prisoten, temveč tudi v celoti vpeljan. Denimo avtomobilska industrija: na osnovi enake karoserije proizvajalci izdelujejo celo paleto različnih vozil, ki tudi znotraj manjše družine vozil nudijo določene razlike. Poleg stroškovne učinkovitosti so na takšen način dosegli tudi višjo in, pomembneje, bolj obvladljivo kakovost. Skupna osnova in produktne linije za avtomobile npr. lahko dopuščajo ločeno testno linijo, kjer lahko, neodvisno od trenutne produkcije preizkušajo izboljšave in jih kasneje uvedejo v produkcijo.

Primere iz drugih disciplin lahko neposredno preslikamo tudi na programsko opremo z uporabo programskih produktnih linij. Programske produktne linije namreč pomenijo ravno to: skupna osnova celi družini izdelkov, ki se bodo razlikovali po drugačnem naboru funkcionalnosti in/ali po načinu izvedbe določene funkcionalnosti. Pri tem pa želimo ohraniti skupnih čim več podpornih in razvojnih aktivnosti, kot so načrtovanje, preverjanje kakovosti, gradnja produkcijskih paketov, enotno odpravljanje napak ipd.

Ena izmed definicij programskih produktnih linij se glasi takole [1]: Programska produktna linija je množica programskih izdelkov, ki si delijo skupen, obvladljiv nabor funkcionalnosti določenega segmenta ali namena in je razvita na predpisan način na osnovi množice skupnih gradnikov.

Programske produktne linije skratka omogočajo na eni strani cenejši razvoj, na drugi strani višjo kakovost, oboje pa na račun znanih skupnih točk in posebnosti družine izdelkov. Takšen pristop pri razvoju zahteva skupno obravnavo arhitekture osnovnih izdelkov (skupna osnova in možnost variabilnosti), plan sestavljanja izdelkov in definiranje obsega in poslovnih ciljev (sestavljanje osnovnih izdelkov in dodajanje variabilnosti).

Kljub vsemu, pa produktne linije zahtevajo tudi dodatne stroške: arhitektura, posamezni gradniki in testi morajo vključevati možnost variabilnosti, poslovni plani morajo biti narejeni za več izdelkov, ne le enega ipd. Kljub temu se je dolgoročno izkazalo, da so doprinosi programskih produktnih linij izredno ugodni [3].



Slika 1. Aktivnosti razvoja po principu SPL [2]

Kot je razvidno na sliki 1, pri pristopu programskih produktnih linij ločimo razvoj osnovnih gradnikov in njihovo sestavljanje v končne izdelke [2]. Znotraj iteracij razvoja posameznih gradnikov poskrbimo za razvoj posameznih neodvisnih gradnikov, ki jih bomo združevali v izdelke. Množico posameznih gradnikov sestavljamo v sklopu iteracij razvoja izdelkov. Pri tem je potrebno poudariti, da so poleg

osnovnih gradnikov vhod v to iteracijo tudi pravila sestavljanja. Razvoj osnovnih izdelkov je tako popolnoma ločen od sestavljanja le-teh; hkrati pa je sestavljanje gradnikov v končni izdelek popolnoma avtomatizirano. Aktivnosti upravljanja vključujejo podporna tehnična in organizacijska opravila.

III. OBVLADOVANJE VARIABILNOSTI V PROGRAMSKIH PRODUKTHNIH LINIJAH

Vodenje variabilnosti (drugačnosti ali enakosti) v posameznih gradnikih glede na končne izdelke je osnova programskih produktnih linij. Variabilnost je sposobnost programske opreme ali njenega gradnika, da jo lahko učinkovito razširimo, spremenimo ali prilagodimo z namenom uporabe v določenem kontekstu. [4] Variabilnosti beležimo in vodimo glede na posamezne funkcionalnosti, ki jih zagotavljajo linije izdelkov. Poleg prisotnosti ali odsotnosti funkcionalnosti v posamezni liniji so pogosto določene funkcionalnosti realizirane drugače glede na linijo. Te drugačnosti zajamemo v postopku modeliranja variabilnosti, ki je sestavni del systemske analize.

Funkcionalnosti razporedimo glede na planirane linije izdelkov. Razpored ima neposreden vpliv tudi na realizacijo:

- Prisotnost funkcionalnosti: funkcionalnost je prisotna. Če je funkcionalnost prisotna v vseh linijah in v vseh enaka, lahko takšno funkcionalnost realiziramo v najbolj splošnem skupnem osnovnem gradniku.
- Odsotnost funkcionalnosti: funkcionalnost v liniji ni prisotna. Osnovnega gradnika, ki realizira to funkcionalnost v to linijo ne vključimo. V primeru, da je funkcionalnost zgolj v eni liniji, lahko funkcionalnost realiziramo kar v liniji sami, sicer je nujno za takšno funkcionalnost uvesti poseben osnoven gradnik.
- Drugačna realizacija glede na ostale linije: funkcionalnost bo sicer na voljo, vendar bo drugačna kot v večini ostalih linij oz. kot to predvideva osnovni gradnik. Posebnost lahko realiziramo v liniji, razen če se enaka posebnost pojavlja v več linijah – v tem primeru je smiselno uvesti nov osnovni gradnik, ki je specializacija že obstoječega.

Variabilnosti je potrebno upoštevati na vseh nivojih analize, načrtovanja in razvoja. Poleg tega je potrebno variabilnosti posvetiti posebno pozornost tudi med samim razvojem v sklopu iteracij upravljanja. Identifikacija variabilnosti je namreč je eden izmed glavnih izzivov produktnih linij. Drugi izzivi so povezani z realizacijo variabilnosti, njihovim vključevanjem v produktne linije in ustrezno nadzorovanje variabilnosti. Poleg tega se možnost variabilnosti funkcije (identificirane variabilnosti na nivoju funkcionalnosti) na tehničnem nivoju preslikajo na več možnih tipov variabilnosti: [6]

- variabilnost na nivoju podatkov,
- variabilnost na nivoju toka izvajanja aplikacije,
- variabilnost na nivoju uporabljene tehnologije (programske ali strojne),
- variabilnost na nivoju kriterijev kakovosti,
- variabilnost na nivoju ciljnega okolja.

Sama tehnična izvedba variabilnosti sloni na že uveljavljenih in poznanih konceptih programskega inženirstva. Če jih naštejemo le nekaj [5]:

- vključitev gradnika, komponente, storitve,

- uporaba načrtovalskih vzorcev (tovarna, abstraktna tovarna, most ipd.),
- spreminjanje obnašanja z dedovanjem,
- spreminjanje obnašanja z razširjanjem (vključki),
- parametriziranje gradnikov,
- uporaba različnih konfiguracijskih deskriptorjev v obliki metapodatkov med izvajanjem,
- uporaba direktiv v času prevajanja,
- generiranje izvorne kode.

Boljša tehnična rešitev za realizacijo variabilnost bo vsekakor vsebovala preizkušene in standardne postopke programskega inženirstva in bo tako zagotavljala tudi dolgoročno stabilnost razvoja in vzdrževanja.

IV. PRAKTIČNE IZKUŠNJE PRI VZPOSTAVITVI PROGRAMSKE PRODUKTNE LINIJE

Tekom konkretnega projekta smo uvedli programsko produktno linijo v kontekstu mobilnih aplikacij za operacijski sistem Android. Ob razvoju mobilnih rešitev, namenjenih za usmerjanje posameznikov v zdrav način življenja, smo se srečali s potrebo po zagotavljanju različnih funkcionalnosti ter celi množici mobilnih aplikacij.

Na mobilni aplikaciji je možno uporabljati relativno veliko število funkcionalnosti - od vodenja in spremljanja športnih aktivnosti, pa do izvajanja meritev medicinske narave in izpolnjevanja psiholoških vprašalnikov.

Že v sklopu začetnih pilotnih preizkušanj se je pojavila potreba po hkratnem razvoju različnih linij mobilne aplikacije, ki se je z odločitvijo o brezplačni in plačljivi aplikaciji le še okrepila. Različen nabor funkcionalnosti ter različno obnašanje istih funkcionalnosti za različne uporabnike je botrovalo k naravni izbiri razvojne metode: programske produktne linije. Tako je obstoječa aplikacija postala osnovni gradnik, na kateri gradimo ostale linije.

Temeljna arhitektura mobilnih aplikacij vsebuje le standardno podprte komponente operacijskega sistema (Android API), v njej so realizirane funkcionalnosti, ki so skupne vsem linijam. Arhitektura vsebuje in omogoča bodoča razširitvena mesta za dodatne funkcionalnosti - pa naj bodo te funkcionalnosti kompletna novost posamezne linije, ali pa zgolj variacija že obstoječe. Osnovno arhitekturo bi dejansko lahko zagnali, in bi s tem dobili delujočo aplikacijo s samo tistimi funkcionalnostmi, ki so enake na vseh linijah, skratka največji skupni imenovalac vseh linij. Vsi osnovni gradniki in linije so v celoti delujoče aplikacije - skratka ne gre za knjižnice ali komponente v klasičnem pomenu besede. Te aplikacije v sklopu produktne linije avtomatizirano gradi v končne izdelke standardno orodje na osnovi Ant skripte - ki je del standardnega razvojnega okolja za operacijski sistem Android.

Primerov opcijskih in alternativnih funkcionalnosti tako iz konceptualnega kot tudi tehničnega vidika je v našem primeru mnogo. Eden bolj ilustrativnih primerov alternativne tehnične izvedbe iste funkcionalnosti je izvedba zemljevida, ki na BlackBerry telefonih ni podprta v obliki Googleovega zemljevida, temveč smo tam zagotovili pogled zemljevida s pomočjo spletnega vmesnika.

Primeri opcijskih funkcionalnosti so med drugim tudi:

- opomniki (niso na voljo v brezplačnih različicah),
- možnost vodenega izvajanja programov, video posnetki (ni na voljo v brezplačnih različicah),
- ipd.

Tudi alternativnih funkcionalnosti je mnogo. Na primer:

- testna linija se povezuje s testnim oblakom, medtem ko se ostale povezujejo na ustrezen produkcijski oblak,
- plačljive različice omogočajo dodatne nastavitve, npr. fino nastavljanje samodejne pavze med aktivnostjo,
- ipd.

Odveč ni niti podatek, da vse aplikacije delujejo v šestih različnih jezikovnih področjih, trenutno pa imamo še dve dodatni (demonstracijski) produktni liniji – ena s kitajskim jezikom in ena v ruščini.

V. OBVLADOVANJE VARIABILNOSTI NA PRAKTIČNIH PRIMERIH

Obvladovanje variabilnosti se začne že tekom aktivnosti analitike in načrtovanja. V sklopu dokumentacije mora biti jasno zabeleženo, katere funkcionalnosti nastopajo v kateri liniji, ter kakšne so posebnosti. Le-ta je vhod tako v snovanje ustrezne arhitekture, kot tudi kasneje v izvajanje ustreznih testov.

Nedvomno pa je glavna izzivov skoncentrirana v implementacijskem delu razvoja programske opreme. A ustrezni pristopi kmalu postanejo rutina in pomenijo poenostavitev določenih procesov. Med drugimi:

- odpravljanje napak,
- uvedba novih produktnih linij,
- vstavljanje večjezičnih prevodov.

Primer: ko ekipa za kakovost opozori na nedoslednost, neskladje s specifikacijami ali napako seveda sledi odprava napake. V primeru, da gre za napako deljene funkcionalnosti pomeni odprava napake samodejno tudi popravek v vseh linijah z vsebovano funkcionalnostjo. Pri tem sam koncept produktnih linij in njegova pravilna uporaba zagotavljata, da z odpravo napak ne pričakujemo kakršnih koli stranskih učinkov, morda celo v smislu povzročitve novih napak. S tem so produktne linije dejansko skrajšale tako čas razvoja, vzdrževanja kot tudi odpravljanja napak.

Pravilno vzpostavljena arhitektura in programska produktna linija omogoča tudi tako rekoč instantno vzpostavitev nove linije. Res je bilo potrebnega nekaj truda pri vzpostavitvi ustrezne temeljne arhitekture in sistema razširitvenih točk, a v našem primeru se je ta trud že večkrat povrnil. Vzpostavitev in pridobitev novega produkta na osnovi seznama funkcionalnosti ne merimo več v dnevih, niti urah, temveč dobesedno v minutah.

Glede na široko podporo različnim jezikom so produktne linije dolgoročno tudi močno poenostavile postopek vstavljanja prevodov besedil novih funkcionalnosti. Vzpostavili smo postopek, na osnovi katerega pred premikom funkcionalnosti iz razvojne v ostale linije, na enostaven način pridobimo manjkajoče prevode, ki so potem vidni v ustreznih linijah.

Glede tehnične rešitve za ustrezno zagotovitev variabilnosti funkcionalnosti smo uporabili znane najboljše prakse in pristope programskega inženirstva. Te vsebujejo uporabo dedovanja, v določeni meri tudi parametrizacijo komponent in predvsem široko uporabo temeljnih načrtovalskih vzorcev kot so tovarna, abstraktna tovarna, tovarniška metoda, most, zrno ipd.

V linijah smo uporabili vse tri metode, ki jih predvideva variabilnost funkcionalnosti:

- vključitev specialnih funkcionalnosti,

- izključitev neželenih funkcionalnosti,
- spreminjanje obnašanja.

Vključitev specializiranih funkcionalnosti v posameznih linijah smo dosegli na več načinov:

- s pripravo razširitvene točke v osnovni aplikaciji (abstraktna metoda, kateri implementacijo zagotovimo v produkti liniji – primer so geolokacijske storitve),
- z dedovanjem obstoječih razredov in dodajanjem klicev novih metod produktne linije (primer: koledar v plačljivih linijah),
- z uporabo vzorca abstraktna tovarna, ki poveže novo funkcionalnost na liniji lasten uporabniški vmesnik.

Izključitev neželenih funkcionalnosti smo dosegli predvsem z dedovanjem in izključitvijo neželene funkcionalnosti (denimo ne prenos programov pri brezplačnih linijah), mestoma pa tudi s parametrizacijo gradnikov osnovne aplikacije.

Spreminjanje obnašanja (npr. demo linija poteče 1 mesec po izdelavi) pa smo praviloma dosegali z ustreznimi načrtovalskimi vzorci, kot so most, tovarniška metoda, graditelj ipd.

VI. ZAKLJUČEK

Tekom članka smo pregledali priložnosti, ki naj jih nudi pristop programskih produktnih linij. Glede na lastne izkušnje lahko trdimo, da je opisan pristop v podanih razmerah bil pravilen in se njegovi pozitivni učinki kažejo na dnevni ravni. Potrdimo lahko, da pravilna uvedba produktnih programskih linij ne le zniža stroške razvoja, temveč tudi občutno dvigne kakovost. Je pa pred uvedbo takšnega postopka potrebno imeti v mislih, da ne gre le za tehnične spremembe temveč tudi in predvsem za postopkovne spremembe in spremembe v celotnem ciklu razvoja programske opreme.

Rezultat programske opreme, narejene v skladu s smernicami in pristopi programskih produktnih linij ni le množica programskih rešitev, pisanih na kožo točno določeni strojni opremi, ciljni skupini uporabnikov ipd. temveč tudi in predvsem visoko prilagodljiva in na bodoče tehnične izzive pripravljena programska oprema.

LITERATURA

- [1] Software Engineering Institute, Software Product Lines, <http://www.sei.cmu.edu/productlines>, nazadnje obiskano maj 2013.
- [2] Northrop, L. M. (2002). Sei's software product line tenets, IEEE Software 19(4): 32–40.
- [3] Northrop, L. M. Software Product Lines Essentials. Software Engineering Institute, <http://www.sei.cmu.edu/productlines>, nazadnje obiskano maj 2013.
- [4] Cavalcanti, Y. C., Machado, I. C., Anselmo, P. Handling Variability and Traceability over SPL Disciplines, Software product line – Advanced topic, Edited by Abdelrahman Osman Elfaki, Rijeka, 2013.
- [5] Clements, P. C., Bachmann, F., Variability in Software Product Lines, Product Line Practice Initiative, 2005.
- [6] Dirk Muthig, D. et. al., GoPhone - A Software Product Line in the Mobile Phone Domain, Fraunhofer Institut, Experimentelles Software Engineering, 2004.



Luka Pavlič je asistent za področje informatike na Fakulteti za elektrotehniko, računalništvo in informatiko Univerze v Mariboru. Njegovo raziskovalno in razvojno delo vključuje Javanske tehnologije, arhitekture informacijskih sistemov, mobilne aplikacije, semantični splet, z XML povezane tehnologije in pristope pri razvoju programske opreme.



Marjan Heričko je redni profesor na Fakulteti za elektrotehniko, računalništvo in informatiko Univerze v Mariboru. Je vodja laboratorija za informacijske sisteme in namestnik vodje inštituta za informatiko. Njegovo raziskovalno delo vključuje vse aspekte razvoja informacijskih sistemov, programsko in storitveno inženirstvo, agilne metode, procesne modele, metrike programske opreme, objektno orientacijo, ponovno uporabo in načrtovalske vzorce.

Nevtralnost interneta med motivi in realnostjo

Marjan Turk, Brigita Kozlevčar Žorga

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

Povzetek – Nevtralnost interneta je odigrala ključno vlogo pri razvoju interneta, njegovih storitev in vsebin. Enako pomembna je za razvoj prihodnjega interneta, saj vse obsežnejši in prenosno vse zahtevnejši internetni promet bolj kot kdajkoli prej potrebuje zelo zmogljiva omrežja prihodnje generacije, ki bodo še vedno iste vrste prometa obravnavala na enak, nediskriminatoren način. V prispevku je opisan okvir problematike, analiza motivov za in argumentov proti nevtralnosti interneta, predstavljena je zakonitev v ZEKom-1 in aktualno dogajanje na nacionalnem in EU nivoju.

Ključne besede – nevtralnost interneta, internet, ZEKom-1, ZIN, ZIS, enotni telekomunikacijski trg

I. INTERNET KOT GLOBALNI KOMUNIKACIJSKI MEDIJ

Elektronska komunikacijska omrežja nove generacije bodo praktično v celoti služila prenosu informacij po internetnem komunikacijskem modelu oz. protokolu, ne glede na vrsto prenašanih informacij. Ta javna komunikacijska omrežja bodo tako predstavljala tehnično infrastrukturo za vse obsežnejši in prenosno vse zahtevnejši internetni promet, pri čemer je in bo enaka obravnava različnih tipov informacij ključnega pomena za razvoj prihodnjega interneta.

V sodobnem globaliziranem svetu predstavlja internet izredno učinkovito komunikacijsko sredstvo za prost pretok informacij, zato je dostop do interneta in uporaba njegovih storitev na splošno razumljena kot človekova pravica 21. stoletja. V teh okvirih je naloga demokratičnih držav implementacija zakonodaje in regulacije, ki omogoča neodvisne in pluralistične medije, prost čezmejni pretok informacij, neomejen dostop do interneta in razvoj digitalne pismenosti.

Digitalni mediji načeloma omogočajo večjo raznolikost in pluralizem kot tradicionalni mediji, saj praktično ni omejitve prenosnega medija. Eden izmed dejavnikov hitrega razvoja interneta je prav obsežna produkcija elektronskih vsebin ter njihova enostavna distribucija in dostop do globalnih uporabnikov brez kakršnekoli diskriminacije ali ovir. Ob tem pa se moramo zavedati, da je internet svoboden in odprt po svoji tehnični zasnovi, ne pa sam po sebi tudi z zakonodajnega, regulatornega, upravljalkega, uporabniškega in drugih vidikov. Zakonodajalci so tako v stalni preizkušnji omejevanja njegove uporabe, pretirane regulacije ali vplivanja na internet v nasprotju z njegovimi osnovnimi lastnostmi, kar ima lahko hitro neželene stranske učinke. Različni deležniki razvoja, upravljanja in uporabe interneta vsak v svoji vlogi ustvarjajo prihodnji internet, med njimi pa velja splošni konsenz, da naj bi internet ostal svoboden in odprt javen komunikacijsko – storitveni prostor, kar pomeni neomejeno dostopen, nediskriminatoren ter s prenosnega komunikacijskega vidika vsebinsko nevtralen. Internet je brez dvoma komunikacijski medij, ki je v osnovi spremenil našo sodobno družbo na bolje. Da bi še naprej obdržal pozitiven vpliv, mora tudi prihodnji internet nujno ostati svoboden in odprt.

Internet vse od svojega globalnega razmaha odpira stare razprave o nadzoru komunikacijskih tokov, ki so bile aktualne že pred tridesetimi leti. Mednarodna komisija

Unesca je leta 1977 pod vodstvom nobelovca Seana McBridea¹ analizirala področje komunikacij v sodobni družbi in opozorila na koncentracijo medijskega lastništva, neenake možnosti dostopa do informacij ter na enosmerne informacijske tokove od zahoda proti vzhodu. To naj bi utrjevalo zahodno kulturo in ideološko prevlado, saj taka ureditev ne omogoča enakovredne zastopanosti vseh. Komisija je v poročilu poudarila, da pluralizma ni mogoče doseči v enosmernem komercialnem komunikacijskem sistemu, zato bi morali z razvojnimi politikami spodbujati pluralizem in pravico do svobodnega izražanja. Že tedaj sta zahodna politika in medijska industrija opozarjali, da bi spreminjanje komunikacijske ureditve vodilo v pretirano regulacijo in s tem ogrozilo medijsko svobodo. Poročilo komisije je zahod zrelativiziral, Unesco pa se mu je bil prisiljen odreči.

Vprašanja, dileme in dogajanje okoli razprave o svetovni komunikacijski ureditvi izpred tridesetih let so zelo podobna aktualnim razpravam o internetu, ki je med tem izrazilo spremenil komunikacijsko podobo sodobnega sveta. Neverjeten razvoj interneta in njegov izjemen vpliv na družbo in posameznika enako odpirata vprašanja o njegovi zasnovi, delovanju in upravljanju. Razvit je bil v Združenih državah Amerike, ki tudi po globalnem razmahu še naprej nadzorujejo ključne strateške funkcije upravljanja interneta in z njimi vsaj posredno tudi izrabo tega pomembnega komunikacijskega medija. Globalna razširjenost in vpliv interneta sta tako neizogibno pripeljala do razprav o posodobitvi modela njegovega upravljanja, ki naj bi enakopravneje vključeval tudi druge deležnike. V tem kontekstu sta posebne pozornosti deležna zagotavljanje odprtosti interneta in nevtralne obravnave internetnih vsebin pri prenosu skozi komunikacijska omrežja. ZDA skladno z lastnimi interesi pragmatično zagovarjajo obstoječi model upravljanja interneta, pri čemer imajo podporo večine zahodnih držav. Tudi pri tej navezi pa se kažejo razhajanja glede nevtralne obravnave prenosa internetnih vsebin, saj večina globalnih ponudnikov internetnih storitev in vsebin prihaja iz ZDA, kjer konča tudi nesorazmeren delež prihodkov uporabe interneta. V zadnjih letih si tako v Evropski uniji operaterji elektronskih komunikacij prizadevajo za enakopravnejšo delitev dohodkov na internetu

¹ Irski borec za človekove pravice, revolucionar, politik in funkcionar Organizacije združenih narodov je nobelovo nagrado prejel z obrazložitvijo "mobilised the conscience of the world in the fight against injustice".

in za prožnejše razumevanje regulacije komunikacijskih storitev prenosa internetnega prometa.

Problematika medijske in kulturne prevlade, ki sodi v širše implikacije tehničnih vidikov zagotavljanja nevtralnosti interneta, kot vseprisotnega globalnega medija, se v teh okvirih praviloma ne navaja kot relevantna ali pomembna.

II. MOTIVI ZA IN ARGUMENTI PROTI NEVTRALNOSTI INTERNETA

Vsebinska nevtralnost interneta v prenosnih omrežjih tvori tehnično osnovo odprtosti interneta in je kot taka odigrala zgodovinsko vlogo pri razvoju interneta, njegovih storitev in vsebin. Enako pomembna je za razvoj prihodnjega interneta, saj vse obsežnejši in prenosno vse zahtevnejši internetni promet (npr. OTT storitve²) potrebuje zelo zmogljiva omrežja prihodnje generacije, ki bodo še vedno enake vrste prometa obravnavala na enak, nediskriminatoren način. To pa pred operaterje omrežij naslednje generacije postavlja zahteve po visokih investicijah v zmogljivo širokopasovno infrastrukturo elektronskih komunikacij, zato so razumljiva njihova prizadevanja za večji delež prihodkov od interneta in nasprotovanje njegovi vsebinski nevtralnosti.

Cilj operaterjev je legalizirati možnost ponujanja posebnih storitev z end-to-end kvaliteto prenosa od ponudnikov do uporabnikov internetnih vsebin, kar pa je v nasprotju z odprtostjo interneta oz. njegovo vsebinsko nevtralnostjo in v nasprotju z zagotavljanjem nizkega vstopnega praga za nove ponudnike storitev in vsebin.

Med motive za nevtralnost prenosnih komunikacijskih omrežij ali natančneje za vsebinsko nevtralnost interneta lahko uvrstimo:

1. Nevtralna obravnava različnih internetnih vsebin oziroma tipov internetnega prometa v prenosnih komunikacijskih omrežjih, ki skupaj tvorijo celovit internet, je osnova zagotavljanja odprtega interneta.
2. Enakopravna obravnava različnih internetnih vsebin ne glede na vrsto, izvor ali cilj komunikacije je temelj spodbudnega okolja za razvoj, ponudbo in uporabo internetnih vsebin in storitev.
3. Upravljanje internetnega prometa zaradi zagotovitve delovanja, celovitosti in integritete prenosnih komunikacijskih omrežij lahko hitro preseže okvire nevtralne obravnave prometa.
4. Vsebinsko nevtralen internet je osnovni pogoj, da se lahko uporabniki interneta prosto po lastni izbiri odločajo o vsebini in storitvah, ki jih uporabljajo.
5. Sedanji večdeležniški model upravljanja interneta vključuje predpostavko enakopravne obravnave različnega internetnega prometa, ki ne diskriminira ponudnikov glede njihovega izvora, kapitalске moči ali same vsebine. Kakršnegakoli izključevanja ta model ne prenese.
6. Demokratična narava nevtralnosti interneta je skladna z inherentno demokratičnostjo odprtega svobodnega interneta. Po tem razmisleku je ne-nevtralen internet v nasprotju s samim seboj.
7. Vsebinska nevtralnost interneta je močan element konkurenčnega internetnega okolja, ki vsem deležnikom omogoča enakopraven konkurenčni boj. Sklicevanje

evropskih operaterjev elektronskih komunikacij in industrije vsebin na t.i. "nacionalni evropski interes" je kratkoročno gledano razumljivo, dolgoročno pa za evropske interese kontraproduktivno.

Na drugi strani operaterji med argumente, ki nasprotujejo nevtralnosti interneta uvrščajo:

1. Razvoj interneta od samih začetkov sloni na zmogljivih prenosnih komunikacijskih omrežjih, v katera so operaterji elektronskih komunikacij investirali finančna sredstva, akumulirana v klasičnih elektronskih komunikacijah. Operaterjem se visoke investicije v internetno infrastrukturo ne povrnejo v zadostni meri.
2. Zmogljivosti prenosne komunikacijske infrastrukture ne zmorejo več slediti izrednemu porastu prenosno zahtevnega internetnega prometa (t.i. real-time promet). Investicijske zahteve so vse večje, zato operaterji potrebujejo možnost ponujanja posebnih komunikacijskih storitev, s katerimi bodo ustvarjali dodatne prihodke.
3. Operaterji že sedaj upravljajo internetni promet v svojih komunikacijskih omrežjih, ker je to nujen pogoj za njihovo delovanje, celovitost in integriteto. Določila nevtralnosti interneta so glede tega nejasna.
4. Ponudniki internetnih storitev in vsebin na račun operaterjev prenosnih komunikacijskih omrežij ustvarjajo nesorazmerno velike dobičke, medtem ko se operaterji otepajo izgub.
5. Ponudniki vsebin po eni strani od prenosnih omrežij zahtevajo vsebinsko nevtralnost pri prenosu internetnega prometa, po drugi strani pa so ne-nevtralni do teh istih vsebin v svojih poslovnih modelih. Primer take dvoličnosti je komercialno diferencirana obravnava različnih vsebin v internetnih iskalnikih, glede na zakup oglasnega prostora ali položaja uvrstitve med iskalnimi zadetki.
6. S podporo vsebinski nevtralnosti interneta se nehoti podpira predvsem ameriška industrija internetnih vsebin, ki je z izrazitim odstopanjem vodilna v svetu.

V zvezi z nevtralnostjo interneta in odnosa do internetnih vsebin je pomemben vidik vloge držav pri zaščiti otrok, boju proti rasizmu, sovražnemu govoru, kibernetškemu kriminalu in prizadevanjih za zagotovitev visokega nivoja kibernetске varnosti. V sodobni družbi se vse večji del realnega življenja odvija preko, z ali ob uporabi interneta, zato si ne moremo postavljati vprašanja ali naj države internet regulirajo ali ne. Vprašanja so lahko le, kakšna in kako obširna naj bo regulacija, da to ne bo neupravičeno omejevalo razvoja in uporabe interneta. Omejevanje uporabe interneta je na načelni ravni legitimno le, če je v skladu z mednarodnimi normami in standardi, nujno potrebnimi za demokratične družbe in če je zakonodajno urejeno. V tem duhu je do sedaj veljavno stališče zahodnih držav, da je splošna zahteva po filtriranju, blokiranju ali kakršnikoli diskriminatorni obravnavi internetnega prometa prekomerna in nesprejemljiva, če ni skladna z natančno in ozko določenimi zakonitimi razlogi iz navedenega nabora.

Za utemeljeno presojo nevtralnosti interneta moramo upoštevati dejstvo, da je gonilo razvoja interneta nedvomno nizek vstopni prag za nove ponudnike vsebin in storitev, ki jim je takoj in na enostaven način na voljo globalno svetovno internetno omrežje in vsi njegovi potencialni uporabniki. Uspeh novega poslovnega modela in novih internetnih

² Over-The-Top storitve (video na zahtevo, TV z zamikom in interaktivne storitve).

vsebin, vključno s pripadajočimi storitvami, je praviloma odvisen le od inovativnosti in kvalitete. Ne-nevtralen internet, v katerem bi imeli prednost poslovno močni ponudniki vsebin in storitev, bi izrazilo ohromil inovativni razvojni potencial interneta. Prag za nove vstopnike v internetni univerzum bi bil preprosto previsok, zaradi česar bi zamrla ne samo inovativnost pri oblikovanju novih poslovnih modelov in storitev ampak tudi kreiranje novih digitalnih vsebin. V tem primeru bi se razvoj praktično ustavil, vstopili bi v obdobje vsebinske pasivnosti interneta, v katerem bi prevladovalo nekaj specializiranih globalnih ponudnikov vsebin in storitev. Ogrožena bi bila demokratičnost, nediskriminatornost, transparentnost, odprtost in svoboda interneta. Glede na vpliv interneta na globalizirano svetovno družbo je tveganje odprave nevtralnosti interneta preprosto preveliko, česar bi se morali zavedati vsi deležniki usmerjanja razvoja.

Ohranitev vsebinske nevtralnosti interneta je v interesu razvoja interneta in glede na njegov izjemen vpliv tudi v interesu razvoja celotne družbe na nacionalnem in globalnem nivoju.

Operaterji prenosnih komunikacijskih omrežij in ponudniki dostopa do interneta bi morali v okolju in pogojih vsebinsko nevtralnega interneta dodatne vire prihodkov iskati ločeno od celovitega prenosa internetnega prometa, pri čemer so med možnostmi:

- najeti komunikacijski vodi do lokalnih strežnikov z vsebinami globalnih ponudnikov,
- najete navidezne komunikacijske povezave (VPN),
- IT infrastruktura za lokalno prisotnost globalnih vsebin,
- ponudba lastnih storitev in vsebin v okviru novih inovativnih poslovnih modelov.

III. NEVTRALNOST INTERNETA V ZEKOM-1

Definicija nevtralnosti interneta v Zakonu o elektronskih komunikacijah³ (ZEKom-1) sledi definiciji, ki jo je sprejel BEREK⁴. Načelo nevtralnosti interneta je določeno v 37. točki 3. člena ZEKom-1, ki pravi, da je nevtralnost interneta načelo, po katerem se vsak internetni promet po javnem komunikacijskem omrežju obravnava enakovredno, to je neodvisno od vsebine, aplikacij, storitev, naprave, vira in cilja komunikacije.

Kot smo že ugotovili, hiter razvoj vseprisotnega interneta in posledično njegovi daljnosežni vplivi na življenje posameznikov in na celotno družbo v veliki meri temeljijo na enakopravni obravnavi internetnega prometa v javnih komunikacijskih omrežjih, neodvisni od vsebine, aplikacij, storitev, naprav, vira ali cilja komunikacije. Praksa prenosa internetnega prometa v Republiki Sloveniji pa je v nasprotju s temi načeli vse bolj potrjevala omejevanje nevtralnosti interneta (predvsem v mobilnih omrežjih). Razvojne tendence so kazale v napačno smer, zato je bila sprejeta odločitev, da je treba ta pomemben element odprtega interneta zakonsko zaščititi. Kljub pomislekom Evropske komisije o prehitvevanju skupnega pristopa na EU nivoju so bile v ZEKom-1 vključene določbe, ki ščitijo in zagotavljajo nevtralnost interneta. Določbe o nevtralnosti interneta v ZEKom-1 tako zasledujejo načelo, da ponudniki lahko ponujajo, uporabniki pa uporabljajo katerokoli internetno storitev ali vsebino, ne

da bi jo operaterji omrežij, ki izvajajo storitev dostopa do interneta ali izvajalci storitev dostopa do interneta, omejili ali razvrednotili. Enakopravna obravnava internetnega prometa je hkrati ključni pogoj za razvoj novih inovativnih storitev, zato je tudi v interesu nadaljnjega razvoja nujno potrebno ohranjati odprt in nevtralen značaj interneta. Katerakoli storitev dostopna preko interneta ne sme biti omejevana, tudi če je konkurenčna storitvi operaterjev omrežij, ki izvajajo storitev dostopa do interneta ali izvajalcem storitev dostopa do interneta. Dodatne storitve v obliki vsebin in storitev ponudnik dostopa do interneta sicer lahko vključi v paket dostopa in jih tudi dodatno zaračuna, med dostopom in dodatnimi storitvami pa ni dovoljena kakršnakoli relacija odvisnosti ali pogojenosti. Izjema je hitrost dostopa, ki je potrebna za uporabo dodatnih storitev, pa še tu takoj vstopimo na področje marketinga, ki je lahko kaj hitro v taki obliki nepotreben in zavajajoč. Transparentneje bi bilo, da ponudnik dostopa do interneta dodatne storitve vsebinske narave ponuja ločeno od paketa dostopa (čeprav v okviru natančno specificiranega skupnega računa), saj ni drugih zakonitih razlogov, ki bi upravičevali oblikovanje paketa dostopa v kombinaciji s ponudbo vsebin in storitev. V opisanem kontekstu bi bilo oblikovanje takih paketov umetno in nepotrebno, saj razen legalnih marketinških razlogov prodaje lastnih vsebinskih storitev, nima drugih zakonitih poslovnih vzgibov.

Nevtralnost interneta je načelo, ki ponudnike dostopa do interneta res omejuje pri povezovanju dostopa in vsebinskih storitev, vendar je razvoj interneta dokazal, da je to potrebno v interesu končnih uporabnikov in nadaljnjega razvoja odprtega interneta.

ZEKom-1 nevtralnost interneta določa v 203. členu, ki v osnovi temelji na »Izjavi Komisije o nevtralnosti omrežja⁵«, ki je dodana Direktivi 2009/140/ES, ki spreminja določene direktive s področja elektronskih komunikacij in s katero Evropska komisija daje velik pomen ohranitvi odprtega in nevtralnega značaja interneta, kot sama navaja, upoštevajoč voljo obeh (EU) so-zakonodajalcev. Evropska komisija poudarja, da je zagotavljanje nevtralnosti interneta ključno za zaščito omrežnih svoboščin uporabnikov interneta.

IZJAVA KOMISIJE O NEVTRALNOSTI OMREŽJA

Komisija pripisuje velik pomen ohranitvi odprtega in nevtralnega značaja interneta, v celoti upoštevajoč voljo sozakonodajalcev, da zdaj zagotovijo nevtralnost omrežja kot politični cilj in regulativno načelo, ki naj ju spodbujajo nacionalni regulativni organi⁶, ob hkratni krepitvi s tem povezanih zahtev po preglednosti⁷ in oblikovanju varovalnih pooblastil nacionalnih regulativnih organov za preprečevanje razvrednotenja storitev in zadrževanja ali upočasnevanja prometa po javnih omrežjih⁸. Komisija bo skrbno spremljala izvajanje teh določb v državah članicah, pri čemer se bo v svojem letnem poročilu o napredku za Evropski parlament in Svet posebej osredotočila na uresničevanje zaščite "omrežnih svoboščin" evropskih državljanov. Medtem bo Komisija spremljala vpliv tržnega in tehnološkega razvoja na "omrežne svoboščine" ter pred koncem leta 2010 Evropskemu parlamentu in Sveta poročala

⁵ Uradni list EU, L 337 z dne 18. 12. 2009, str. 69.

⁶ Člen 8(4)(g) okvire direktive.

⁷ Člena 20(1)(b) ter 21(3)(c) in (d) Direktive o univerzalnih storitvah.

⁸ Člen 22(3) Direktive o univerzalnih storitvah.

³ Uradni list RS, št. 109/12 in 110/13.

⁴ The Body of European Regulators for Electronic Communications.

o morebitni potrebi po dodatnih smernicah, poleg tega pa bo pri obravnavi morebitnih protikonkurenčnih praks uporabila svoje veljavne pristojnosti glede konkurenčnega prava.

Skladno z navedeno izjavo je nevtralnost interneta politični cilj in regulativno načelo, ki naj ju spodbujajo nacionalni regulativni organi - Agencija za komunikacijska omrežja in storitve Republike Slovenije (AKOS – v nadaljevanju: agencija). Politični cilj je v ZEKom-1 razviden iz določb 7. in 8. točke 197. člena (podpiranje interesov državljanov), na kar se sklicuje tudi prvi odstavek 203. člena.

197. člen

(podpiranje interesov državljanov)

Agencija podpira interese državljanov med drugim tako, da zlasti:

...

7. spodbuja možnost dostopa in razširjanja informacij ali uporabe aplikacij ter storitev po lastni izbiri končnih uporabnikov,

8. spodbuja ohranitev odprtega in nevtralnega značaja interneta.

Kot regulativno načelo pa je izrecno vključeno v 3. točko 198. člena (regulativna načela), ki govori o zaščiti konkurence v korist uporabnikov.

198. člen

(regulativna načela)

Agencija pri uresničevanju ciljev iz 194. do 197. člena tega zakona uporabi objektivna, pregledna, nediskriminacijska in sorazmerna regulativna načela med drugim s:

...

3. zaščito konkurence v korist uporabnikov, vključno s spodbujanjem ohranjanja odprtega in nevtralnega značaja interneta in, če je potrebno, s spodbujanjem konkurence na področju infrastrukture.

Ključne določbe s katerimi ZEKom-1 uzakonja nevtralnost interneta so v 203. členu.

203. člen

(nevtralnost interneta)

(1) Agencija spodbuja ohranitev odprtega in nevtralnega značaja interneta ter možnost dostopa in razširjanja informacij ali uporabe aplikacij in storitev po lastni izbiri končnih uporabnikov.

(2) Agencija mora cilje iz prejšnjega odstavka še posebej upoštevati pri izvajanju svojih pristojnosti iz 3. in 4. točke drugega odstavka 132. člena tega zakona in tretjega ter četrtega odstavka 133. člena tega zakona in pri svojih pristojnostih v zvezi z izvajanjem 2. točke prvega odstavka 129. člena s strani operaterja omrežja in izvajalca storitev dostopa do interneta.

(3) Operaterji omrežij in izvajalci storitev dostopa do interneta si kar najbolj prizadevajo za ohranitev odprtega in nevtralnega značaja interneta, s tem da ne smejo omejevati, zadrževati ali upočasnjevati internetnega prometa na ravni posameznih storitev ali aplikacij ali izvajati ukrepov za njihovo razvrednotenje, razen v primeru:

1. *nujnih tehničnih ukrepov za zagotavljanje nemotenega delovanja omrežij in storitev (npr. izogibanje zgostitvi prometa),*

2. *nujnih ukrepov za ohranjanje celovitosti in varnosti omrežij in storitev (npr. odpravljanje neupravičenega prekomernega zasega prenosnega medija – kanala),*

3. *nujnih ukrepov za omejevanje neželenih komunikacij v skladu s 158. členom tega zakona,*

4. *odločbe sodišča.*

(4) *Ukrepi iz 1., 2. in 3. točke prejšnjega odstavka morajo biti sorazmerni, nediskriminacijski, časovno omejeni in v obsegu, ki je nujno potreben.*

(5) *Storitve operaterjev omrežij in izvajalcev storitev dostopa do interneta ne smejo temeljiti na storitvah ali aplikacijah, ki so nudene ali se uporabljajo prek storitev dostopa do interneta.*

Prvi odstavek 203. člena določa, da mora agencija skladno z usmeritvijo podpiranja interesov državljanov spodbujati možnost dostopa in razširjanja informacij ali uporabe programov, aplikacij in storitev po lastni izbiri končnih uporabnikov, in s tem spodbujati ohranitev odprtega in nevtralnega značaja interneta.

V drugem odstavku je posebej poudarjeno, da mora agencija cilje iz prvega odstavka člena še posebej upoštevati pri izvajanju nekaterih svojih pristojnosti iz poglavja ZEKom-1 o pravicah uporabnikov. Gre za določbe tretje in četrte točke drugega odstavka 132. člena, tretjega ter četrtega odstavka 133. člena in druge točke prvega odstavka 129. člena ZEKom-1, ki pomenijo prenos določb Direktive o univerzalnih storitvah, na katere posebej opozarja Izjava Komisije (gre za člene 20 (1) (b) ter 21 (3) (c) in (d) ter člen 22 (3) Direktive o univerzalnih storitvah). V naročniške pogodbe morajo biti tako vključeni podatki o omejevanju dostopa do storitev in aplikacij, minimalni ravni kakovosti ponujene storitve, o postopkih za izogibanje preobremenitev omrežnih povezav in podatki glede omejitev uporabe terminalske opreme. Agencija lahko s splošnim aktom operaterjem predpiše obveščanje naročnikov o pogojih, ki omejujejo dostop ali uporabo storitev in aplikacij, in o postopkih zagotavljanja kakovosti storitev.

V tretjem odstavku so določene minimalne zahteve glede delovanja operaterjev za ohranitev nevtralnosti interneta ter dovoljene izjeme v primeru nujnih ukrepov za zagotavljanje nemotenega delovanja omrežij in storitev (npr. izogibanje zgostitvam prometa, odpravljanje neupravičenega prekomernega zasega prenosnega medija – kanala), nujnih ukrepov za ohranjanje celovitosti in varnosti omrežij in storitev, nujnih ukrepov za omejevanje neželenih komunikacij in v primeru, da tako nalaga odločba sodišča. Ravno možnost omejevanja odprtega nevtralnega interneta s strani institucij pravne države, izključno le na osnovi odločitve sodišča, je glavna tarča nekaterih predlogov zakonov (ZIS, ZIN, ZKP), ki želijo ta nivo pravne varnosti uporabnikov interneta znižati na nivo odločitve inšpektorja.

V petem odstavku je določeno, da storitve operaterjev omrežij, ki izvajajo storitev dostopa do interneta, in izvajalcev storitev dostopa do interneta ne smejo temeljiti na storitvah ali aplikacijah, ki so nudene ali se uporabljajo preko storitev dostopa do interneta. Ponujanje storitev dostopa do le dela interneta ni dovoljeno. To pomeni, da ni dovoljeno ponujati storitve dostopa do interneta z dostopom do le določenih spletnih strani, storitev ali aplikacij, medtem ko so

druge blokirane ali drugače cenovno ovrednotene. Storitve dostopa do interneta oziroma njihove cene pa se lahko razlikujejo npr. po količini prenesenih podatkov (v mobilnih omrežjih) ali priključnih hitrostih dostopa do interneta.

Skladno z ZEKom-1 ima agencija kot nacionalni regulativni organ ustrezna pooblastila za preprečevanje neupravičenega omejevanja, zadrževanja ali upočasnjavanja internetnega prometa na nivoju posameznih storitev ali aplikacij ali njihovega razvrednotenja v javnih omrežjih elektronskih komunikacij. Trenutno imata v EU zaščito nevtralnosti interneta zakonsko urejeno le Nizozemska in Republika Slovenija, zato so tako pred agencijo kot tudi operaterje elektronskih komunikacij še zahtevnejše naloge.

IV. AKTUALNO O NEVTRALNOSTI INTERNETA V RS IN EU

Določbe v ZEKom-1, ki zakonodajno ščitijo nevtralnost interneta same po sebi niso dovolj. Enako pomembno je njihovo uveljavljanje, ki je z nadzornega vidika v pristojnosti agencije AKOS. Le ustrezen proaktiven pristop bo dolgoročno zaščitil nevtralnost interneta in s tem različnim deležnikom na najboljši možen način omogočil vse prednosti razvoja in uporabe interneta.

Po ureditvi v ZEKom-1 lahko v nevtralnost interneta inštitucije pravne države posežejo le na osnovi odločitve sodišča, kar je v določenih primerih postal ključni kamen spotike. Dolgotrajnost relevantnih postopkov odločanja sodišč naj bi namreč nekaterim uradnim inštitucijam onemogočala izvajanje njihovih zakonskih pooblastil. Tako sta bili v letu 2013 v obravnavi predloga novel Zakona o igrah na srečo (ZIS) in Zakona o inšpekcijskem nadzoru (ZIN).

A. Predlog novele Zakona o igrah na srečo (ZIS)

Predlagatelj je iskal učinkovitejši način ureditve nadzora nad nezakonitim prirejanjem iger na srečo preko interneta ali drugih telekomunikacijskih sredstev. Predlog novele ZIS predvideva onemogočanje dostopa do nelegalnih spletnih igralnic z zapisi v domenskem strežniku (DNS) in njihovo preusmerjanje na spletni strežnik nadzornega organa. Opušča dosedanje pristojnost sodišča za onemogočanje dostopa do spletnih strani in ga omogoča že na podlagi obvestila upravnega oziroma nadzornega organa (torej ne gre niti za upravno odločbo), to pa je v izrecnem nasprotju z ureditvijo tretjega odstavka 203. člena ZEKom-1 (nevtralnost interneta), ki določa, da operaterji omrežij in izvajalci storitev dostopa do interneta ne smejo omejevati, zadrževati ali upočasnjevati internetnega prometa, pri čemer so jasno določene izjeme, med katerimi je odstop od nevednih zahtev mogoč tudi v primeru odločitve sodišča, ne pa upravne odločitve. Predlagana rešitev je tako nekonsistentna oz. neskladna z veljavno zakonodajo s področja informacijske družbe v Republiki Sloveniji. Predlog odstopa tudi od demokratičnih standardov, saj je po dosednji ureditvi sodišče tisti pristojni organ, ki lahko ponudniku storitev informacijske družbe odredi omejitev dostopa do spletnih strani, medtem ko predlog zakona, to opušča, kar verjetno protiustavno niža pravno varnost. V zvezi z varstvom pravic do komunikacijske zasebnosti iz 37. člena Ustave RS in svobode izražanja iz 39. člena Ustave RS, v katera se posega s predvideno ureditvijo, mora biti glede omejevanja teh pravic zagotovljena sodna odredba.

Blokiranje spletnih strani bi pomenilo omejevanje svobode interneta in bi bilo v nasprotju z načelom nevtralnosti interneta, kot je uzakonjeno v 203. členu ZEKom-1. Omejevanje svobode interneta je neposredno povezano z omejevanjem svobode izražanja in komunikacijske zasebnosti kot ustavno zajamčenih pravic. Zato mora biti tudi z vidika uporabnikov interneta vsak poseg v svobodo interneta skladno z ustavno ureditvijo sorazmeren. Načelo sorazmernosti je pomemben del temeljnega splošnega ustavnega načela pravne države iz 2. člena URS. Namreč izbrana sredstva za doseg cilja morajo biti tudi primerna, smiselna – torej, da je z njimi zasledovani cilj sploh mogoče doseči. Poleg tega morajo biti potrebna oziroma nujna ter sorazmerna v ožjem pomenu besede. Predlog novele ZIS je nesorazmeren glede filtriranja internetnega prometa, ne upošteva značilnosti interneta, vsebuje možnost zlorabe osebnih podatkov internetnih uporabnikov ter bi lahko povzročil posledice, ki so v nasprotju z nameni, ki jih zasleduje.

Pričakovane pozitivne posledice predlagane ureditve (ki pa se zaradi tehničnih razlogov tako ali tako ne bi udeležile) ne odtehtajo negativnih posledic precedensa uvajanja nadzora interneta v naši državi brez odločbe sodišča. Skladno z 203. členom ZEKom-1 je za vsakršno omejevanje svobodnega in nevtralnega interneta v našem pravnem sistemu potrebna sodna odločitev.

B. Predlog novele Zakona o inšpekcijskem nadzoru (ZIN)

Predlog novele ZIN je vključeval rešitev, po kateri bi inšpektorji podjetjem "telekomunikacijskih zvez" (smiselno torej operaterjem elektronskih komunikacij) lahko naložili "blokiranje oziroma omejitev dostopa do spletne strani". S tem bi se uzakonila možnost, da lahko že upravni organ s svojim ukrepom omeji svobodo interneta. Blokiranje spletnih strani s strani upravnega organa je izrecno v nasprotju z načelom nevtralnosti interneta, kot je uzakonjeno v 203. členu ZEKom-1, ki pri tem določa izjeme od odprtega in nevtralnega značaja interneta, med katerimi ni upravne odločbe inšpektorjev ali podobnih ukrepov upravnih organov. Glede na to, da je omejevanje svobode interneta neposredno povezano z omejevanjem pravice do svobode izražanja (39. člen Ustave RS), predvsem pa pravice do komunikacijske zasebnosti (37. člen Ustave RS, ki njeno omejevanje celo izrecno veže na sodno odločbo v omejenih primerih), bi morala biti glede omejevanja teh pravic zagotovljena sodna odredba. Hkrati bi moral biti z vidika uporabnikov interneta vsak poseg v svobodo interneta skladno z ustavno ureditvijo tudi sorazmeren. Glede na omogočanje izvensodnega poseganja v človekove pravice predlagana rešitev testa sorazmernosti verjetno ne bi prestala, hkrati pa že po tehnični plati blokiranje interneta tako ali tako ni učinkovito.

Tudi v tem primeru se tako potrdi, da je v našem pravnem sistemu za vsakršno omejevanje svobodnega in nevtralnega interneta potrebna sodna odločitev.

C. Predlog EU uredbe Telecom Single Market

Evropska komisija je uresničila namere iz svoje izjave o nevtralnosti omrežij, da bo po potrebi pripravila dodatne smernice za zagotavljanje omrežnih svoboščin, ki jih je vključila v predlog uredbe Telecom Single Market (TSM - za uveljavitev enotnega evropskega trga elektronskih

komunikacij in povezanega kontinenta) z določbo, s katero poskuša urejati svobodo do zagotavljanja in uporabe odprtega internetnega dostopa ter smiselno upravljanje interneta.

Rešitev v 23. členu predvideva, da lahko končni uporabniki prosto sklepajo dogovore s ponudniki javnih elektronskih komunikacij ali ponudniki vsebin, aplikacij in storitev o zagotavljanju specializiranih storitev. Definicija specializiranih storitev je načeloma dovolj jasna, vendar nepotrebna, ker specializirane storitve nimajo mesta v kontekstu zagotavljanja nevtralnega interneta. 23. člen predloga uredbe specializirane storitve neposredno povezuje z internetom in internetnim prometom, kar odpira prosto pot za diskriminacijo ponudnikov vsebin oz. za zlorabe. To pa bi bilo nedopustno, saj je namen člena zagotavljati vsebinsko nevtralnost interneta in še naprej čim nižji prag za nove vstopnike – ponudnike internetnih vsebin.

Specializirane oz. posebne storitve elektronskih komunikacij (npr. najete linije, VPN) so sicer lahko definirane in dovoljene, vendar ne v kontekstu interneta, temveč v omrežjih elektronskih komunikacij v širšem smislu (npr. content delivery network ali VPN-i ločeni od internetnega prometa). Trženje in prodaja end-to-end QoS storitev končnim uporabnikom ali sistemskim naročnikom v okviru interneta pa predstavlja nedopusten poseg v nevtralnost interneta, saj razlikuje in različno obravnava enake vrste prometa, glede na naročnika, ki je to pripravljen plačati. Pogoji, da je to dovoljeno, če ne vpliva na best-effort obnašanje omrežja v celoti, v realnosti ne deluje. Operaterji v svojih omrežjih lahko upravljajo internetni promet v interesu čim boljših storitev prenosa v omrežjih elektronskih komunikacij preko katerih ta promet prenašajo, vendar tega ne smejo tržiti ponudnikom vsebin ali končnim uporabnikom, predvsem pa morajo pri tem enake vrste prometa obravnavati na enak način in nikakor ne diskriminatorno. Operaterji elektronskih komunikacij lahko pod določenimi pogoji ponujajo storitve informacijske družbe z dodano vrednostjo, vendar pa le na tak način, da to ni v nasprotju z osnovnimi načeli zagotavljanja nevtralnosti interneta. Možnost ponujanja take storitve z dodano vrednostjo je v skladu s pravico končnega uporabnika, da dostopa do informacij po njegovi izbiri, če hkrati pri tem ni poseganja v odprt in nevtralen značaj interneta. V tem primeru bi lahko šlo npr. za ponujanje storitve z dodano vrednostjo zaustavljanja neželenega prometa in za otroke spornih vsebin, če to naročnik posebej naroči, plača in se strinja z obdelavo svojih podatkov. Ne sme se pa v kontekst storitev z dodano vrednostjo uvrščati drugega koristnega internetnega prometa, ker bi bilo to v nasprotju z vsebinsko nevtralnostjo interneta. Ponudnik dostopa do interneta tako storitev z dodano vrednostjo tudi ne sme pogojevati z npr. nižjo ceno ali s kakršnimkoli drugimi prijemi, ki bi na neprimeren način vplivali na nevtralnost interneta.

Med specializiranimi storitvami in internetom bi bilo treba potegniti jasno razmejitev, saj obstaja bojazen, da bi možnost zakupa end-to-end QoS storitev zatrla inovativnost z demotivacijo novih ponudnikov vsebin in storitev za vstop na internet, hkrati pa bi operaterji dobili kontrolo nad internetnim prometom, ki je sedaj nimajo. Specializirane storitve, kot so razumljene v predlogu uredbe, so potencialni izvor omejevanja odprtega in nevtralnega interneta, zato je treba rešitvi skladno z nacionalno ureditvijo nevtralnosti interneta v ZEKom-1 nasprotovati.

Če bo v končni različici uredbe TSM obveljala predlagana rešitev zagotavljanja nevtralnosti interneta, potem bo to pomenilo bistveno oslabitev nevtralnosti interneta, kot jo imamo uzakonjeno v ZEKom-1.

V. ZAKLJUČEK

Komisarka za Evropsko digitalno agendo Neelie Kroes poudarja, da mora internet ostati odprt, enoten, prodemokratičen, zagotavljati mora zaupnost, ter da mora biti upravljan transparentno po večdeležniškem načelu. To so vse vrednote, ki so internet razvile do vseprisotnega omrežja, ki v digitalni družbi bolj kot karkoli drugega povezuje globaliziran svet. Zaradi občutljivosti internetnih vrednot je še toliko pomembnejše, da tudi v nacionalnih okvirih z njimi ravnamo karseda previdno.

Peter Hustinx, European Data Protection Supervisor (EDPS), je ob predlogu uredbe TSM dejal, da bi moral biti vsak nadzor in omejevanje aktivnosti uporabnikov interneta ozko osredotočeno na doseganje natančno določenih specifičnih in legitimnih namenov. Množičen nadzor in omejevanje internetnih komunikacij je v nasprotju s pravnim redom EU in pomeni zanikanje pravice do zasebnosti, zaščite osebnih podatkov in zaupnosti komunikacij. Na tak način pa v Evropi ne bo možno doseči zaupanja uporabnikov v elektronske komunikacije. EDPS posebej poudarja, da se poleg ponudnikov storitev dostopa, niti vladne institucije ne smejo restriktivno vmešavati v nevtralnost interneta.

Z uzakonitvijo nevtralnosti interneta v ZEKom-1 smo iz tujih strokovnih krogov prejeli precej pozitivnih odzivov, kar na koncu koncev prispeva k dojemanju Slovenije, kot tehnološko napredne sodobne države. Poleg pozitivnih posledic za uporabnike interneta in vseh drugih argumentov je ne nazadnje tudi to vidik, ki ga pri obravnavi kompleksne problematike nevtralnosti interneta tudi v prihodnje ne bi smeli prezreti.



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



Brigita Kozlevčar Žorga je svetovalka na Direktoratu za informacijsko družbo pri Ministrstvu za izobraževanje, znanost in šport.

Big Data in Smart City contexts

Andrej Duh^{1,2}, Dean Korošak^{1,2}
¹Univerza v Mariboru, ²Percipio d.o.o.

Povzetek — Današnja mesta neprestano ustvarjajo velike količine podatkov. Prehod na pametno mesto je v veliki meri odvisen od tega, kako uspešna so mesta pri zbiranju in uporabi velike količine podatkov za podporo odločanja in napovedi za vodenje mesta. Na delavnici bomo predstavili nekaj novih pristopov in rešitev za zbiranje in analizo velike količine mestnih podatkov.

Ključne besede — Pametno mesto, Big Data

Abstract — Cities today are continuously generating huge amounts of data. Transition to a smart city crucially depends on harvesting and using urban Big Data to support decision making and predictions in the governance of the city. At the workshop we will present some of the recent approaches and solutions for harvesting and analyzing urban big data.

Keywords — Smart City, Big Data

I. INTRODUCTION

“What is the city, but the people?”

- William Shakespeare -

In 2008 we have crossed three thresholds. In this year the urban population of the world has equaled the rural population-after 2008 the majority of people live in cities. In the same year the Internet went mobile: mobile broadband internet users outgrew users using fixed lines access to internet. The third 2008 event was the outnumbering of people by devices, causing the transition from Internet of People to Internet of Things. By 2016, only the mobile part of the Internet of Things could exceed 6 petabytes and “this Big Data, as it is increasingly known, will be an immanent force that pervades and sustains our urban world.” [1].

The basic idea of smart city is to improve the quality of life of its citizens through improving the quality and efficiency of services provided by public and private companies. The convergence of information and communication technologies enables collecting different types of data. One of prerequisites for a smart city is the existence of intelligent functions that are able to integrate and sensibly analyse data to support decision making and predictions in the governance of the city [2]. There is also definition which states that a city may be called smart “when investments in human and social capital and traditional (transport) and modern (ICT) communication infrastructure fuel sustainable economic growth and a high quality of life, with a wise management of natural resources, through participatory government” [3].

There are several areas enabling transformation to smart cities:

- infrastructure: fundamental services as roadways, mass transport, energy and water, environmental services,
- planning and management: smarter buildings and urban planning, public safety, public administration,
- citizens: social programs, health, education, participation, crowdsourcing urban data.

A range of innovative smart city solutions depend on the following facilitators: engagement and citizen participation, open access to data and the extent of collaboration and

innovation in the city. In “Smart Cities and the Future Internet” [4], Schaffers et al. underline media solutions working in parallel with the Internet of Things providing “the ground for new e-services within the innovation ecosystems of cities” [4]. Smart city enabling technologies include open and federated platforms evolving into cloud-based fully connected city, and content and context fusion technologies.

An important fact that must be followed by local authorities and city government when they are looking for new opportunities in smart city contexts is to include and involve citizens into debate and decision making process about new opportunities. Engagement and citizen participation represents key backbone for a better life in a city [5]: “Through civic hacking events and open data portals, the Obama administration has embraced the potential of data and programming to improve the performance of government for its citizens.”

II. URBAN AND BIG DATA

Why is urban data Big Data problem? When structured data, from i.e. Telcos warehoused data, is given urban context, and becomes just one of the many layers of urban data, the business logic of different layers becomes blurred leading to mixed, multiplexed data that has properties of Big Data-VVV (velocity, variety, volume). For example in case of Telcos immersed in urban context, the data which is already at high volume and velocity acquires new dimension-variety. In addition to Big Data aspect of urban data, urban data should follow 5-star level of open and linked data as suggested by 5 star deployment scheme for Open Data [6].

Open access to the data generated by the city and in the city is important generator for innovative initiative and new business models. Open data access refers also to private data produced by citizens and data from private companies like Telcos, media companies, transport companies, etc. who shared their data with authorities.

An example of Big Data used in urban context is a recent study of Louail et al. [5] who had analyzed mobile phone data of 31 Spanish metropolitan areas and showed that high resolution spatio-temporal data can be used to classify cities or, “...it is possible to extract relevant information from mobile phone data, not only about the mobility behavior of individuals, but also about the structure of the city itself.” [7].

In the collaborative and innovative city participate all stakeholders: citizens, universities, companies and government. Collaborative methods should be similar to open source methodologies which let people, institutions and companies to develop innovative content or applications. At the University of Maribor, there are two ongoing experiments

in urban and Big Data area: DAM-Data Atlas Maribor, and Mapping of innovation potentials in Slovenia. The preliminary results will be presented at this workshop.

ACKNOWLEDGMENTS

The work that led to this paper was partially financed by the project SEETechnology “Co-operation of SEE science parks for the promotion of transnational market uptake of R&D results and technologies by SMEs” co-funded by South East Europe Transnational Cooperation Programme. This work was also partly financed within the framework of the operation entitled “Centre for Open Innovation and Research of the University of Maribor”. The operation is co-funded by the European Regional Development Fund and conducted within the framework of the Operational Programme for Strengthening Regional Development Potentials for the period 2007 – 2013, development priority 1: “Competitiveness of companies and research excellence”, priority axis 1.1: “Encouraging competitive potential of enterprises and research excellence”

REFERENCES

- [1] A. M. Townsend, Smart Cities: Big Data, Civic Hackers, and the Quest for a New Utopia, W. W. Norton & Company, 2013.
- [2] M. Batty, K.W. Axhausen, F. Giannotti, A. Pozdnoukhov, A. Bazzani, M. Wachowicz, G. Ouzounis, and Y. Portugali: Smart cities of the future. Eur. Phys. J. Special Topics 214, 481–518, 2012.
- [3] Eurocities: Strategic Policy Paper on Broadband in Cities, 2010.
- [4] H. Schaffers, N. Komninos, M. Pallot, B. Trousse, M. Nilsson, A. Oliveira, Smart Cities and the Future Internet: Towards Cooperation Frameworks for Open Innovation, Future Internet Assembly, LNCS 6656, pp. 431–446, 2011.
- [5] <http://urbanccd.org/articles/data-driven-policy-goes-washington>. Assessed April 2014.
- [6] <http://5stardata.info/>. Assessed April 2014.
- [7] T. Louail, M. Lenormand, O. Garca Cantu, M. Picornell, R. Herranz, E. Frias-Martinez, J. J. Ramasco, M. Barthelemy, From mobile phone data to the spatial structure of cities, arXiv:1401.4540 (2014).



Elektrotehniška zveza Slovenije
Slovensko društvo za elektronske komunikacije SIKOM