

Omrežje prihodnosti – stališče ITU-T

Alojz Hudobivnik¹, Daisuke Matsubara², Takashi Egawa³, Nozomu Nishinaga⁴, Myung-Ki Shin⁵, Ved Kafle⁶, Alex Galis⁷

¹ Iskratel, Ljubljanska c.24a, 4000 Kranj, Slovenija, E-pošta: hudobivnik@iskratel.si
² Hitachi – Japan²{daisuke.matsubara.pj@hitachi.com}, NEC – Japan³{t-egawa@ct.jp.nec.com}, NICT – Japan⁴{nininaga@nict.go.jp}, ETRI – Korea⁵{mkshin@etri.re.kr}, NICT – Japan⁶{kafle@nict.go.jp}, University College London - United Kingdom⁷{a.galis@ucl.ac.uk}

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 konec leta 2009 in je pripravil začetne smernice ter priporočila, ki dajejo osnovna navodila za nadaljnje delo. V tem članku želimo predstaviti dosedanje delo na področju standardizacije omrežij prihodnosti, končne dokumente in načrte za prihodnost, ki izhajajo iz nalog, opravljenih na področju standardizacije v ITU-T.

Ključne besede: omrežja prihodnosti, internet prihodnosti, standardizacija, ITU-T Y.3001

Future Network - A Viewpoint from ITU-T

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 late 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 we present the background and the context of the ITU-T FNs' standardization and plans for the future work.

1 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, ne samo v razvitih, ampak tudi v razvijajočih se državah, zato moramo nenehno spremljati njene naraščajoče zahteve. Ta dejstva so spremenila ravnovesje 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) [14], omreženje v oblaku [13], omreženje na podlagi informacij (ICN) [6], avtomatsko upravljanje [7][11][12] 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. Odločili smo se za dva pristopa 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 naše 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. Opazili smo na

primer, da je že nastala tehnologija virtualizacije omrežja, kot je SDN. Poleg tega smo opazili, da se za nekatere tehnologije že razvijajo standardi v drugih organizacijah za razvoj standardov (ang. Standard Development Organization; SDO). Pomembno je, da razumemo in upoštevamo prednosti takega ekosistema tehnologij.

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. Ravno zato bi morali težiti k preišljeni standardizaciji, ki zna napovedovati. Naša želja je, da se izognemo omenjenim slabostim zgodnje standardizacije. V tem članku opisujemo trenutne dosežke na področju standardizacije omrežij prihodnosti in koncepte, na katerih temeljijo.

Naslednje poglavje tega članka daje pregled aktivnosti na področju standardizacije omrežja prihodnosti v ITU-T. Sledi Priporočilo ITU-T Y.3001, ki opisuje cilje omrežij prihodnosti. Poglavja, ki sledijo, opisujejo druga priporočila, ki veljajo za omrežja prihodnosti, ter načrte ITU-T za prihodnost. Predstavljena je tudi analiza sorodnih aktivnosti na področju standardizacije. Zadnje poglavje zaključuje članek.

2 STANDARDIZACIJA OMREŽJA PRIHODNOSTI V ITU-T

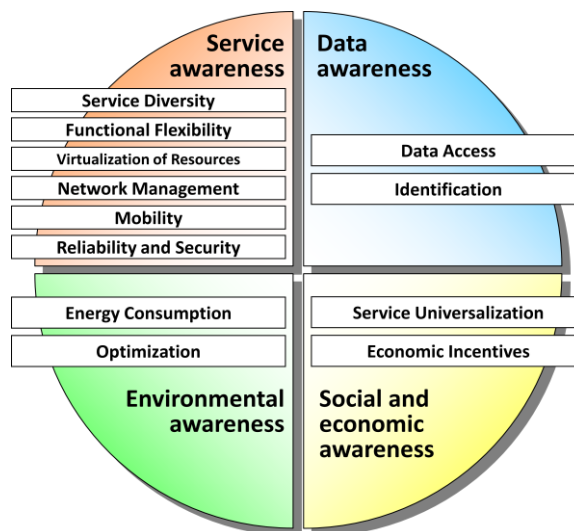
Študijska skupina 13 (SG13) ITU-T, tj. skupina za arhitekturo omrežja ter vodilna skupina za standardizacijo omrežja prihodnosti v ITU-T, je začela delovati na področju omrežij prihodnosti januarja 2009. Ker se je obravnava omrežij prihodnosti šele začela, smo sklenili, da je zelo pomembno prisluhniti ne samo članom ITU-T, ampak tudi drugim raziskovalcem zunaj ITU-T. Ustanovljena je bila ciljna skupina za omrežja prihodnosti (Focus Group on FN; FG-FN), začasna organizacija, odprta za vse strokovnjake znotraj/zunaj ITU-T, katere aktivnosti so se začele julija 2009. Preden so jo konec leta 2010 razpustili, je skupina organizirala srečanja v različnih krajih Evrope, ZDA in Azije ter prisluhnila mnenjem številnih strokovnjakov.

Ob razpustitvi skupine FG-FN so njene končne dokumente prenesli v skupino SG13, kjer so jih znova proučili. Vsi najpomembnejši končni dokumenti skupine FG-FN so zdaj priporočila serije ITU-T Y.3000 – tista, ki so bila že objavljena, so dostopna tudi na spletni strani ITU-T.

3 ITU-T Y.3001, CILJI IN USMERITVE OMREŽIJ PRIHODNOSTI

Priporočilo ITU-T Y.3001 [1] – Omrežja prihodnosti: Cilji in usmeritve opisuje cilje in usmeritve omrežij prihodnosti in je prva standardna definicija in opis omrežij prihodnosti. Cilji določajo osnovna vprašanja, ki jim nismo namenili 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. Omenjenih je bilo dvanajst usmeritev, ki označujejo sodobne zmožnosti in funkcije, ki so potrebne pri realizaciji omrežij prihodnosti. Na sliki 1 je prikazana preslikava usmeritev v cilje.



Slika 1: Štirje cilji in dvanajst usmeritev omrežij prihodnosti

3.1 Storitvena naravnost

Storitvena naravnost v omrežjih prihodnosti je predstavljena na sliki 2. Predvidevamo izjemno povečanje števila in nabora storitev v prihodnosti. Današnje omrežje, katerega osnovna struktura je bila vpeljana pred več kot tridesetimi leti, je s svojo osnovno funkcionalnostjo in arhitekturo do zdaj podpiralo katerokoli storitev. Pričakujemo, 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.

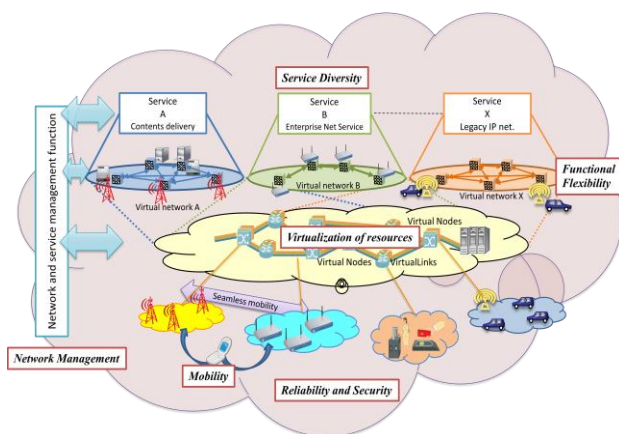
Omrežja prihodnosti naj bi podpirala te storitve brez občutnega zvišanja, na primer uvajalnih in operativnih stroškov. Omrežja prihodnosti naj bi poleg tega bila

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.



Slika 2: Storitvena naravnost v omrežjih prihodnosti

3.2 Podatkovna naravnost

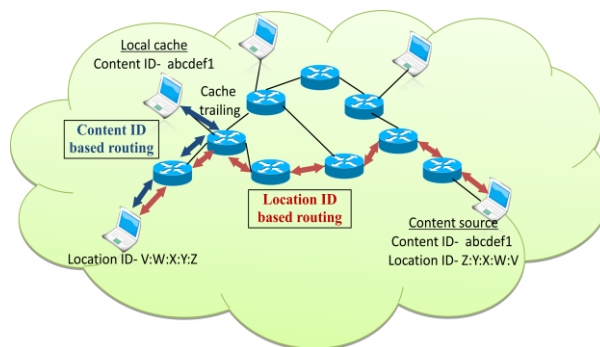
Priporočamo, da imajo omrežja prihodnosti optimizirano arhitekturo za obdelavo velikih količin podatkov v porazdeljenem okolju in da uporabnikom omogočajo varen, preprost, hiter in ustrezen dostop do zelenih podatkov. V okviru tega priporočila "podatki" niso omejeni le na določeno vrsto podatkov, kot so avdio- 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 3.

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 3. Ponudnik storitve dostava 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.

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.



Slika 3: Podatkovna naravnost v omrežjih prihodnosti

3.3 Okoljska naravnost

V skladu s poročilom [15] 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.

3.4 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.

4 PRIPOROČILA ZA VSAKO PODROČJE

4.1 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 omogočita

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 [10] in SDN [14] ter omreženje v oblaku [13].

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 zmožljivosti).
- 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.
- Zmožljivost: preprečevanje poslabšanja zmožljivosti 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.
- Brežžičnost: 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 osnutku priporočila ITU-T Y.FNvirtreq – Zahteve za virtualizacijo omrežja v omrežjih prihodnosti, ki se je osredinil 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. Osutek priporočila ITU-T Y.FNsdn – Okvir programirljivega omreženja (SDN) za omrežja prihodnosti – 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 namerava sodelovati z drugimi organizacijami za razvoj standardov, kot sta Ustanova za odprto omreženje (Open Networking Foundation; ONF) in Delovna skupina za internetno inženirstvo (Internet Engineering Task Force; IETF).

4.2 Priporočila za podatkovno naravnost

Priporočilo ITU-T Y.3031 – Identifikacijski okvir v omrežjih prihodnosti [4] je četrto 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-naslava 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.

ITU-T trenutno pripravlja dokument Y.FNDAN "Okvir omreženja s podatkovno naravnostjo za omrežja prihodnosti", 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 zelenih 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) [6]. Dokument Y.FNDAN bo opredeljeval splošne lastnosti in visoke zahteve DAN, kot so poimenovanje, usmerjanje, predpomnjenje v omrežju, obdelava v omrežju in varnost podatkov.

4.3 Priporočila za okoljsko naravnost

Poteka veliko standardizacijskih aktivnosti, ki pomagajo pri realizaciji okoljskih ciljev dokumenta Y.3001. Če jih omejimo na aktivnosti ITU-T, potem lahko omenimo priporočila, ki določajo specifikacije polnilnikov za mobilne terminale, ki naj zmanjšajo elektronske izgube, metodologijo ocenjevanja vpliva informacijskih in telekomunikacijskih tehnologij na okolje itd. Številne od njih se nanašajo na prihodnja omrežja.

Priporočilo ITU-T Y.3021 – Okvir varčevanja z energijo za omrežja prihodnosti ponuja pregled različnih tehnologij za varčevanje z energijo in jih kategorizira glede na osnovno strategijo. 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.

4.4 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.

S tem namenom smo odprli razpravo o socialno-ekonomskih vprašanjih na podlagi osnutka priporočila ITU-T Y.FN socioeconomic – Projektiranje tehnologije omrežij prihodnosti s socialno in ekonomsko naravnostjo. Ta osnutek daje okvir, ki ga upošteva tehnologija kandidatov 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.

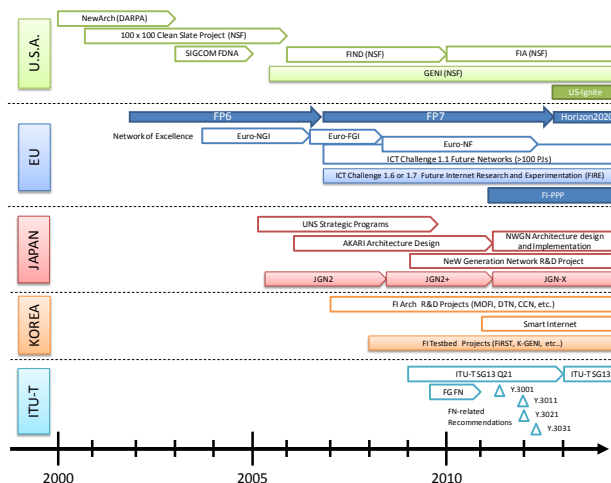
5 NAČRT ZA PRIHODNOST

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 odločila, da skupino, ki se ukvarja s standardizacijo omrežij prihodnosti, razdeli v tri skupine: prva skupina za storitveno naravnost, vključno s SDN, druga skupina za podatkovno naravnost in tretja skupina 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. Eno najpomembnejših področij je enotno upravljanje omrežij prihodnosti, ki vključuje avtomatsko upravljanje znotraj omrežja [7][11][12]. 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 zunanega 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.

Omenjene tri skupine v študijski skupini SG13 ITU-T ne zadostujejo za celotno pokritje vseh vidikov omrežij prihodnosti. S tem se ukvarjajo druge študijske skupine

ITU-T in druge organizacije za razvoj standardov. Za realizacijo omrežij prihodnosti je pomembno sodelovanje z njimi na področju tehnoloških raziskav in tržnih zahtev.

6 SORODNE AKTIVNOSTI NA PODROČJU STANDARDIZACIJE



Slika 4: Standardizacijske aktivnosti na področju omrežij prihodnosti

Slika 4 prikazuje kronologijo aktivnosti na področju raziskav in razvoja omrežij prihodnosti z aktivnostmi ITU-T na področju standardizacije 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 "nepopisan list papirja". Ustanovila ga je Agencija v okviru obrambnega ministrstva za napredne raziskovalne projekte (DARPA; Defense Advanced Research Projects Agency) – ustanovno telo, ki podpira začetno projektiranje interneta. 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 dolgoročno pobuda razvojnega programa NSF NeTS, ki podpira tudi princip projektiranja "nepopisan 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 svetovno okolje za omrežne inovacije (GENI; Global Environment for Network Innovations).

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.

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 FIArch, 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.

7 SKLEP

ITU-T je v letih 2009–2012 razvil in objavil štiri pomembna priporočila: Y.3001, Y.3011, Y.3021 in Y.3031, ki so prvi standardni opisi omrežij prihodnosti. Poleg storitev povezljivosti omrežja prihodnosti odlikujejo štirje cilji in dvanajst usmeritev. Te usmeritve so sodobne zmožnosti, funkcije in nove omrežne storitve, ki so potrebne skupaj za realizacijo omrežij prihodnosti. Ko smo leta 2009 začeli razpravljati o omrežjih prihodnosti, je bila raziskava še na začetni stopnji. Pri delu na področju standardizacije pa smo s pomočjo mnenj različnih strokovnjakov lahko dojeli in določili ključne karakteristike in pomembne vidike omrežij prihodnosti in jih opredelili v teh dokumentih. Prepričani smo, da bodo ta priporočila dobra podlaga in ustrezne smernice pri nadaljnji izvedbi, standardizaciji, raziskavi in razvoju omrežij prihodnosti.

ZAHVALA

Zahvaljujemo se Sangjinu Jeongu, Hidekiju Otsukiju, Toshihikiju Kuriti, Martinu Waldburgerju, Naotaki Moriti, Hyoung-Jun Kimu in Chaesubu Leeju za njihovo delo in prispevek na področju ITU-T FN. Ta članek so delno podprli: evropski projekt UniverSELF, Nacionalni inštitut za informacijsko in komunikacijsko tehnologijo (National Institute of Information and Communications Technology; NICT) ter Standardizacijski program ICT Korejske

komunikacijske komisije (Korea Communications Commission, KCC). Zahvala gre tudi vsem koavtorjem za sodelovanje pri pripravi slovenske verzije članka, ki temelji na izvirnem članku za IEEE Communication Magazine[16].

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] Alvarez, F., A., Galis, A., Domingue, J., Gavras, A., Zahariadis T., Stiller, B., Schaffers, H., Daras, P Frances Cleary Henning Mueller Michael Nilsson Volkmar Lotz Krcro 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., Mamas, 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.cns2011.org/ - October 2011, Paris, France <http://cns2011.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., Krcro, 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] G. Clegg, R., Clayman, S., Pavlou, G., Mamas, L., Galis, A.- "On the Selection of management and monitoring nodes in dynamic networks"– IEEE Transactions on Computers, 6 March 2012, IEEE computer Society Digital Library. IEEE Computer Society, <http://doi.ieeecomputersociety.org/10.1109/TC.2012.67>.
- [12] L. Ciavaglia, C. Destré, G. Nguengang, P. Demestichas, M. Gruber, M. Smirnov, A. Manzalini, N. Alonistioti, S. Ghamri-Doudane, A. Galis "Realizing Autonomics for Future Networks"- Future Network and Mobile Summit, 15-17 June 2011, Warsaw, Poland <http://www.futurenetworksummit.eu/2011/>.
- [13] 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.
- [14] 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.
- [15] <http://www.gartner.com/it/page.jsp?id=503867>.

[16] Daisuke Matsubara, Takashi Egawa, Nozomu Nishinaga, Myung-Ki Shin, Ved Kadle, Alex Galis »Towards Future Networks – a viewpoint from ITU-T«, IEEE Communication Magazine, Vol. 51, No.3, March 2013, pp 112–118.

Alojz Hudobivnik je diplomiral leta 1983 in magistriral leta 1989 na Fakulteti za elektrotehniko in računalništvo v Ljubljani. Zaposlen je v Iskratelu kot svetovalec tehničnega direktorja. Vodil je razvojni oddelek programske opreme signalizacije št. 7 na sistemu EWSD in projekt uvajanja ATM in ADSL v Sloveniji. 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 SG13 WP3 (Future networks and SDN) in poročevalec Q15/13.

Daisuke Matsubara je diplomiral leta 1996 in leta 1998 na Univerzi Kyoto na Japonskem doktoriral iz elektrotehnike. Od leta 1998 dela v Hitachiju, kjer je bil vključen v raziskave na področju ATM/STM, QoS v MPLS/DiffServ, P2P omrežnih sistemov, omrežne virtualizacije in podatkovno naravnanih omrežjih. Je kourednik ITU-T priporočila Y.3001.

Takashi Egawa je magistriral leta 1989 in doktoriral leta 1991 na Univerzi v Tokiu na Japonskem. Od leta 1991 je zaposlen v NEC Corporation. Na začetku je delal na področjih zanesljivosti omrežja in aktivnih omrežij. Leta 2005 je preusmeril svoja prizadevanja v standardizacijo, kjer je bil urednik več ITU-T-dokumentov, med drugim NGN security (Y.2701) in NGN identity management (Y.2720). Vodil je FG FN in bil poročevalec ITU-T SG13 Q21 (Future networks).

Nozomu Nishinaga je diplomiral 1994, magistriral 1996 in doktoriral leta 1998 na Univerzi Nagoja na Japonskem iz elektronike. Zaposlen je bil na NICT kot raziskovalec, od aprila 2011 pa je direktor Laboratorija za nove generacije omrežij na sedežu podjetja. Njegovi trenutni raziskovalni interesi vključujejo internetno arhitekturo in brezžične komunikacije.

Myung-Ki Shin je doktoriral leta 2003 na Chungnam National University v Južni Koreji s področja IPv6 multicast in mobilnost. V letih 2004 in 2005 je bil gostujoči raziskovalec na NIST (ZDA). Je avtor več IETF RFC (RFC 3338, RFC 4038, RFC 4489, RFC 5181, itd.). Zaposlen je kot glavni raziskovalec v ETRI (Južna Koreja). Njegovi trenutni raziskovalni interesi vključujejo Future Internet, IPv6, mobilnost, omrežno virtualizacijo in SDN. V obdobju 2009–2012 je bil poročevalec ITU-T SG13 Q21 (Future networks).

Ved P. Kadle je diplomiral leta 1995 na PEC univerzi v Chandigarhu (Indija), magistriral 2004 iz računalništva na National University v Seulu (Južna Koreja) in doktoriral leta 2006 iz informatike na Graduate University for Advanced Studies (Japonska). Od 2010 je zaposlen na NICT v Tokiu kot višji raziskovalec. Njegovi trenutni raziskovalni interesi vključujejo naslavljanje in poimenovanje v omrežjih, upravljanje mobilnosti, zasebnost, varnost in zaupanje. Je urednik dokumenta ITU-T Y.3031. Dobil nagrado ITU združenja Japonske v letu 2009 in Best Paper Award (druga nagrada) na ITU-T Kalejdoskop konferenci v letu 2009.

Alex Galis je diplomiral leta 1970 in magistriral leta 1975 na Univerzi v Bukarešti (Romunija), doktoriral pa leta 1983 na Univerzi Warwick v Veliki Britaniji. Zdaj je profesor omrežnih sistemov in storitev na University College London. Izdal je osem knjig in več kot 175 člankov s področja interneta prihodnosti. Bil je član več programskih odborov in organizator več IEEE konferenc in delavnic. Sodeloval je pri 10 EU raziskovalnih projektih, v ITU-T FG pa je bil namestnik predsedujočega.