

ZAKLJUČNO POROČILO

O REZULTATIH OPRAVLJENEGA RAZISKOVALNEGA DELA NA PROJEKTU V OKVIRU CILJNEGA RAZISKOVALNEGA PROGRAMA (CRP) »KONKURENČNOST SLOVENIJE 2006 – 2013«

I. Predstavitev osnovnih podatkov raziskovalnega projekta

1. Naziv težišča v okviru CRP:

Informacijska družba

REPUBLIKA SLOVENIJA
NOSILEC JAVNEGA POOBLASTILA
JAVNA AGENCIJA ZA RAZISKOVALNO DEJAVNOST

REPUBLIKE SLOVENIJE, LJUBLJANA

1

Prejeto: 15.10.2008	Sig. z.: 0120
Šifra zadeve: 63113-323/08	Pril.:
	Vrednost:

2. Šifra projekta:

V2-0211

3. Naslov projekta:

"Tehnično - ekonomski modeli razvoja širokopasovnih komunikacij in njihova uporaba na ruralnih področjih Slovenije"

3. Naslov projekta

3.1. Naslov projekta v slovenskem jeziku:

"Tehnično - ekonomski modeli razvoja širokopasovnih komunikacij in njihova uporaba na ruralnih področjih Slovenije"

3.2. Naslov projekta v angleškem jeziku:

"Techno - economic models of broadband communications development and their usage in rural areas in Slovenia"

4. Ključne besede projekta

4.1. Ključne besede projekta v slovenskem jeziku:

tehnično-ekonomski modeli, telekomunikacije, širokopasovne tehnologije, ruralna področja

4.2. Ključne besede projekta v angleškem jeziku:

techno-economic models, telecommunications, broadband technologies, rural areas

5. Naziv nosilne raziskovalne organizacije:

Institut "Jožef Stefan"

5.1. Seznam sodelujočih raziskovalnih organizacij (RO):

Ekonomska fakulteta, Univerza v Ljubljani

6. Sofinancer/sofinancerji:

/

7. Šifra ter ime in priimek vodje projekta:

01339

Prof. dr. Borka Jerman Blažič

Datum: 3. 10. 2008

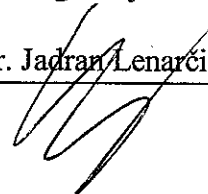
Podpis vodje projekta:

prof. dr. Borka Jerman Blažič



Podpis in žig izvajalca:

prof. dr. Jadran Lenarčič, direktor



II. Vsebinska struktura zaključnega poročila o rezultatih raziskovalnega projekta v okviru CRP

1. Cilji projekta:

1.1. Ali so bili cilji projekta doseženi?

- ☒ a) v celoti
☐ b) delno
☐ c) ne

Če b) in c), je potrebna utemeljitev.

1.2. Ali so se cilji projekta med raziskavo spremenili?

- ☐ a) da
☒ b) ne

Če so se, je potrebna utemeljitev:

2. Vsebinsko poročilo o realizaciji predloženega programa dela¹:

2.1 ŠTUDIJA IN ANALIZA TEHNOLOGIJ

V prvem letu projekta smo najprej ugotovili stanje in razširjenost posameznih tehnologij širokopasovnih komunikacij. Pregledali in analizirali smo najnovejše tehnologije (xDSL, kabelska omrežja, komunikacije po elektroenergetskih vodih ter optičnih vlaknih, omrežja 3G, Wi-Fi, WiMAX, satelitske komunikacije, komunikacije preko stratosferskih ploščadi), trende njihovega razvoja in jih primerjali med sabo. Osredotočili smo se na slabosti in prednosti teh tehnologij, predvsem z vidika uvajanja na oddaljena podeželska področja v Sloveniji, kjer širokopasovne storitve še niso na voljo.

Pregledali smo nekaj najuspešnejših modelov dobre prakse iz tujine, med njimi angleško mestece Alston Moor, več primerov iz Poljske, češki projekt, imenovan ROWANET, nekaj primerov iz Velike Britanije in druge. Predvsem smo želeli ugotoviti, kako so se podobnih projektov lotevali v tujini. Najprej smo zbrali splošne podatke o omenjenih krajih - število prebivalcev, gostota prebivalstva, BDP, število širokopasovnih priključkov, penetracija interneta... Analizirali smo načine, na katere so projekte financirali, za katere tehnologije so se odločali in zakaj, kdo je bil zadolžen za gradnjo omrežja, kdo je lastnik omrežja in kdo zdaj z njim upravlja. Ena izmed ugotovitev je, da so se skoraj povsod tega lotili z ustanovitvijo t.i. javno - zasebnih partnerstev (PPP - Public Private Partnerships). Ugotavljali smo, kateri so tisti dejavniki, ki na ljudi, ki se odločajo za širokopasovnost, najbolj vplivajo. Poleg cene so tu še splošna razširjenost širokopasovnih storitev, njihova razvitost in učinkovitost uporabe. Zanimalo nas je tudi, kakšen vpliv na lokalno skupnost je imel izpeljani projekt, kako se je povečala socialna vključenost ljudi, kakšen vpliv je to imelo na gospodarstvo, katere nove storitve so vpeljali, da bi izboljšali kvaliteto življenja ljudi ipd.

Rezultati raziskav so priloženi v Dodatku 1 tega poročila (strani 1 - 90).

2.2 TEHNIČNO-EKONOMSKI MODEL RAZVOJA ŠIROKOPASOVNIH OMREŽIJ IN POSPEŠEVALNI UKREPI

Po uspešno opravljenem prvem delovnem paketu smo se lotili naslednje faze projekta. Ugotavljali smo stanje širokopasovnosti v Sloveniji in skušali ugotoviti razloge za razlike med državami v rabi širokopasovnih tehnologij in storitev. Opravili smo faktorsko analizo in vanjo vključili naslednje spremenljivke:

- penetracija širokopasovnosti (delež gospodinjstev s širokopasovnim dostopom),
- nakupi preko interneta (delež posameznikov, ki so v zadnjih treh mesecih naročili oz. kupili blago oz. storitve preko interneta),
- uporaba interneta za igranje (angl. gaming; delež posameznikov, ki so v zadnjih treh mesecih uporabili internet za igranje),
- uporaba interneta za iskanje informacij (delež posameznikov, ki so v zadnjih treh mesecih internet uporabili za iskanje informacij o blagu in storitvah),

¹ Potrebno je napisati vsebinsko raziskovalno poročilo, kjer mora biti na kratko predstavljen program dela z raziskovalno hipotezo in metodološko-teoretičen opis raziskovanja pri njenem preverjanju ali zavračanju vključno s pridobljenimi rezultati projekta.

- izdatki informacijskih tehnologij (izdatek informacijskih tehnologij kot delež BDP),
- izdatki komunikacijskih tehnologij (izdatek komunikacijskih tehnologij kot delež BDP),
- prihodek gospodinjstev (povprečni letni bruto dohodek),
- dostop do osebnih računalnikov (delež gospodinjstev, ki imajo vsaj preko enega člana dostop do osebnih računalnikov),
- pogostost uporabe osebnih računalnikov (delež posameznikov, ki so uporabili osebni računalnik v zadnjih treh mesecih),
- dostop do interneta (delež gospodinjstev, ki imajo dostop do interneta od doma),
- pogostost uporabe interneta (delež posameznikov, ki so dostopali do interneta v povprečju vsaj enkrat na teden),
- dostop do interneta preko telefonske povezave (delež gospodinjstev, ki dostopajo do interneta preko klicne povezave navadne PSTN telefonske linije),
- BDP na prebivalca,
- cena širokopasovnih storitev (cena širokopasovnega dostopa),
- število telefonskih priključkov (na tisoč prebivalcev),
- uporaba dela na daljavo (delež gospodinjstev),
- gostota prebivalstva (povprečno število ljudi na kvadratni kilometer),
- stopnja izobraženosti (povprečno število let formalnega izobraževanja).

Faktorska analiza je pokazala tri glavne faktorje, ki vplivajo na položaj širokopasovnosti v državah. Ostali faktorji so bili statistično nepomembni in zato niso bili uporabljeni. Glede na spremenljivke, ki so vključene v vsak faktor, lahko te faktorje imenujemo:

1. spodbude in pogoji: vključuje spremenljivke širokopasovnosti, dostopa do osebnih računalnikov, plač in cen,
2. uporaba informacijskih storitev: vključuje spremenljivke nakupov, informacij, pogostosti dostopov,
3. okolje sektorja informacijsko-komunikacijskih tehnologij: vključuje spremenljivke izdatkov komunikacijskih tehnologij, število telefonskih priključkov, dostop do interneta preko telefonske povezave, gostota prebivalstva.

Države smo glede na njihov položaj glede vseh treh faktorjev razdelili v grozde. Grupiranje lahko ponudi neko oceno položaja države v svojem okolju pred diskusijo o različnih nadaljnjih možnostih. Kljub temu moramo pri interpretiranju rezultatov imeti v mislih, da imajo faktorji vključene le spremenljivke, ki smo jih izbrali, da bi preučili razlike med državami. Analiza je predvsem ilustrativen primer enega od načinov za oceno položaja države.

Opazili smo, da je večina držav v smislu razvoja informacijsko-komunikacijskih tehnologij dokaj podobnih, vendar nekatere izstopajo iz povprečja. Pogostokrat slišimo, da naj se države nove članice EU učijo od najbolj razvitih državah, kot sta Nizozemska in Danska. Bolj primerne se zdijo države, ki so jim po razvitosti glede na posamezen faktor bolj podobne.

Celotno poročilo raziskave se nahaja v Dodatku 2 tega poročila (strani 1 - 123).

2.3. ANALIZA UPORABE ŠIROKOPASOVNEGA DOSTOPA V RURALNIH OBMOČJIH S PREDLOGI ZA NADALJNJE UKREPE

Najprej predstavljamo uporabljen metodologijo in vprašalnik ter podrobno predstavimo

izvedbo in motivacijo raziskave. Navedemo nekatere omejitve. V nadaljevanju podrobno analiziramo rezultate o uporabi interneta (še posebej o intenziteti njegove uporabe med uporabniki širokopasovnega dostopa (v nadaljevanju ŠD) in ostalimi. Prikažemo rezultate o uporabi storitev na internetu ter o mnenju uporabnikov o učinkovitosti nekaterih ukrepov za spodbujanje uporabe. Pripravimo tudi kvalitativno analizo odgovorov uporabnikov, ki jih združimo v več skupin ter podamo nekatere splošne ugotovitve.

Glede na to da večina prehodnih analiz in študij primerov (glej denimo (Glass, Talluto, & Babb, 2003; Hollifield & Donnermeyer, 2003; Howick & Whalley, 2008; LaRose, Gregg, Strover, Straubhaar, & Carpenter, 2007; Sawada, Cossette, Wellar, & Kurt, 2006; Venkatachalam & McDowell, 2003)) navaja ruralne regije kot tiste, ki so praviloma najpočasnejše pri privzemanju širokopasovnega dostopa do Interneta (v nadaljevanju ŠD) in da je bil tudi cilj projekta analizirati stanje in predlagati ukrepe na ruralnih področjih, smo se pri izvedbi ankete osredotočili na ruralna področja Slovenije.

Pri pripravi vprašalnika smo delno gradili na predhodnih podobnih anketah v tujini (denimo (Pew Internet, 2006), (US department of Commerce, 2004). (Oh, Ahn, & Kim, 2003), (Dwivedi, Choudrie, & Brinkman, 2006)), delno pa na ugotovitvah naših predhodnih raziskav (denimo (Trkman, Jerman-Blažič, & Turk, 2007, 2008; Trkman, Turk, & Jerman-Blažič, 2006; Turk, Jerman-Blažič, & Trkman, 2007, 2008; Turk & Trkman, 2008)) ter na dodatnih vprašanjih/spremembah obstoječih, ki so bila potrebna glede na cilje ciljnega raziskovalnega projekta Tehnično-ekonomski modeli razvoja širokopasovnih komunikacij in njihova uporaba na ruralnih področjih Slovenije.

Anketo smo izvedli v aprilu in maju 2008. Razposlali smo 2000 anketnih vprašalnikov preko navadne pošte. Tak način je bil uporabljen namerno, saj bi ob predvsem ob uporabi elektronske (spletne ali e-poštne) pa tudi telefonske ankete zagotovo dobili pristranski vzorec sodelujočih (Yun & Trumbo, 2000).

Vzorec je pripravil Statistični Urad Republike Slovenije, pri čemer smo v skladu z metodologijo izbrali stratificirano vzorčenje po občinah. Zajeli smo gospodinjstva občin, ki so opredeljene kot 'redko poseljena območja' po Eurostatovi opredelitvi 'degree of urbanisation'. Število gospodinjstev iz posamezne občine je bilo proporcionalno glede na število gospodinjstev po občinah celotne populacije. V vzorec so bili vključeni posamezniki, ki so bili na dan izdelave vzorca stari vsaj 18 let.

26 pošiljk je bilo vrnjenih kot nedostavljivih (neznan naslov, naslovnik se je preselil ali naslovnik je preminil), tako da je celotni vzorec štel 1984 gospodinjstev. Do 30. 6. smo prejeli 174 odgovorov, kar predstavlja 8,8% stopnjo odgovorov. Raven odgovorov je primerljiva, morda nekoliko nižja kot pri podobnih anketah gospodinjstev v tujini (denimo (Kaplowitz, Hadlock, & Levine, 2004) poroča o nekaj na 30% stopnji odgovorov). Nekoliko nižja raven odgovorov lahko kaže tudi na delno nezainteresiranost oz. zasičenost prebivalstva v gospodinjstvih v ruralnih regijah ter njihovo prepričanje, da v bližnji prihodnosti ni pričakovati izboljšav.

Vprašalnik o (ne)uporabi širokopasovnega dostopa do interneta v ruralnih območjih Slovenije:

1) Sestava gospodinjstva

- spol (M/Ž)

- aktivnost (zaposlen, brezposeln, šolajoč, upokojen, drugo)

- dokončana izobrazba (osnovna šola, poklicna srednja šola, srednja šola, višja šola, visoka šola, podiplomski študij)

Anketiranec

Drugi član gospodinjstva 1
Drugi član gospodinjstva 2
Drugi član gospodinjstva 3
Drugi član gospodinjstva 4

2) Živimo:

- a) v večjem mestu ali bližnji okolici
- b) v manjšem naselju
- c) na podeželju
- d) izven strnjenih naselij

3) Dohodkovni razred gospodinjstva (skupni mesečni (neto) dohodek vseh članov gospodinjstva)

do 800 € 800-1500 € 1500-3000 € 3000-4500 € več kot 4500 €

4) Doma bi lahko uporabljal naslednje možnosti dostopa do interneta (možnih več odgovorov):

- a) Klicni dostop preko modema
- b) Kabelski dostop
- c) ADSL
- d) Optična vlakna
- e) Nimam dostopa
- f) Ne vem

5) Doma dejansko uporabljam:

- a) ADSL
- b) Kabelski dostop
- c) Dostop prek optičnih vlaken
- d) Klicni dostop (prek modema in telefonske linije)
- e) Ne uporabljam

6) Ali imate izbiro med več ponudniki širokopasovnega dostopa?

- a) Da (koliko: _____)
- b) Ne, samo eden
- c) Ne, nimam dostopa
- d) Ne vem

7) Zakaj doma nimate širokopasovnega dostopa (samo za tiste, ki ga ne uporabljajo; možnih več odgovorov):

- a) Ne potrebujem
- b) Je predrag
- c) Nimam ustreznega računalnika
- d) Nimam možnosti dostopa (ni ponudnika interneta)
- e) Internet lahko uporabljam drugje (služba, javno dostopne točke)

8) Koliko časa v povprečju na dan preživite na internetu (v urah):

- 9) Od katerega leta naprej doma uporabljate internet?
pred 2000 2001 2002 2003 2004 2005 2006 2007 2008 ne uporabljam
- 10) Od katerega leta naprej doma uporabljate širokopasovni dostop do interneta?
pred 2000 2001 2002 2003 2004 2005 2006 2007 2008 ne uporabljam
- 11) Internet uporabljam na delovnem mestu
a) večkrat na dan/neprestano
b) vsaj enkrat na dan
c) vsaj enkrat tedensko
d) občasno
e) Ne uporabljam
- 12) Ali je dejstvo, da internet uporabljate na delovnem mestu, vplivalo tudi na pričetek uporabe doma (1=sploh ne; 7=zelo)
1 2 3 4 5 6 7
- 13) Razvrsti spodnje prednosti širokopasovnega dostopa (pred klicnim dostopom) po pomembnosti (1-najpomembnejši dejavnik; 5-najmanj pomemben dejavnik)
a Omogoča hitrejšo uporabo interneta (brskanje po spletnih straneh, surfanje).
b Omogoča hitrejšo prenašanje datotek (glasbe, filmov) z interneta.
c Omogoča stalno povezanost.
d Je cenejši.
e Ne zaseda telefonske linije (možna hkratna uporaba interneta in telefona).
- 14) Izrazite svoje strinjanje z naslednjimi trditvami (1-se sploh ne strinjam; 7-v celoti se strinjam)
a Prijatelju bi znal razložiti prednosti interneta. 1 2 3 4 5 6 7
b Prijatelju bi znal razložiti prednosti širokopasovnega dostopa do interneta. 1 2 3 4 5 6 7
c Uporaba širokopasovnega dostopa mi omogoča lažje, bolj produktivno delo. 1 2 3 4 5 6 7
d Uporaba širokopasovnega dostopa mi pomaga/bi mi pomagala pri vsakdanjem življenju. 1 2 3 4 5 6 7
e Zame ni predrago kupiti nov računalnik ali posodobiti starega. 1 2 3 4 5 6 7
f Moj mesečni prihodek mi omogoča plačevanje širokopasovnega dostopa do interneta. 1 2 3 4 5 6 7
g Uporaba interneta mi ne predstavlja težav. 1 2 3 4 5 6 7
h Pridobivanje novih računalniških znanj mi ne predstavlja težav. 1 2 3 4 5 6 7
i Pred priključitvijo na internet sem se/se bom posvetoval s prijatelji. 1 2 3 4 5 6 7
j Pred priključitvijo na internet bi bilo/je bilo koristno, da sem ga lahko uporabil na javno dostopnih mestih (knjižnica, e-točka). 1 2 3 4 5 6 7
- 15) (vprašanje samo za uporabnike interneta): Internet uporabljam predvsem za naslednje namene (1-ne uporabljam; 4-občasno 7- zelo pogosto):

a	Izobraževanje	1	2	3	4	5	6	7											
b	Pošiljanje e-pošte			1	2	3	4	5	6	7									
c	Prebiranje dnevnih novic				1	2	3	4	5	6	7								
d	Delo od doma	1	2	3	4	5	6	7											
e	Komuniciranje (e-mail, chat)	1	2	3	4	5	6	7											
f	Osebnostne in gospodinske aktivnosti (npr. nakupovanje)	1	2	3	4	5	6	7											
g	Iskanje informacij		1	2	3	4	5	6	7										
h	Telefoniranje preko interneta	1	2	3	4	5	6	7											
i	E-bančništvo	1	2	3	4	5	6	7											
j	Storitve e-uprave		1	2	3	4	5	6	7										
k	Poslušanje in prenašanje glasbe					1	2	3	4	5	6	7							
l	Gledanje in prenašanje filmov					1	2	3	4	5	6	7							
m	Igranje igrice	1	2	3	4	5	6	7											
n	Za zabavo	1	2	3	4	5	6	7											
o	Objavljanje lastnih vsebin (lastna spletna stran, blog)	1	2	3	4	5	6	7											
p	Sodelovanje na spletnih forumih/klepetalnicah					1	2	3	4	5	6	7							
r	Mi pomaga pri večini družabnih aktivnosti	1	2	3	4	5	6	7											

16) Kaj bi vas prepričalo, da bi pričeli uporabljati širokopasovno povezavo oz. kateri so glavni razlogi, da ste ga pričeli uporabljati (za uporabnike) (1-nepomemben dejavnik; 7-pomemben dejavnik)

a	Državna subvencija za nakup računalnika	1	2	3	4	5	6	7											
b	Večje število prijateljev/znancev/sorodnikov, ki uporabljajo internet																1	2	
3	4	5	6	7															
c	Večje število storitev e-poslovanja na internetu (npr. naročanje blaga)																1	2	
3	4	5	6	7															
d	Enostavnejši priklop na internet					1	2	3	4	5	6	7							
e	Večje število lokalnih informacij (npr. informacije o prireditvah v domačem kraju)					1	2	3	4	5	6	7							
f	Enostavnejša uporaba interneta					1	2	3	4	5	6	7							
g	Reklame v medijih (televizija, časopisi)					1	2	3	4	5	6	7							
h	Državna subvencija za strošek mesečnega dostop do interneta																1	2	3
5	6	7																	
i	Večje število upravnih storitev na internetu (npr. možnost prijave stalnega prebivališča)					1	2	3	4	5	6	7							
j	Brezplačen dostop					1	2	3	4	5	6	7							
k	Izobraževanje (organizacija delavnic, kjer bi predstavili delo na internetu)																1	2	
3	4	5	6	7															
l	Večja varnost uporabe interneta					1	2	3	4	5	6	7							
m	Uporaba interneta preko televizijskega sprejemnika					1	2	3	4	5	6	7							
n	Možnost nekajmesečne brezplačne uporabe doma					1	2	3	4	5	6	7							
o	Možnost dela od doma preko interneta					1	2	3	4	5	6	7							
p	Dovolj visoki prihodki za nakup računalnika/širokopasovne povezave																1	2	
3	4	5	6	7															

17) Ali bi nam želeli še kaj sporočiti? Kateri razlogi vas odvrčajo od uporabe interneta? Kakšne ukrepe države bi si želeli?

Pri raziskavi smo namerno omejili vzorec samo na gospodinjstva v ruralnih regijah. To je v skladu tako z namenom projekta kot z ugotovitvijo, da so ruralna področja najbolj »problematična« glede uporabe ŠD. Priložena kuverta s plačanim odgovorom na anketo zmanjšuje možnost pristranskosti med odgovorjenimi in neodgovorjenimi vprašalniki (angl. non-response bias), saj bi se drugače lahko primerilo, da bi manj odgovarjala predvsem gospodinjstva, ki imajo nižje prihodke ali nižjo intenzivnost komuniciranja (in denimo doma ne bi imele kuvert oz. poštnih znamk za pošiljanje odgovora).

Pri izračunu povprečij vprašanj, ki so imela možne odgovore na Likertovi skali, opozarjamo, da tako pridobljena povprečja pravilno odražajo stanje v populaciji le, če predpostavimo, da lahko podatke obravnavamo kot intervalne in ne le kot ordinalne. Raziskovalci to pogosto predpostavljajo (Blaikie, 2003). Veljati mora torej, da so razlika med posameznimi odgovori na Likertovi skali ustreza razlikam med značilnostmi spremenljivke, ki jo merimo (Goldstein & Hersen, 1984). Ali to dejansko drži ali ne, pa je ne docela odgovorjeno vprašanje (Jamieson, 2004). Tudi če podatki niso povsem intervalni, pa pri nekaterih analizah, ki predpostavljajo intervalne podatke (kot je npr. povprečje), manjši odmik od intervalnosti ne zmanjšuje vrednosti rezultatov (Jaccard & Choi, 1996).

Pregled raziskav v preteklosti pa kaže, da se raziskovalci pogosto ne zavedajo dejstva, da lahko tovrstne analize delajo le ob predpostavki intervalnosti, kar lahko privede tudi do napak, saj intervalnost ni sama po sebi umevna, računanje povprečij in standardnih odklonov na ordinalnih spremenljivkah pa lahko privede do napačnih rezultatov (Jamieson, 2004).

V našem primeru smo torej (ob zavedanju zgornjih omejitev) izračunali povprečja iz podatkov na Likertovi skali, vendar smo jih ponekod ustrezno dopolnili z izračuni mediane in modusa. V splošnem pa velja, da je predpostavka intervalnosti razmeroma ustrezna pri vprašanjih o pogostosti uporabe (kot je denimo 15. vprašanje v zgoraj prikazanem vprašalniku Internet uporabljam predvsem za naslednje namene (1-ne uporabljam; 4-občasno; 7-zelo pogosto)), manj pa pri vprašanjih, ki izražajo strinjanje ali nestrinjanje z določeno trditvijo (kot je denimo 14. vprašanje: Izrazite svoje strinjanje z naslednjimi trditvami (1-se sploh ne strinjam; 7-v celoti se strinjam)).

Uporaba interneta

Ko analiziramo rezultate o uporabi interneta, ugotovimo, da je bil tudi v ruralnih območjih že pred letom 2000 razmeroma velik delež uporabnikov interneta (preko 30%). Prirast novih uporabnikov je bil razmeroma visok še med leti 2001 in 2004 (blizu 10 odstotnih točk na leto), v zadnjih letih pa se je bistveno upočasnili, tako da tudi v letu 2008 ugotavljamo še skoraj 30% gospodinjstev brez dostopa do interneta. Očitno je, da so uporabniki širokopasovnega dostopa predvsem bivši uporabniki klicnega dostopa do interneta, ki so po določenem času uporabe prešli na ŠD. Trenutno je v ruralnih območjih Slovenije le še okoli 20% gospodinjstev, ki uporabljajo klicni dostop do interneta. Verjetno so to predvsem gospodinjstva, ki so internet prevzela v zadnjih letih (in ga trenutno uporabljajo v manjšem obsegu; ob analizi kvalitativnih odgovorov lahko podamo tudi tezo, da gre delno za gospodinjstva, kjer je bil internet prevzet na pobudo mlajših članov razširjene družine, ki imajo stalno prebivališče drugje) in pa gospodinjstva v predelih, kjer ni tehničnih možnosti širokopasovnega dostopa.

Med ključne izzive bi tako lahko uvrstili zagotavljanje tehničnih možnosti za ŠD do interneta za preostale uporabnike ozkopasovnega dostopa ter analizo razlogov in možnih ukrepov za spodbujanje uporabe pri preostali tretjini prebivalcev, ki so trenutno na

napačni strani digitalne ločnice.

Poleg tega smo preučili tudi vpliv uporabe interneta na delovnem mestu na uporabo doma. Vpliv uporabe interneta na delovnem mestu je v povprečju le okoli 2 (na lestvici 1 do 7, kjer je 1 sploh ne in 7 zelo), večina prebivalcev tako trdi, da je uporaba v službi le malo ali sploh ne vplivala na njihovo uporabo doma. Ugotovitev je v nasprotju z nekaterimi tujimi raziskavami, ki so ugotovile precejšen vpliv uporabe interneta v službi na domačo uporabo. To nasprotje lahko morda obrazložimo s predpostavko, da velik del prebivalcev dela na delovnih mestih, kjer uporaba interneta ni zaželeno ali mogoča. To trditev potrjuje ugotovitev, da v skoraj polovici gospodinjstev skupni mesečni neto prihodek vseh članov gospodinjstva ne presega 1500 €. Le v 11% gospodinjstev pa prihodek presega 3000 €. V tem kontekstu je zanimiva tudi analiza odgovorov na vprašanje, zakaj gospodinjstva nimajo ŠD. Pri tem opozarjamo, da rezultati zaradi razmeroma majhnega vzorca pri tem vprašanju, niso nujno reprezentativni in jih navajamo v ilustrativne namene.

Razlogi za neuporabo interneta

- a) Ne potrebujem 25
- b) Je predrag 18
- c) Nimam ustreznega računalnika 8
- d) Nimam možnosti dostopa (ni ponudnika interneta) 26
- e) Internet lahko uporabljam drugje (služba, javno dostopne točke) 15

Glavna razloga za neuporabo interneta doma naj bi tako bila, da ga v gospodinjstvu ne potrebujejo ali da nimajo možnosti dostopa. Blizu temu odgovoru je tudi odgovor, da je dostop do interneta preprosto predrag (ta odgovor dopolnjuje kar nekaj podobnih pripomb pri zadnjem vprašanju odprtega tipa), medtem ko uporabo interneta doma delno nadomešča uporaba v službi in na javno dostopnih točkah.

Večina uporabnikov na internetu preživi nekako od ene do treh ur na dan. Delež zelo intenzivnih uporabnikov (nad 8 ur na dan) je približno 10%. Pri tem seveda brez nadaljnjih analiz ne moremo trditi, ali gre za posameznike, ki delajo od doma, ali pa za posameznike, ki so morebiti odvisni od uporabe interneta in jih to ovira pri drugih socialnih aktivnostih. Številne študije namreč ugotavljajo škodljivost odvisnosti od interneta, ki prinaša podobne negativne posledice kot odvisnost od alkohola ali drog in lahko vodi do posledic kot so težave v šoli, družini ali drugih medčloveških odnosih (Ng & Wiemer-Hastings, 2005).

Pri tem je posebej zanimiv še en rezultat – v skupini gospodinjstev z najnižjimi prihodki (pod 800 € prihodkov na gospodinjstvo) manj kot 20% uporablja ŠD do interneta. Več kot 75% gospodinjstev v najnižjem prihodkovnem razredu pa ne uporablja niti klicnega dostopa do interneta. Očitno je torej, da so predvsem gospodinjstva iz nižjih prihodkovnih razredih tista, ki so na »napačni« strani tako imenovane digitalne ločnice (Baker, 2001; Commission of the European Communities, 2005; Dewan & Riggins, 2005; Milner, 2006). Pri tem seveda razlog za neuporabo niso le nizki prihodki, ampak tudi druge socio-demografske značilnosti tega dela prebivalstva, ki vplivajo tako na nizke prihodke kot na neuporabo interneta – večinoma gre za starejše prebivalstvo z nižjo stopnjo izobrazbe in manjšim socialnim omrežjem.

Nadalje pa smo analizirali tudi intenziteto uporabe interneta glede na prihodkovni razred. Oglejmo si najprej rezultati za vse anketirance (tudi za tiste, ki interneta sploh ne uporabljajo). Tu je očitno, da povprečno število ur na internetu narašča z naraščanjem prihodkov gospodinjstva. Vendar pa: če izločimo anketirance, ki sploh ne uporabljajo

interneta, ne moremo trditi, da višina prihodkov vpliva na intenziteto uporabe interneta (odstopanja v obeh skrajnih razredih lahko pripišemo majhnosti vzorca v teh razredih). Nekateri tuje raziskave so sicer pokazale, da naj bi višji prihodki celo zniževali intenziteto uporabe, saj naj bi bili oportunitetni stroški uporabe (zaradi bolj dragocenega časa) pri premožnejših uporabnikih manjši in naj bi zato internet manj uporabljali predvsem za zabavo (velja seveda samo za uporabnike interneta). Ravno tako naj bi se (ugotovitev na podlagi kanadske študije) bistveno znižala dohodkovna elastičnost pri povpraševanju po internetu, kar kaže, da v najrazvitejših svetovnih državah internet že spada med nujne dobrine (Noce & McKeown, 2008) – v Sloveniji temu očitno še ni tako.

Povprečno število ur uporabe interneta na dan (tudi neuporabniki)

raven prihodkov gospodinjstva	število gospodinjstev	povprečno število ur
a do 800 €	22	0,86
b 800-1500 €	56	1,34
c 1500-3000 €	63	2,84
d 3000-4500 €	15	2,55
e več kot 4500	4	6,88

Povprečno število ur uporabe interneta na dan (samo uporabniki)

raven prihodkov gospodinjstva	število gospodinjstev	povprečno število ur
a do 800 €	4	3,25
b 800-1500 €	27	1,29
c 1500-3000 €	41	2,91
d 3000-4500 €	8	1,91
e več kot 4500	4	6,88

Zanimiva pa je tudi analiza števila ur uporabe glede na leto pričetka uporabe. Očitno je, da internet bolj uporabljajo predvsem tisti, ki ga uporabljajo že dlje in imajo zato z njim tudi več izkušenj. Ta ugotovitev seveda pomeni, da imajo novi uporabniki interneta, ki le-tega tudi manj uporabljajo, manj motivacije, da preidejo na ŠD do interneta, saj je ta lahko za njih glede na nizko uporabo tudi dražji.

Uporaba storitev na internetu

V raziskavi smo posebno pozornost namenili uporabi storitev in povezanih koristi, kar je eden od najpogostejših razlogov za privzetje interneta. Čeprav je bilo v prejšnjih letih veliko pozornosti namenjeno iskanju storitve, ki bi sama po sebi privedla do privzetja ŠD (angl. killer application), pa je splošno prepričanje v zadnjih letih, da kumulativni učinek različnih storitev lahko nadomesti eno samo storitev (Savage & Waldman, 2005), (Trkman et al., 2008). Tako je edina "killer application" za ŠD raznolikost storitev, ki jih uporabljajo gospodinjstva (Cawley & Preston, 2007). To ugotovitev potrjuje dejstvo, da večja predvidena koristnost uporabe ŠD povečuje verjetnost njegovega privzetja (Jyoti Choudrie & Dwivedi, 2004). Podobno ameriška raziskava potrjuje, da je intenzivnost uporabe (število minut preživetih na spletu) najpomembnejši faktor za privzetje ŠD (Pew Internet, 2006). Z vidika državnih ukrepov je zanimiva tudi ugotovitev, da interaktivne storitve e-uprave in ostale informacijsko intenzivne storitve prispevajo k precejšnjem povečanju povpraševanja po ŠD in tudi k večjim investicijam v infrastrukturo (Bygstad, Lanestedt, & Choudrie, 2007).

Nizki stroški namreč sami po sebi ne zadoščajo za splošno razširjenost ŠD, saj gospodinjstva želijo (čim) več vrednosti od svoje povezave do interneta (Slekys, 2006).

Zato so najrazvitejše države (kamor lahko z nekaj pridržki uvrstimo tudi Slovenijo) že dosegle stopnjo, kjer so potrebne raznolike in vsebinsko bogate storitve in aplikacije, če želimo, da se ŠD razširi tudi med ljudi, ki ga trenutno ne uporabljajo in verjetno ne uporabljajo niti računalnika (Cawley & Preston, 2007). Drugače namreč na podlagi analize z Bassovim modelom lahko trdimo, da je celotna velikost potencialnega trga za ŠD le okoli 70% vse populacije (Turk & Trkman, 2008).

Zato je verjetno, da bodo potrebne ali nove storitve ali pa preobrazba obstoječih za spodbujanje privzetja ŠD v določenih segmentih gospodinjstev v ruralnih območjih. To bi dejansko spremenilo naravo ŠD in povezanih storitev iz neke "nove tehnologije", katere privzem zahteva razmeroma veliko denarja in tudi napora za priučenje uporabe. Možen korak v to smer je triple-play (Picot & Wernick, 2007), ki bi lahko olajšal prevzem nove tehnologije za trenutne neuporabnike.

Rezultati o najpogostejših načinih uporabe v anketiranih gospodinjstvih so nekako pričakovani in v skladu s podobnimi tujimi raziskavami ter podatki Eurostata. Najpogosteje so uporabljene osnovne storitve, kot so iskanje informacij, pošiljanje elektronske pošte, komuniciranje in prebiranje dnevnih novic. Med najpogosteje uporabljanimi nameni je presenetljivo visoko izobraževanje. Pri čemer pa je zanimivo, da je modusni razred precej nižje, očitno je torej, da del anketirancev, predvsem tistih, ki so vključeni v formalne ali neformalne izobraževalne programe, zelo pogosto uporablja splet za pomoč pri izobraževanju, večina pa precej redkeje ali sploh ne.

V naslednjo skupino pa lahko uvrstimo aplikacije za zabavo (vključno z gledanjem filmov in prenašanjem glasbe). Ustvarjanje lastnih vsebin preko blogov, forumov in podobnih oblik je razmeroma redko uporabljano, ravno tako pa tudi storitve e-uprave. To je delno v nasprotju z ugotovitvijo tuje raziskave, da se uporabniki ŠD bolj zavedajo in več uporabljajo storitve e-uprave (Jyoti Choudrie & Dwivedi, 2005).

Ukrepi za spodbujanje uporabe interneta

V enem od vprašanj smo anketirance spraševali o tem, kaj bi jih prepričalo, da bi pričeli uporabljati širokopasovno povezavo. S tem vprašanjem smo želeli predvsem ugotoviti, kateri bi bili ukrepi države, ki bi bili posebno spodbudni za pričetek uporabe. Dobili smo več zanimivih ugotovitev – očitno je namreč, da v tem primeru povprečja le slabo odražajo značilnosti populacije oz. da obstajajo velike razlike med posameznimi segmenti. Modusni razred je 7 pri naslednjih odgovorih: Enostavnejši priklop na internet; Enostavnejša uporaba interneta; Brezplačen dostop; Izobraževanje (organizacija delavnic, kjer bi predstavili delo na internetu); Večja varnost uporabe interneta; Možnost nekajmesečne brezplačne uporabe doma; Možnost dela od doma preko interneta; Dovolj visoki prihodki za nakup računalnika/širokopasovne povezave.

Največja gostitev odgovorov 7 je pri vprašanjih, ki se nanašajo na brezplačen odstop do ŠD (ali v obliki državne subvencije ali pa nekajmesečnega brezplačnega testnega dostopa) ter pri vprašanjih, ki se nanašajo na enostavnost uporabe (to zadnje kaže na to, da potrebna znanja za priklop in uporabo interneta preko osebnega računalnika za določen segment prebivalstva še vedno niso samo po sebi umevna). Glede na število odgovorov »popolnoma se strinjam« tako enostavnejši priklop in enostavnejša uporaba sledita takoj za možnostjo brezplačnega priklopa. Zadnjo ugotovitev dopolnjuje dejstvo, da je največ odgovorov 7 tudi pri vprašanjih o pomenu izobraževanja, uporabe interneta preko televizijskega sprejemnika ter glede večje varnosti uporabe interneta (slednje namreč lahko pripišemo ne samo sami tehnični varnosti uporabe interneta ampak tudi in predvsem neznanju ljudi o dejanskih varnostnih grožnjah in načinu za zaščito pred njimi).

Zanimiva je tudi ugotovitev, da je modusni razred 4 le pri vprašanju o pomenu lokalnih

informacij na internetu, kar kaže, da so anketiranci v gospodinjstvu do tega še razmeroma indiferentni.

Splošne ugotovitve

Pri analizi opisnih odgovorov o (ne)uporabi lahko razloge za neuporabo interneta v grobem razdelimo v štiri kategorije, ki jih v nadaljevanju tudi podrobneje opišemo in podkrepimo z nekaterimi odgovori na vprašanja odprtega tipa:

- 1) pomanjkanje tehničnih možnosti za dostop (ni ustreznega ponudnika)
- 2) pomanjkanje znanja/veščin za uporabo tehnologije in storitev
- 3) nezadostna finančna sredstva za nakup računalnika, ŠD
- 4) nepovezanost uporabe interneta z življenjskimi navadami gospodinjstva

Občasno gre pri posameznih segmentih tudi za povezavo večih razlogov. Za ponazoritev mnenj anketirancev iz posameznih segmentov navajamo nekatere odgovore na vprašanja odprtega tipa v anketi (odgovori niso lektorirani in so namenjeni za ilustracijo mnenj nekaterih skupin uporabnikov, ne pa za reprezentativno analizo).

Ad1

1. »Nedostopnost!!! (halo... živimo v letu 2008!!!) Omogočili bi lahko dostop vsem državljanom SLO, tudi v manj dostopnih krajih. Čeprav tega ne omogočajo niti državljanom v mestih in naseljih! Sramota!«
2. »Izgradnjo optičnega - širokopasovnega omrežja do vsakega gospodinjstva in možnost uporabe 3 v 1 (telefon, TV, internet).«
3. »Veliko bi država oz. ustanove pristojne za to pripomogle že s tem, da bi omogočale širitev centrale (Telekoma) in s tem možnost uporabe širokopasovnega interneta. Žalostno je, da 500 m zračne razdalje od mesta nimamo možnosti uporabe kabljskega oz. drugega interneta. Odgovorni se izmikajo s tem, da se bo tehnologija prej zamenjala, kot bo prišlo do širitve centrale.«
4. »Pospeševanje ADSL povezave na podeželju (posodobitev central).«
5. »Možnost dostopa in več ponudnikov internetne povezave na našem območju (Artiče - Decno selo)!!«
6. »Ker nimam kam drugam napisat moje mnenje, bom kar tukaj napisal: želim si internetni dostop preko optike (optični dostop); manjše občine kot vidim dobijo zadnje ali pa sploh niso v planu za optični dostop.«

Ad2

1. »Ker nimam niti televizije mi internet nične pomeni.«
2. »Premalo varnosti, neprestano vdiranje v zasebnost, bombardiranje z reklamami, "spam-pošto"«
3. »Nimam možnosti: FINANČNE, ZNANJA in ČASA.«
4. »Razlogi, ki odvrčajo od uporabe intereta: prikriti virusi, nevarnost (v smislu da ti lahko drugi vdrejo v računalnik in vidijo tvoje osebne podatke oz. spremenijo gesla); pop-up reklame«
5. »Uporaba interneta nam v marsičem ni poznana, zato nas le-ta ne pritegne. Sicer v našem kraju adsl povezava baje ni možna. Želimo si tehnične možnosti za priključek na internet.«
6. »Ukrep države bi lahko bil, da bi nekoga pooblastila, da bi skrbel za preprečevanje virusov. Virusi ti lahko hitro uničijo zelo drag računalnik, a noben še ne vpraša za koliko je prikrajšan oškodovanec!«

Ad3: Opomba: Gre za segment ljudi, kjer neuporaba ŠD sama po sebi ni problem, ampak eden od simptomov socialnega stanja. Običajno gre za gospodinjstva iz najnižjega prihodkovnega razreda.

1. »Nimam denarja za take zadeve.«
2. »Finančno - premajhne plače«
3. »Ukrepi države: da bi z državnimi subvencijami zagotovili nakup računalnikov za družine, ki nimajo dovolj visokih prihodkov za nakup računalnika in da bi v manj razvitih in težje dostopnih krajih, naseljih zagotovili, da bi tudi ti državljani imeli enako kvalitetne storitve kot državljani - meščani, ki živijo v mestih.«
4. »Invalid sem. Internet bi mi zelo pomagal in bi se ga rad imal. Ampak nimam ga kam priklopit ker stanujem v stanovanju (stara vojašnica v Postojni) katero nima ne tople vode ne gretja pa tudi niti priklopa za internet. Hvala za anketu.«
5. »Nimam možnosti: FINANČNE, ZNANJA in ČASA.«

Ad4. Vsekakor je ena zanimivejših ugotovitev naše raziskave, da obstaja sicer razmeroma majhen, vendar nezanemarljiv segment prebivalstva, ki doma interneta nimajo in ga niti ne potrebujejo, ker njegova uporaba ni v skladu z njihovim življenjskim slogom, denimo:

1. »Z ženo sva kmeta upokojenca, ki ne rabiva interneta ne računalnika samo zdravje, da bi lahko še kaj delala, kar nas veseli.«
2. »Mislim, da je veliko bolj pomembno, da se ljudje osebno družijo, kot da še tisti prosti čas, ki nam preostane, posedimo pri računalniku.«
3. »Čas raje porabim bolj koristno. Sedenje pred računalnikom ni zdravo. Preveč reklame in posiljenih vsebin. Določene teme bi morale biti težje dostopne. Izničevanje pravih dobrin zaradi posiljenih vzorcev. Ljudje nimajo več časa za bolj koristne stvari, ker se igrajo po računalniku. Otroci so zgubili občutek za čas, dobrine, gibanje, obveznosti.«
4. »Če me kaj zanima ali kaj potrebujem interneta prašam prijatelje pa mi povejo in poiščejo. Čez par let bom že nabavil računalnik.«
5. »Nimam nobenega sporočila. Lahko samo povem, da internet potrebujem 99% zaradi službe. Doma ga imamo največ zaradi hčerke - srednješolke. Če bi bila anketirana ona, bi bili odgovori popolnoma drugačni. Moje mnenje pa je, da so današnji otroci preveč pred računalnikom! Lep pozdrav!«

Obstoječi ukrepi državne strategije se usmerjajo predvsem v odpravo problemov pri točki ad1, torej pomanjkanje tehničnih možnosti za dostop. Predvsem pri razlogih za neuporabo iz druge in tretje skupine pa lahko priporočimo tudi več ciljnih programov izobraževanja. Strinjamo se lahko tudi s tujo ugotovitvijo, da bi se morali javni ukrepi bolj osredotočiti na zagotavljanje uporabe osebnega računalnika, saj je digitalna ločnica večja pri neuporabnikih računalnikov kot pa pri samih (ne)uporabnikih interneta (Stanton, 2004). Ljudem, ki nimajo finančnih sredstev in/ali dovolj znanja za uporabo računalnika kot takega, omogočanje tehničnih možnosti za povezovanje v ŠD, omogočanje dostopa na javno dostopnih točkah ali npr. subvencioniranje stroškov domače povezave do interneta, ne bo prav dosti pomagalo.

Očitno pa je nekaj in to želimo posebej poudariti. Digitalni razkorak v Sloveniji pri dostopu do interneta ali širokopasovnem dostopu na splošno ni samo preprosto razlika med ljudmi, ki ŠD imajo, in tistimi, ki tega nimajo. Obstajata vsaj 2 segmenta prebivalstva na »napačni« strani (poleg seveda gospodinjstev, ki nimajo tehničnih možnosti za ŠD). Prvi je segment prebivalstva z nizko izobrazbo, nižjimi prihodki in običajno v kasnejšem življenjskem obdobju Drugi pa je segment prebivalstva, za katerega ŠD enostavno ni kompatibilen z njihovim življenjskim slogom.

2.4 REFERENCE

- 1) Baker, P. (2001). Policy Bridges for the Digital Divide: Assessing the Landscape and Gauging the Dimensions. *First Monday*, 6(5).
- 2) Blaikie, N. (2003). *Analysing Quantitative Data*. London: Sage Publications.
- 3) Bygstad, B., Lanestedt, G., & Choudrie, J. (2007). Service innovation for e-government: a broadband-based example. *Electronic Government, an International Journal*, 4(3), 314 - 325.
- 4) Cawley, A., & Preston, P. (2007). Broadband and digital 'content' in the EU-25: Recent trends and challenges. *Telematics and Informatics*, 24(4), 259-271.
- 5) Choudrie, J., & Dwivedi, Y. (2004). Towards a conceptual model of broadband diffusion. *Journal of Computing and Information Technology - CIT*, 12(4), 323-338.
- 6) Choudrie, J., & Dwivedi, Y. (2005). A Survey of Citizens' Awareness and Adoption of E-Government Initiatives, the 'Government Gateway': A United Kingdom Perspective. Paper presented at the E-government workshop, London, UK.
- 7) Commission of the European Communities. (2005). Digital divide forum report: broadband access and public support in under-served areas. Brussels.
- 8) Dewan, S., & Riggins, F. (2005). The digital divide: Current and future research directions. *Journal of the Association for Information Systems*, 6(2), 298-337.
- 9) Dwivedi, Y., Choudrie, J., & Brinkman, W.-P. (2006). Development of a survey instrument to examine consumer adoption of broadband. *Industrial Management & Data Systems*, 106(5), 700-718.
- 10) Glass, V., Talluto, S., & Babb, C. (2003). Technological breakthroughs lower the cost of broadband service to isolated customers. *Government Information Quarterly*, 20(2), 121-133.
- 11) Goldstein, G., & Hersen, M. (1984). *Handbook of Psychological Assessment*. New York: Pergamon Press.
- 12) Hollifield, C. A., & Donnermeyer, J. F. (2003). Creating demand: influencing information technology diffusion in rural communities. *Government Information Quarterly*, 20(2), 135-150.
- 13) Howick, S., & Whalley, J. (2008). Understanding the drivers of broadband adoption: the case of rural and remote Scotland. *Journal of the Operational Research Society* In press.
- 14) Jaccard, J., & Choi, K. W. (1996). *LISREL approaches to interaction effects in multiple regression*. Thousand Oaks: Sage Publications.
- 15) Jamieson, S. (2004). Likert scales: how to (ab)use them. *Medical Education*, 38(12), 1217-1218.
- 16) Kaplowitz, M., Hadlock, T., & Levine, R. (2004). A Comparison of Web and Mail Survey Response Rates *Public Opinion Quarterly*, 68(1), 94-101.
- 17) LaRose, R., Gregg, J. L., Strover, S., Straubhaar, J., & Carpenter, S. (2007). Closing the rural broadband gap: Promoting adoption of the Internet in rural America. *Telecommunications Policy*, 31(6-7), 359-373.
- 18) Milner, H. (2006). The Digital Divide: The Role of Political Institutions in Technology Diffusion. *Comparative Political Studies*, 39(2), 176-199.
- 19) Ng, B., & Wiemer-Hastings, P. (2005). Addiction to the Internet and Online Gaming. *CyberPsychology & Behavior*, 8(2), 110-113.
- 20) Noce, A., & McKeown, L. (2008). A new benchmark for Internet use: A logistic

modeling of factors influencing Internet use in Canada. Government Information Quarterly, V tisku.

- 21) Oh, S., Ahn, J., & Kim, B. (2003). Adoption of broadband Internet in Korea: the role of experience in building attitudes. Journal of Information Technology, 18(4), 267-280.
- 22) Pew Internet. (2006). Home Broadband adoption. Washington.
- 23) Picot, A., & Wernick, C. (2007). The role of government in broadband access. Telecommunications Policy, 31(10-11), 660-674.
- 24) Savage, S., & Waldman, D. (2005). Broadband Internet Access, Awareness and Use: Analyses of United States Household Data. Telecommunications Policy, 29, 615-633.
- 25) Sawada, M., Cossette, D., Wellar, B., & Kurt, T. (2006). Analysis of the urban/rural broadband divide in Canada: Using GIS in planning terrestrial wireless deployment. Government Information Quarterly, 23(3-4), 454-479.
- 26) Sleky, A. (2006). Broadband Teledensity: The New Paradigm for Economic Growth. Annual Review of Communications, 58, 129-138.
- 27) Stanton, L. (2004). Factors influencing the adoption of residential broadband connections to the internet. Paper presented at the 37th Annual Hawaii International Conference on System Sciences (HICSS'04).
- 28) Trkman, P., Jerman-Blažič, B., & Turk, T. (2007, 11. - 13. april). Strategies for acceleration of broadband services adoption. Paper presented at the Dnevi slovenske Informatike, Portorož.
- 29) Trkman, P., Jerman-Blažič, B., & Turk, T. (2008). Factors of broadband development and the design of a strategic policy framework. Telecommunications Policy, 32(2), 101-115.
- 30) Trkman, P., Turk, T., & Jerman-Blažič, B. (2006). Sustainable broadband in EU countries - influencing factors and strategic framework. Paper presented at the E-commerce 2006.
- 31) Turk, T., Jerman-Blažič, B., & Trkman, P. (2007). Strategije za spodbujanje privzemanja širokopasovnega dostopa in storitev. Uporabna informatika, 15(3), 142-149.
- 32) Turk, T., Jerman-Blažič, B., & Trkman, P. (2008). Factors and sustainable strategies fostering the adoption of broadband communications in an enlarged European Union. Technology Forecasting & Social Change, 75(7), 933-951.
- 33) Turk, T., & Trkman, P. (2008, 9. - 11. april). Bassov model privzemanja širokopasovnega dostopa do interneta Paper presented at the Dnevi Slovenske informatike, Portorož (in Slovenian).
- 34) US department of Commerce. (2004). A Nation online: entering the Broadband age, . Washington, DC.
- 35) Venkatachalam, S., & McDowell, S. D. (2003). What is broadband? Where is "rural"? Government Information Quarterly, 20(2), 151-166.
- 36) Yun, G. W., & Trumbo, C. (2000). Comparative Response to a Survey Executed by Post, E-mail, & Web Form Journal of Computer-Mediated Communication, 6(1).

3. Izkoriščanje dobljenih rezultatov:

3.1. Kakšen je potencialni pomen² rezultatov vašega raziskovalnega projekta za:

- ☒ a) odkritje novih znanstvenih spoznanj;
- ☐ b) izpopolnitev oziroma razširitev metodološkega instrumentarija;
- ☐ c) razvoj svojega temeljnega raziskovanja;
- ☐ d) razvoj drugih temeljnih znanosti;
- ☒ e) razvoj novih tehnologij in drugih razvojnih raziskav.

3.2. Označite s katerimi družbeno-ekonomskimi cilji (po metodologiji OECD-ja) sovpadajo rezultati vašega raziskovalnega projekta:

- ☐ a) razvoj kmetijstva, gozdarstva in ribolova - Vključuje RR, ki je v osnovi namenjen razvoju in podpori teh dejavnosti;
- ☒ b) pospeševanje industrijskega razvoja - vključuje RR, ki v osnovi podpira razvoj industrije, vključno s proizvodnjo, gradbeništvom, prodajo na debelo in drobno, restavracijami in hoteli, bančništvom, zavarovalnicami in drugimi gospodarskimi dejavnostmi;
- ☐ c) proizvodnja in racionalna izraba energije - vključuje RR-dejavnosti, ki so v funkciji dobave, proizvodnje, hranjenja in distribucije vseh oblik energije. V to skupino je treba vključiti tudi RR vodnih virov in nuklearne energije;
- ☒ d) razvoj infrastrukture - Ta skupina vključuje dve podskupini:
 - transport in telekomunikacije - Vključen je RR, ki je usmerjen v izboljšavo in povečanje varnosti prometnih sistemov, vključno z varnostjo v prometu;
 - prostorsko planiranje mest in podeželja - Vključen je RR, ki se nanaša na skupno načrtovanje mest in podeželja, boljše pogoje bivanja in izboljšave v okolju;
- ☒ e) nadzor in skrb za okolje - Vključuje RR, ki je usmerjen v ohranjanje fizičnega okolja. Zajema onesnaževanje zraka, voda, zemlje in spodnjih slojev, onesnaženje zaradi hrupa, odlaganja trdnih odpadkov in sevanja. Razdeljen je v dve skupini:
- ☐ f) zdravstveno varstvo (z izjemo onesnaževanja) - Vključuje RR - programe, ki so usmerjeni v varstvo in izboljšanje človekovega zdravja;
- ☒ g) družbeni razvoj in storitve - Vključuje RR, ki se nanaša na družbene in kulturne probleme;
- ☒ h) splošni napredek znanja - Ta skupina zajema RR, ki prispeva k splošnemu napredku znanja in ga ne moremo pripisati določenim ciljem;
- ☐ i) obramba - Vključuje RR, ki se v osnovi izvaja v vojaške namene, ne glede na njegovo vsebino, ali na možnost posredne civilne uporabe. Vključuje tudi varstvo (obrambo) pred naravnimi nesrečami.

² Označite lahko več odgovorov.

3.3. Kateri so **neposredni rezultati** vašega raziskovalnega projekta glede na zgoraj označen potencialni pomen in razvojne cilje?

Raziskali smo problematiko izdelave ustreznih in optimalno primernih tehnično-ekonomskih modelov za razvoj širokopasovnih komunikacij na ruralnih področjih Slovenije in razvili temu ustrezne modele. Predlagali smo ustrezne implementacijske strategije in akcijske plane na ruralnih območjih Slovenije, ki slonijo na primerih dobre prakse in ustreznih poslovnih modelih javno-zasebnega partnerstva. Opravili smo

- študijo o tehnologijah širokopasovnega dostopa, preučili trend njihovega razvoja ter prednosti in slabosti predvsem s stališča primernosti uvedbe na podeželskih območjih,
- pregled in študijo primerov dobre prakse uspešnih regionalnih projektov za razvoj širokopasovnih omrežij v manj razvitih regijah članic EU (Alston Moor v Veliki Britaniji, nekatere poljske regije, ROWANET v Republiki Češki),
- študijo o stanju in statusu informacijske infrastrukture na ruralnih in ostalih območjih Slovenije ter ugotovili razloge za razlike med državami EU v rabi širokopasovnih tehnologij in storitev,
- faktorsko analizo in izluščili indikatorje, ki vplivajo in modelirajo razvoj širokopasovnih komunikacij,
- analizo uporabe širokopasovnega dostopa v ruralnih področjih Slovenije s predlogi za nadaljnje ukrepe.

3.4. Kakšni so lahko **dolgoročni rezultati** vašega raziskovalnega projekta glede na zgoraj označen potencialni pomen in razvojne cilje?

Povečanje uporabe storitev širokopasovnih tehnologij na podlagi analiz, študij in strategije tudi med prebivalstvom na podeželju, zmanjševanje t. i. digitalnega razkoraka med prebivalstvom v Sloveniji in s tem dolgoročno pospeševanje družbenega razvoja in storitev.

3.5. Kje obstaja verjetnost, da bodo vaša znanstvena spoznanja deležna zaznavnega odziva?

- ☐ a) v domačih znanstvenih krogih;
- ☐ b) v mednarodnih znanstvenih krogih;
- ☒ c) pri domačih uporabnikih;
- ☐ d) pri mednarodnih uporabnikih.

3.6. Kdo (poleg sofinancerjev) že izraža interes po vaših spoznanjih oziroma rezultatih?

Mestna občina Ljubljana (MOL) pri uvedbi brezžičnega omrežja za lastne potrebe in za trg.

3.7. Število diplomantov, magistrrov in doktorjev, ki so zaključili študij z vključenostjo v raziskovalni projekt?

1. KLANČNIK, Tomaž. Širokopasovna dostopovna omrežja in njihovo uvajanje na podeželska območja : diplomsko delo. Ljubljana: [T. Klančnik], 2007. IV, 91 str., ilustr. [COBISS.SI-ID 5738836]

4. Sodelovanje z tujimi partnerji:

4.1. Navedite število in obliko formalnega raziskovalnega sodelovanja s tujimi raziskovalnimi institucijami.

V skladu s cilji raziskovalnega projekta smo sodelovali v projektu BReATH (Broadband e-Services and Access for the Home), projektu iz 6. okvirnega programa EU, št. pog. 0158931, 1.6.2005 - 1.12.2006.

4.2. Kakšni so rezultati tovrstnega sodelovanja?

S sodelovanjem v projektu BReATH smo opravili del razvojnih nalog, predvidenih na projektu v okviru CRP-a. Rezultat je pregled in študija primerov dobre prakse uspešnih regionalnih projektov za razvoj širokopasovnih omrežij v manj razvitih regijah članic EU (Alston Moor v Veliki Britaniji, nekatere poljske regije, ROWANET v Republiki Češki) ter študija o tehnologijah širokopasovnega dostopa, preučitev trenda njihovega razvoja ter prednosti in slabosti predvsem s stališča primernosti uvedbe na podeželskih območjih.

5. Bibliografski rezultati³ :

Za vodjo projekta in ostale raziskovalce v projektni skupini priložite bibliografske izpise za obdobje zadnjih treh let iz COBISS-a) oz. za medicinske vede iz Inštituta za biomedicinsko informatiko. Na bibliografskih izpisih označite tista dela, ki so nastala v okviru pričujočega projekta.

³ Bibliografijo raziskovalcev si lahko natisnete sami iz spletne strani: <http://www.izum.si/>

6. Druge reference⁴ vodje projekta in ostalih raziskovalcev, ki izhajajo iz raziskovalnega projekta:

⁴ Navedite tudi druge raziskovalne rezultate iz obdobja financiranja vašega projekta, ki niso zajeti v bibliografske izpise, zlasti pa tiste, ki se nanašajo na prenos znanja in tehnologije.
Navedite tudi podatke o vseh javnih in drugih predstavitev projekta in njegovih rezultatov vključno s predstavitvami, ki so bile organizirane izključno za naročnika/naročnike projekta.

DODATEK 1:

Širokopasovna dostopovna omrežja in njihovo uvajanje na podeželska območja

KAZALO VSEBINE

POVZETEK	1
ABSTRACT	2
1 UVOD	3
2 TEHNOLOGIJE	5
2.1 KOMUNIKACIJE PO ELEKTROENERGETSKIH VODIH	5
2.1.1 OBSTOJEČA TEHNOLOGIJA	5
2.1.1.1 Modulacijske sheme in protokoli.....	8
2.1.2 PODPORNE ORGANIZACIJE IN RELEVANTNI STANDARDI	9
2.1.3 SOCIALNO-EKONOMSKA VPRAŠANJA.....	12
2.1.4 ODPRTA VPRAŠANJA, VRZELI, TRENDI	12
2.1.5 PRIHODNOST	13
2.2 KOMUNIKACIJE PO DIGITALNIH NAROČNIŠKIH VODIH (xDSL).....	14
2.2.1 OBSTOJEČA TEHNOLOGIJA	14
2.2.2 ODPRTA VPRAŠANJA, TRENDI	19
2.3 KABELSKA OMREŽJA	20
2.3.1 OBSTOJEČA TEHNOLOGIJA	20
2.3.2 SOCIALNO-EKONOMSKA VPRAŠANJA.....	23
2.3.3 PROBLEMI, ODPRTA VPRAŠANJA	24
2.4 OPTIČNA OMREŽJA	26
2.4.1 OBSTOJEČA TEHNOLOGIJA	26
2.4.1.1 Arhitektura sistema.....	27
2.4.1.2 Prenosni protokol	30
2.4.2 RAZŠIRJENOST.....	32
2.4.3 ODPRTA VPRAŠANJA, TRENDI, NAPOVEDI	33
2.5 BREZZIČNA OMREŽJA DALJŠEGA DOSEGA.....	36
2.5.1 STRATOSFERSKE PLOŠČADI.....	36
2.5.1.1 Trenutno stanje	38
2.5.1.2 Odprta vprašanja, trendi	41

2.5.2	SATELITSKO OMREŽJE	44
2.5.2.1	Odprta vprašanja, trendi	48
2.5.2.2	Prihodnost satelitskega omrežja	50
2.6	BREZZIČNE TEHNOLOGIJE SREDNJEDOLGEGA (WiMAX) in KRAJŠEGA DOSEGA (Wi-Fi, UMTS)	51
3	ŠIROKOPASOVNOST V SLOVENIJI	63
4	ŠIROKOPASOVNOST NA PODEŽELJU	66
4.1	DOBRE PRAKSE V TUJINI	67
4.1.1	MODELI FINANCIRANJA	68
4.1.2	PROCES IMPLEMENTACIJE	69
4.1.3	KONKRETNI PRIMERI	71
4.1.3.1	Alston CyberMoor (Anglija)	71
4.1.3.2	Västerbotten (Švedska)	73
4.1.3.3	Cahersiveen (Irska)	74
4.1.3.4	Andhra Prades (Indija)	76
4.1.3.5	East of England Broadband Network (E ² B ^N ; Anglija)	78
4.1.3.6	Primeri podobnih omrežij v Evropi in svetu	80
5	ZAKLJUČEK	81
6	SEZNAM UPORABLJENIH VIROV	82
7	SEZNAM UPORABLJENIH SIMBOLOV	86

KAZALO SLIK

Slika 1: Primer PLC omrežja	6
Slika 2: Model ADSL omrežja.....	15
Slika 3: Porazdelitev frekvenčnih pasov v ADSL	15
Slika 4: Razmerje hitrosti in dosega različnih DSL tehnologij	17
Slika 5: Razširjenost DSL tehnologije v svetovnem merilu	19
Slika 6: Shema omrežja T-2, d.o.o., na dan 1.9.2006	20
Slika 7: Arhitektura modernega HFC omrežja	21
Slika 8: Razvoj uporabe frekvenčnega prostora kabelskih omrežij.....	22
Slika 9: Primer PON	28
Slika 10: Primer povezave z ethernet stikalom.....	30
Slika 11: Primer hibridnega PON.....	30
Slika 12: Države z največjim številom uporabnikov FTTx konec leta 2005.....	32
Slika 13: Porazdelitev širokopasovnih tehnologij na Japonskem in v J. Koreji	33
Slika 14: Vizija HAP povezav	37
Slika 15: Primer (obnovljive) arhitekture satelitskega omrežja	47
Slika 16: Emulacija spremljanja moči signalov baznih postaj	59
Slika 17: Predviden časovni potek razvoja WiMAX tehnologije	60
Slika 18: Načini dostopa do interneta po številu priključkov	63
Slika 19: Penetracija interneta v gospodinjstvih v Sloveniji	64
Slika 20: Deleži ponudnikov širokopasovnega dostopa do interneta po priključkih ...	64
Slika 21: Število priključkov kabel – xDSL	65
Slika 22: Penetracija širokopasovnega dostopa do interneta na prebivalstvo	65
Slika 23: Pokritost omrežja CyberMoor	72
Slika 24: Västerbotten	73
Slika 25: Slika hrbtničnega omrežja AC Net.....	74
Slika 26: Cahersiveen.....	75
Slika 27: E^2B^N	78

KAZALO TABEL

Tabela 1: Teoretična kapaciteta kanala pri močnostni gostoti spektra $-53 \text{ dBV}^2/\text{Hz}$...	8
Tabela 2: Frekvenčni pasovi za prenos preko elektroenergetskega omrežja	10
Tabela 3: Tipi xDSL tehnologij (za primerjavo je dodana tudi ISDN)	16
Tabela 4: Brezžične tehnologije srednjedolgega in krajšega dosega	60
Tabela 5: Prednosti in slabosti širokopasovnih tehnologij na podeželju.....	67

POVZETEK

Analiza opisuje in analizira širokopasovna dostopovna omrežja ter primernost različnih tehnologij za uporabo na oddaljenih podeželskih območjih, kjer ni zadostnega komercialnega interesa za uvedbo širokopasovnega dostopa do interneta. Obravnava tudi uspešno izpeljane projekte oz. t. i. dobre prakse z namenom uvajanja širokopasovnih omrežij na podeželska področja iz tujine.

Uvodno poglavje bralca seznani z osnovnimi definicijami pojmov širokopasovnosti in podeželskega območja ter glavnimi prednostmi širokopasovnega dostopa do interneta.

Drugo poglavje je najobsežnejše in opisuje posamezne tehnologije za širokopasovno dostopovno omrežje, njihove lastnosti, prednosti, tehnične pomanjkljivosti ter trende in napovedi njihovega razvoja. Poglavje je razdeljeno na več podpoglavij. Najprej so predstavljena žična omrežja (komunikacije preko elektroenergetskih vodov, digitalni naročniški vod (xDSL), optično omrežje – vlakno do doma, kabelsko omrežje), nato pa še brezžična – daljšega (stratosferske ploščadi, satelitsko omrežje), srednjedolgega (WiMAX) in krajšega dosega (Wi-Fi, UMTS).

Tretje poglavje predstavi trenutno stanje širokopasovnih povezav v Sloveniji, njihovo razširjenost med uporabniki, deleže ponudnikov dostopa in penetracijo interneta v Sloveniji.

Četrto poglavje obsega širokopasovnost na podeželju. Predstavljene so prednosti in slabosti tehnologij z vidika uvedbe le-teh na podeželju. Sledi analiza dobrih praks. Navedeni so kriteriji za določitev dobre prakse, modeli financiranja in proces implementacije projekta. Nazadnje so opisani še konkretni primeri dobrih praks iz tujine.

Ključne besede: širokopasovnost, širokopasovno omrežje, komunikacije po elektroenergetskih vodih, digitalni naročniški vod (xDSL), optično omrežje, kabelsko omrežje, stratosferske ploščadi, satelitsko omrežje, Wi-Fi, UMTS, WiMAX, podeželsko območje.

ABSTRACT

This analysis describes and analyses broadband access networks and the suitability of various technologies for their usage in remote rural areas where the commercial interest for deploying broadband access to the internet is insufficient. It also discusses successfully carried out projects called best practices in foreign countries with the purpose of deploying broadband networks in rural areas.

In the first chapter the reader is familiarised with the basic definitions of broadband and a rural area. Moreover, it describes the main advantages of broadband access to the internet.

The second chapter is the most extensive and describes individual technologies for the broadband access network, their characteristics, advantages, technical deficiency, trends, and the forecast of their development. This chapter is divided into several subchapters. Firstly, wired networks are presented (Power Line Communications (PLC), Digital Subscriber Line (xDSL), optical networks – Fiber-to-the-Home (FTTH), cable networks) and afterwards also wireless networks – long (High Altitude Platforms (HAP), satellite networks), middle (WiMAX) and short distance networks (Wi-Fi, UMTS).

The third chapter describes the current state of broadband connections in Slovenia, their distribution among users, the market shares of access providers and the penetration of internet in Slovenia.

The fourth chapter comprise of broadband in rural areas. Here the advantages and disadvantages of technologies regarding deployment in rural areas are discussed. Later on the best practices are analysed. Furthermore, the criteria for recognising the best practice, funding models and the implementation process of the project are shown. Finally, concrete examples of the best foreign practices are described.

Key words: broadband, a broadband network, PLC, xDSL, an optical network, a cable network, HAP, a satellite network, Wi-Fi, UMTS, WiMAX, a rural area.

1 UVOD

V strogo tehničnem smislu je širokopasovno dostopovno omrežje telekomunikacijsko prenosno omrežje med hrbtnim in domačim omrežjem, ki za prenos signalov uporablja različne prenosne medije s širokim uporabnim frekvenčnim območjem, razdeljenim na način, ki omogoča tvorjenje množice medsebojno neodvisnih kanalov za sočasni (simultani) prenos podatkov, govora in slike. Ker se navadno z razvojem tehnologije večja širina uporabljenega frekvenčnega pasu prenosnega medija in s tem največja hitrost prenosa podatkov, je nemogoče trajno določiti spodnje meje hitrosti prenosa podatkov, ki še ustreza oznaki širokopasovnosti [1, stran 8].

S širokopasovnim dostopom do interneta imajo uporabniki veliko prednosti. Pomembnejše so naslednje:

- Večja kapaciteta za navzgor in navzdol prenos. Večino prometa danes ustvarijo uporabniki s prenašanjem in souporabo glasbenih, video in drugih datotek. T. i. peer-to-peer sistemi bi bili praktično neizvedljivi, če uporabniki ne bi imeli možnosti širokopasovnih povezav.
- Krajši odzivni čas. Ena najpomembnejših in najpogostejših rab interneta je iskanje informacij. Uporabniki navadno s »klikanjem« preko več internetnih strani pridejo do želenih informacij. Krajši odzivni čas omogoča uporabniku, da hitro spozna, ali ga njegova sled res vodi k želenemu cilju. Na ta način hiter odziv daje internetu dodatno vrednost.
- Trajna vključenost (*angl. always-on*). Takojšnja razpoložljivost internetnih vsebin in možnosti komunikacije sta pomembni prednosti širokopasovnega dostopa. Seveda pa je pomemben dejavnik pri tem tudi cena – v večini primerov uporabniki plačujejo le fiksno mesečno naročnino in zato ni potrebe, da bi povezavo prekinjali, ko ni aktivna. Še posebej atraktivno s stališča uporabnikov zna biti dejstvo, da mesečna naročnina stane manj, kot pa plača povprečni uporabnik ozkopasovne dial-up povezave.

Podobno kot pojem širokopasovno omrežje je tudi besedna zveza podeželsko oz. ruralno področje lahko interpretirana na različne načine. Organizacija za gospodarsko sodelovanje in razvoj (OECD – Organisation for Economic Co-operation and Development) definira dve stopnji, in sicer lokalno in regionalno [2,

stran 3]. Edini kriterij za določitev področij je gostota prebivalstva. Na lokalni ravni loči dve stopnji – občina se smatra za urbano, če je gostota prebivalstva večja od 150 prebivalcev/km², v nasprotnem primeru se šteje za ruralno. Na regionalni ravni pa loči tri stopnje:

- pretežno urbana regija, če manj kot 15 % prebivalstva živi v ruralnih občinah,
- znatno ruralna oz. vmesna regija, če od 15 do 50 % prebivalstva živi v ruralnih občinah,
- pretežno ruralna regija, če več kot 50 % prebivalstva živi v ruralnih občinah.

Po tej definiciji lahko slovenske statistične regije razdelimo takole:

- znatno ruralne oz. vmesne regije: Zasavska, Gorenjska, Obalno-kraška, Osrednjeslovenska,
- pretežno ruralne regije: Pomurska, Podravska, Koroška, Savinjska, Spodnjeposavska, Notranjsko-kraška, Goriška, Jugovzhodna Slovenija.

2 TEHNOLOGIJE

2.1 KOMUNIKACIJE PO ELEKTROENERGETSKIH VODIH

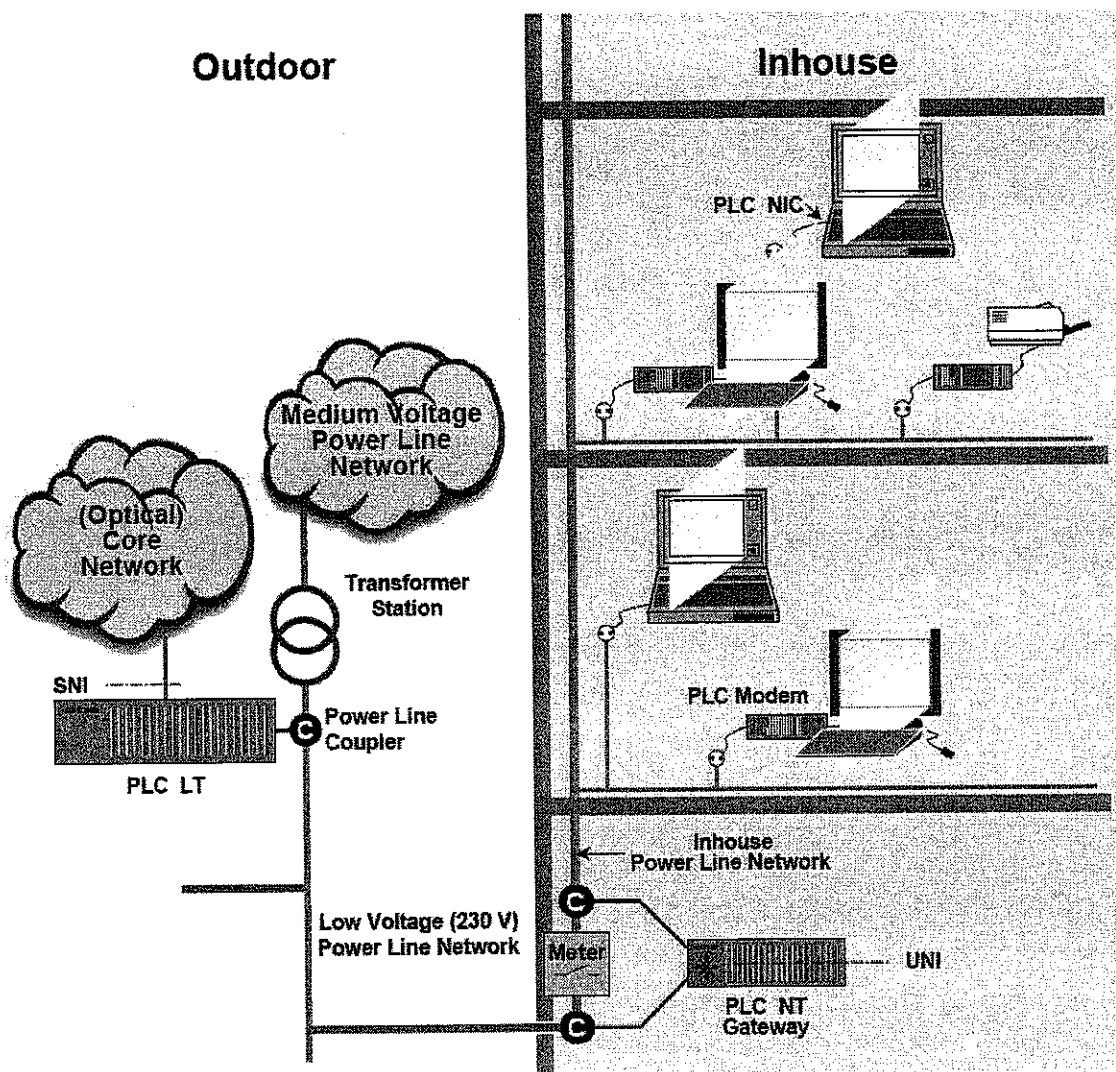
2.1.1 OBSTOJEČA TEHNOLOGIJA

Dandanes je električno omrežje dostopno praktično vsakemu Evropejcu, kar dviguje kvaliteto življenja v Evropi. Naslednji cilj blaginje je ponuditi vsakemu prebivalcu dostop do interneta in ena od možnih tehnologij je tudi uporaba elektrodistribucijskega omrežja. To je že dalj časa predmet številnih raziskav, vendar te niso bile preveč uspešne – problemi so ostali pri ustreznih regulacijskih zahtevah (nizko elektro-magnetno valovanje), nizkih hitrostih prenosa ter lastnostih omrežja, povezanih s stroški. V okrog 150 manj razvitih državah ima povprečno le 16 % prebivalcev dostop do telefonskega omrežja in le 10 % prebivalcev ima internet. Zaradi visokih investicijskih stroškov telekomunikacijskih podjetij imajo te države idealno priložnost, da uporabijo PLC tehnologijo na že obstoječem elektrodistribucijskem omrežju. Po drugi strani imajo tudi elektrodistribucijska podjetja cilj razširiti svojo ponudbo, trg ter storitve in PLC tehnologija je zanje enkratna priložnost.

Za prenos podatkov se uporablja nizkonapetostno omrežje (230/400 V). Uporabo PLC lahko razdelimo na dva dela:

- dostopovni del omrežja (*outdoor*),
- stanovanjski del omrežja (*indoor*).

Dostopovni del omrežja poteka od vmesnika storitvenega vozlišča (SNI – Service Node Interface) do vmesnika uporabniškega vozlišča (UNI – User Node Interface) – Slika 1.



Slika 1: Primer PLC omrežja [3]

Dostopovni del omrežja ima doseg nekaj 100 metrov in lahko pokriva par 100 gospodinjstev. PLC ni nova tehnologija – uporabljali so jo že pred nekaj desetletji, a so bile dosežene hitrosti le nekaj kbit/s. Zadnjih nekaj let pa so aplikacije ponujene v visokofrekvenčnem pasu (1.8 MHz do 30 MHz) in dosegajo hitrosti od 2 Mbit/s do 45 Mbit/s, napovedana pa je celo hitrost do 200 Mbit/s. Kot že rečeno, so osnovne težave pri uvajanju te nove tehnologije elektromagnetna valovanja, interferenca z ostalimi uporabniki istega frekvenčnega pasu ter visoki stroški novih komponent. Trg širokopasovnih komunikacij hitro raste in širokopasovni dostop preko povsod obstoječega elektrodistribucijskega omrežja ponuja poceni komunikacijo. PLC tehnologija bo z rešitvijo odprtih vprašanj gotovo imela možnost zagotoviti »Broadband for All«. Glavna prednost PLC je, da ne potrebujemo novih vodov, saj je

dostop do električnega omrežja mogoč v vseh stavbah. Če električno omrežje primerjamo s telefonskim, lahko ugotovimo, da je (vsaj v Evropi) v večini stanovanj število električnih vtičnic mnogo večje od števila telefonskih priključkov (ponavadi eden ali dva), kar je še ena od prednosti PLC.

Na prvi pogled je obstoječe elektrodistribucijsko omrežje odlična osnova za dostopovno omrežje. Toda to omrežje je zelo slab prenosni medij za radiofrekvenčne signale. Ovire so slab in časovno odvisen frekvenčni odziv, visok in nepredvidljiv šum ter močno elektromagnetno sevanje. Slab potek signala z mnogo prekinitvami povzroča v frekvenčnem prostoru veliko »zarez«, »vrhov« in odbojev v časovni domeni. Veliko je tudi med seboj različnih izvorov šuma:

- različni elektromehanski motorji povzročajo plazoviti šum (*angl. Burst noise*),
- regulatorji in napajalniki povzročijo pulzni šum z ustrežno frekvenco (50/60 Hz),
- interferenca npr. kratkovalovnih oddajnikov lahko povzroči znaten ozkopasovni šum.

Po drugi strani pa močno sevanje daje stroge omejitve glede močnostne gostote spektra širokopasovnega PLC oddajnika, da ostaja vpliv oddaje na druge naprave, ki delujejo na istem frekvenčnem pasu, znotraj dovoljenih meja. Posledica je zmanjšano razmerje signal/šum v sprejemniku, kar se odraža v zelo nizki spektralni učinkovitosti (razred bit/Hz). Da dobimo realno sliko možne prenosne hitrosti preko dostopovnega omrežja, moramo z upoštevanjem vstopnega šuma in sprejemljive močnostne gostote spektra oceniti kapaciteto referenčnega prenosnega kanala.

Rezultati, osnovani na podatkih, tipičnih za realne meritve [4];

modeli referenčnih kanalov:

- RC1 (dolžina cca. 100 m, brez odcepov, le nekaj odbojnih točk, slabljenje je cca. 18 dB pri 10 MHz, dokaj ploščat),
- RC2 (6 odcepnih vodov podobne dolžine, podobna razdalja med odcepnimi točkami, skupna dolžina cca. 110 m, slabljenje cca. 40 dB pri 10 MHz, frekvenčne zarez),
- RC3 (podobno kot RC2, le z 8 odcepnimi vodi in skupno dolžino cca. 210 m, slabljenje cca. 95 dB pri 10 MHz, globoke frekvenčne zarez),

- RC4 (omrežje z veliko odcepi brez »pravilne« strukture, tipično za naseljena območja, slabljenje 100 dB pri 7.5 MHz, brez globokih frekvenčnih zarez).

Frekvenčni pasovi so trije:

- A: 0.5 do 20 MHz,
- B: 0.5 do 10 MHz, frekvenčni pas nad 10 MHz je rezerviran za stanovanjsko PLC omrežje ,
- C: C1 + C2 + C3
 - o C1 (1.6 do 3.5 MHz),
 - o C2 (4.2 do 5.8 MHz),
 - o C3 (7.4 do 9.4 MHz).

Ta pas se izogne glavnim frekvenčnim pasovom javnih in radioamaterskih storitev v Nemčiji.

	A [Mbit/s]	B [Mbit/s]	C [Mbit/s]
RC1	453.7	242.9	146.4
RC2	272.7	164.2	98.7
RC3	92.3	92.0	55.5
RC4	45.4	45.4	26.9

Tabela 1: Teoretična kapaciteta kanala pri močnostni gostoti spektra -53 dBV²/Hz

Te številke so prej optimistične kot ne, saj je močnostna gostota spektra malce višja, kot bo končna določena vrednost v regulativah za Evropo. Ocenjene vrednosti kažejo skupno kapaciteto kanala (navzdol+navzgor) vseh uporabnikov, ki so priključeni v omrežje. Kapaciteta, ki je na voljo posamezniku, je lahko dosti manjša od skupne.

2.1.1.1 Modulacijske sheme in protokoli

Slabe prenosne kanalske funkcije in visok nivo šuma so izzivi za napredne modulacijske in kodne sheme, ki so lahko realizirane s kompleksnim digitalnim procesiranjem signala. Če gledamo z vidika podatkovnih komunikacij, predstavlja

elektrodistribucijsko omrežje souporabniški medij, kar zahteva uporabo protokola za sodostop ter kodirane podatke zaradi varnosti. Vsako vozlišče mora biti nastavljivo in nadzorovano s strani omrežnega sistema za upravljanje in nadzor. Vse vitalne in podporne funkcije sistema so realizirane v čipih, dostopnih na trgu, v povezavi s programskimi orodji. Standardizacija bo privedla do povečane količine izdelanih čipov in posledično do nižje cene. Tipične karakteristike čipov:

- ortogonalni frekvenčni multipleks (OFDM – Orthogonal Frequency Division Multiplexing) z do 1280 nosilci,
- nastavljiv tako, da deluje v celotnem frekvenčnem področju (1.6 do 30 MHz),
- več možnih modulacijskih shem nosilcev (binarna fazna – BPSK, kvadraturna fazna – QPSK ...),
- do 36 Mbit/s simetrično razpoložljive bitne hitrosti,
- vnaprejšnje popravljanje napak (FEC – Forward Error Correction),
- varnostno kodiranje,
- MAC (Medium Access Control) protokol (npr. gospodar-suženj (*angl. Master-Slave*) ali sodostop z zaznavanjem nosilca in z izogibanjem trkom CSMA/CA – Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance),
- podpora različnih razredov kvalitete storitev,
- podpora unicast, multicast, broadcast,
- podpora do 254 vozlišč,
- aplikacije v dostopovnem in stanovanjskem omrežju.

2.1.2 PODPORNE ORGANIZACIJE IN RELEVANTNI STANDARDI

Največji organizaciji na tem področju v Evropi sta PLCforum in PUA (PLC Utilities Alliance), ki se ukvarjata z regulativami, tehnologijo in tudi poslovnimi vprašanji, medtem ko je v ZDA največja HomePlug Powerline Alliance, ki se ukvarja predvsem s standardizacijo.

- PLCforum – mednarodna organizacija, ki predstavlja interese proizvajalcev, elektrarn in drugih organizacij (univerz, drugih PLC organizacij...), aktivnih na področju PLC dostopovnih in stanovanjskih omrežij. PLCforum se osredotoča

na vprašanja regulative (lobiranje za zadovoljive regulacijske okvire), tehnologijo (vzajemno delovanje, standardizacija), poslovnimi primeri ter marketingom (širša ozaveščenost obstoja PLC tehnologije).

- PUA – namen PUA je povečati sodelovanje med različnimi institucijami, da se poveča prepoznavnost, vpliv in razvoj PLC v Evropi (v Evropi je več kot 100 milijonov uporabnikov električne energije). Osredotoča se na štiri področja: regulacijo in standardizacijo (iskanje ugodnega okolja za PLC, prostodostopni PLC standard), razvoj tehnologije, trajnost poslovanja in strategijo virov.
- HomePlug Powerline Alliance – neprofitna organizacija, ki so jo vodilna podjetja v industriji ustanovila leta 2000 z namenom omogočiti PLC produkte, ki bi temeljili na standardih. Prvi industrijski standard, imenovan HomePlug 1.0, je bil objavljen junija leta 2001.
- CENELEC
 - o EN 55022: amandma 1: informacijsko-tehnološka oprema – karakteristike radijskih motenj – meje in metode merjenja;
 - o EN 50065-1: signalizacija na nizkonapetostnih instalacijah v frekvenčnem pasu od 3 kHz do 148.5 kHz – 1. del: splošne zahteve, frekvenčni pasovi in elektromagnetne motnje; frekvenčni pasovi za prenos podatkov preko 230/400 V elektroenergetskega omrežja z močjo oddajnika pod 5 mW:

Pas	Frekvence [kHz]	Aplikacija
A	9 – 95	Prenos zunaj hiše (dostopovna domena)
B	95 – 125	Prenos znotraj hiše
C	125 – 140	Prenos znotraj hiše, temelječ na določenem sodostopovnem (<i>angl. Multiple access</i>) protokolu
D	140 – 148	Prenos znotraj hiše
E	Nad 150	Radijski pasovi...

Tabela 2: Frekvenčni pasovi za prenos preko elektroenergetskega omrežja

- prTS 59013: ta dokument opisuje koeksistenco dostopovne in stanovanjske PLT domene v pasu 1.6 do 30 MHz (dostopovne od 1.6 do 12.7 MHz in stanovanjske od 14.35 do 30 MHz); specifikacija maksimalne prenosne močnostne spektralne gostote ni predmet tega dokumenta;
- EN 50083-8: kabelski distribucijski sistem za televizijo, zvok in interaktivne multimedijske storitve – 8. del: elektromagnetna združljivost omrežij.
- ETSI (European Telecommunications Standards Institute) PLT
 - TS 101 867: definira razdelitev spektra za PLC od 1.6 MHz do 30 MHz v ločena spektra za dostopovno domeno (1.6 MHz do 10 MHz) in stanovanjsko domeno (10 MHz do 30 MHz);
 - TS 101 896: referenčni model arhitekture omrežja;
 - TR 102 049: kvaliteta storitev (QoS) za stanovanjsko domeno PLT.
- FCC (Federal Communications Commission, ZDA)
 - Standard Part 15, Subpart B: mejna poljska jakost za naprave, ki ne sevajo z namenom (v frekvenčnem pasu od 1.6 do 30 MHz, na razdalji 30 metrov, kvazitemenski detektor: konstantno 30 dB ($\mu\text{V/m}$) s korekcijskim faktorjem 40 dB/dekado za različne razdalje).
- RegTP (Nemčija)
 - NB30: mejna krivulja za sevanje telekomunikacijskih storitev v in okoli kablov (zajema xDSL, CATV in PLC) za frekvenčno področje 9 kHz do 3 GHz (v pasu od 1 do 30 MHz, razdalja 3 metre, temenski detektor, merjeno v dB ($\mu\text{V/m}$): $40 - 8.8 \cdot \log(f/\text{MHz})$).
- ANSI, CEBus TSC (ZDA)
 - Standard EIA 600.31: ta standard določa fizični nivo elektroenergetskih vodov ter specifikacijo prenosnih medijev sistema CEBus; njegov namen je podati potrebne informacije za razvoj fizičnega nivoja elektroenergetskih vodov za CEBus naprave.

2.1.3 SOCIALNO-EKONOMSKA VPRAŠANJA

Digitalna ločnica je za Evropsko skupnost problem, ki se ga želi čim prej odpraviti. Rešitev tega problema bi omogočila realizacijo reka »Broadband for all«. PLC tehnologija je ena od možnih rešitev, saj je v Evropi praktično vsaka hiša povezana z elektrodistribucijskim omrežjem. Ko bodo rešeni problemi elektromagnetne združljivosti (EMC – Electromagnetic Compatibility), standardizacije in zagotavljanje velike pasovne širine, bo imela PLC tehnologija vse možnosti, da postane široko sprejeta med ljudmi. Tako se lahko zmanjša »digitalni razkorak« med mestom in podeželjem, kar bo privedlo do širitve znanj in povečanja sposobnosti ljudi ter posledično do večjega ekonomskega napredka v vseh regijah Evrope.

2.1.4 ODPRTA VPRAŠANJA, VRZELI, TRENDI

Zadnje publikacije kažejo, da se dajo že znane težave rešiti z uporabo novih modulacijskih tehnologij, kot je npr. modulacija z več nosilci (MCM – Multi-Carrier Modulation) in uporaba digitalnih filtrskih bank (DFB – Digital Filter Bank) namesto zdaj obstoječe OFDM, da dosežemo visoko stopnjo slabljenja (nad 100 dB) zunaj našega frekvenčnega pasu in tako zagotovimo, da energija ne »izteka« v visokofrekvenčne pasove, namenjene drugim uporabnikom. Ta nova tehnologija uporablja komunikacijo P2P (peer-to-peer) namesto širše uporabljene gospodar-suženj komunikacije, da zagotovi čim manjše elektromagnetno sevanje. MAC omogoča ad-hoc omreženje in samodejno organiziranost. Rezultati računalniških simulacij kažejo, da tehnologija ustreza zahtevam standarda NB30 pri normalnem delovanju. Mogoče je doseči do 300 Mbit/s tako pri interativnih (IP storitve) kot tudi broadcast (digitalna TV) storitvah. Glavni proizvajalci (tisti, ki imajo znane kupce, in katerih tehnologija je priznana na trgu) so: Current Communications Group, DS2, Intellon in Itran.

Večina opreme na trgu temelji na komunikaciji gospodar-suženj. Tako mora gospodar doseči vse svoje sužnje, da jim da dovoljenje za registracijo in prenos podatkov. Zato mora biti oddajna moč gospodarja dovolj velika, da doseže vse sužnje, kar pa vodi v visoka elektromagnetna sevanja. Prav tako je trenutno neujemanje topologije elektrodistribucije z uporabljenimi gospodar-suženj shemo. Če v smislu skalabilnosti dodamo novega gospodarja, mora ta biti popolnoma sinhroniziran s starim, da ne pride do medsebojnih motenj. Tako sta največja

problema visoka stopnja sevanja ter težko izvedljiva skalabilnost. Stopnja sevanja ter frekvenčni pas PLC tehnologije sta danes predmeta vroče debate. V Evropi prenos podatkov preko nizkonapetostnega (220 V) elektrodistribucijskega omrežja zelo strogo regulira CENELEC. Če pogledamo tabelo na prejšnji strani, opazimo, da je v pasu A na voljo le pasovna širina 90 kHz, kar ne omogoča visokih prenosnih hitrosti, za širokopasovno PLC pa je potreben frekvenčni pas od 1.6 do 30 MHz. To pa gre v nos posameznikom in organizacijam, ki se ukvarjajo s kratkovalovnimi radijskimi signali. Po njihovem mnenju so mnoge tradicionalne in pomembne storitve preveč motene s strani sevanja PLC naprav, kar onemogoča njihovo normalno delovanje. Prizadevajo si k čim večji omejitvi dovoljene sevalne poljske jakosti v uredbah za širokopasovne PLC sisteme. To pa bi zmanjšalo razmerje signal/šum v PLC sprejemnikih in posledično bitno hitrost. Tehnični argumenti »skupnosti kratkovalovnih radijskih signalov« ne morejo biti zlahka ovrženi, saj kratki valovi z izkoriščanjem odbojev v ionosferi omogočajo komunikacijo na daljše razdalje, kar uporabljajo mnogi (policija, vojska, radioamaterji, radijske postaje, letalske družbe, skrivne službe, pomorske družbe, ambasade ...). Prejeti signali so šibki, zato mora biti nivo šuma zelo nizek.

Da bi bila cenovno sprejemljiva glede na druge širokopasovne tehnologije (xDSL, kabelsko omrežje, Wi-Fi, WiMAX, FTTH), mora PLC tehnologija ponuditi visoke prenosne hitrosti in hkrati ne sme biti preveč zapletena za uporabnike. Razmerje signal/šum (SNR – Signal-to-Noise Ratio) mora biti dovolj veliko, da omogoča uporabo večnivojskih kod, zato mora biti prenosnih izgub zelo malo. Drug način za doseg velikega SNR je povečanje pasovne širine, zato je ameriški FCC širokopasovni PLC namenil frekvenčni pas od 1.8 do 80 MHz.

2.1.5 PRIHODNOST

Tehnologija PLC ima pred sabo še mnogo časa in če bosta ETSI in PLCforum sodelovala pri razvijanju novih dogovorjenih standardov, lahko pričakujemo dokaj hiter prodor tehnologije v različne evropske države. Ko bodo rešitve, kot so ustreznost elektromagnetnega sevanja, ustrezne pasovne širine s pripadajočo kvaliteto storitev ter varnostne funkcije, vgrajene v tehnologijo, lahko pričakujemo hiter razcvet PLC tehnologije po Evropi in svetu. Nekateri celo napovedujejo, da bo širitev potekala s podobno hitrostjo kot GSM tehnologija, če bo uspešna tako na

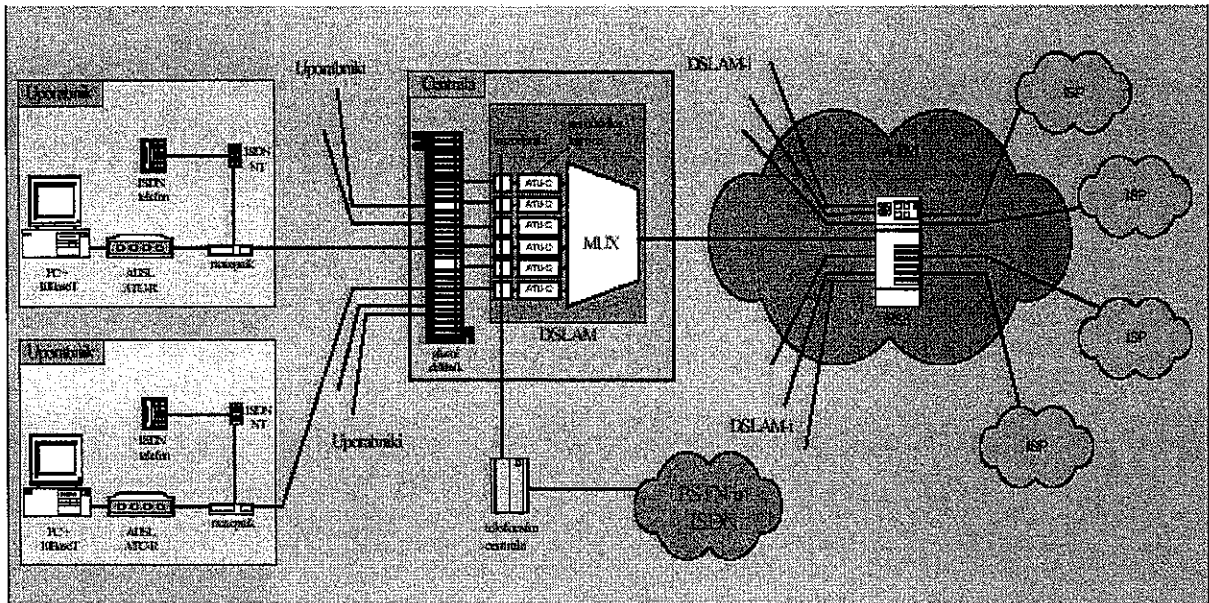
političnem kot na tehnološkem nivoju. Naslednjih deset let bo zelo pomembnih za sam razvoj tehnologije in tudi za proizvajalce.

2.2 KOMUNIKACIJE PO DIGITALNIH NAROČNIŠKIH VODIH (xDSL)

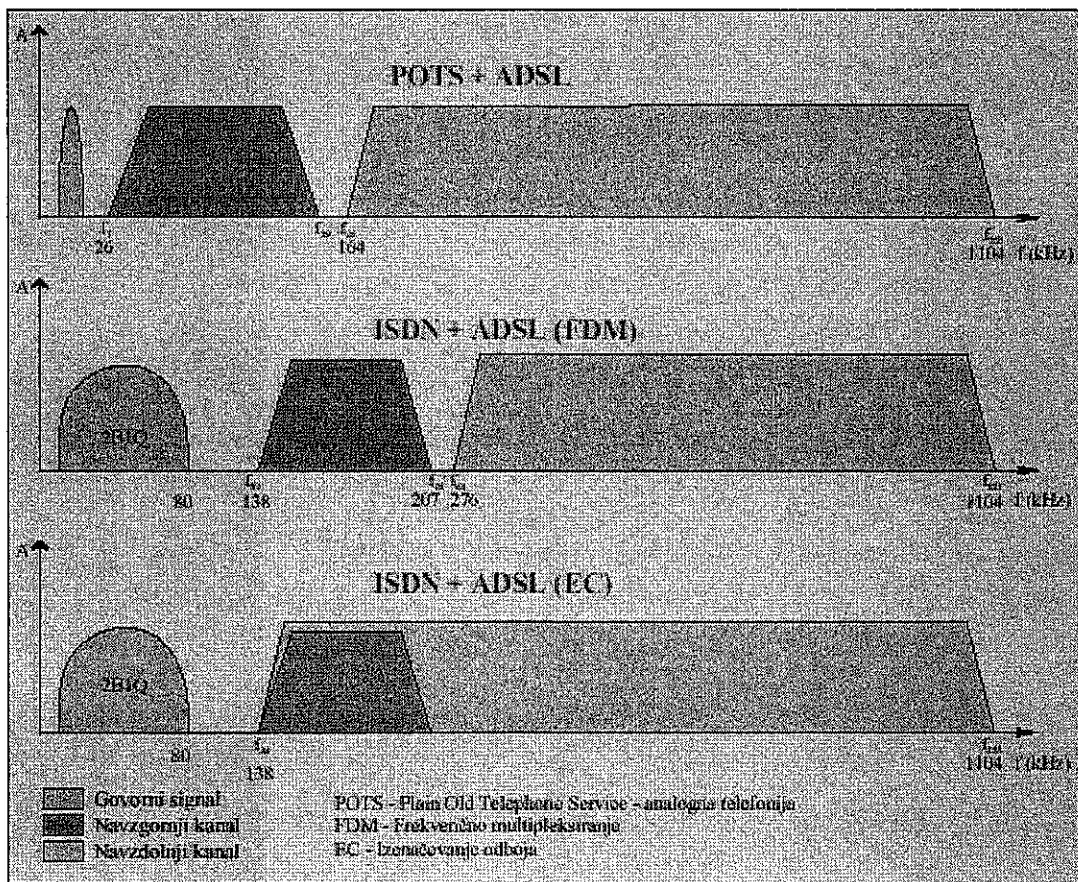
2.2.1 OBSTOJEČA TEHNOLOGIJA

Obstoječa bakrena parica je bila nameščena praktično do vseh hiš že v preteklosti za potrebe javno komutiranega telefonskega omrežja (PSTN – Public Switched Telephone Network). Prva nadgradnja sistema, ki je omogočala višje prenosne hitrosti ter hkratno telefoniranje ter prenos podatkov, je bil sistem ISDN. Vendar so zahteve po še višjih hitrostih dostopa do interneta pripeljale do uveljavitve novejšje tehnologije xDSL, kjer »x« pomeni različen tip DSL tehnologije. Prednost xDSL je predvsem ta, da uporablja že obstoječe bakrene vode, kar pomeni nizko ceno napram npr. FTTH, kjer je potrebno položiti novo infrastrukturo sistema. Še ena prednost sistema je, da uporabniku zagotovi določeno pasovno širino za razliko od npr. kabelskega omrežja, kjer se pasovna širina porazdeli med skupino uporabnikov. Število naročnikov xDSL na svetu je junija 2006 preseglo število 164 milijonov, 22 držav na svetu pa ima več kot 1 milijon naročnikov [13].

V preteklosti je bilo za prenos govora porabljeno le malo razpoložljive pasovne širine. Z uvedbo xDSL tehnologije je frekvenčni prostor razdeljen na frekvenčni pas za govor, prenos podatkov k sebi (*angl. download*) ter prenos podatkov od sebe (*angl. upload*). Točna porazdelitev je odvisna od tipa xDSL tehnologije. Dosežena hitrost je odvisna od razdalje uporabnika od DSLAM-a, preseka žic ter tipa xDSL.



Slika 2: Model ADSL omrežja [14]



Slika 3: Porazdelitev frekvenčnih pasov v ADSL [14]

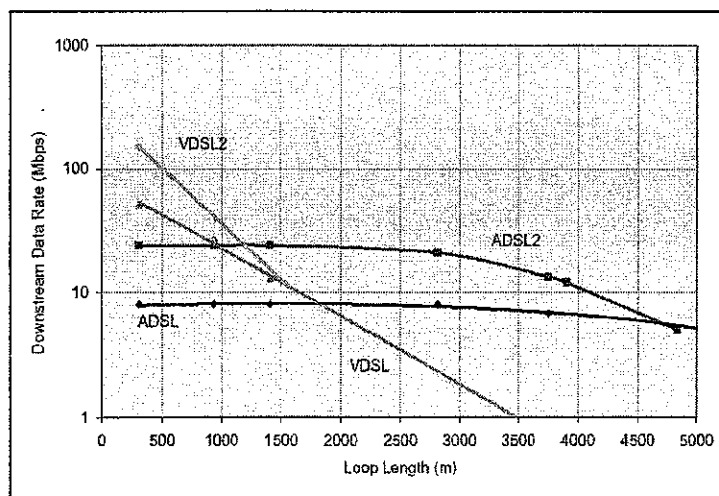
Kratika	Pomen	Navzdolnja (downstream) hitrost [kbit/s]	Navzgoranja (upstream) hitrost [kbit/s]	Način delovanja	Domet delovanja od centrale [km]	Frekvenčni spekter [kHz]	Uporabne aplikacije
ISDN	Integrated Services Digital Network	160	160	Duplex	~4.5	0 – 40	Prenos govora, dostop do interneta
HDSL	High-Speed DSL	784 – 1.168	784 – 1.168	Duplex	~3.5	0 – 200 ali 0 – 300	LAN dostop, strežniški dostop
SHDSL	Single-pair High-Speed DSL	192 – 2.312	192 – 2.312	Duplex	~2.5 – 4.5	0 – 32 do 0 – 380, odvisno od hitrosti	HDSL + dostop za simetrične naprave
ADSL	Asymmetric DSL	32 – 8.000	32 – 800	Downlink/ Uplink	~1 – 5	30 – 130 navzgor, 150 – 1.100 navzdol	Dostop do interneta, VoD, interaktivne večpredstavne storitve
ADSL2	Improved ADSL	32 – 12.000	32 – 800	Downlink/ Uplink	~1 – 5	30 – 130 navzgor, 150 – 1.100 navzdol	Enako kot ADSL
ADSL2+	Improved ADSL 2	32 – 24.000	32 – 800	Downlink/ Uplink	<~3	30 – 130 navzgor, 150 – 2.200 navzdol	Enako kot ADSL
VDSL	Very-high- speed DSL	2.000 – 50.000	1.000 – 25.000	Downlink/ Uplink	~0.5 – 1.5	Do 12.000 multipleksiranih downstream/upstream pasov	ADSL + HDTV
VDSL2	Improved VDSL	100.000	100.000	Duplex	~3.5	Do 30.000 multipleksiranih downstream/upstream pasov	VDSL + strežniški dostop

Tabela 3: Tipi xDSL tehnologij (za primerjavo je dodana tudi ISDN), prilagojeno po [3]

Danes je še vedno najbolj razširjena tehnologija ADSL. Zaradi asimetričnosti je priročna predvsem za brskanje po internetu in druge tipične internetne aplikacije, kjer je navzdolnji promet mnogo večji od navzgornjega. Izboljšani različici ADSL sta ADSL2 in ADSL2+. Najpomembnejše izboljšave ADSL2 so: večji domet (za okoli 200 metrov), spojitev več telefonskih linij za doseganje višjih prenosnih hitrosti (izboljšava za okoli 50 kbit/s), stanje pripravljenosti za zmanjšanje porabe energije. Boljši modulacijski izkoristek, višji kodirni dobitok z uporabo Reed-Solomonovih kod ter naprednejši algoritmi za procesiranje signalov so le nekateri izmed razlogov za večjo učinkovitost ob prisotnosti ozkopasovnih motenj. Neprestano prilagajanje podatkovne hitrosti omogoča ADSL2, da spreminja hitrost, ko sistem deluje brez prekinitev. Medtem ko presluh v prenosnih vodih pri ADSL lahko povzroči izgubo povezave, pa je ADSL2 ta problem zmožen rešiti v realnem času. ADSL2+ podvoji navzdolnjo pasovno širino, kar pripomore k višji navzdolnji podatkovni hitrosti.

Nekatere storitve zahtevajo enake prenosne hitrosti v obe smeri, ena izmed njih je danes zelo razširjena peer-to-peer komunikacija. Za take vrste prometa je bila narejena SHDSL, vendar pa ta ne more prenašati PSTN govornega prometa, saj je bil nižji frekvenčni pas uporabljen za povečanje pasu za navzgornji promet.

VDSL je novejši tip xDSL tehnologije in omogoča zelo visoke podatkovne hitrosti. Največja slabost te tehnologije je zelo kratek domet, zato se uporablja predvsem na področjih z visoko gostoto prebivalstva, za podeželje pa je manj zanimiva. VDSL2 omogoča hitrosti do 100 Mbit/s v obe smeri. Narejena je bila za aplikacije, kot so televizija z visoko razločljivostjo (HDTV – High-definition TV), video na zahtevo, video konference.

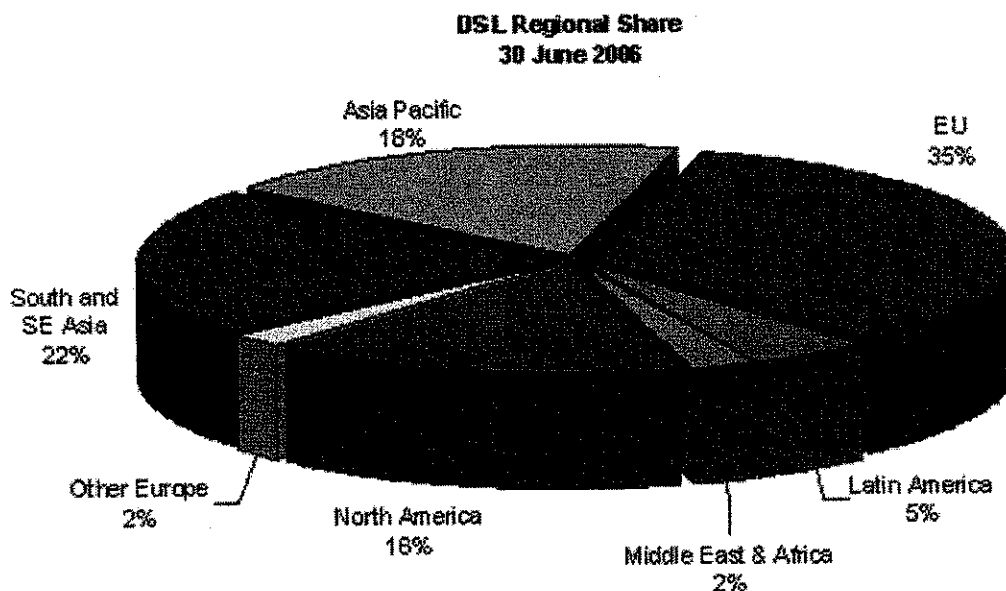


Slika 4: Razmerje hitrosti in dosega različnih DSL tehnologij, prilagojeno po [3]

DSL sistemi uporabljajo modulacijo z več diskretnimi toni (DMT – Discrete Multitone Modulation), znana tudi pod imenom OFDM, kjer oddajnik oddaja na mnogih med seboj ortogonalnih frekvenčnih pasovih. Vsak podnosilec je moduliran s kvadraturno amplitudno moduliranim (QAM – Quadrature Amplitude Modulation) signalom.

Šum in doseg sta glavni sporni vprašanji DSL tehnologij. Problem šuma vključuje:

- Bližnji presluh (NEXT – Near End Crosstalk). To se zgodi, ko signal, ki je bil poslan z ene parice, »uide« na drug par na bližnjem koncu voda, ki pa sprejema drug signal. To je lahko problem, ker je moč šuma glede na sprejeto moč signala dokaj visoka. Rešitev je delitev frekvenčnega pasu za navzgornji in navzdolnji prenos.
- Daljni presluh (FEXT – Far End Crosstalk). Tu signal »uide« na drug par na daljnem koncu voda, tako da je sprejet na napačnem sprejemniku, vendar je moč šuma tu precej nižja od moči šuma pri NEXT-u. Tu filtriranje ni mogoče, saj je frekvenčni pas obeh parov enak na enakih straneh.
- Intersimbolna interferenca (ISI – Intersymbol Interference). To se zgodi, ko se en simbol razprši med sosedске bite in povzroči napako pri branju teh bitov. Lahko jo povzroči disperzija v prenosnem mediju ali filtru. Ozkopasovni kanali pri DMT so odporni na ISI. Lahko jo ublažimo z uporabo adaptivnega filtriranja v sprejemnikih.
- Impulzni šum. Šum, ki traja zelo kratek čas, vendar je velik po amplitudi. Razlog na nastanek je lahko udar strele ali pa močnostni udar zaradi zagona motorja. To pogosto vodi do rafalnih napak. Protokoli višjih nivojev lahko ta šum obvladajo z uporabo vnaprejšnjega popravljanja napak (FEC).
- Štrcelj. Del žice, ki je na eni strani vključena v zanko, a ima prost drug konec, ko oddani signal pride do štrclja, en del signala nadaljuje proti sprejemniku, drug del pa se odbije nazaj, to pa povzroči zakasnjene verzije signala. Tudi to se lahko ublaži z adaptivnim filtriranjem.
- Radiofrekvenčni šum. Žica deluje kot antena in tako sprejema RF sevanje od sevalnih izvorov ali slabo zaščitene opreme.

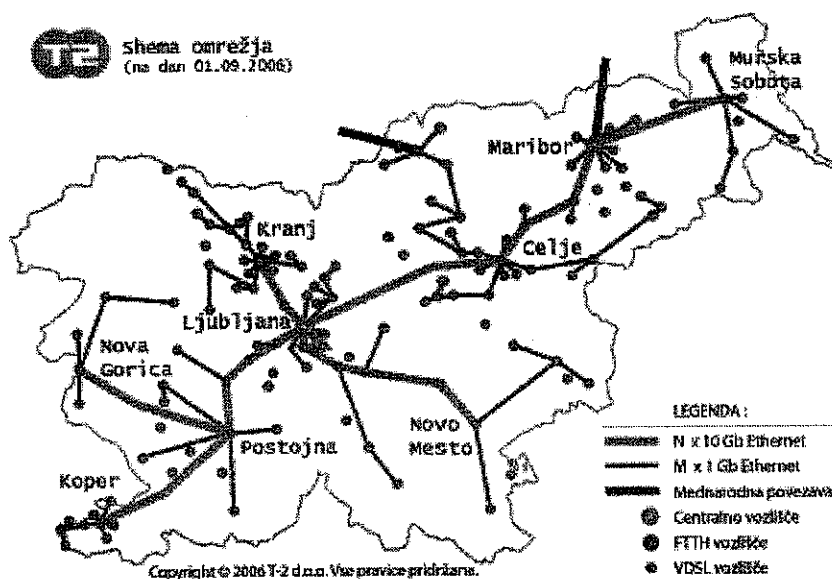


Slika 5: Razširjenost DSL tehnologije v svetovnem merilu [13]

Vidimo, da je DSL tehnologija najbolj razširjena v razvitem svetu in v državah v razvoju, manj pa v Latinski Ameriki ter Afriki.

2.2.2 ODPRTA VPRAŠANJA, TRENDI

Marsikdo bi napovedal, da bodo v prihodnosti sprejeti xDSL standardi z višjimi podatkovnimi hitrostmi. Toda zavedati se moramo, da višja podatkovna hitrost zahteva tudi večjo pasovno širino, višje frekvence pa prinašajo tudi večje slabljenje in oslabljeni signal na sprejemniku. Boljša rešitev je nedvomno skrajšanje lokalne zanke oz. pomik DSLAM-ov bližje uporabniku. Priporočilo za VDSL2 je dolžina zanke od 300 do 500 metrov. S pomikom DSLAM-ov bližje do doma se bo dostopovno omrežje razširilo oz. povečalo, vendar bo manj zgoščeno. Tudi s pojavom pojma »triple play« - prenos podatkov, govora ter videa – se je pojavila zahteva za povečanje bitnih hitrosti ter kvalitete storitev in neproduktivno bi bilo uvesti nova okolja, ki bi temeljila samo na asinhronem prenosnem načinu (ATM – Asynchronous Transfer Mode), saj že z Giga-bitnim ethernetom ali gigabitnim pasivnim optičnim omrežjem (GPON – Gigabit Passive Optical Network) lahko ponudimo zelo učinkovite tehnologije za prenos velike količine podatkov in pasovne širine z vsemi zahtevami kvalitete storitev. Tudi v Sloveniji je že mogoče uporabiti tehnologijo VDSL.

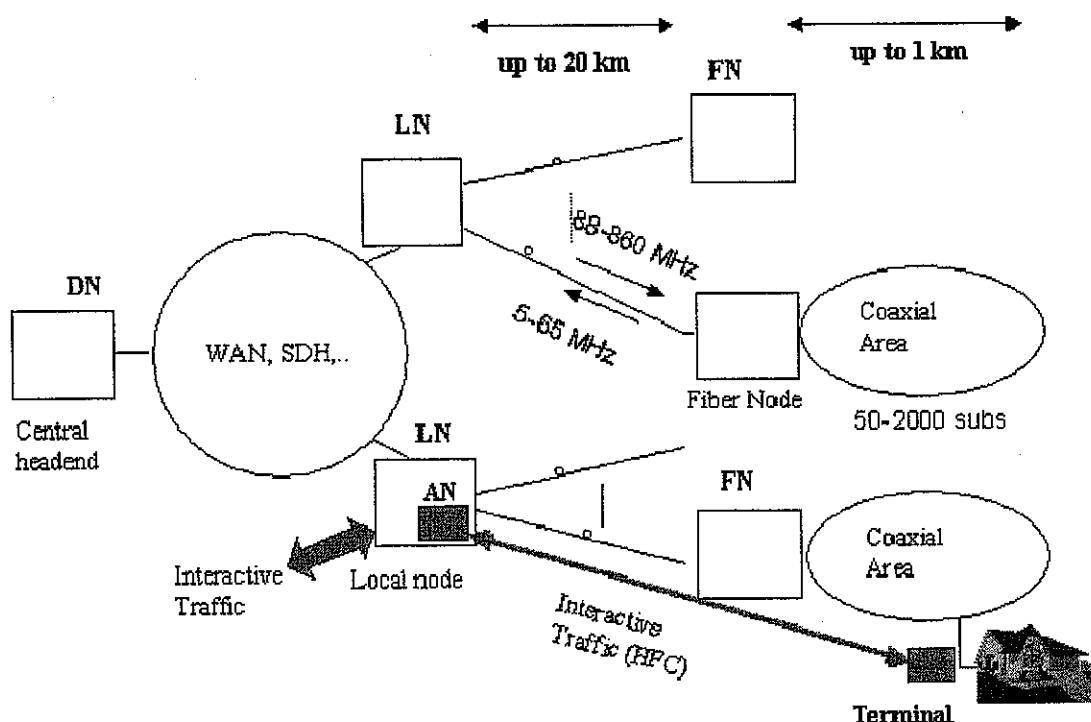


Slika 6: Shema omrežja T-2, d.o.o., na dan 1. 9. 2006 [15]

2.3 KABELSKA OMREŽJA

2.3.1 OBSTOJEČA TEHNOLOGIJA

Kabelska omrežja so bila do pred kratkim uporabljena večinoma le za razpršeno oddajanje (*angl. broadcast*) televizijskih signalov po Evropi. Toda če bi kabelska omrežja uporabljali le za to, bi zaradi visokih namestitvenih in vzdrževalnih stroškov hibridnih vlakensko/koaksialnih (HFC – Hybrid Fibre Coax) sistemov le stežka konkurirala satelitskim omrežjem. Kabelsko omrežje je idealen medij za konvergenčne storitve, saj omogoča tako broadcast, multicast in unicast storitve. Širokopasovni dostop do interneta preko kabelskega omrežja ima okoli 40 % tržnega deleža v svetovnem merilu in je zdaj postavljen pred izziv, kako ostati pomembna alternativa drugim tehnologijam.



Slika 7: Arhitektura modernega HFC omrežja [3]

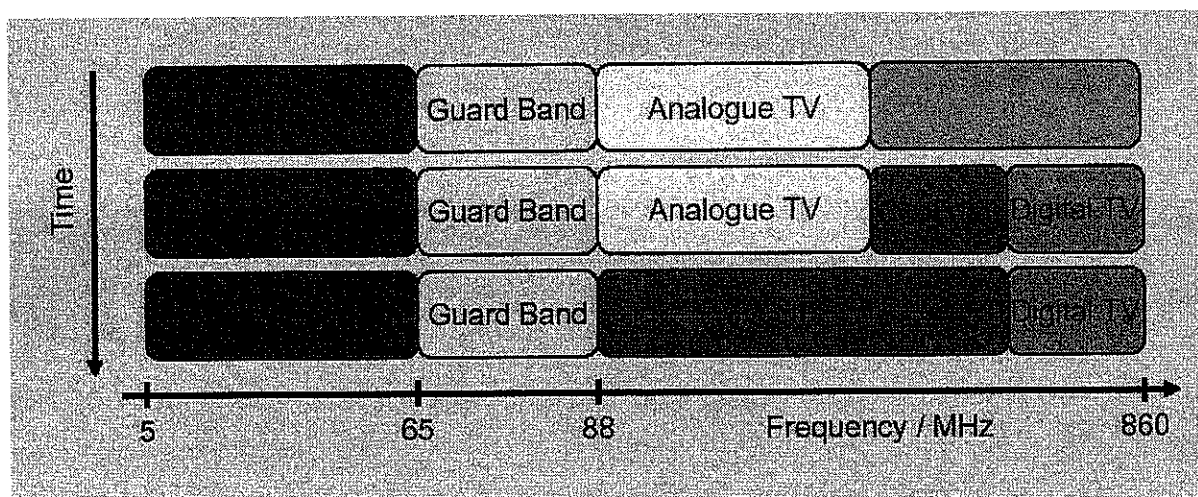
Ta hibridna omrežja so sestavljena iz optičnih na eni ter koaksialnih kablov na drugi strani. Večino poti opravi signal po optičnem kablu, po koaksialnem kablu pa le približno zadnji kilometer. Baker lahko prenaša mnogo manjšo pasovno širino (okrog 1 GHz) kot optika (potencialno več kot 1 THz), zato je potegovanje za dostop oz. pasovno širino (*angl. contention*) samo tehnično vprašanje zadnjega kilometra. Kljub temu pa ni ekonomično uporabiti celotne razpoložljive optične pasovne širine. Obstaja mnogo različnih arhitektur, na splošno pa sestojijo iz naslednjih elementov:

- Čelna postaja (*angl. headend*). Distribucijsko vozlišče (DN – Distribution Node), kjer je zbran ves razpršen (broadcast) promet. Ta postaja posreduje promet lokalnim vozliščem (LN – Local Node), ponavadi preko varnih optičnih povezav.
- Lokalni vozli oskrbujejo majhna mesta oz. regije – več koaksialnih področij preko optičnih povezav ponavadi z uporabo analognega prenosa. Mejno vozlišče med lokalnim vozliščem in koaksialnim področjem je optično (FN – Fibre Node). Razpoložljiva prenosna kapaciteta na uporabnika je odvisna od velikosti koaksialnega področja.

- Arhitektura samega koaksialnega področja je lahko zvezdasta z več nivoji, pogostejše pa je drevesna z več odcepi oz. vejami. To postane pomembno, ko potrebujemo visoke prenosne hitrosti.

Specifičnost HFC omrežja se začne v lokalnem vozlu; optični prenos je ponavadi analogen in transparentno prenaša navzgorne in navzdolne podatke.

Spekter navzdolnjega toka je 88-860 MHz, navzgornjega pa 5-65 MHz. Spekter navzdolnjega toka zasedajo nosilci analognega razpršenega televizijskega signala in digitalni QAM-64 oz. QAM-256 nosilci, ki omogočajo digitalni televizijski MPEG signal in prenos podatkov.



Slika 8: Razvoj uporabe frekvenčnega prostora kabelskih omrežij, prilagojeno po [3]

Če ga primerjamo z bakreno parico, lahko preko koaksialnega kabla prenašamo precej večjo pasovno širino. Že sam po sebi je kabel manj izguben z minimalnim sevanjem signala, prav tako pa ga zaradi oklopljenja (*angl. shielding*) manj moti interferenca drugih signalov. Za primerjavo: skupna pasovna širina, uporabljena za VDSL, je 30 MHz, medtem ko je za DOCSIS uporabljenih 860 MHz.

DOCSIS je mednarodno sprejeti standard, ki definira komunikacijo in systemske zahteve za prenos podatkov preko kabelskega sistema ter obsega prva dva nivoja OSI modela (fizični ter MAC). Sprejeti so bili standardi DOCSIS 1.0/1.1, 2.0, v nastajanju pa je DOCSIS 3.0.

Slika 8 ustreza porazdelitvi spektrov, definirani po omenjenem standardu. Kot ponavadi prvotno vpeljeni sistemi omejujejo dodelitev spektra. Mnogo navzdolnjega spektra trenutno uporablja začetno vpeljan analogni televizijski prenos. Do njegove izključitve bo omejeval spekter, razpoložljiv za širokopasovne komunikacije. Končna razpoložljiva kapaciteta bo okrog 4 Gbit/s navzdol (ob upoštevanju okrog 6 bit/simb/Hz) ter 200 Mbit/s navzgor (3 bit/simb/Hz). Trenutna hitrost z vključenimi analognimi kanali je navzdolnja prenosna kapaciteta precej nižja (nekaj 100 Mbit/s). Vendar se moramo zavedati, da se to še deli med uporabnike (50-2000), zato je končna prenosna hitrost, ki jo čuti uporabnik, še precej nižja.

2.3.2 SOCIALNO-EKONOMSKA VPRAŠANJA

Gledano s tržnega stališča je HFC pomembna tehnologija tako za razpršeno oddajo – skupaj s satelitsko in prizemno (*angl. terrestrial*) tehnologijo, kot tudi za širokopasovni dostop – skupaj z xDSL. Za razumevanje stanja HFC omrežij v Evropi je potrebno poznati zgodovino uvajanje te tehnologije. V posameznih državah so HFC omrežje uvedla privatna, mešana javno-privatna podjetja (Belgija, Nizozemska, Španija) ali pa so bila v lasti nacionalnih operaterjev (Nemčija, Švica, Portugalska). HFC je bil do leta 1995 uporabljen le za razpršeno oddajo in uvedba širokopasovnega dostopa je potekala počasneje kot v nekaterih neevropskih državah (ZDA, Kanada). Nekateri razlogi za to so:

- javni operaterji niso bili naklonjeni novim storitvam, saj so želeli prodati obstoječo HFC tehnologijo,
- problem npr. v Nemčiji, kjer je omrežje razdeljeno na veliko manjših z različnimi lastniki,
- mnogo majhnih operaterjev, ki si ne morejo privoščiti razvoja širokopasovnega dostopa ter IP telefonije.

V mnogih državah so še vedno potrebne mnoge investicije v omrežja, ki bodo delovala v obe smeri, tako do uporabnika kot tudi od njega. Rešitev bi bila uvedba operaterja z dovolj kapitala, da bi naredil potrebne investicije za povečanje kapacitete omrežja in uvedel nove storitve. Drobljenje operaterjev se bi lahko rešilo s:

- kreiranjem skupnega unikatnega operaterja, ki bi skrbel za storitve, kabelski operaterji bi še naprej ostali neodvisni,

- obstojem lokalnih in mednarodnih operaterjev, ki bi se povezovali v evropskem prostoru,
- lastništvom dodeljene hrbtenice, kar je lahko ključnega pomena pri ceni uvajanja novih storitev,
- neodvisnostjo od prvotnega (*angl. incumbent*) operaterja, kar je v večini evropskih držav že doseženo.

Drug velik izziv kabelskih omrežij je ponuditi kot dodatno storitev dostop do interneta tudi mobilnim in nomadskim uporabnikom. Zato bo trend v prihodnosti povezovanje z mobilnimi omrežji. Poleg xDSL bo največji konkurent kabelskim omrežjem gotovo tudi WiMAX, saj je to za podeželska in suburbana področja cenovno zelo ugodna rešitev. Glavni izziv kabelskim omrežjem je ponuditi enako kapaciteto kot dva največja konkurenta z rešitvijo tehnoloških ter drugih težav.

2.3.3 PROBLEMI, ODPRTA VPRAŠANJA

Prioriteta nadaljnjega razvoja kabelske tehnologije je nuditi večjo pasovno širino na posameznega uporabnika in to na ekonomičen in učinkovit način. V samo ponudbo širokopasovnega dostopa je treba vključiti tudi zahtevnejše, video vsebine. To se da narediti na načine, kot so:

- povečati navzdolnjo kapaciteto na uporabnika, t.j. kapaciteto omrežja in samih terminalov,
- povečati navzgorjo kapaciteto omrežja z učinkovitejšo izrabo navzgornjega toka,
- vpeljati je treba fleksibilno in dinamično souporabo frekvenčnega pasu med navzgorjim in navzdolnjim tokom,
- razviti je potrebno celotno IP arhitekturo, vključno z video storitvami in podporo kvaliteti storitev (QoS – Quality of Service), obračunavanju ter varnosti; definirati je potrebno arhitekturo signalizacije ter vmesnike za QoS in varnost med aplikacijami, storitvami in omrežnimi nivoji.

Naslednje pomembno vprašanje je vprašanje povezave več tehnologij. Tu imamo v mislih predvsem dve medsebojni povezovanji, in sicer:

- z mobilnimi omrežji, da omogočimo uporabnikom mobilnost med kabelskim in mobilnim omrežjem,
- z brezžičnimi omrežji, kot je WiMAX, za pokrivanje področij brez kableske povezave.

Obstajajo različne arhitekture, katerih namen je povezovanje teh tehnologij, najbolj popularni možnosti sta izgradnja internetnega multimedijskega sistema (IMS – Internet Multimedia System), druga je povečanje arhitekture generičnega dostopovnega omrežja (GAN – Generic Access Network), prej znanega pod imenom nelicenčni mobilni dostop (UMA – Unlicensed Mobile Access).

Če pogledamo na problem z vidika infrastrukture, lahko razvijemo različne vzorce za povečanje kapacitete omrežja:

- ohranitev analognega prenosa v optičnem delu omrežja ter centralizirano arhitekturo (usmerjevalniki so postavljeni v lokalnem vozlu),
- nadgradnja optičnega omrežja v digitalen prenos v decentralizirani arhitekturi, kjer usmerjevalniki skrbijo za manjše področje uporabnikov (50-200 uporabnikov),
- hibridna infrastruktura z analognim prenosom za razpršene storitve ter digitalnim za interaktiven promet.

Za fizični nivo kabelskih tehnologij je največji problem šum. Problemi vključujejo:

- Porazdelitev pasovne širine med uporabnike. Po digitalizaciji to ne bo več velik problem za trenutno pasovno širino nekaj Mbit/s, saj bo v razpoložljivi pasovni širini podprtih okrog 100 različnih kanalov. Kvaliteta kanala lahko omejuje velikost QAM konstelacije. Za primer 100 Mbit/s bodo morali biti povezani okrog trije QAM-256 ali štirje QAM-16 kanali. Za štiri QAM-16 kanale bo lahko oskrbovanih 32 uporabnikov, ne da bi čutili izgubo kapacitete zaradi drugih uporabnikov.
- Vstopni šum. To je poškodba v omrežju, narejena pri vstopu signala skozi slabo zaščitene kable ali zaradi naprave, priključene na omrežje. Ta šum je ponavadi impulzen, pojavi se kratkotrajen čas z znatno amplitudo in samo v nekem ozkem frekvenčnem področju. Tehnike zmanjševanja takšnega šuma obsegajo pravilno oblikovanje in primerno zaščito naprav ter kablov in tudi, da

so priključki primerno zaključeni, tudi če nanje ni priključena nobena naprava. Nekatere naprave uporabljajo za reševanje problema tehnike prilagoditve – po zaznavi vstopnega šuma zamenjajo frekvenco kanala, da šum zmanjšajo.

- Interferenca signalov. Ta nastane zaradi signalov drugih uporabnikov in televizijskega signala, ki moti paketni prenos. To se da rešiti z adaptivno izbiro frekvence signala. Druga uporabljena tehnika je FEC, ki doda paritetni bit, da se napaka odkrije ali popravi. Ta tehnika je lahko zelo dobra pri iskanju napak, vendar povečuje količino prenesenih podatkov (zaradi dodajanja paritetnega bita) in tako zmanjšuje učinkovitost.
- Intermodulacijsko popačenje. To se zgodi zaradi nelinearnosti elementov v sistemu, npr. ojačevalnikov. To je eden od razlogov, da se za distribucijo od čelne postaje (*angl. headend*) uporablja optika. Le-ta potrebuje manj ojačevalnikov kot koaksialni kabel, poleg tega pa so optični ojačevalniki bolj odporni na šum in motnje. Pri reševanju lahko pomaga pravilna izbira frekvenčnega pasu.
- Intersimbolna interferenca povzročena zaradi mikroadbojev (zaradi neenake impedance v spojih). DOCSIS 1.1 kabelski modemski sistemi so narejeni tako, da vključijo predizenačevalno funkcijo, ki deluje nasprotno mikro-odbojem. Tu naprava z opazovanjem karakteristike odbojev določi koeficiente, ki jih potem uporabi pri poznejših prenosih.

2.4 OPTIČNA OMREŽJA

2.4.1 OBSTOJEČA TEHNOLOGIJA

»Optika povsod« je vizija za prihodnja žična omrežja. Danes so optična vlakna navzoča povsod v hrbteničnih omrežjih in njihova razširitev v dostopovna omrežja je naslednji logični korak. Dostopovna omrežja, ki temeljijo na optiki, dosegajo daleč najvišje prenosne hitrosti od vseh ostalih možnih tehnologij in lahko zato nudijo neomejeno število storitev. Napram npr. kabelskim omrežjem s skupno pasovno širino okrog 900 MHz nudijo optična omrežja pasovno širino z uporabo valovno-dolžinskega multipleksa (WDM – Wavelength Division Multiplexing) tudi do nekaj THz. Vlakno do x (FTTx – Fiber-to-the-x), kjer »x« označuje C (Cabinet), H (Home),

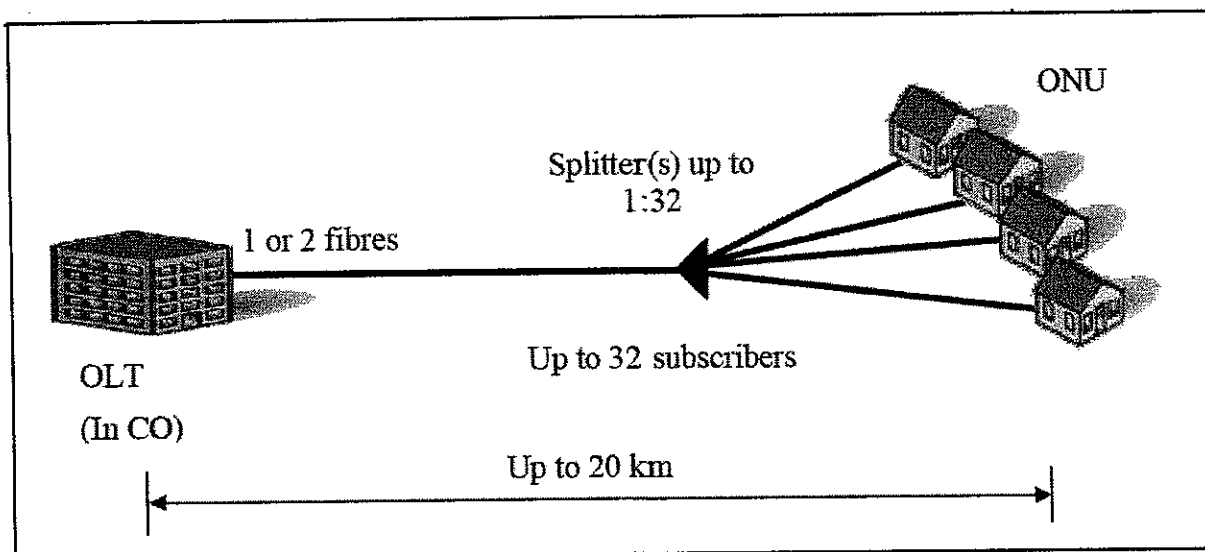
P (Premises), B (Building) ali D (Desk), je dostopovna rešitev prihodnosti. Pri FTTH in FTTB seže optika vse do končnega uporabnika, kar zahteva ogromno investicijo. FTTC bo prinesla optiko do storitvenega vozla, ki bo na lokaciji v bližini uporabnikovih prostorov. Ta rešitev je bolj ekonomična. Vmesna rešitev je kombinacija dostopovnih optičnih omrežij z drugimi dostopovnimi omrežji, kot so xDSL, kabelsko (HFC) in brezžično omrežje (FWA – Fixed Wireless Access). Zaradi visokih stroškov je bila uvedba optičnega dostopovnega omrežja dokaj nerealistična. S padanjem cen optičnih komponent bi tehnologija postala izvedljiva, trenutno je oprema še vedno relativno draga. Pomembno vprašanje, ki zadeva optiko, je tudi, ali imamo dovolj zahtevne aplikacije, da izkoristijo vso razpoložljivo pasovno širino. Video konference, učenje in igranje na daljavo, multimedijška zabava, video na zahtevo so nekatere izmed teh storitev. Še vedno se ne ve točno, ali bodo nove storitve spodbudile zahtevo po večji pasovni širini ali pa bo večja razpoložljiva pasovna širina spodbudila uporabo novih, zmogljivejših storitev. Najpomembnejši dejavnik pri uvajanju novih storitev je ravno hitrost.

2.4.1.1 Arhitektura sistema

Končni cilj je pripeljati optiko vse do uporabnika in s tem nadomestiti obstoječe bakrene parice in koaksialni kabel. Razvoj omrežja bo zato usmerjen in omejen na del od centrale do končnega uporabnika. V optičnih omrežjih centrala vsebuje terminal optične linije (OLT – Optical Line Terminal), ki je povezan z eno ali več optičnimi omrežnimi enotami (ONU – Optical Network Unit) na uporabniški strani. Različna nadomestitev teh povezav v optičnem omrežju vodi k različnim možnim topologijam sistema.

Zveza točka – več točk: pasivno optično omrežje (PON – Passive Optical Network)

Prva možnost je razviti PON in tako uporabiti zveze točka – več točk. Danes se tu največkrat uporablja na PON temelječa tehnologija časovnega multipleksa (TDM-PON – Time Division Multiplexing PON). PON sestavljajo optična vlakna, pasivni razcepniki ter spojniki, ki distribuirajo optični signal po razvejani »drevesni« topologiji do priključkov, ki končujejo vsak segment.



Slika 9: Primer PON, prilagojeno po [3]

PON ima nekaj pomembnih prednosti:

- namestitev zvez točka – več točk zahteva manjšo količino optičnih vlaken za pokritost nekega področja kot pri zvezah točka – točka, ki zahteva, da ima vsak uporabnik svoje optično vlakno,
- cena opreme v centrali je prav tako nižja, saj en optični vmesnik skrbi za vse omrežje in ne samo za dodeljenega uporabnika,
- ker ni aktivnih naprav vzdolž optične poti, moramo električno energijo dovesti le na zaključke (na centralo ter do uporabnika).

V primerjavi z drugimi topologijami PON zmanjša večino postavitvenih, vzdrževalnih in upravljalnih stroškov, vendar ima TDM-PON kljub temu slabosti:

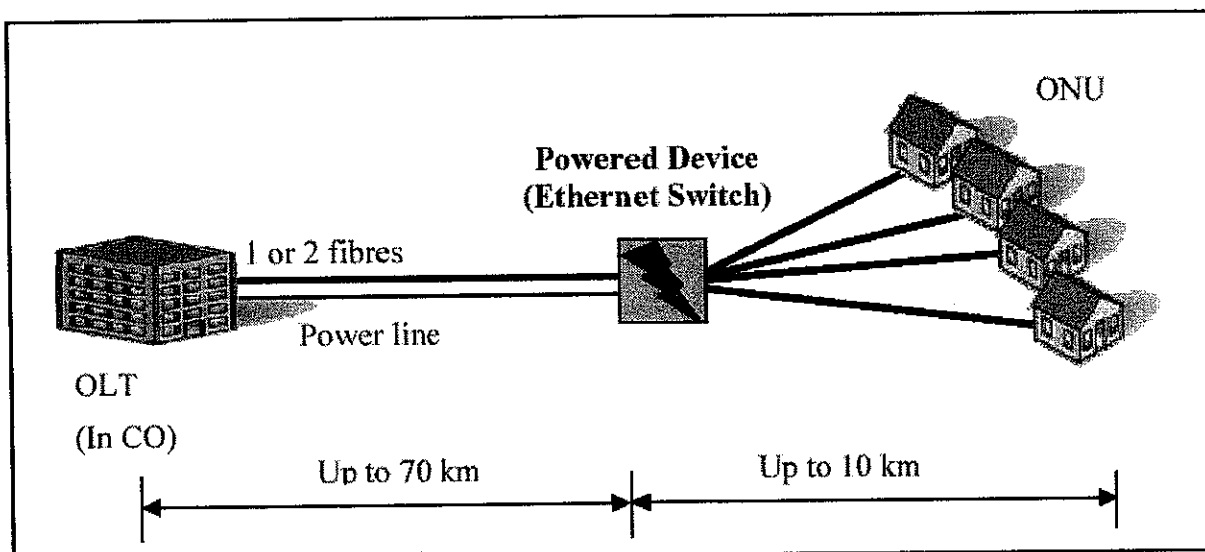
- pasovna širina se porazdeli med vse uporabnike,
- razcepnik porazdeli optično moč med vsa odhodna vrata, kar vnaša visoko vneseno slabljenje; to omejuje najdaljšo razdaljo med centralo in uporabnikom,
- vse enote ONU, ki so povezane z istim razcepnikom, dobijo isti optični signal, kar je prednost v primeru multicast oddajanja; v primeru unicast prometa pa to povzroča skrbi zaradi omrežne varnosti, tako da je dobro šifriranje podatkov zelo pomembno,

- PON zahteva, da je naenkrat aktiven le en ONU; to lahko pripelje do napake v celotnem navzgorjem prenosu, če nek zloben uporabnik neprestano oddaja,
- navzgornji tok ni razpršen; da bi ujeli navzgornji promet, potrebujemo pameten protokol časovno porazdeljenega protokola (TDMA – Time Division Multiple Access).

Trenutni TDM-PON standardi določajo prenosno hitrost 2.5 Gbit/s in doseg 20 km, tipično z razmerjem kanal/uporabnik 1:32. Največja ovira prvih generacij dostopovnih optičnih omrežij je bila cena, zato je bila rešitev s PON takrat najugodnejša. Danes je cena optične opreme precej padla, zato je bolj kot cena v ospredju vprašanje ustreznega načrtovanja sistema. WDM se je izkazal kot idealna rešitev za povečanje kapacitete PON, ne da bi drastično spreminjali obstoječo optično strukturo, ohranja pa tudi prednosti TDM-PON.

Zveza točka – točka: aktivno vozlišče (eternet stikalo)

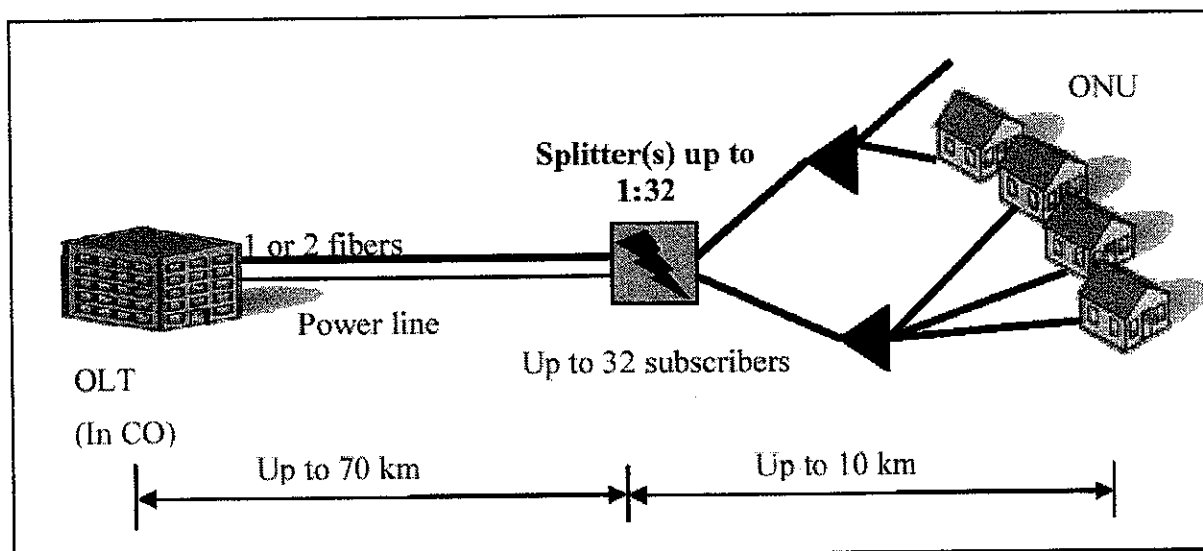
Namesto PON lahko uvedemo aktivno omrežje, ki je zelo podobno PON, vendar s pomembnimi razlikami. Najbolj osnovna je zamenjava pasivnih razcepnikov, ki se jih ni dalo upravljati, z aktivnimi vozlišči. Pomembna posledica tega je, da je potrebno dovesti električno energijo od centrale do takšnega vozlišča. Poleg drevesne arhitekture, je zdaj možna tudi uvedba krožne ali zvezdaste, odvisno od zmožnosti in topologije omrežja ter cene in razpoložljivosti opreme. Naslednja večja razlika je, da ima namesto porazdeljene pasovne širine med vse uporabnike vsak uporabnik svojo lastno dodeljeno povezavo, ki omogoča obojestransko komunikacijo. To je mogoče z uporabo prostorskega multipleksa (SDM – Space Division Multiplexing) ali WDM. Tretja razlika v arhitekturi je območje dosega. V PON je doseg okrog 10-20 km od centrale, odvisno od števila delitev (največ 1:32). Aktivno omrežje omogoča doseg okrog 80 km in to ne glede na število uporabnikov. Njihovo število je omejeno le zaradi omejenega števila stikal v omrežju in ne zaradi same infrastrukture sistema, kot je to bilo pri PON. Aktivno vozlišče je tipično ethernet stikalo, razpoložljiva bitna hitrost pa je sedaj do 10 Gbit/s. Glavne prednosti so torej večji doseg, večja pasovna širina za posameznega uporabnika ter večja varnost, glavni slabosti pa sta nujno potrebna električna linija do stikala ter večja kompliciranost sistema (več komponent), kar privede do višje cene.



Slika 10: Primer povezave z ethernet stikalom, prilagojeno po [3]

Hibridno PON

V razvoju so tudi hibridna PON, ki so dobesedno sestavljena iz pasivnih PON ter aktivnih vozlišč. Doseg je večji kot pri PON omrežjih, infrastruktura sistema pa je mnogo enostavnejša kot pri topologiji s samimi aktivnimi vozlišči.



Slika 11: Primer hibridnega PON, prilagojeno po [3]

2.4.1.2 Prenosni protokol

Prenosni protokol, ki ga bo uporabljalo FTTx omrežje, bo ali ethernet ali ATM. Ethernet danes predstavlja okrog 90 odstotkov vseh namestitvenih vmesnikov za lokalna omrežja (LAN – Local Area Network). Ponuja mnogo višje podatkovne hitrosti, od 10

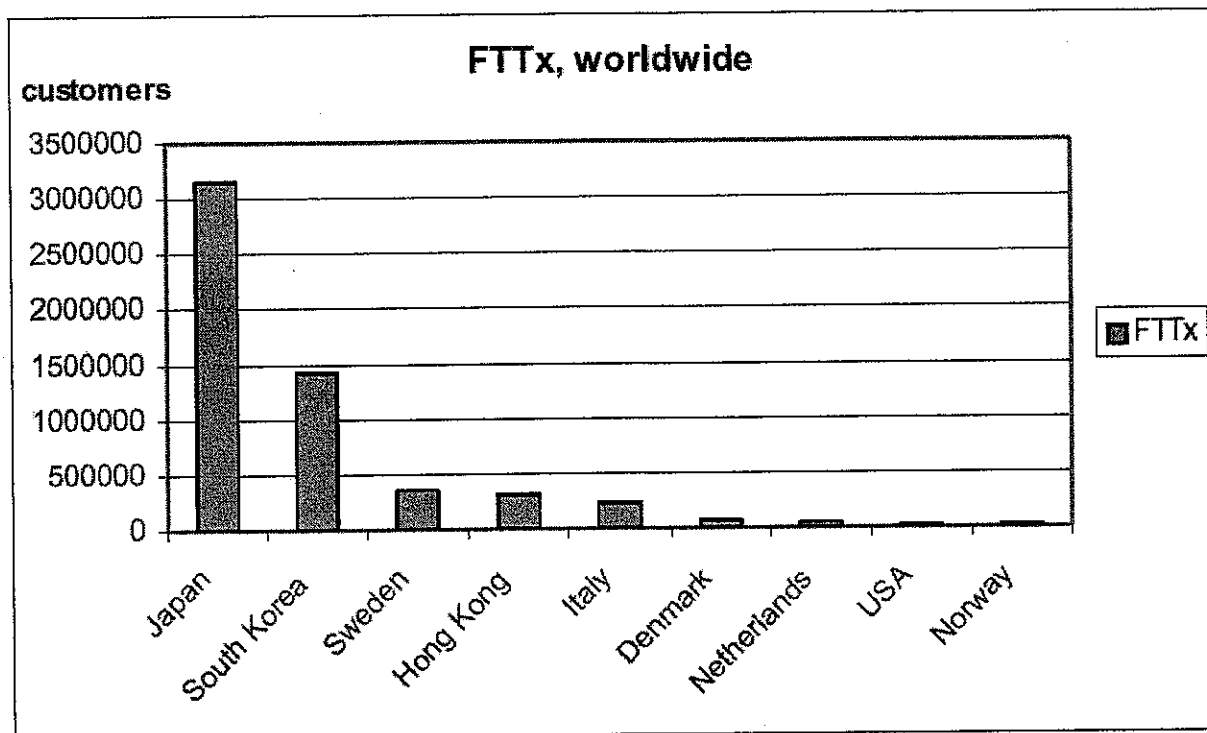
Mbit/s pa do 10 Gbit/s. To vodi do manjših stroškov pri enakih hitrostih: 100 Mbit/s ethernet je okrog desetkrat cenejši od 155 Mbit/s ATM. Poleg tega ethernet temelji na enostavnem protokolu, a kljub temu omogoča napredne storitve – QoS, dober pretok podatkov ... Sistemi, ki temeljijo na ATM, so počasnejši in dražji, vendar omogočajo višjo kvaliteto storitev in so za razliko od eterneta povezavno orientirani. Ugodna rešitev se zdi uporaba eterneta za FTTH. Vendar trenutni ethernet standardi ne nudijo dosega, ki bi bil skladen s storitvami (namesto nekaj 100 metrov je zahtevanih do 20 km), zato so v razvoju novi standardi, ki bi omogočali optične povezave točka – več točk ter točka – točka. Na teh standardih delata dve skupini: IEEE 802.3ah (EFM – Ethernet in the First Mile) ter FSAN (Full Service Access Network).

IEEE 802.3ah – EFM: leta 2001 je IEEE 802.3 delovna skupina ustanovila 802.3ah z namenom, da razišče in predloži osnutek za standard, ki bi definiral smernice za ethernet v zadnjem kilometru (*angl. Ethernet in the last mile*). Glavni cilj je bil pripraviti koncept ethernet omrežja za uporabniški dostop, ki bi prinesel izboljšavo glede na takratne možnosti dostopa za razumljivo ceno – tako investicijskih kot vzdrževalnih stroškov. Pripravili so tri različne topologije: točka – točka po optiki, točka – več točk po optiki ter točka – točka po bakru. Prvi dve topologiji sta pripeljali do dveh pomembnih standardov pri vpeljavi FTTH. Standardizacija gigabitnega eterneta (1000BASE-X) se osredotoča na optične povezave točka-točka. Ethernet je idealen za povezave takšnega tipa. Ker je na celotni prenosni poti optika, lahko uporabniku nudimo celotno gigabitno pasovno širino, kar zagotavlja nemoteno delovanje najzahtevnejših storitev. Drugo področje standardizacije je podpora ethernetnemu pasivnemu optičnemu omrežju (EPON – Ethernet Passive Optical Network), ki temelji na številnih poslovnih prednostih. Ker razcepnik omogoča 32 uporabnikov, priključenih na eno linijo, to močno zmanjša stroške opreme ter težavnost upravljanja sistema. V začetku leta 2006 se je začelo delati na standardu 10-gigabitnem EPON-u (10-GEAPON – 10-Gigabit EPON).

FSAN: FSAN definira zahteve za asinhroni prenosni način pasivnega optičnega omrežja (APON – ATM PON), širokopasovno pasivno optično omrežje (BPON – Broadband PON) in GPON in jih združuje v družini ITU-T G.983 in G.984. APON je bil prvi standard za PON in je temeljil na ATM (od tod tudi ime). GPON višje hitrosti, naprednejšo varnost ter izbiro protokolov drugega nivoja (ethernet, ATM).

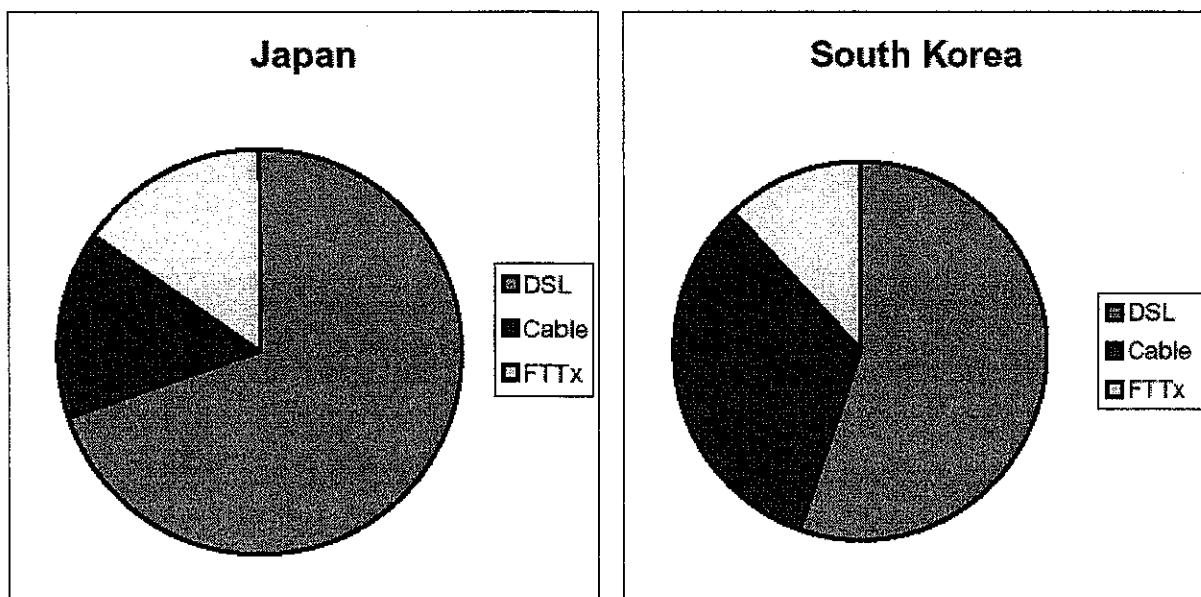
2.4.2 RAZŠIRJENOST

FTTx v Evropi je danes koncentrirana v nekaj državah. Leta 2005 je bilo 97 % vseh uporabnikov FTTx v petih državah (Švedska, Italija, Nizozemska, Danska, Norveška). Pomemben razlog za hiter razvoj ter množično uporabo FTTx na Švedskem in Nizozemskem je vladna podpora in pomoč pri vpeljavi nove tehnologije. V Evropi udeležba prvotnih ponudnikov storitev ni visoka. Vpeljava popolnoma optičnega omrežja je še vedno relativno draga (20 do 50 EUR/m) in večina ponudnikov v tem ne vidi dobička. V nekaterih državah (Francija, Belgija, VB, Španija) je namestitev tehnologije FTTx zelo nizka. Konec leta 2005 je bilo uporabnikov FTTx okoli 752.000. Državi z največ uporabniki FTTx v svetovnem merilu sta trenutno Japonska in Južna Koreja. Tam so prvotni ponudniki storitev dobro vključeni v ponujanje FTTx. Največkrat je tehnologija FTTB in ker je v obeh državah večina ljudi zgoščena v nekaj mestih in v večbivanjskih stavbah, je strošek vpeljave optične tehnologije na uporabnika precej manjši. Kljub temu pa FTTx niti v teh državah ni najbolj razširjena tehnologija za širokopasovni dostop do interneta. V Sloveniji je družba T-2 prva omogočila FTTx. Omrežje je bilo zgrajeno v Kranju, delu Ljubljane in Kopru, gradi pa se še v drugih večjih slovenskih mestih. Najvišja trenutno ponujeno prenosna hitrost je 1 Gbit/s.



Slika 12: Države z največjim številom uporabnikov FTTx konec leta 2005 [16]

Porazdelitev širokopasovnih tehnologij na Japonskem in v Južni Koreji, dveh državah z najvišjim tržnim deležem FTTx, lahko vidimo na Sliki 13.



Slika 13: Porazdelitev širokopasovnih tehnologij na Japonskem in v Južni Koreji [16]

Dve najbolj razširjeni tehnologiji na področju FTTx sta EFM preko optike in zveze točka-točka ter pasivna optična omrežja (EPON, APON, GPON, BPON). Razen v ZDA je razširjenost PON zelo nizka, v večini drugih držav (Japonska, Švedska, Italija ...) je v uporabi EFM preko povezav točka-točka. Razlog za razliko med ZDA in ostalimi državami je mogoče razložiti. V ZDA je velikost področja distribucije veliko večja kot v drugih državah. Tu je zgradba omrežja omejena na področja, kjer je koncentracija ljudi zelo velika (mesta, gosto naseljena področja). Primeri za to so Južna Koreja, Hong Kong, Tajvan, Stockholm, Amsterdam, Milano. Posledica vsega tega so mnogo daljše naročniške zanke v ZDA kot v preostalih državah. Zanimivo je, da je v ZDA FTTH vpeljana večinoma v ruralnih območjih, medtem ko je v Evropi ter Aziji osredotočena na gosto poseljena mestna območja.

2.4.3 ODPRTA VPRAŠANJA, TRENDI, NAPOVEDI

Gledano s tehnološkega stališča sta dva najpomembnejša izziva za prihodnost povečati kapaciteto ter povečati razdaljo med centralo ter uporabnikom.

Zanimiva je nadgradnja na WDM-PON. Učinkovitost WDM zelo povečuje kapaciteto optičnih vlaken, ne da bi morali zelo spremeniti infrastrukturo sistema. GPON je zdaj

že standardiziran in dobavljiv na trgu, kar pomeni, da se PON približujejo hitrostim, ko bodo uporabni tako za metro kot za dostopovna omrežja. Za uporabo PON na dolge razdalje morajo biti na voljo tri stvari: doseg do okoli 100 km, razmerje kanal/uporabnik vsaj 1:64 in uporaba WDM. Dandanes poteka na tem področju mnogo raziskav.

Naslednja pomembna tema je cena optičnih komponent, posebej optičnih omrežnih enot (ONU). Povečana proizvodnja in integracija optičnih sistemov sta posledično pripeljali do zmanjšanja cene. Da bi ohranili nizko ceno, je veliko zanimanja za t. i. »brezbarvne« enote (*angl. Colourless ONUs*). To pomeni, da v ONU ni na voljo laserja, ampak je optični nosilec za navzgornji signal generiran v OLT, navzgornji prenos pa je potem zagotovljen s strani zunanje modulacije teh signalov.

Če povzamemo, za uvedbo FTTx so poglavitni naslednji faktorji:

- podpora politike in regulativnih organov ali s strani aktivnega udejstvovanja države s finančno podporo (primer Švedske in Nizozemske) ali pa pasivnega z ustvarjanjem ugodne klime za razvoj (Japonska, Južna Koreja),
- interes prvotnega ponudnika telekomunikacijskih storitev, kar je lahko podprto z ugodno politiko države,
- nove oz. napredne storitve, ki bi odprle nove poslovne priložnosti.

FTTH in FTTB pomenita logični zaključek evolucije, ki zadeva optično tehnologijo. V dneh pred optiko so bile centrale med seboj povezane s koaksialnim kablom ali pa z mikrovalovno tehnologijo. Prvi korak k uvedbi optike so bili HFC sistemi, ki so danes zelo razširjeni med ponudniki kabelske tehnologije, kjer vozlišče postane optična omrežna enota. HFC oskrbuje več sto domov na eno optično čelno postajo. Ta uporablja baker (koaksialni kabel) v obe smeri od vozlišča do naročnika, toda z omejeno hitrostjo ter strogimi načrtovalskimi pravili. Pojavljajo se FTTC sistemi, ki navzgornji in navzdolnji tok razdelijo v 10-100 bakrenih poti. Vendar ekonomske prednosti tega sistema pred popolnim FTTH/B, ki je logična posledica napredka od HFC preko FTTC do enega uporabnika na eno optično vlakno, niso jasne. Zaradi neekonomičnosti FTTC-ja je ugodnejša izbira direktna uvedba pasivnega FTTH, npr. PON.

Pri uvajanju PON imamo na voljo dve izbiri – PON preko ATM (APON in nadgradnje BPON in GPON) ali pa preko eterneta (EPON). Oba načina imata danes mnogo

privržencev. Argumenti za APON so, da je FSAN standard bliže dokončni uveljavitvi od standarda za EPON (802.3ah), velik obseg tehnologij preko ATM, ATM programska in sistemska oprema že deluje skupaj z ILEC (Independent Local Exchange Carriers), zagotovitev kvalitete storitev: konstantna in majhna zakasnitev za osnovno telefonsko storitev (POTS – Plain Old Telephone Service). Na drugi strani pa zagovorniki eterneta pravijo, da bo ethernet z nekaj 100 milijoni že vgrajenimi vrati (*porti*) vedno cenovno ugodnejša rešitev, da promet preko POTS predstavlja le zanemarljiv delež prometa po PON, da so probleme z zagotovitvijo kvalitete storitev rešili z majhnimi spremembami arhitekture telefonije po internetnem protokolu (VoIP – Voice over Internet Protocol) sistemov, da so problemi z naslavljanjem rešeni z uvedbo IPv6, da so ponujene bitne hitrosti višje, ethernet pa lažji za upravljanje, da so APON videni le v Severni Ameriki, ethernet pa prevladuje povsod drugod ter da večino podatkov začne in konča svojo pot kot IP/ethernet promet, zakaj bi ga torej izpostavljali še enemu protokolu. Svet gotovo drvi proti »all-IP«.

Z arhitekturnega stališča je med uvedbo eterneta in ATM le malo razlike, saj so vmesniki na strani centrale in na strani uporabnikov enaki v obeh primerih. Pomembna bo cena opreme ter hitrost uveljavitve posamezne tehnologije. Cenovno gledano je ethernet ugodnejši in napoved za APON v prihodnosti je podobna kot za ISDN – tehnologija ne bo popolnoma »mrtva«, bo pa v manjšini.

Še ena rešitev za popolnoma optične sisteme obstaja – aktivna arhitektura, ki se ji namenja vedno več pozornosti. Aktivni ethernet brez velikega medijskega pompa postaja prioriteta izbira vodilnih ponudnikov za optiko po svetu. Z ekonomskega stališča so bila v preteklosti pasivna optična omrežja v veliki prednosti, zdaj pa cena optične opreme drastično pada, poleg tega pa imajo močan vpliv tudi nekatere tehnološke novosti:

- dovršitev standarda IEEE 802.3ah, ki med drugim definira način za prenos eterneta preko enega optičnega vlakna,
- evolucija trpežnosti ethernet naprav, ki so zdaj lahko postavljene v zunanjem okolju; pred tem bi morali operaterji potegniti vsako optično vlakno posebej od uporabnika pa vse do centrale, ki bi potrebovala velika elektrooptična vrata.

Slabost aktivnega eterneta je potreba po dovajanju energije tudi na prenosni poti.

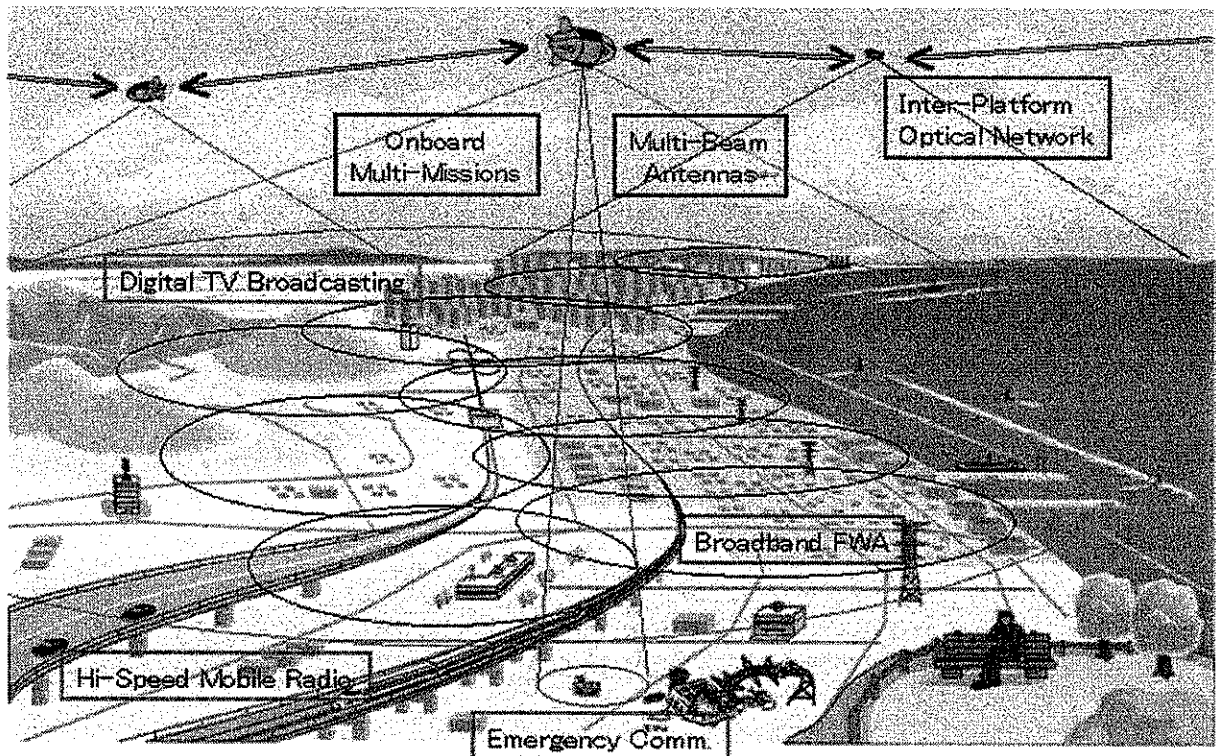
2.5 BREŽIČNA OMREŽJA DALJŠEGA DOSEGA

2.5.1 STRATOSFERSKE PLOŠČADI

Satelitska tehnologija je draga. Komponente morajo ustrezati izredno visokim standardom in se jih ne da popraviti kar čez noč. Dragi so tudi stroški izstrelitve satelita ter zavarovanje pred izgubo. Stratosferske ploščadi (HAP – High Altitude Platforms) imajo velik potencial v cenovno ugodnem ponujanju širokopasovnih storitev širši množici uporabnikov. HAP je zrakoplov ali letalo, ki deluje 17-20 km nad zemeljsko površino in predstavlja ploščad za komunikacijske storitve. Načrtovano je, da bodo HAP nudili uporabnikom visoko kapaciteto (kot prizemna omrežja) ter pokrivali velika področja (kot satelitski sistemi). Trenutno poteka raziskovalno-razvojni projekt, imenovan CAPANINA [17], katerega cilj je s pomočjo stratosferskih ploščadi razviti zmogljivo brezžično telekomunikacijsko omrežje s hitrostjo prenosa do 120 Mbit/s, ki bo namenjeno tako stacionarnim uporabnikom kot uporabnikom v prevoznih sredstvih pri hitrostih do 300 km/h (npr. na vlaku). Cena sistema naj bi se gibala okrog 10 % cene postavitve satelitskega sistema. Majhna količina infrastrukture in potencial oskrbeti več tisoč uporabnikov pa dela te sisteme cenovno primerljive tudi z prizemnimi komunikacijskimi sistemi. Velika pokritost in nizki stroški infrastrukture bodo omogočili cenovno ugodne rešitve za oddaljena in podeželska območja. Mogoče bo brezžično oddaljeno zaznavanje npr. količine CO₂ v atmosferi, omogočene pa bodo tudi storitve navigacije in nadzora. Za pričakovati je, da bodo storitve najprej na voljo stacionarnim uporabnikom (v 3-5 letih), kasneje pa še mobilnim uporabnikom (2 leti zatem).

HAP sistemi se bodo napajali s sončno energijo. Ploščadi bodo kvazi-stacionarne. Zrakoplov se bo nahajal v navidezni kocki s stranico 1 km, letalo pa bo krožilo okrog fiksne točke na krožnici s polmerom od 1 do 3 km. Ploščadi ne bodo obljudene, toda za razliko od satelitskih sistemov se bodo periodično vračale na zemljo zaradi vzdrževalnih razlogov. Tako so lahko omejitve glede zanesljivosti opreme manj stroge kot npr. pri satelitskih sistemih, kar dodatno niža ceno komponent.

Nekateri razvijalci so predlagali uporabo zračnih balonov. Tehnologija bi bila podobna kot pri stratosferskih ploščadih in to lahko jemljemo kot alternativo ploščadim. To bi lahko bil tudi vmesen korak, saj je izvedljiv v krajšem času kot stratosferska rešitev.



Slika 14: Vizija HAP povezav [18]

Zgornja slika kaže napoved komunikacij preko HAP sistemov. Storitve bodo mogoče za različne vrste zemeljskih anten. Za razpršene storitve, kot npr. HDTV, bodo uporabljene antene z nizkim dobitkom s širokim snopom, ki bodo omogočale kar največjo možno pokritost. Za dvosmerni širokopasovni stacionarni brezžični dostop za stacionarne uporabnike bodo uporabljene antene s srednje velikim dobitkom. Antene z ozko usmerjenim snopom in velikim dobitkom pa bodo omogočile dinamično razporejanje snopa za komunikacije z visoko kapaciteto za potrebe npr. nujnih komunikacij v primeru naravnih katastrof, služile pa bodo tudi hitrim mobilnim uporabnikom.

Za komunikacijo med uporabniki in ploščadjo so v uporabi valovi z valovno dolžino okrog milimetra oz. v frekvenčnem področju 31/28 GHz in 47/48 GHz. Mogoča bo komunikacija s hitrostjo 120 Mbit/s. Optične komunikacije v odprtem prostoru pa omogočajo ob jasnem vremenu tudi hitrosti do 622 Mbit/s in se bodo uporabljale za medsebojno komunikacijo med statosferskimi ploščadmi ter za oskrbo ploščadi z zemeljskimi hrbteničnimi omrežji. Zagotovljena bo tudi komunikacija s sateliti. Medsebojna komunikacija med posameznimi HAP ploščadmi bo posledično pripeljala

do zmanjšanja potrebe po visoki kapaciteti komunikacij z zemeljskimi hrbteničnimi omrežji in bo omogočala tudi premik optičnih zvez z veliko pasovno širino od povezav, zamegljenih zaradi dežja in oblakov, do povezav v jasnem vremenu. Neobstoje oblakov na višini stratosfere onemogoča, da bi bile zamegljene medsebojne povezave med posameznimi ploščadmi.

2.5.1.1 Trenutno stanje

Tehnologija stratosferskih ploščadi se razvija s precejšnjo hitrostjo, kljub temu pa ostaja še mnogo nedokončanih stvari. Dosežki na štirih raziskovalnih področjih, s katerimi se ukvarja že omenjeni projekt CAPANINA, so:

- Aplikacije in storitve
 - o Ta programski paket analizira ter ocenjuje scenarije možnih storitev in aplikacij, ki bodo ponujene s širokopasovnimi povezavami s stratosferskih ploščadi. Študija med drugim razlaga zahteve omrežij.
 - o Najbolj primerne se zdijo naslednje storitve:
 - širokopasovni dostop do interneta za stanovanjske uporabnike,
 - širokopasovne razpršene storitve, kot je HDTV,
 - širokopasovne zveze ob posebnih dogodkih ter ob okrevanjih po katastrofah,
 - Wi-Fi na vlakih ter avtobusih – to je prepričljiv argument za ponujanje do 120 Mbit/s za uporabnike v hitrih vlakih,
 - hrbtenična internetna omrežja.
- Komunikacijske povezave in omrežja
 - o Ta programski paket zadeva vse okoli fizičnih komunikacijskih povezav, kot so komunikacije HAP – HAP, HAP – sateliti ter HAP – vozlišče na zemlji. Delo poteka na preučitvi že končanega projekta HELINET ter primernih standardov in njihovi razširitvi za nove potrebe, kot so mobilni dostop visokih hitrosti ter razpoložljiva oprema. Razvite bodo nove naprednejše tehnike procesiranja signalov za minimalne izgube energije (zaradi učinkov okolja ter zahtev po visokih prenosnih hitrostih). Strategija dodelitve virov bo zadevala mobilnost ter interference,

učinkovito izrabo spektra, vzdrževanje kvalitete storitev in delitev spektra z zemeljskimi ter satelitskimi operaterji.

o Razvoj na tem področju vsebuje:

- prikaz radiofrekvenčnih in optičnih povezav,
- modeliranje ponovne uporabe istega frekvenčnega spektra različnih HAP za pokrivanje celic, se pravi, da bi različne HAP oddajale razpršeno tako, da bi uporabljale iste frekvence; signali bi bili ločeni z uporabo usmerjenih zemeljskih anten nad fizično ločenimi HAP sistemi,
- modeliranje interference med baznimi postajami širokopasovnega fiksne brezžičnega dostopa (BFWA – Broadband Fixed Wireless Access) ter vključitev rezultatov v delo standardizacijskih teles,
- študija pospeškometra (*angl. accelerometer*) za razumevanje stabilnosti in njen vpliv na tehnologije sledenja,
- študija Dopplerjevega pojava in ublažitev efektov npr. tunelov pri storitvah v vlakih z visokimi hitrostmi.

- Komunikacijska vozlišča

- o Ta programski paket tvori tehnologijo ter opremo za zemeljska in HAP vozlišča. Delo bo pokrivalo valove z milimetrsko valovno dolžino na frekvencah okoli 28 GHz ter optične zveze v odprtem prostoru. HAP antene morajo biti stabilizirane in uporabljati tehnike prevzemanja ter sledenja:

- delo z radijskofrekvenčnimi antenami bo zadevalo oblikovanje in usmeritev snopa; najbolj zahtevne so zveze s hitro premikajočimi se uporabniki, za usmerjanje snopa se uporabljajo mehatronske in elektronske (fazna) tehnike; prav tako se razvijajo algoritmi za tvorbo snopov, pomembna pa je tudi nizka poraba moči,
- optične zveze omogočajo komunikacijo z visoko kapaciteto; uporabljene so za komunikacijo do zemeljskih hrbteničnih postaj (ob dobrih, jasnih vremenskih pogojih); medsebojne zveze med

ploščadmi niso motene zaradi dežja ali oblačnosti, saj so locirane visoko nad oblaki, in lahko nadomestijo hrbtenične povezave v primeru slabega vremena (če je npr. v območju ene ploščadi, se promet preusmeri na drugo ploščad in preko nje na zemljo); projekt razvija tudi ustrezne optične terminale na ploščadih ter na zemlji in mehansko enoto za usmerjanje optičnega snopa, opravlja pa tudi meritve na optičnih kanalih.

- Oprema je že bila uspešno demonstrirana. Obliko koristnega tovora so med poizkusi izboljševali in prilagajali razmeram. Paket se ukvarja še s:
 - procesiranjem signalov za tvorbo snopov ter optičnimi povezavami,
 - demonstracijo anten z lečami (*angl. Lens antennas*),
 - modeliranjem »pametnih anten« za ponovno uporabo frekvenčnega spektra za več uporabnikov.

- Testiranje sistemov

- Deluje v sodelovanju z ostalimi programskimi paketi. Prvi poizkus je bil opravljen na višini 300 metrov s 15 metrov privezanim balonom, v naslednjem poizkusu so uporabili stratosferski balon, zdaj pa v sodelovanju z japonskimi partnerji pripravljajo novo testiranje na Havajih, in sicer z uporabo NASA-in »Pathfinder-Plus« plovila [19].
- Doseženi so bili naslednji rezultati:
 - uspešno končanje prvega dela poizkusov z uporabo balona na nižji višini v mestu Pershore v Veliki Britaniji; prikazan je bil radiofrekvenčni prenos v obe smeri, preizkusili pa so tudi več aplikacij; poleg tega so preizkusili optično sledenje; vreme ob preizkušanju je bilo nepričakovano slabo, kljub temu, da je veter premikal balon 5 do 10-krat bolj od pričakovanega premikanja stratosferske ploščadi, so bili podatki stabilni ter sledenje uspešno,
 - ob naslednjih poskusih sta bili uspešno testirani radijska (4 Mbit/s) ter optična (1 Gbit/s) povezava; komunikacija preko

optike v odprtem prostoru s stratosferskih ploščadi na zemljo naj bi bila prva takšne vrste; za brezžično komunikacijo so na ploščadi uporabili anteno s širokim snopom in ozkim sledilnim snopom na zemlji, medtem ko so za optiko uporabili sledilne antene na obeh koncih; testirali so tudi odziv koristnega tovora na nizke temperature in zračni tlak ter vpliv atmosferske turbulence.

2.5.1.2 Odprta vprašanja, trendi

Ob razvijanju sistemov HAP se poraja kar nekaj vprašanj. Predvidene težave stratosferskih ploščadi zadevajo bilanco dovajanja energije in samostojno navigacijo pri vzletu, pristanku ter vzdrževanju obratovanja.

- Čeprav je za dolgoročno namestitev ploščadi predvideno napajanje s sončnimi celicami, lahko pričakujemo, da bodo prvi poskusi postavitve vsebovali ploščadi z lastno energijo. Ta rešitev ima lahko tudi praktično uporabo, npr. za kratkoročno postavitve ploščadi (okrog 1 meseca) za komunikacije na področjih okrevanja po katastrofi. Ker je energija potrebna tako za vzdrževanje zrakoplova/letala kot tudi za potrebe samega koristnega tovora, moramo na vprašanje dovajanja energije gledati celovito.
- Kljub temu, da je že bilo predstavljenih nekaj letal in ploščadi s samostojnim nadzorom, t. j. brez neposrednega človeškega stika, je bilo nekaj neuspešnih poizkusov. Čeprav se iz tega lahko marsikaj naučimo, pa je to v smislu izgubljenih virov draga šola.

Okolje v stratosferi bo imelo velik vpliv na zahtevani tovor na ploščadi. Projekt Capanina daje pozornost izogibanju razelektritve radiokomunikacijskih anten, ki ga povzroči nizek zračni pritisk. Tovor mora tudi biti narejen oz. oblikovan tako, da upošteva nizke temperature ter možno veliko razliko v sončni obsevanosti ene ter druge strani tovora.

Največji izzivi tehnologije so v razvoju usmerjenih anten in zmožnosti natančne usmeritve ter sledenja povezavam tako za optične kot tudi za komunikacije s signali milimetrskih valovnih dolžin. Najverjetnejše rešitve so zmes mehanskih ter faznih tehnik. Težave mobilnih storitev so posredovanje signala tudi na področja, ki signala

ne morejo dobiti po direktni poti, kot npr. v tunelih, tu se soočamo tudi s problemi Dopplerjevega pomika signala.

Sistemi HAP morajo frekvenčni spekter deliti s storitvami drugih tehnologij. Trenutno so na voljo frekvenčni pasovi na 47/48 GHz v svetovnem merilu ter na 31/28 GHz v štiridesetih državah izven Evrope. Glavni problem je interferenca s prizemnimi, satelitskimi in ostalimi sistemi. Težave pri zagotavljanju razpoložljivosti frekvenčnega pasu so tudi, ker sistemov HAP na svetu praktično še ni. Glavni namen projekta Capanina je predvsem demonstracija zmožnosti te tehnologije ter ob uspešnih testiranjih povečanje kredibilnosti sistemov HAP.

Najpomembnejša razvojna področja obsegajo:

- demonstracijo ploščadi – ploščadi morajo biti stabilne in zanesljive, najprej za obdobje cca. 1 tedna, nato 1 meseca ter končno za okoli 18 mesecev,
- komunikacije – natančne, usmerjene ter antene za sledenje, posebej za storitve hitrim mobilnim uporabnikom,
- energijo – ob energiji iz sončnih celic bo moral koristen tovor na ploščadi imeti visok izkoristek porabljene energije, posebej ob delitvi dovedene energije z zrakoplovom,
- integracijo – z ostalimi metodami komunikacije in strategijo izročanja.

Načrti projekta Capanina:

- **Kratkoročni**
 - o Primerne ploščadi, kot je npr. NASA-ino »pathfinder plus« plovilo, so že razvite. V začetku je pričakovati začasne ploščadi (manj kot en mesec), ki bodo omogočale komunikacijo ob okrevanju po katastrofah in ob posebnih priložnostih, kot so npr. olimpijske igre. Leta 2004 ob Tsunamiju in ob vsem poznanem terorističnem napadu septembra 2001 v ZDA so bile komunikacije prekinjene in HAP bi bil takrat potencialni kandidat za oskrbo kritičnih komunikacijah v prvih dneh po katastrofi.
 - o V primerih kratkotrajne namestitve ploščadi bi le-te imele lastno gorivo za delovanje. Ob namestitvi na primernih mestih pa bi mogoče nudile podporo že v nekaj urah/dneh po katastrofi. Razvoj kaže na to, da se lahko sistemi HAP v takšne namene uporabijo v že zelo kratkem času.

- Srednjeročni

- Ploščadi bi ponudile širokopasovne zveze statičnim uporabnikom. Najverjetnejši scenarij za začetek je oskrbeti z infrastrukturo področja, ki nimajo na voljo drugih vrst tehnologij za dostop do širokopasovnih komunikacij oz. področja, kjer bi uvedba drugih tehnologij stala preveč. Trenutna pozornost mednarodnih investitorjev za izboljšanje infrastrukture v Afriki bi lahko to celino napravilo za idealno kandidatko za vpeljavo sistemov HAP. Možno je, da bodo izboljšane komunikacije privabile več investitorjev in pomagale pri ekonomskem razvoju.
- En polet v teh primerih bi trajal okoli 18 mesecev. Prav tako je potreben napredek v razvoju hranjenja energije, visoko zanesljivih materialov ter kontrole letenja. Potrebna je demonstracija anten in celične strategije, vendar to ni velik korak naprej napram trenutnim zmožnostim.
- Če bi omenjena namestitvev uspela, bi to povečalo kredibilnost sistema v Zahodnem svetu. Za ponudnike omrežja je zanimiv in atraktiven pristop k postavitvi sistem »pay-as-you-grow«: najprej se lahko postavi ena ploščad, ko bi njeno kapaciteto izkoristili, bi postavili novo ploščad, ki bi pokrivala isto območje in uporabljala iste frekvence itd.

- Dolgoročni

- Najbolj zanimiva storitev za trge Zahodnega sveta je ponudba zelo hitrih širokopasovnih zvez hitrim mobilnim uporabnikom. Trenutni Wi-Fi sistemi na vlakih ponujajo le hitrost, primerljivo s klicnimi (*angl. dial-up*) zvezami stacionarnim uporabnikom. HAP bi ponujal več kot 2 Mbit/s do posameznika.
- To je storitev, ki zahteva še največ razvoja. Največ pozornosti se daje razvoju anten za sledenje. Naslednja stvar, ki jo je treba rešiti, je Dopplerjev pojav ter zmanjšanje presiha zaradi ovir (npr. tunelov) in presiha zaradi več različnih poti signala. Za to se lahko uporabi več znanih metod: vlak lahko na primer pred tunelom ujame dovolj podatkov, da jih potem posreduje uporabniku v tunelu, ne da bi uporabnika pri tem kaj zmotilo. Za interaktivne komunikacije pa lahko

HAP komunicira s fiksnim sprejemnikom, ki potem v tunelu preko Wi-Fi ponovno odda podatke uporabniku.

- o Sistemi HAP se bodo najverjetneje integrirali z ostalimi metodami prenosa. V velikih mestih npr. bodo uporabniki dobili signal z zemeljskih oddajnikov, ko pa se bo vlak od mesta oddaljil, bo sistem samostojno preklopil na HAP. Za takšne primere bo nujna dobra strategija izročanja.

Projekt CAPANINA predlaga uporabo spremenjenega protokola 802.16SC za dostopovno povezavo. SC se nanaša na enojni širokopasovni nosilec (*angl. single carrier*), ki ga uporabimo raje kot OFDM tehniko. Uporabljene modulacijske tehnike so QPSK, 16QAM in 64 QAM. S prilagoditvijo obstoječega standarda pridobimo na ceni, saj zmanjšuje stroške razvoja opreme predvsem na strani uporabnika.

2.5.2 SATELITSKO OMREŽJE

Dostop preko fiksnih geostacionarnih satelitov je bil do pred kratkim zelo razširjen predvsem oz. samo pri ponujanju razpršene digitalne oddaje videa, saj ti sateliti pokrivajo zelo velika geografska območja, kar je ena od prednosti satelitskih tehnologij napram prizemnim. Sateliti se lahko uporabljajo tudi v namene komunikacije od točke do točke (na podoben način kot pri satelitskih telefonih), vendar je njihova uporaba spektra zelo omejena, zato ni za pričakovati, da bi bili za te storitve konkurenčni na področjih, kjer je možna uporaba drugih tehnologij. Razvoj kodnih shem MPEG2 in H.264 je močno povečal razpoložljivo kapaciteto in zmanjšal ceno ter stroške te tehnologije. Uporaba satelitskih tehnologij za širokopasoven dostop ima kar nekaj prednosti pred ostalimi tehnologijami.

Geostacionarni sateliti imajo zelo dobro pokritost uporabnikov, saj satelitska omrežja preprosto premostijo geografske ovire zaradi njihovega kota elevacije. Tehnologija je zelo konkurenčna za izolirane uporabnike, uporabnike v gorah, v odročnih krajih, na podeželju. Za nekatere storitve, kot je npr. dostop med letom z letalom, je uporaba satelitskega omrežja tudi edina možna rešitev.

Arhitektura omrežja je do neke meje skalabilna, dodajanje uporabnika, ki je na področju pokritosti satelita, je enostavno; ko kapaciteta omrežja narašča, je ob nekaterih tehničnih popravkih možna njegova segmentacija. Sateliti so bili načrtovani

kot poceni medij za razpršeno oddajo, zato lahko podpira mešano shemo unicast – multicast za širokopasovno oddajo, posebno za storitve videa.

Ko uvajamo satelitsko omrežje, lahko ločimo med več tipi arhitekture omrežja:

Prva kategorija so kooperativna omrežja. Idealna dostopovna tehnologija je tista, ki lahko na fleksibilen način kombinira unicast (oddaja enemu prejemniku), multicast (oddaja več prejemnikom) in broadcast (razpršena oddaja) oddaje. Sama satelitska omrežja so zelo ugodna za multicast ter broadcast zveze, optimalna pa bi bila gradnja kooperativnega omrežja med satelitskimi ter prizemnimi omrežji. Potrebno je raziskati in analizirati stvari, kot so stroški vpeljave ter instalacijski stroški na strani uporabnika. Prav tako je potrebno analizirati arhitekturo sistema ter protokole na aplikacijski ravni.

Naslednja kategorija so hibridni satelitsko-prizemni sistemi, kjer so sateliti uporabljeni zgolj za dovodne zveze prizemnim žičnim in brezžičnim celičnim omrežjem. Lahko si zamislimo različne arhitekture sistema, od direktnega dovajanja do arhitekture porazdeljenega pomnilnika.

Tretja kategorija pa je direktna širokopasovna povezava do uporabnika; ta tip dostopa se razvija za področja, ki niso pokrita s strani drugih tehnologij.

Mednarodna telekomunikacijska zveza (ITU – International Telecommunication Union) je satelitom dodelila tri frekvenčne pasove v mikrovalovnem področju: 3.4 – 4.8 GHz (pas C), 10.7 – 12.75 GHz (pas K_u) in 19 – 22 GHz (pas K_a). Pasovi imajo različne lastnosti:

- Pas C ni občutljiv na dež, medtem ko ostala pasova zaradi dežja utrpita slabljenje in presih. To lahko ublažimo z uporabo anten z višjim dobitkom, vendar to poveča stroške (in tudi velikost opreme) uporabniku. To seveda pomeni, da je pas C dragocenejši in zato tudi bolj reguliran. C pas se uporablja bolj za razpršeno oddajo, medtem ko naj bi pasova K_u in K_a bila bolj uporabljena za interaktivne storitve. Za zelo pomembne neprekinjene zveze uporaba pasov K_u in K_a ni najbolj primerna.
- Pasovi obsegajo različno veliko pasovne širine, posledično imajo pasovi z večjo pasovno širino višjo kapaciteto.

- Nad 10 GHz je uporaben le signal v vidnem območju (to je tudi razlog, da je v IEEE 802.16a WiMAX specifikaciji določen frekvenčni pas 2-11 GHz).

Obstajata dve osnovni konfiguraciji zemeljskih tirnic satelitskih sistemov:

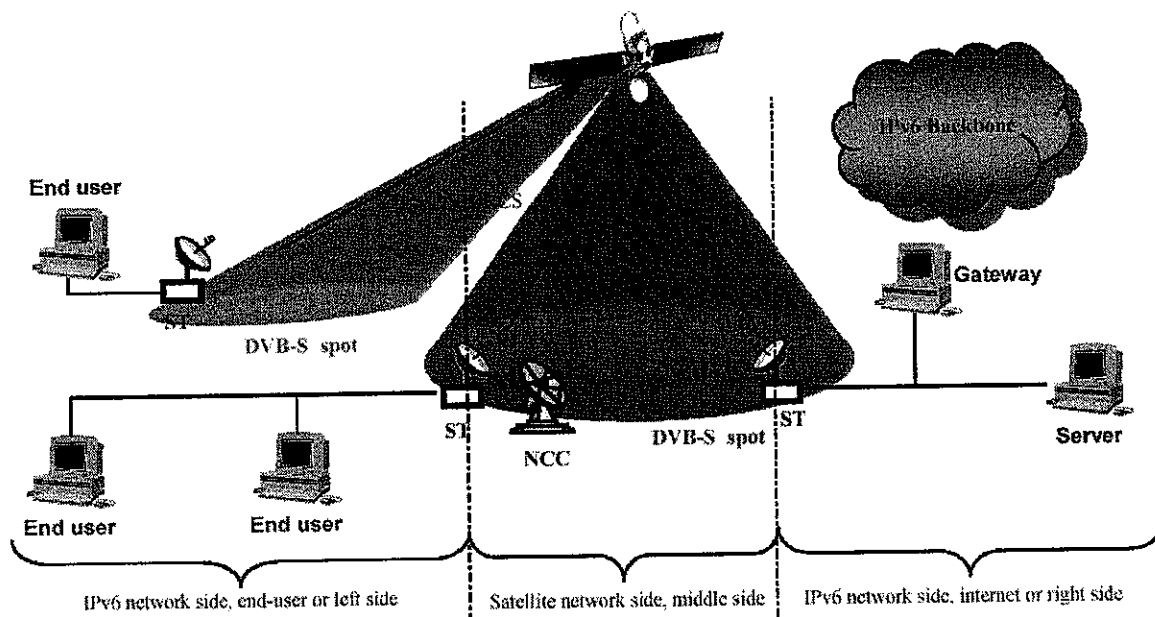
- Geostacionarna (GEO – Geostationary Earth Orbital) – Sateliti ležijo nad ekvatorjem v višini okrog 35.786 km in so stalno nad isto točko na zemeljskem površju. To seveda pomeni, da imajo zemeljske antene fiksno orientacijo do satelita in jim ni treba slediti novim položajem le-tega. Uporabljeni so za razpršeno oddajo na K_u frekvenčnem pasu ter za interaktivne komunikacije, za kar uporabljajo tako K_u kot K_a pas.
- Nizka (LEO – Low Earth Orbital) – So novejši. Ker se premikajo relativno glede na točko na zemlji, potrebujemo konstelacijo več satelitov, da konstantno pokrijejo zemeljsko površino. Uporabljeni so predvsem za interaktivne komunikacije, zaenkrat le za nekatere specifične aplikacije (npr. sledenje objektom na zemlji).
 - o Verjetno je najbolj znan sistem te vrste Iridium: sateliti se nahajajo na višini okrog 780 km. Sistem je sestavljen iz 66 satelitov, ki krožijo od pola do pola z obhodnim časom 100 min. Načrtovan je bil za glasovne komunikacije, začel je delovati konec leta 1998, a je že naslednje leto lastniško podjetje zaradi prevelikih stroškov in konkurenčnih prizemnih mobilnih tehnologij bankrotiralo. Leta 2001 je bil sistem ponovno vzpostavljen s strani novoustanovljenega podjetja.
 - o Teledesic je bil ambiciozno nastavljen sistem, načrtovan za širokopasovne komunikacije. Načrtovana je bila konstelacija 840 satelitov, ki se je postopoma uvajala v prakso v 90-ih letih prejšnjega stoletja, leta 2003 pa so sklenili, da sistem nima več smisla in zato se je samodejno eliminiral.

Obe metodi imata težave zaradi časovnih zakasnitev na prenosni poti od bazne postaje preko satelita do uporabnika. Zakasnitev verjetno ne moti uporabnikov elektronske pošte, brskanja po internetu ipd., je pa zelo moteča pri zahtevnejših storitvah, kot sta video konferenca, VoIP. Seveda je zakasnitev zaradi daljših razdalj daljša pri geostacionarnih satelitih, kljub temu pa je zakasnitev mogoče zaznati pri telefonskih pogovorih preko sistema Iridium. Zakasnitev pa tudi zmanjšuje

uporabnost te tehnologije za nekatere novejšje, časovno kritične aplikacije, npr. medicinske operacije na daljavo.

Geostacionarni satelitski sistemi lahko uporabljajo dva tipa arhitekture:

- »Bentpipe« arhitektura – tu satelit samo ponovno odda prejet RF nosilec (po frekvenčni pretvorbi), na satelitu ni nikakršnega signalnega procesiranja. Ta tip arhitekture dobro deluje za vse aplikacije razpršene oddaje ter tudi za interaktivne aplikacije, razen tistih, ki zahtevajo zelo majhno časovno zakasnitev signala. Uporabljen fizični nivo za navzdolnji prenos je digitalna satelitska video radiodifuzija (DVB-S – Digital Video Broadcasting - Satellite). Za interaktivna prva dva nivoja je izkoriščen DVB s satelitskim povratnim kanalom (DVB-RCS – DVB – Return Channel Satellite). Tvorba okvirjev temelji na MPEG ali ATM. Uporabljena modulacija je QPSK.
- Obnovljiva (*angl. regenerative*) arhitektura satelitskih omrežij uporablja procesiranje na samem satelitu, kar zmanjša časovno zakasnitev do 250 ms za geostacionarne satelite. Nekateri uporabljeni prenosni nivoji in protokoli so enaki kot pri Bentpipe arhitekturi. Problem obnovljive arhitekture je težja možnost nadgradnje in omejena kapaciteta funkcije procesiranja na satelitu, kar predstavlja dodatne ovire za izbiro tehničnih komponent.



Slika 15: Primer (obnovljive) arhitekture satelitskega omrežja [20]

ST = satelitski terminal, NCC = omrežni kontrolni center (Network Control Center)

Ker je potreba uporabnikov po navzdolnjem prenosu mnogo večja kot pa po navzgorjem (tu moramo izvzeti soležne peer-to-peer aplikacije), uporabljajo nekateri sistemi satelitske komunikacije le za navzdolnji prenos, za navzgornjega pa druge prizemne tehnologije (najpogosteje navadno telefonsko linijo). Če upoštevamo, da bodo satelitski sistemi v uporabi na področjih, kjer ni na voljo npr. xDSL tehnologije, bo navzgornji prenos omejen na analogni modem s hitrostjo okoli 30 kbit/s.

2.5.2.1 Odprta vprašanja, trendi

Kljub prednostim morajo satelitski sistemi premostiti kar nekaj težav, ki se pojavljajo ob vpeljavi širokopasovnih komunikacij. Začetna investicija, potrebna za izstrelitev satelita, je ogromna in zahteva zelo natančno načrtovanje ter kasneje zaračunavanje naročnine uporabnikom. Naslednja pomanjkljivost teh sistemov je omejena kapaciteta (omejen frekvenčni pas, moč oddaje ter omejena velikost pokritih celic), kar naredi uporabo določene pasovne širine relativno drago za uporabnika; kot rečeno, so bili sateliti prvotno načrtovani le kot medij za razpršeno oddajo, zato dobro funkcionirajo pri broadcast in multicast zvezah, slabše pa pri velikem pretoku prometa do posameznega uporabnika pri unicast zvezah. Če želi tehnologija ostati konkurenčna, je potrebno te stroške zmanjšati.

Ostale težave, povezane s sateliti, so:

- dolg obhodni čas (RTT – Round Trip Time) geostacionarnih satelitov je neugoden za časovno občutljive interaktivne storitve, kot so telefonija, video konferenca, lahko pa zakasnitev močno vpliva na prenos podatkov, npr. pri protokolu za krmiljenje prenosa (TCP – Transmission Control Protocol), ki zahteva potrditve paketov,
- težave fizičnega nivoja lahko vplivajo na učinkovitost gornjih nivojev in lahko zahtevajo specifične rešitve; dodeljevanje virov in meritve presiha sta eni najbolj zahtevnih opravil; primer tega je potrebna dinamična prilagoditev MAC protokola ter krmiljenja in dopuščanja klicev glede na kapaciteto satelitske zveze.

Če povzamemo, je največji problem uporabe satelitskih sistemov v širokopasovnih komunikacijah njihova cena glede na dodeljeno kapaciteto. To ceno lahko znižamo z

znižanjem stroškov satelita samega, učinkovitejšo izrabo razpoložljive kapacitete ter boljšimi medomrežnimi povezavami in povezavami znotraj enega omrežja.

V kratkoročnem oz. srednjeročnem obdobju ponudba širokopasovnih komunikacij s kvaliteto storitev preko satelitskih omrežij prinaša nekaj tehničnih vprašanj, ki jih je treba analizirati.

- Na fizičnem nivoju je glavno vprašanje, kako dinamično prilagoditi kapaciteto kanalov glede na pogoje za razširjanje valov in lokacijo uporabnika v celici. Optimizacija je možna predvsem z uporabo novega DVB-S2 (DVB – Second Generation) mehanizma.
- V primeru hibridnih satelitsko-prizemnih omrežij je dobro sodelovanje med tema omrežjema pomembno, saj si želimo čim manj procesiranja na prehodih (*angl. gateway*) med omrežjema, lahko pa je zaželena tudi uporaba unikatnih fizičnih in MAC nivojev.
- Potrebno je natančno definirati arhitekturo kvalitete storitev, ki bo dobro prilagojena na satelitske kanale, kar pomeni dati pozornost različnim funkcionalnim nivojem, ki pa so pogosto med sabo povezani.
- Na aplikacijskem nivoju morajo biti analizirani različni mehanizmi, kot so definicija in ocena arhitekture porazdeljenega pomnilnika ter specifični kodni mehanizmi, ki morajo biti usklajeni z različnimi možnostmi kapacitete kanalov (posebej je to pomembno pri videu). V primeru sodelujočih omrežij morata biti analizirana tudi interakcija in signalizacija med omrežji.
- Algoritmi za dodeljevanje nadzora ter pasovne širine se morajo skladati z dinamično kapaciteto. Teme za raziskovanje so nadzor pretoka, krmiljenje dopuščanja zveze (CAC – Connection Admission Control), usmerjanje ter razporejanje (*angl. scheduling*).

Ostala nerešena vprašanja so med drugim upravljanje mobilnosti v sistemih LEO, specifične varnostne rešitve, skladne z omejeno močjo procesiranja na satelitu, obnašanje prenosnih protokolov na satelitskih kanalih ter nove rešitve (»TCP splitting«, novi prenosni protokoli). Upravljanje in signalizacija v primeru oddaje več uporabnikom (multicast) za različne arhitekture (kooperativna omrežja, porazdeljen pomnilnik) sta zelo pomembna, saj je satelitska tehnologija še vedno precej dražja od ostalih, prizemnih tehnologij.

2.5.2.2 Prihodnost satelitskega omrežja

Kratkoročna vizija fiksnega satelitskega dostopa je konzervativen razvoj trenutnih sistemov, ki zadeva standardizacijo in optimizacijo trenutnih sistemov (učinkovitejša MAC in fizični nivo, prilagoditev na dvosmerno komunikacijo, standardizacija vmesnikov za hibridne sisteme, povečanje procesiranja v satelitu samem). Hiter razvoj ostalih konkurenčnih dostopovnih tehnologij in razširitev le-teh tudi za prenos videa lahko vodi k hitrejšim spremembam in razvoju satelitskih sistemov k dolgoročni viziji:

- porazdeljena arhitektura: trend gre v smeri ad-hoc omrežij v prostoru, ki je mogoč s proizvodnjo manjših in mnogo cenejših satelitov,
- »All IP« omrežje na nebu: porazdeljena arhitektura lahko to omogoči,
- hibridne tirnice: do pred kratkim so bili najbolj razširjeni GEO sistemi; hibridne tirnice z medsebojnimi povezavami med GEO in LEO sistemi bodo prinesle velik napredek na področju povezavnosti, pokritosti in storitev usmerjanja,
- hibridna omrežja: sateliti so lahko za fiksni in mobilni dostop kombinirani s prizemnimi sistemi ali sistemi z nižjimi tirnicami, kot npr. HAP,
- porazdeljen pomnilnik: arhitektura omrežja za razdeljevanje vsebine (CDN – Content Distribution Network) je posebno učinkovita v satelitskih okoljih, kjer je kombinacija multicast oddaje in pomnjenja optimalna rešitev.

Bolj specifično so lahko sateliti v sodelovanju s 3G omrežji uporabljeni tudi kot multicast/broadcast cevi za mobilni multimedijski dostop ali pa v sodelovanju s prizemnimi fiksnimi omrežji od točke do točke za širokopasoven dostop.

Raziskave na področju satelitov, ki zrcalijo gornjo vizijo za širokopasovne razpršene komunikacije satelitskih sistemov, zadevajo:

- integracijo kooperativnega omrežja satelitskih in prizemnih širokopasovnih komunikacij,
- podporo IP varnosti,
- ad-hoc in na zanki temelječe okolje,
- napredno modulacijo v radijskih vmesnikih,
- izboljšavo učinkovitosti fizičnega nivoja,

- ublažitev interference na satelitih.

Cenejši sateliti in sistemi z višjo razpoložljivo kapaciteto bodo povzročili raziskave še na nekaterih drugih področjih, povezanih s satelitsko tehnologijo:

- večje antene za K_a pas z namenom zmanjšanja celic,
- večja moč satelitov,
- fleksibilna omrežja za tvorbo snopov ter procesiranje na satelitu samem,
- paketna komutacija,
- brezžične povezave na satelitu,
- povečanje kapacitete procesiranja na satelitu z manjšimi oz. lažjimi digitalnimi signalnimi procesorji.

2.6 BREŽŽIČNE TEHNOLOGIJE SREDNJEDOLGEGA (WiMAX) in KRAJŠEGA DOSEGA (Wi-Fi, UMTS)

Brezžični dostop je bil v zadnjih desetih letih eno izmed najbolj razvijajočih se področij širokopasovnih komunikacij. Mobilnim omrežjem se je dodajalo zmožnosti prenosa podatkov, najprej preko GSM, nato GPRS in prek nekaj leti tudi preko UMTS tehnologije. Izboljšave je za pričakovati tudi v sistemih 4. generacije (4G) in naprej. Še največja težava pri razvoju tega področja je omejitev samih telefonov. Zahteve oblikovalcev telefonov in tudi uporabnikov zadevajo predvsem velikost telefona, posledično pa se s tem omejuje funkcionalnost ekrana in tipkovnice. Dandanes so že zelo razširjene kartice, s katerimi se lahko vključimo v omrežje s prenosnim računalnikom, toda velikost in teža prenosnikov sta daleč od idealnega terminala. Še najboljša rešitev trenutno so dlančniki – imajo večji zaslon od telefonov in so mnogo lažji ter manjši od prenosnikov, kljub temu pa še vedno niso idealni terminali. Pot k večji funkcionalnosti in zadovoljstvu uporabnikov so lahko tudi raziskave o pomiku zaslona v »telo« naprave ob njeni neuporabi ter projektirane »virtualne« tipkovnice. Medtem ko ima zahodna Evropa praktično povsod že razvito infrastrukturo žičnega omrežja, pa to ne drži za nove članice Evropske unije iz vzhodne Evrope ter nekatere ekonomsko zelo hitro rastoče države, kot sta Kitajska in Indija. Uspeh mobilnih omrežij lahko zavre investicije v žična omrežja, saj lahko brezžična omrežja nudijo uporabnikom govorne storitve dokaj poceni. To pa bi pomenilo, da je za ljudi na teh

področjih širokopasoven dostop do interneta preko brezžičnih dostopovnih omrežij najbolj ugodna in praktično uresničljiva rešitev.

Prav tako kot mobilna telefonska omrežja so v zadnjih nekaj letih uspeh doživele tudi Wi-Fi lokalna omrežja (LAN) – za privatno in javno rabo; za slednjo preko t. i. Wi-Fi vročih točk (*angl. hotspots*). Dandanes že težko kupimo prenosni računalnik brez vgrajene kartice za zmožnost komunikacije preko Wi-Fi. Razpoložljiva pasovna širina povezav se je v zadnjem času povečala, ko se je povečalo tudi število povezav, ki jih omogoča standard IEEE 802.11. Wi-Fi deluje v celicah manjših velikosti. Predstavljena pa je že tehnologija, ki uporablja večje celice v namene širokopasovnega fiksne brezžičnega dostopa, kot je npr. WiMAX (do 70 Mbit/s; do 50 km). Le-ta bo združil manjše celice na področjih, kjer bi bilo neekonomično imeti veliko število celičnih vozlov (*angl. hubs*) ali pa žično hrbtenično povezavo. Drug pomemben cilj tehnologije je zapolniti vrzeli pokritosti xDSL in kabelskih omrežij, predvsem so tu mišljena podeželska področja, kjer operaterji nimajo ekonomskega interesa za vpeljavo žičnih omrežij za širokopasovno komunikacijo. Wi-Fi tako ponuja dostop »zadnjih 10 m« in deluje v področjih LAN, WiMAX pa dostop »zadnjih 10 km« in deluje v področjih MAN.

Tako Wi-Fi kot WiMAX sta nabora standardov, ki pokrivajo prva dva OSI nivoja (IEEE 802.11 oz. 802.16). Različni tipi Wi-Fi uporabljajo različne modulacijske tehnike, vendar za povezave večjih pasovnih širin praviloma vsi uporabljajo OFDM (podobno kot xDSL). Celična mobilna telefonija tipično uporablja širokopasovni kodno porazdeljeni sodostop (W-CDMA – Wideband Code Division Multiple Access) čez QAM ali QPSK.

Standard 802.16 se osredotoča na učinkovito rabo frekvenčnega pasu med 10 in 60 GHz ter tudi 2-11 GHz. Medtem ko je prvi frekvenčni pas namenjen komunikaciji s črto vidljivosti (*angl. line-of-sight*), je drugi namenjen tudi ovirani komunikaciji s črto vidljivosti (*angl. obstructed line-of-sight*) ter komunikaciji brez črte vidljivosti (*angl. non line-of-sight*). Različne aplikacije zahtevajo različno zagotavljanje kvalitete storitev, prenos glasu in videa npr. dopuščata manjše napake, a ne dopuščata večjih zakasnitev; na drugi strani pa podatki morajo prispeti brez napak, a so lahko zakasneni. Standard se prilagaja vrsti podatkov z ustreznimi lastnostmi v MAC nivoju, kar je učinkoviteje, kot če bi to naredili v višjeležečih nivojih. Standard podpira tako frekvenčni (FDD – Frequency Division Duplexing) kot časovni dupleks (TDD –

Time Division Duplexing). Začetni standard 802.16-2001 podpira dostop z naslednjimi specifikacijami: frekvenčno področje: 10-66 GHz; širina kanala: 28 MHz (Evropa), 20, 25 MHz (ZDA); domet: nekaj kilometrov; modulacija: enojni nosilec: 32 Mbit/s QPSK, 64 Mbit/s 16 QAM, 96 Mbit/s 64 QAM. Standard 802.16a-2003 deluje v frekvenčnem pasu pod 11 GHz in je namenjen povezavi domov, podjetij in vročih točk brezžičnega lokalnega omrežja (WLAN – wireless Local Area Network). Zelo izboljša komunikacijo brez črte vidljivosti in je najprimernejši za komunikacijo ob prisotnosti raznih ovir, kot so zgradbe in drevesa. Postavitev baznih postaj je bolj primerna na zgradbah kot na stolpih in hribih. Definira tri vrste fizičnih nivojev za storitve:

- metoda dostopa enojnega nosilca za omrežja s posebnimi nameni, ki delujejo na frekvencah med 10 in 66 GHz,
- metodi več nosilcev, ki ponujata višje hitrosti in večjo fleksibilnost, ki delujeta na frekvencah od 2 do 11 GHz:
 - o 256-nosilno OFDM za »mainstream« storitve,
 - o OFDMA z 2048 nosilci za izbrane »multicast« aplikacije in napredne multipleksirane možnosti.

S hitrostjo 75 Mbit/s podjetjem ponuja alternativno kvalitetno širokopasovno povezavo. Tipična izvedba te tehnologije v podjetju zgleda takole: prenosni in namizni računalniki so med seboj povezani preko 802.11 Wi-Fi dostopovne točke, ki se nahaja nekje v/ob stavbi podjetja. Usmerjena WiMAX antena zagotovi med podjetjem in postajo ponudnika storitev (tudi če ni črte vidljivosti med njima, bazna postaja pravilno interpretira podatke iz odbitih signalov). Hrbtenično omrežje do interneta je povezava 802.16 točka-točka ali pa tradicionalno žično hrbtenično omrežje. Tehnične lastnosti in izboljšave standarda so:

- podpora storitvam v licenčnem in nelicenčnem pasu pod 11 GHz,
- visoka izraba spektra, kar zmanjšuje stroške ponudniku in večja zadovoljstvo uporabniku,
- FEC za zanesljivejše delovanje,
- podpora naprednim antenskim tehnikam za izboljšanje dometa in kapacitete,
- prostorsko/časovno kodiranje za izboljšanje izvedbe v okoljih presiha,

- podpora prilagodljivim modulacijam, kar v zameno za manj pasovne širine omogoča doseg do 50 km.

Skupina, ki je načrtovala standard 802.16e-2005, je le-tega razširila tako, da omogoča dostop tudi mobilnim uporabnikom. Namen je zapolniti praznino med visokimi podatkovnimi hitrostmi WLAN sistemov ter visoko mobilnostjo celičnih sistemov. Standard omogoča povezavo vsem uporabnikom, ne da bi potrebovali črto vidnosti do bazne postaje. Tehnologija bo vključena v prenosnike in dlančnike, tako da bodo urbana področja ter mesta postala »Metro cone« za širokopasovni brezžični dostop.

Širina WiMAX kanalov je od 1.5 do 20 MHz in omogoča WiMAX omrežju podporo različnim podatkovnim prenosom, kot so E1 (2 Mbit/s) in višje (do 70 Mbit/s) na enem kanalu, ki ga lahko uporablja na tisoče uporabnikov. To omogoča WiMAX-u, da se prilagodi razpoložljivi pasovni širini in širini kanalov v različnih državah oz. pri različnih ponudnikih storitev. WiMAX podpira ATM, IPv4, IPv6, ethernet ter storitve navideznega lokalnega omrežja (VLAN – Virtual Local Area Network) in ponuja ponudnikom storitev prenosa glasu in podatkov bogato izbiro možnih storitev. Predstavlja tudi idealno rešitev za brezžično hrbtenično povezavo med 802.11 brezžične tehnologije ter internetom. Omrežje WiMAX je zgrajeno na podoben način kot mobilna celična omrežja – postavljene so bazne postaje, ki pokrivajo območja s polmerom nekaj kilometrov. Tipična arhitektura WiMAX sistema tako vključuje bazno postajo, pritrjeno na zgradbi, ki omogoča komunikacijo točka – več točk z uporabniškimi postajami, nameščenimi v podjetju ali doma. Oprema strankinih prostorov (CPE – Customer Premises Equipment) tudi poveže bazno postajo do uporabnika. Podatkovni ali govorni signal je potem usmerjen preko eterneta direktno do uporabnika ali pa npr. do 802.11 vroče točke. Sistemi WiMAX imajo še ostale prednosti, kot so robustnost varnostnih lastnosti, dobra kvaliteta storitev, tehnologija pametnih anten (*angl. Smart antennas*), ki bo omogočila boljši izkoristek spektralnih virov. Prav tako pa govorne storitve WiMAX lahko delajo tako s tradicionalnim TDM kot tudi z novejšo VoIP.

WiMAX dovoljuje dobaviteljem opreme razvoj zelo različnih vrst produktov, tudi različne konfiguracije baznih postaj ter uporabniške opreme. Ponuja različne rešitve, kot so dostop »zadnjega kilometra«, hrbtenična omrežja za bazne postaje celičnih omrežij ter Wi-Fi vroče točke in mnoge nove poslovne storitve.

Organ, ki se ukvarja z WiMAX tehnologijo, se imenuje »WiMAX Forum«. Je neprofitna organizacija, ki sta jo leta 2001 ustanovila Nokia Corporation in Ensemble Communications Inc. Z namenom promocije in overjanja kompatibilnosti in vzajemne obratovalnosti produktov širokopasovnega brezžičnega dostopa, ki temeljijo na 802.16 in ETSI HiperMAN (ekvivalent 802.16 standardu v Evropi) specifikacijah. Cilj foruma, ki ima že več kot 350 članov, med njimi tudi vodilne proizvajalce opreme na svetu, je pospešiti predstavitev teh produktov, ki bodo popolnoma vzajemno obratovalni in bodo podpirali fiksne, prenosne ter mobilne aplikacije, na trgu. Trenutni načrti WiMAX foruma so naslednji:

- promovirati in pospešiti uvedbo WiMAX-a na globalni ravni,
- napraviti WiMAX za vodilno tehnologijo na svetovnem trgu širokopasovnih brezžičnih povezav,
- podati okvire za arhitekturo IP omrežja od konca do konca s podporo fiksnim, prenosnim in mobilnim uporabnikom,
- zagotoviti zaupanje svetovnih ponudnikov storitev v overjene produkte WiMAX Forum-a,
- razviti nove profile, ki temeljijo na vzajemnem delovanju standardov 802.16 in ETSI in bodo delovali na vseh svetovnih trgih,
- povečati zahteve uporabnikov z omogočanjem konkurenčnih novih aplikacij in modelov storitev.

Glavni problem vseh brezžičnih tehnologij je interferenca z ostalimi viri radijskih valov. To še posebej velja za Wi-Fi, ki uporablja nelicenčni frekvenčni spekter; mnoge druge storitve – npr. brezvrvični (*angl. cordless*) telefon – lahko uporabljajo isti frekvenčni pas. Bližina sosednjih celic Wi-Fi sistema lahko oslabi kvaliteto signala. Nekateri komentatorji, kot npr. Peter Kastner [21] so prepričani, da bosta uspeh in razširitev Wi-Fi sistema prinesla njegov propad. Zaradi hitrega povečevanja uporabnikov bodo omrežja zelo motili signali sosednjih Wi-Fi celic in s tem zmanjševali kvaliteto uporabnega signala, tako da uporabnik ne bo mogel normalno funkcionirati. Zato so že prisotne raziskave na področju izboljšanja učinkovitosti algoritmov. Podjetje, ki se ukvarja s tem problemom, je tudi AutoCell Laboratories, Inc., ustanovljeno pod imenom Propagate Networks z njihovim produktom AutoCell [22]. Njihova tehnika vključuje samodejno določitev optimalnega kanala, prilagajanje

oddajne moči in s tem prilagoditev velikosti celice trenutnemu radiofrekvenčnemu okolju, temu prilagojena moč na uporabniški strani (s tem tudi privarčujemo pri bateriji) ter prehajanje med optimalnimi dostopovnimi točkami brez prekinitev.

Večpotna (*angl. multipath*) interferenca je podobna oslabitvi, povzročeni zaradi štrcljev pri bakrenem paru ali mikroodbojev v kabelskih sistemih. Signal lahko potuje od oddajnika do sprejemnika različno dolgo. To se lahko zgodi zaradi odbojev ali pa zaradi časovnih zakasnitev. To lahko vodi do intersimbolne interference in posledično do napak v sprejetih podatkih. Ciklično preverjanje kode (CRC – Cyclic Redundancy Check) bi napako moralo zaznati in okvirji z odkritimi napakami bi se morali poslati še enkrat. To pa bi seveda povečevalo promet in s tem zmanjševalo kapaciteto kanala. Standardi IEEE 802.11 a, g in n ter WiMAX uporabljajo OFDM, kjer je signal razdeljen v več ozkih podkanalov, ki so potem poslani paralelno. Ozkost podkanalov in daljše trajanje posameznega simbola delata to tehniko bolj odporno na probleme zaradi več poti, saj lahko v vsakem kanalu toleriramo daljšo zakasnitev. Večji vpliv pa ima ta problem na 802.11 b standard, ki uporablja le en frekvenčno širši nosilec. To povzroči veliko variacij pri odbojih preko celotnega spektra, kar daje velik domet zakasnitev in manjšo toleranco. Za rešitev težave je možna raznolikost – to pomeni imeti več kot le eno prostorsko raznoliko oddajno anteno in potem sprejemnik sam izbere tisto, ki mu nudi najboljši signal. V tem primeru morajo biti antene daleč narazen, da imajo znatno različne poti do uporabnika. UMTS in HSDPA za rešitev problema interference uporabljata lastnost W-CDMA. Sprejemnik naredi korelacijo med sprejetimi in pričakovanimi kodami in tako lahko detektira paralelne poti. Vsaka pot je potem procesirana z ločenim kanalom, ki se nato združijo v sprejeti signal. Tak sprejemnik imenujemo RAKE sprejemnik (zaradi grafične predstave sprejemnika, ki spominja na grablje).

Pomembno vprašanje brezžičnih tehnologij je tudi varnost. Za prisluškovalca je veliko lažje prestreči signal ali celo »ugrabiti« pasovno širino pri takšni vrsti omrežja kot pa npr. v žičnem omrežju. Pojavila sta se dva nova termina – *war driving* in *war chalking*. Pri *war drivingu* gre za kroženje po mestnih četrtih, običajno v avtomobilih, in za poskuse prestrezanja valov WLAN-ov, brezžičnih lokalnih omrežij, ki so nameščena v hišah, pisarnah, bankah, trgovskih centrih, na letališčih in barih, da bi preko njih lahko vstopili v medmrežje. V dosegu signala ga je moč zlahka ujeti, če imamo na voljo ustrezno opremo. Potrebujemo le prenosni računalnik s PCMCIA

kartico, usmeritveno anteno in programsko opremo, ki jo običajno lahko brezplačno najdemo na medmrežju in si jo naložimo na svoj računalnik. To programje išče in najde vstopne točke, kar zadostuje, da se lahko podamo na lov za lokalnimi brezžičnimi omrežji. Ko ga najdemo, ugotovimo njegov identifikator nabora storitev (SSID – Service Set Identifier), ki deluje kot geslo za brezžično vozlišče, in če omrežje ni dobro zavarovano, je vanj mogoče vstopiti. Pogosto lokalna brezžična omrežja običajno niso zadostno varovana, saj njihov varnostni protokol v nasprotju z namerami ne ponuja enake varnosti kot pri žičnem dostopu. Zato naj bi ga v prihodnje tudi nadomestili z varnejšim. War chalking gre še korak dlje. Po uspešnem vstopu posameznikov v medmrežje in preden ponovno začnejo z lovom nove vstopne točke, običajno pustijo znamenje svojega podviga tistim mimoidočim, ki bodo potrebovali internetno povezavo. Zaznamovanje kraje s kredo (chalk=kreda) ni posebno učinkovito, če naj mimoidočim ponudi informacijo o kraju, na katerem je mogoče dostopati do medmrežja. Kreda se sčasoma zbriše. Veliko uporabnejše je, če na določeni spletni strani objavimo lokacije skrekanih vozlišč. Takšna spletišča so že nastala. Njihovi redni obiskovalci so tako lahko vnaprej obveščeni, kje se bodo lahko povezali z medmrežjem na območju, ki ga nameravajo obiskati [23].

Wi-Fi oprema ponuja metode za zagotavljanje varnosti, vendar je mnogi uporabniki ne vgradijo, verjetno preprosto zaradi ignorance. Kot del Wi-Fi standarda sta na voljo dva tipa enkripcije. To varuje le podatke znotraj Wi-Fi lokalnega omrežja, za enkripcijo od konca do konca morajo poskrbeti višje ležeči nivoji OSI sklada.

Prva enkripcijska tehnika, vgrajena v sistem, je »zasebnost, ekvivalentna žičnim omrežjem« (WEP – Wired Equivalent Privacy). Uporablja fiksni ključ in ni varna. Danes je zastarela, saj je lahko razbita v kratkem času z javno dostopnimi orodji. Novejša verzija, imenovana WPA (Wi-Fi Protected Access), uporablja daljši ključ, ki ga redno menja in tako omogoča mnogo boljšo varnost. Obstajajo tudi druge metode izboljšanja varnosti v Wi-Fi omrežjih:

- prenehanje oddajanja SSID, kar pomeni, da povprečni uporabnik ne bo zaznal, da omrežje sploh obstaja,
- vgradnja filtriranja MAC naslovov, da ima možnost dostopa do omrežja le uporabnik z avtorizirano opremo.

Nobena metoda ni 100 % uspešna pri zagotavljanju varnosti pred zlonamernimi napadi, vendar uporaba vseh teh ukrepov prepreči večino zlorab.

Te metode zagotavljajo varnost uporabniku, ki je povezan v verodostojno avtentično omrežje. Pri mobilnih uporabnikih, povezanih preko vročih točk, obstaja tveganje, da omrežje ne oskrbuje kakšna ugledna organizacija ali da se pretvarja za nekaj, kar ni – t. i. sleparjenje (*angl. spoofing*). Uporabniki nepreverjenih omrežij morajo zato biti zelo pazljivi s podatki, ki jih delijo z drugimi na omrežju.

WiMAX uporablja enkriptni sistem, podoben overjeni verziji WPA (WPA2); pomembna razlika je v tem, da mora biti pri WiMAX-u ves promet v omrežju obvezno kriptiran. Ni možnosti, da varnostnih aplikacij ne bi implementirali v sistem in to bi moralo narediti WiMAX varnejši. Ker je WiMAX primarno namenjen javni uporabi (lastniki omrežja so lahko ponudniki internetnih storitev), ne bi bilo praktično, če ne bi oddajali SSID ali če bi vgradili filtriranje MAC naslovov. Kljub temu pa se uporabniki morajo zavedati nevarnosti t. i. spoofinga.

Varnost v UMTS (3G) omrežjih je nadaljnji razvoj varnostnih mehanizmov v omrežjih GSM (2G). Nekatere komponente celotne varnostne strategije so:

- sporazum o overovitvi ključa – zagotavlja, da je na omrežje priključen ustrezen uporabnik, uporabniku pa potrdi povezavo do ustreznega omrežja in ne do nepristne bazne postaje; to zadnje je novo v sistemu UMTS,
- celovitost – kodiranje signalnih sporočil na podlagi predhodno razdeljenih ključev, s tem se prepreči nepooblaščen spreminjanje podatkov med prenosom,
- zaupnost – to področje pokriva kodiranje poslanih podatkov, da preprečimo morebitno prisluškovanje.

Za brezžične komunikacije je možen problem tudi velikost celic. Ko se pasovna širina zvez povečuje, se premer celice zmanjša, kar seveda zahteva veliko število postavljenih baznih postaj. WiMAX naj bi to popravil, vendar lahko vseeno pride do povečanja števila baznih postaj zaradi morebitnih težav pri tekmovanju za dostop do omrežja med uporabniki. Izgradnja velikega števila novih baznih postaj ne bo enostavna. Težave se pojavljajo pri dostopu do nepremičnin in izgradnji infrastrukture za hrbtenično omrežje. Zanimiv pristop predlagajo v okviru projekta OBAN [24]. Predlagajo, da bi uporabili kar prehode v privatnih domovališčih, saj naj bi tam veliko

kapacitete ostalo neizkoriščene. Predlog ponuja določen del kapacitete rezerviran za gostiteljsko družino, preostali del kapacitete pa bi se porazdelil med ostale prehajajoče (*angl. roaming*) uporabnike.

Zaradi ekonomskih razlogov ni za pričakovati, da bodo na podeželskih področjih postavljene Wi-Fi celice na gosto; več možnosti za oskrbo teh uporabnikov imajo druge tehnologije, kot je WiMAX. Za ekstremno oddaljene uporabnike prideta v poštev satelitska tehnologija in HAP. Dodatne težave se pojavijo tudi pri zelo hitro premikajočih se uporabnikih, ki uporabljajo to omrežje. Težave zadevajo izročanje med celicami, saj lahko uporabnik menja celice v razmaku nekaj sekund ali celo manj in to je v primerjavi s trenutnim izročanjem med celicami v sistemih UMTS zelo hitro. C. Blondia je napravil emulacijo, ki spremlja moč signala nekaj okoliških baznih postaj in sistem potem izbere tisto, ki oddaja najmočnejši signal.



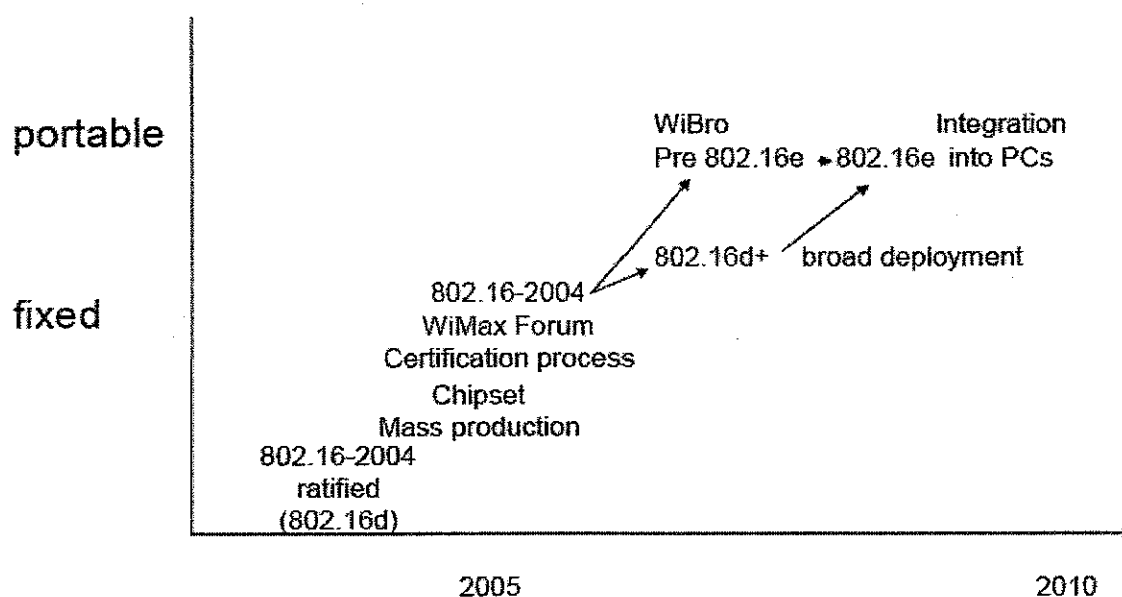
Slika 16: Emulacija spremljanja moči signalov baznih postaj [25]

Potrebno je tudi izpostaviti, da bodo hrbtenične žične povezave morale dovesti večjo pasovno širino k in od vsake bazne postaje. Hitra rast brezžičnih širokopasovnih

povezav bo pripeljala do žičnih povezav z zahtevano veliko pasovno širino in te povezave bodo morale biti postavljene zelo na gosto. Tako lahko zanimivo ugotovimo, da se bosta usodi žičnih in brezžičnih povezav gotovo prepletali.

Tehnologija	Standard	Frekvenca delovanja [GHz]	Modulacija	Najvišja možna podatkovna hitrost [Mbit/s]	Domet
Wi-Fi	802.11a	5	OFDM	54	~ 50 m
	802.11b	2.4	CCK preko QPSK	11	~ 100 m
	802.11g	2.4	OFDM	54	~ 100 m
	802.11n	2.4	OFDM	400	~ 10 m
WiMAX	802.16	10-66	OFDM z uporabo QPSK 16 QAM 64 QAM	do 70	50 km
	802.16a	2-11			
	802.16d			4	1 km
	802.16e (Mobile)				
UMTS	UMTS	1.9 uplink 2.1 downlink	W-CDMA preko QPSK	1.92	~ 1.5 km
HSDPA	HSDPA	1.9 uplink 2.1 downlink	W-CDMA preko QPSK	14.4	~ 1.5 km

Tabela 4: Brezžične tehnologije srednjedolgega in krajšega dosega



Slika 17: Predviden časovni potek razvoja WiMAX tehnologije [3]

Obstajata dve strategiji za razvoj mobilnosti v WiMAX sistemih. Po prvi naj bi trajalo vsaj še kako leto, preden bi se uporaba mobilnega standarda 802.16e razširila, ter da bo nadgradnja sedanjega standarda kompleksna. To pomeni, da je potrebno standard 802.16-2004 narediti kar se da dobro, da bo zadostil kriterijem (kratkoročne) uspešne prodaje in pridobil zaupanje ljudi v sistem WiMAX. Tako bi nastala tehnologija »d+«, ki bi ponudila več kot le osnovne funkcije fiksnega standarda s poudarkom na kakovosti storitev za govorne in video aplikacije ter na zagotavljanju nemotenega delovanja uporabniške prenosne opreme. Druga strategija pa pravi, da je potrebno hitreje preiti na nov, mobilni standard. To bi bilo mogoče z uvedbo nekakšnega predstandarda, ki bi ponujal večino lastnosti svojega naslednika 802.16e. Strategija je osnovana na podlagi upanja, da se bo standard na trgu hitro uveljavil in da preskok oz. nadgradnja predhodnika ne bo pretežka. Kljub temu pa je integracija WiMAX sistema v osebne računalnike predvidena za leto 2009.

Pomemben trend se kaže v želji uporabnikov tudi doma uporabljati mobilni telefon namesto stacionarnega. Vendar ima to kar nekaj slabosti, med drugim višjo ceno pogovorov ter slabšo pokritost signala znotraj hiše. Zato je nujno potrebna konvergenca med fiksnimi in mobilnimi tehnologijami (FMC – Fixed-to-Mobile Convergence). Tako je nastala ideja zgraditi most med WLAN in 3G tehnologijo. Z vidika 3GPP (3rd Generation Partnership Project) je WLAN komplementarna dostopovna radijska tehnologija, ki idealno dopolnjuje pokritost 3GPP sistemov z višjimi podatkovnimi hitrostmi ter nizkimi stroški načrtovanja in postavitve vročih točk. Gledano s perspektive WLAN pa se je pokazala možnost uporabe storitev avtorizacije, avtentikacije in obračunavanja (AAA – Authorization, Authentication and Accounting) preko uporabniške SIM kartice dvozvrsnega (*angl. dual mode*) ročnega terminala ter tudi izkoristek nekaterih prednosti 3GPP arhitekture v zvezi z obračunavanjem in skrbjo za uporabnike.

Danes je v razvoju več različnih tehnologij, ki naj bi ponujale takšne storitve. Primer za direktno implementacijo WLAN v 3G arhitekturo je standard GAN; druga rešitev je integracija prihodnjega IMS 3G jedrnega omrežja. GAN se lahko postavi na obstoječem 2.5G omrežju brez modifikacije arhitekture, ampak samo z dodatkom nove komponente s specifičnimi vmesniki do 2.5G jedrnega omrežja. Standard je bil objavljen sredi leta 2005 in vse od takrat kaže na veliko priložnost mobilnih operaterjev, da vstopijo na konvergenčni trg in tako ohranijo stik z uporabniki, ki želijo

izkoristiti prednosti vedno bolj rastočega WLAN omrežja (boljša pokritost znotraj hiše, višje prenosne hitrosti). Kljub temu, da je GAN trenutno edina FMC tehnologija, pripravljena za trg, pa ima nekaj slabosti:

- razpoložljivost ročnih terminalov – Wi-Fi komponente so drage, poraba energije pa je večja kot pri 3G ročnih terminalih,
- kvaliteta storitev in zamašitve v WLAN-ih – IEEE se ukvarja s tem problemom, vendar se preveč energije še vedno porabi za zahtevo po dodelitvi pasovne širine in tako uvedba še ni primerna za velike sisteme.

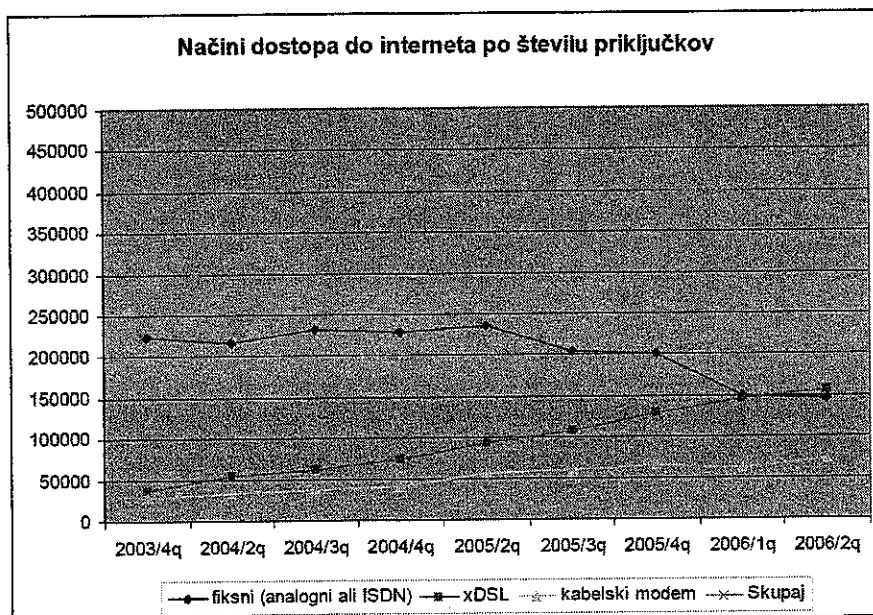
Po drugi strani pa 3GPP in ETSI delata na prihajajočem popolnoma IMS omrežju s storitvami na podlagi SIP protokola in medsebojnim povezovanjem WLAN in 3G, vendar je pred njimi še dolga pot, preden bo infrastruktura omrežja začela prehajati v arhitekturo popolnoma IMS omrežja. Tako se ta rešitev kaže kot bolj dolgoročna strategija za uveljavitev popolne IP konvergence. V strategiji je kar nekaj izzivov, s katerimi se trenutno spopadajo v standardizacijskih krogih:

- scenariji in arhitekture medsebojnega delovanja, določitev ustreznih 3G omrežij,
- avtorizacija, avtentikacija in obračunavanje: problemi varnosti, avtentikacija na podlagi 3G, online/offline obračunavanje na podlagi 3G,
- storitve: dostop do standardnih 3G storitev (npr. WAP, MMS), govornih in multimedijskih 3G storitev iz omrežij WLAN, razširitev lokacijskih storitev tudi v WLAN, storitve z dodano vrednostjo z integracijo WLAN-3G,
- konsistentnost kvalitete storitev pri 3G in WLAN,
- brezprekinitveno izročanje med WLAN in 3G.

3 ŠIROKOPASOVNOST V SLOVENIJI

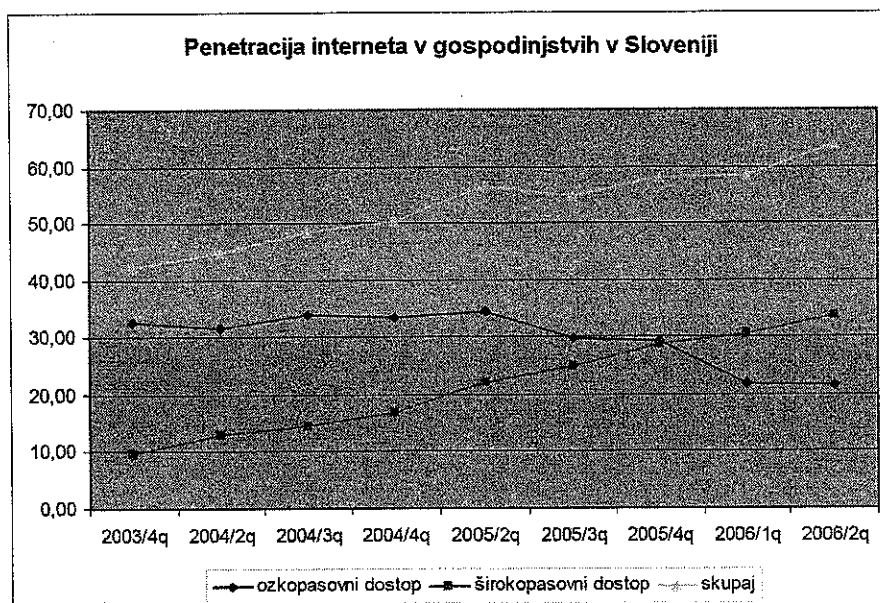
V mestnih naseljih, blizu telekomunikacijskih vozlišč, je izbira med različnimi vrstami dostopovnih omrežij precej večja kot na podeželskih področjih. Še par let nazaj je bila konkurenčnost samo med različnimi tehnologijami – ADSL, kabelski dostop, brezžični dostop, v zadnjem času pa se je povečala tudi konkurenčnost znotraj samih tehnologij. Tako imamo danes kar precej ponudnikov xDSL ter dostopa preko kabelskega omrežja. Od septembra 2006 naprej imajo trije ponudniki licenco za UMTS, oktobra 2006 pa sta bili dodeljeni tudi dve licenci za izgradnjo brezžičnega omrežja WiMAX. Na podeželju je stanje drugačno. Na večini za ponudnike tržno nezanimivih področij je zaenkrat možen dostop le preko telefonskih bakrenih parov, ki sežejo praktično do vsakega gospodinjstva, a zaradi velikih razdalj pogosto dostop ADSL ni mogoč.

Naslednja slika, v kateri so zajeti tako fizični kot poslovni uporabniki, kaže na trend povečevanja števila priključkov za dostop do interneta. Sredi leta 2006 je bilo skupno število teh priključkov 436.170 [26, stran 11]. Opazimo lahko, da je v zadnjem letu število fiksnih priključkov precej upadlo na račun povečanja števila priključkov xDSL in kabelskega dostopa. V letu 2006 je število xDSL priključkov že večje od števila fiksnih. Število priključkov ostalih tehnologij (fiksne brezžičnega dostopa, optike do doma/podjetja, zakupljenih vodov do končnega uporabnika) še ni doseglo števila 10.000.



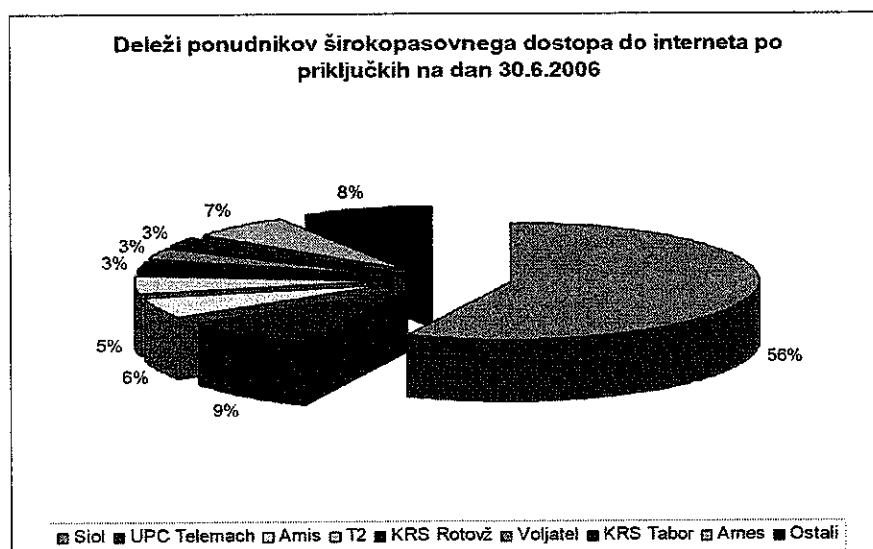
Slika 18: Načini dostopa do interneta po številu priključkov [26]

Kot lahko vidimo na Sliki 19, je bila sredi leta 2006 penetracija dostopa do interneta 63,69 %. Kot smo že omenili, je širokopasovni dostop konec leta 2005 prehitel ozkopasovnega, na kar so lahko vplivali močna reklama za širokopasovni dostop, povečanje konkurence na tem področju in cenovni pritiski na nižanje cen širokopasovnega dostopa [26, stran 12].



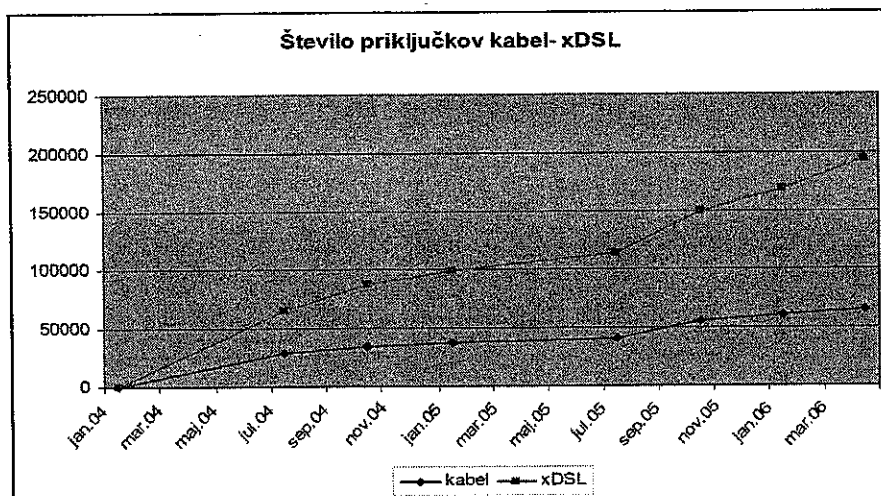
Slika 19: Penetracija interneta v gospodinjstvih v Sloveniji [26]

Deleži ponudnikov na spodnji sliki se nanašajo na vse tehnološke možnosti, ki jih ponujajo za širokopasovni dostop do interneta. Vidimo, da ima SiOL še vedno daleč največji, 56 % delež. Upoštevan je tudi ARNES, ki ni komercialni ponudnik, vendar ima znaten delež z nudenjem priključkov akademskim in raziskovalnim uporabnikom.

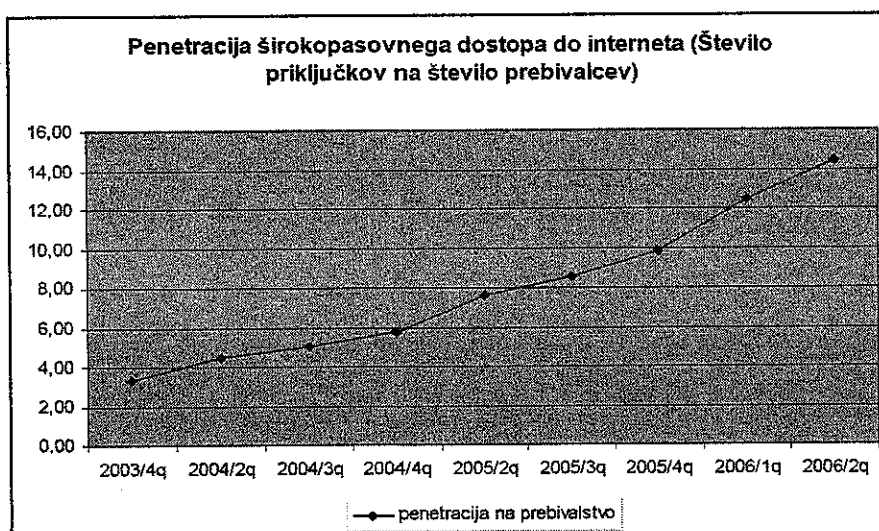


Slika 20: Deleži ponudnikov širokopasovnega dostopa do interneta po priključkih [26]

Iz Slike 21 je poleg rasti števila priključkov obeh najpogostejših tehnologij za širokopolasovni dostop do interneta v Sloveniji opazno tudi, da je bil sredi leta 2006 delež xDSL priključkov 69 %, kabelskih pa 31 %.



Slika 21: Število priključkov kabel – xDSL [26]



Slika 22: Penetracija širokopolasovnega dostopa do interneta na prebivalstvo [26]

Penetracija širokopolasovnih priključkov vztrajno raste, sredi leta 2006 je že presegla 14 %.

4 ŠIROKOPASOVNOST NA PODEŽELJU

Prednosti brezžičnih napram žičnim tehnologijam:

- lahko ponudijo večjo pasovno širino na daljših razdaljah; večina tehnologij omogoča hiter navzgor (upload) in navzdol (download) prenos,
- omrežja lahko dokaj enostavno razširimo, da pokrivajo tudi območja, kjer npr. ni dostopa do ADSL,
- so zelo fleksibilne, ponujajo dostop do interneta tudi ljudem na poti, kar omogoča med drugim hitrejši razvoj novih storitev.

Slabosti brezžičnih napram žičnim tehnologijam:

- še vedno obstajajo pomisleki glede varnosti brezžičnih omrežij,
- nekatera omrežja uporabljajo nelicenčna pasova 2.4 GHz in 5.8 GHz, ki sta občutljivejša na interferenco,
- instalacija brezžične opreme (na strani ponudnika) je lahko dražja od ponujanja širokopasovnih komunikacij preko telefonskih linij,
- v nelicenčnem frekvenčnem pasu je lahko signal blokiran zaradi dreves, stavb in drugih ovir,
- rast nekaterih omrežij (UMTS) so ponekod zavrli pomisleki zaradi morebitnega človeku nevarnega sevanja.

Tehnologija	Prednosti	Slabosti
PLC	- elektrodistribucijsko omrežje je praktično povsod že zgrajeno	- šum - interferenca z radijskimi signali - potrebna je široka nadgradnja omrežja - zaenkrat še nizka prenosna hitrost
xDSL	- enostavna uporaba že obstoječe telefonske infrastrukture - hitrosti so dovolj visoke, da omogočajo »triple play« - telefonija, internet, televizija	- omejen doseg (okrog 5 km od zadnje dostopovne točke)

Kabelski dostop	- enostavna priključitev za uporabnike, ki že imajo kabelski dostop za televizijo	- draga nadgradnja obstoječega omrežja - delitev prenosne hitrosti med uporabniki na nekem delu omrežja
Optična vlakna	- visoke hitrosti (večja dodeljena pasovna širina na uporabnika)	- draga oprema - draga izgradnja omrežja
HAP	- velika uporabnost ob okrevanju po katastrofah in na področjih, kjer ni možnih drugih tehnologij - nižja cena od satelita	- nerazširjenost, nepoznavanje sistema - še vedno samo pilotski projekti
Sateliti	- veliko področje pokritosti - uporabno predvsem za razpršeno oddajo mnogo uporabnikom	- visoki stroški izgradnje in vzdrževanja - časovne zakasnitve, neuporabnost za storitve v realnem času
FWA (Wi-Fi, WiMAX)	- relativno poceni in hitra izgradnja omrežja - primerno za podeželje v Sloveniji, kamor xDSL ne seže	- varnost - zaenkrat relativno omejen domet (Wi-Fi)
3G (UMTS)	- zagotavlja neprekinjeno delovanje mobilnim uporabnikom - dokaj velika pokritost omrežja v Sloveniji	- relativno nizke prenosne hitrosti - draga licenca za operaterje

Tabela 5: Prednosti in slabosti širokopasovnih tehnologij na podežlju

4.1 DOBRE PRAKSE V TUJINI

Dobra praksa mora izpolniti naslednje kriterije:

- zadovolji potrebo končnih uporabnikov po širokopasovnih storitvah,
- nizki stroški: potrebuje malo začetnega kapitala, stroški pa so dovolj nizki, da omogočajo cene, primerljive s tipičnimi cenami širokopasovnih storitev,
- možnost hitre uvedbe: upoštevati je treba celoten proces, od začetne ocene uresničljivosti in potreb do dobave opreme končnih uporabnikov,
- ponuja trajnostne storitve, ne glede na spremembe v lokalni skupnosti,

- izkoristi in razširi razpoložljive storitve za lokalno ali širšo distribucijo,
- z uporabo vzorčnih pogodb in modelov financiranja minimalizira tveganja kupcev, dobaviteljev in vseh vmesnih členov,
- nudi okolje, v katerem se lahko posamezniki, ki so vključeni v projekt, učijo oz. izurijo.

Optimalen pristop k uvajanju širokopasovnih storitev na področja, kjer tega še ni:

Najprej je treba prepoznati (velike in izkušene) ponudnike, ki so skupnosti voljni ponuditi dostop do širokopasovnih storitev. Seveda je potrebna tudi skupina zainteresiranih ljudi v lokalni skupnosti, saj se tako zmanjša investicijsko tveganje ponudnika. Ko je omrežje zgrajeno, morajo biti storitve ponujene z minimalnim trdom same skupnosti. Mogoče je celo, da bo dobavitelj vse financiral sam in imel možnost uporabljati storitve v podporo strankam in obstoječe internetne povezave. Tak pristop zmanjšuje tveganje vseh vpletenih strani.

Šele če ta pristop propade oz. ni možen, bi naj skupnost iskala rešitev v gradnji lastnega omrežja, ki bi zadovoljil njihove potrebe po širokopasovnih storitvah. Tudi tukaj je pomembno najprej izvesti raziskavo in ugotoviti, koliko je zainteresiranih ljudi oz. bodočih uporabnikov.

4.1.1 MODELI FINANCIRANJA

Obstajajo štiri osnovni načini financiranja (primeri iz Anglije):

1. financiranje skupnostne organizacije, ki postane ponudnik širokopasovnih storitev (Buckfastleigh, Edenfaster, New Grinham Park) – organizacija se obnaša kot ponudnik storitev in sklene pogodbo tako z uporabniki kot z dobavitelji opreme,
2. uporaba skupnostne organizacije kot kanal za financiranje dobaviteljev (CARNET) – skupnost sama ne ponuja storitev, uporabniki pa sklepajo pogodbe direktno z dobavitelji; skupnost fond uporablja za delno poplačilo uporabnikom ponujenih storitev,
3. direktno financiranje dobavitelja za ponujanje storitev skupnosti (Bredon Hill AWM) – ta način je potrebno uporabljati zelo previdno, da ne kršimo evropskih pravil o nedovoljenih subvencijah,

4. direktno financiranje uporabnikov za omogočitev širokopasovnih storitev (SEEDA Satellite Programme) – to se uporablja predvsem v primeru satelitskih komunikacij, ko je cena uporabniške opreme mnogo višja v primerjavi z ostalimi tehnologijami; seveda pa se lahko ne glede na uporabljen tehnologijo tako financirajo tudi socialno ogroženi posamezniki v skupnosti.

4.1.2 PROCES IMPLEMENTACIJE

6 univerzalnih korakov poteka izgradnje lastnega omrežja neke skupnosti:

1. Ocena izvedljivosti – analiza trga in finančni načrt: ugotoviti število potencialnih uporabnikov in oceniti celotne stroške izgradnje. Ko je financiranje že zagotovljeno, je potrebna natančnejša ocena izvedbe. Poleg tega je potrebno napraviti finančni načrt, ki mora vsebovati cilje in pridobitve posameznikov in celotne skupnosti, analizo trga (velikost področja, število podjetij, uporabnikov), nabor storitev (navaden internet dostop, storitve lokalnega omrežja, servisne storitve ...), načrt implementacije, cenike, stroške skupnostne organizacije, poslovni model, analizo tveganj.
2. Postavitev organizacije – ob dovolj velikem interesu je to lahko hitro. Člani organizacije so ponavadi naročniki ter ostale zainteresirane strani (npr. lokalni sveti, civilna družba ...). Financiranje je zelo pomembno in zasluži mnogo pozornosti: projekt lahko odvrne od načrtanih ciljev, če ima investitor konfliktne zahteve. Nekaj izmed težav, ki jih je potrebno upoštevati:
 - razlogi za pridobitev kapitala – pokritje primanjkljaja v začetni fazi vzpostavitve, cenovno dostopna ponudba storitev, zagotovitev dostopa posebnim uporabnikom (npr. invalidom),
 - identifikacija virov financiranja, ocena višine kapitala glede na namen uporabe, zahteve in dolžnosti investitorja v projektu,
 - identifikacija prejemnikov financiranja, pri tem je potrebno upoštevati nedovoljeno subvencioniranje oz. dovoljeno do neke mere,

3. Razvoj storitev

- Skupnostna omrežja – na splošno je potrebna izgradnja novega omrežja, za kar sta potrebna znanje in čas. Pridobiti je potrebno tudi morebitna dovoljenja, npr. za gradnjo žičnega omrežja preko privatnih zemljišč in zgraditi sistem podpornih storitev, kot so zaračunavanje, podpora uporabnikom. Vloga skupnostne organizacije je lahko različna, lahko se osredotočijo le na storitve, lahko pa morajo sami oblikovati omrežje – to je odvisno od ostalih zainteresiranih strani (lahko npr. podjetje prevzame izgradnjo omrežja).
- Večja omrežja – zaradi velikosti pokritega področja potrebujejo skupaj z lokalno distribucijsko arhitekturo omrežja še dodatno hrbtenično omrežje – lahko se uporabijo najeti vodi, lahko pa se zgradi lastno hrbtenično omrežje. Čeprav je druga metoda mogoče cenejša, pa se to odraža v kvaliteti storitev.

4. Implementacija storitev – poznamo dva osnovna pristopa k implementaciji širokopasovnih storitev: upravljanje s strani ponudnika storitev in upravljanje s strani skupnostne organizacije. Ponavadi je organizacija, ki je zadolžena za oblikovanje omrežja, zadolžena tudi za implementacijo. Glede na višino financiranja in organizacijo, ki skrbi za implementacijo, se za določene aktivnosti zadolži podizvajalce.
5. Delovanje – pomembna je pomoč uporabnikom, vzpostavitev posebne linije. Ljudem je potrebno pomagati razviti veščine informacijske tehnologije.
6. Ocena kratkoročnega in srednjeročnega vpliva – na lokalno ekonomijo, socialni vidik projekta. Primerno je opazovati:
 - napredek projekta glede na načrt,
 - razpoložljivost storitev,
 - penetracijo storitev glede na razpoložljivost.

4.1.3 KONKRETNI PRIMERI

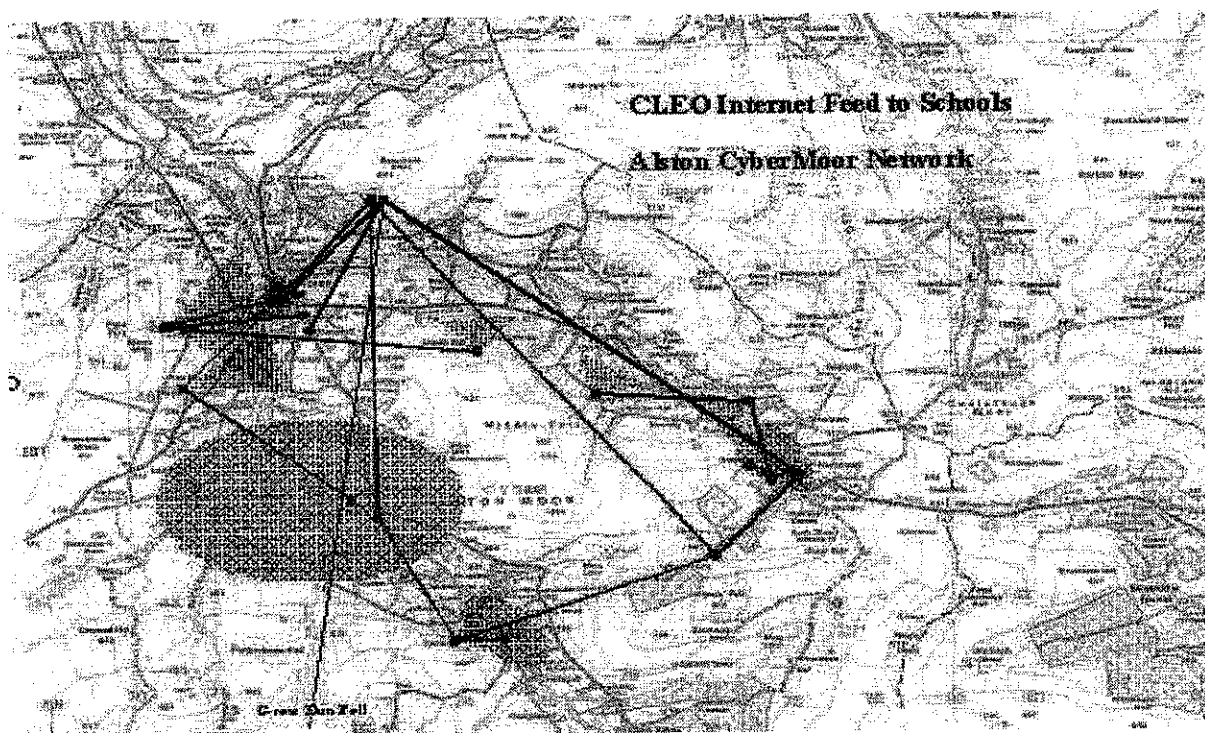
4.1.3.1 Alston CyberMoor (Anglija)

Cilji projekta: dovesti informacijsko-komunikacijske tehnologije in širokopasovne storitve na podeželska področja dežele Cumbria, natančneje v manjše mesto Alston in v sosednji vasi Nenthead in Garrigill. Namen je ponuditi širokopasovno pokritost vsem 1200 stanovanjskim hišam in podjetjem na področju, prav tako pa tudi trem šolam z okrog 350 učenci in dijaki. Začetna faza projekta je bila usmerjena predvsem v povečanje izurjenosti ljudi pri delu z računalniki, kasneje pa razvoj širokopasovnega omrežja in s tem povezane storitve, ki bi zadostila potrebam skupnosti – fizičnim osebam, podjetjem, lokalnim oblastem, šolam. Nekaj ugodnosti tega razvoja: večja socialna vključenost ljudi, nova podjetja, odprtje novih delovnih mest. Uvedena je bila brezžična tehnologija.

Poslovni model in partnerji v projektu: CyberMoor je delniška družba, katere lastniki so uporabniki tega omrežja; vsak nov naročnik postane delničar. Infrastrukturo celotnega sistema je oblikovala delovna skupina projekta. Vsi investicijski in razvojni stroški so bili pokriti s strani dodeljene pomoči, večinoma od Ministrstva za izobraževanje (Department of Education and Skills). Storitve se zaračunavajo, namen je samovzdrževanje omrežja. Imajo dve različni višini naročnine za navadne uporabnike (odvisni sta od uporabnikovih prihodkov) in višjo naročnino za poslovne uporabnike. Ponudnik hrbteničnega omrežja je v omenjenem primeru CLEO (Cumbria and Lancashire Education Online), ki zagotavlja povezavo s hitrostjo 10 Mbit/s. Brezžično opremo, potrebno za delovanje omrežja, dobavlja podjetje Gaia Technologies, izbrano na razpisu. Podjetje je namestilo tudi Wi-Fi oddajne točke v mestu in uporabniško opremo.

Implementacija: začetki segajo v oktober 2001. Delovna skupina projekta se je odločila razviti in postaviti brezžično širokopasovno omrežje, saj je bil takrat širokopasoven dostop, ponujen s strani komercialnih ponudnikov, nemogoč zaradi prevelike odročnosti področja. Tako ima omrežje od začetka leta 2003 12 oddajnih točk, ki pokrivajo Alston in okoliške vasi. V uporabi je oprema Cisco Aeronet IEEE 802.11, ki omogoča hitrosti do 11 Mbit/s. Nekaj težav pri gradnji omrežja so predstavljala mesta za postavitve anten. Od začetka leta 2003 omrežje z višjimi hitrostmi in dobrim delovanjem napram počasnim in nezanesljivim modemskim

klicnim povezavam predstavlja za uporabnike olajšanje in pomembno pridobitev. Leta 2005 je BT tudi v mestu Alston ponudil širokopasovni dostop do interneta (ADSL). Prav tako področje pokrivajo vsi večji ponudniki mobilne telefonije (storitve 3G še niso na voljo). Kljub temu pa omrežje CyberMoor ostaja omrežje z največ uporabniki; naročnikov je okrog 360, naročnikov ADSL je 50. Omrežje se neprenehoma nadgrajuje – pred kratkim so namestili tudi opremo za WiMAX in se tako povezali s sosednjimi dolinami.



Slika 23: Pokritost omrežja CyberMoor [27]

4.1.3.2 Västerbotten (Švedska)

Regija Västerbotten leži na severnem delu Švedske (glej sliko). Na področju 66.500 kvadratnih kilometrov živi 256.000 ljudi. Västerbotten ni bil ravno ciljni trg za

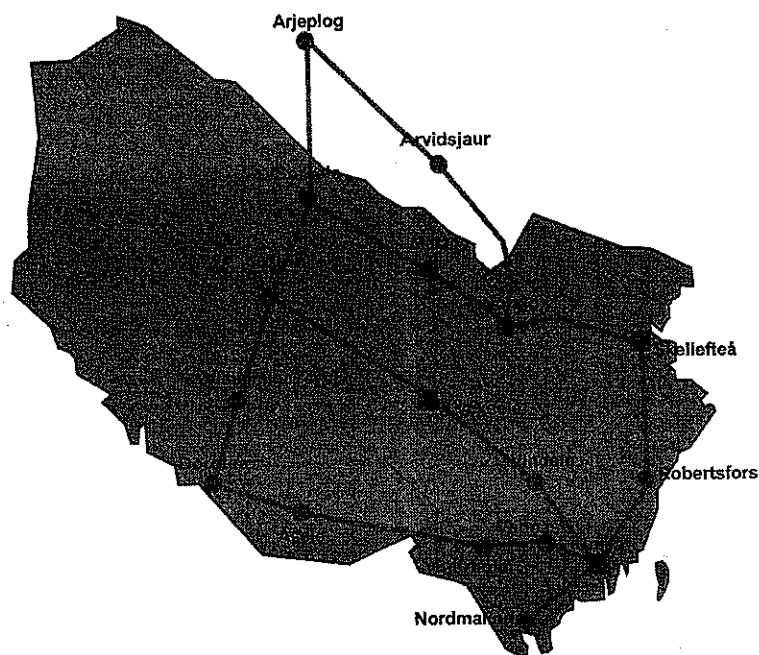


ponudnike internetnih storitev, dokler se ni zganila lokalna skupnost in sama dala pobudo za izgradnjo regionalnega omrežja, imenovanega AC Net, da bi zadostila potrebam. Danes ima praktično vsak dostop do optičnega omrežja. Hitrost na hrbteničnem omrežju je 1 Gbit/s, uporabniki pa operirajo s hitrostjo od 300 do 350 Mbit/s.

Västerbotten je eden izmed pilotskih projektov evropskega RISI programa. Nameni projekta so bili osveščanje javnosti o prednostih informacijske družbe, pritegnitev privatnega sektorja k sodelovanju pri pripravi strategije za razvoj regije, zmanjšanje razlik med urbanim in podeželskim ter med priobalnim in celinskim svetom ter povečanje splošnega interesa za storitve informacijske tehnologije.

Slika 24: Västerbotten [28]

Večino optičnih vlaken do domov so na Švedskem položila elektrodistribucijska podjetja v občinski lasti. Kljub temu, da je kar nekaj gradenj optičnih omrežij bilo financiranih iz javnih financ, so se morali držati strogih navodil Evropske Unije glede subvencioniranja gradnje omrežij. Ponujanje dostopa mora biti omogočeno komercialnim ponudnikom na nediskriminatorni način. To zagotavlja prisotnost zasebnega sektorja in konkurenčnost. Pogosto lokalna skupnost oz. skupnostna organizacija niti noče biti ponudnik storitev in se umakne, ko na trg vstopi več privatnih ponudnikov širokopasovnih storitev. Njihov namen je le izgradnja odprtega omrežja in omogočitev trga. Tak model javno-zasebnega združenja (PPP – Public Private Partnership) je na Švedskem zaradi že omenjenih strogih pravil EU o javnem financiranju gradenj širokopasovnih omrežij zelo pogost.



Slika 25: Slika hrbteničnega omrežja AC Net [29]

4.1.3.3 Cahersiveen (Irska)

Mesto Cahersiveen leži na skrajnem jugu Irske in ima okrog 1200 prebivalcev. Leži na skoraj popolnoma podeželskem področju, tako po kriterijih Evropske Unije kot tudi po kriterijih te regije. Cahersiveen je dober primer nezainteresiranosti velikih ponudnikov za zagotovitev širokopasovnega dostopa do interneta tudi na podeželju. Mesto je pred nekaj leti utrpelo večje število zaprtja delovnih mest v tradicionalni industriji, ima pa še vedno dokaj razvit turizem. Lokalna skupnost se je zelo zavedala prednosti in nuje širokopasovnih komunikacij in leta 2003 je bil Cahersiveen uvrščen med pilotske projekte s skupnim imenom »South West Broadband Initiative« pod vodstvom SWRA. Nekdanjo šolo blizu mesta so spremenili v nekakšen učni center, kjer so se odrasli lahko učili veščin informacijske tehnologije in uporabe računalnikov. Ko so končali usposabljanje, so se lahko zaposlili v lokalnem tehnološkem centru za polni delovni čas.

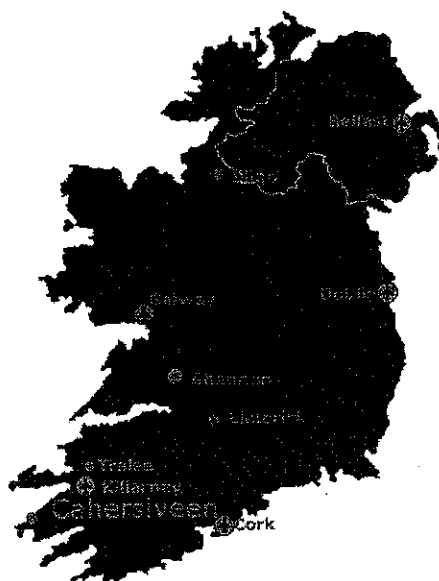
Potrebne stvari za lokalni razvoj, katerim sledi tudi regionalna oblast:

- ponuditi dejavnosti višjih sektorjev in s tem nadomestiti kmetijstvo in ribištvo,
- omogočiti ženskam na lokalnem nivoju, da se ponovno aktivno vključijo v družbo, tudi kot delovna sila,

- omogočiti takšne razmere, da se bodo diplomanti vračali v svoj rodni kraj in ne bodo ostajali v velemestih,
- ohraniti oz. ščititi ugoden socialni položaj ljudi v skupnosti,
- omogočiti razvoj novih manjših podjetij na tem področju.

Del projekta je bila tudi uvedba širokopasovnega dostopa do pisarne občinskega sveta in bližnje knjižnice. Širokopasovnost so dosegli z namestitvijo opreme za satelitsko komunikacijo in tako dosegli 400 kbit/s uplinka in 1 Mbit/s downlinka. Na mestni strežnik je bil nameščen predpomnilnik, da je omogočil uporabnikom tudi storitve v realnem času. Kasneje so s pomočjo WLAN omrežje povečali in zgradili neke vrste mestno omrežje. Po uspešnem zaključku pilotskega projekta je omrežje sredi leta 2004 v upravljanje prevzela lokalna skupnost. Podpora mestnega sveta in nekaterih državnih institucij je omogočila subvencioniranje stroškov širokopasovnih povezav za 12 mesecev in s tem razširitev omrežja, povečanje števila uporabnikov in kapital za ohranitev storitev v prihodnosti.

Model, ki ga je izbral Cahersiveen, ima nizke stroške in omogoča vsem zainteresiranim prebivalcem, lokalnim skupinam in podjetjem, da pridobijo dostop. Celo ljudje iz okoliških krajev redno prihajajo v Cahersiveen, da bi uporabljali storitve preko brezžičnega dostopa s svojega prenosnega računalnika. Poskusno obdobje projekta se je izkazalo za odlično izkušnjo, povečala se je blaginja ljudi in omogočil se je nadaljnji razvoj. Tudi ko je bil sredi leta 2005 omogočen ADSL, so se ljudje odločili obdržati svoj satelitski/WLAN sistem.



Slika 26: Cahersiveen [30]

4.1.3.4 Andhra Prades (Indija)

Prednosti javno-zasebnih združenj:

- delitev poslovnega tveganja med zasebni in javni sektor,
- definirano in stabilno javno financiranje; optimizacija stroškov (integracija dizajniranja, izgradnje in operativnosti omrežja),
- jasno oblikovani kazalci zmogljivosti,
- izkušnje že izurjenih ekip zasebnega sektorja,
- dobro zastavljeno in dobro realizirano delo, ki zadeva:
 - o pristop k projektu z vidika storitev in ne samo na podlagi fizičnih zmožnosti in višine investicij javnega sektorja,
 - o ponudba boljših storitev končnim uporabnikom:
 - vzdrževanje projekta,
 - nadzor stroškov,
 - izogibanje napačnim poslovnim odločitvam v času izgradnje in vzdrževanja,
 - o večja transparentnost; javno znane informacije o dosežkih in uspešnosti kazalcev zmogljivosti,
 - o zmožnost spremembe upravljanja znotraj javnih institucij.

Andhra Prades, država na jugovzhodu Indije, je lep primer javno-zasebnega združenja s ciljem uvedbe širokopasovnosti v vse vasi v državi. Andhra Prades je država na jugovzhodu Indije. Na 275.000 kvadratnih kilometrih v 21.000 vaseh živi 80 milijonov ljudi. Ciljne prenosne hitrosti so med 10 Gbit/s med posameznimi regijami do 100 Mbit/s med vasmimi. Glavni razpisni pogoji za izgradnjo so bili: čim nižja soudeležba države in njenih sredstev, nizka cena dostopa za končne uporabnike in hitrost. Državna pomoč je bila mišljena zgolj kot lažje pridobivanje raznih dovoljenj in povzročanje manj administrativnih problemov. Ustanovljen je bil konzorcij ABC (Andhra Prades Broadband Consortium), ki ga je soustanovilo okrog 15 podjetij in državnih ustanov, med njimi največji ponudniki kablanskega in drugih

dostopov, VoIP ponudnik, proizvajalec optičnih vlaken in dobavitelji opreme. Izgradnja omrežja stane okrog 90 milijonov ameriških dolarjev, k temu je država prispevala 5.7 milijonov dolarjev.

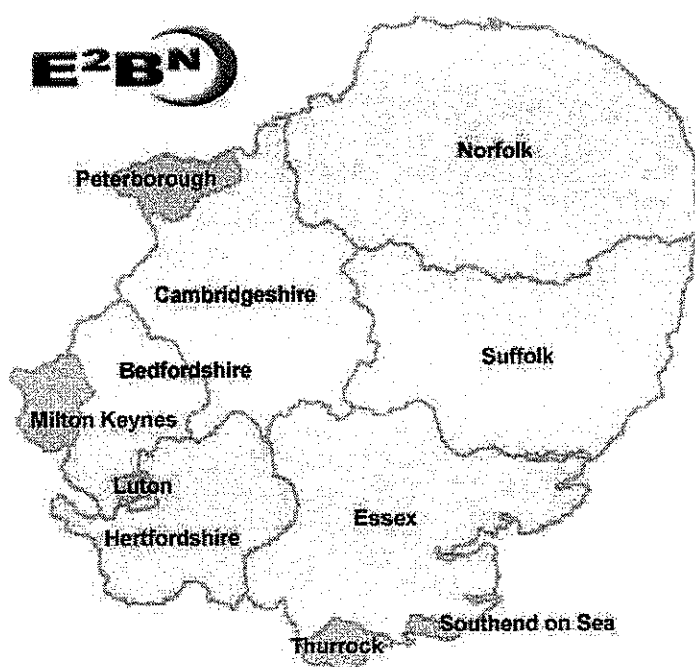
Storitve, ki jih bo ponujalo omrežje:

- video:
 - o kabelska televizija; analogna, digitalna in IP televizija,
 - o video na zahtevo,
 - o videokonference,
 - o varnostne storitve;
- internet:
 - o storitve ponudnika internetnih storitev,
 - o elektronska pošta,
 - o gostovanje spletnih strani,
 - o storitve navideznega zasebnega omrežja (VPN – Virtual Private Network);
- glasovne storitve:
 - o VoIP,
 - o storitve zaprtih skupin;
- ostale storitve:
 - o storitve e-uprave,
 - o učenje na daljavo,
 - o tele-medicina,
 - o prometne storitve.

Do konca septembra 2006 je bilo izgrajeno omrežje med regijami in okrog četrtna omrežja med vasm, omrežje pa se pospešeno gradi naprej.

4.1.3.5 East of England Broadband Network (E²B^N; Anglija)

Vzhod Anglije ima večji delež ljudi, ki živijo v vaseh oz. na podeželju, kot ostala področja – več kot tretjina ljudi živi v mestih in vaseh z manj kot 10.000 prebivalci. E²B^N je projekt Ministrstva za izobraževanje (Department of Education and Skills) z namenom razviti regionalna širokopasovna omrežja, predvsem pa povezati šole in druge izobraževalne ustanove – tako želijo povečati učne standarde. Omrežje povezuje 11 grofij (*angl. county*) oz. njihove izobraževalne institucije. Storitve ponuja vsaki šoli širokopasovni dostop do interneta ter medsebojno komunikacijo med šolami po ločenem omrežju. Zagotovljeno je bilo tudi, da vse to ni bilo omejeno zgolj na šole, ampak da je vplivalo tudi na izobraževanje splošneje – v omrežje so vključili knjižnice in druge izobraževalne ustanove v skupnosti. Poleg osnovnih komunikacijskih storitev E²B^N ponuja tudi video konference, izobraževalni portal, podporo uporabnikom. Povezanih je preko 2800 šol z več kot milijon učenci in 50.000 učitelji. Minimalna prenosna hitrost v osnovnih šolah je 2 Mbit/s v obe smeri. Projekt so poleg ministrstva financirale tudi občine same.



Slika 27: E²B^N [33]

Poleg ljudi, ki so znotraj izobraževalnih institucij začeli z idejo o povezanosti vseh izobraževalnih ustanov v regiji, preučili potrebe in zahteve v lokalni skupnosti ter

analizirali stroške in možnost postavitve omrežja, imajo veliko zaslugo tudi ponudniki storitev – kabelski operaterji, ponudniki brezžičnih komunikacij, British Telecom kot prvotni in največji ponudnik tehnologije preko bakrene parice ter drugi. Skupaj z ljudmi iz E²B^N so začrtali dolgoročen projekt. Drugi partnerji poleg ponudnikov storitev v projektu praktično niso bili potrebni. Vse potrebno znanje (upravljanje, vodenje projekta, financiranje, poslovno načrtovanje, tehnično znanje) je bilo prisotno znotraj skupine E²B^N.

Omrežje si lahko predstavljamo v dveh nivojih:

1. nivo povezuje šolo in druge izobraževalne ustanove znotraj ene grofije z vozliščem,
2. nivo pa povezuje ta vozlišča med sabo ter vse skupaj poveže še z vozliščem nacionalnega omrežja in z internetnim omrežjem.

Za lokalno distribucijo do šol ali knjižnic so uporabili različne tehnologije za širokopasoven dostop – ADSL, licenčni in nelicenčni pas za brezžične komunikacije, temno vlakno ter optični laser. Izbira je bila narejena na podlagi zahtev posameznih povezav s kombinacijo tehničnih in komercialnih kriterijev. Omrežje so oblikovali dobavitelji v sodelovanju s tehničnim osebjem lokalnih izobraževalnih institucij. Kako tesno je sodelovanje bilo, je različno od grofije do grofije.

Po izgradnji omrežja so uporabniki imeli kar nekaj koristi:

- dostop učencev in dijakov do učnih vsebin od doma,
- nižja potrebna osnovna sredstva in obratovalni stroški,
- širokopasoven dostop do virov ministrstva,
- enostavnejša delitev in razširjanje razvitih učnih vsebin,
- večja in izboljšana uporaba informacijskih tehnologij v šolah,
- podpora vseživljenjskemu učenju,
- nove storitve v lokalni skupnosti, kot je npr. videokonferenca, poleg tega tudi razvoj novih lokalnih informacijskih storitev,
- večje sodelovanje med posameznimi ljudmi z namenom načrtovanja novih storitev.

4.1.3.6 Primeri podobnih omrežij v Evropi in svetu

- ACTNOW, Velika Britanija
- Kenniswijk, Nizozemska
- ROWANet, Češka
- Cambridge Ring North East Broadband Network, Velika Britanija
- Wireless Philadelphia Project, ZDA
- Stozsowice, Poljska
- Buckfastleigh Broadband Ltd., Velika Britanija
- Kingsbridge Community Network, Velika Britanija
- Bredon Hill Villages, Advantage West Midlands, Velika Britanija
- Zielonka, Poljska
- East Riding of Yorkshire Council Broadband Network, Velika Britanija
- Kuyavia – Pomerania, Poljska
- Katrineholm, Švedska
- SEEDA Satellite Programme, Velika Britanija
- Hoykom, Švedska&Norveška
- Rakow, Poljska
- Arrieta, Španija
- Czfreenet, Češka
- New Greenham Park, Velika Britanija
- Derwentside District Council, Velika Britanija
- Group Broadband Scheme, Irska
- Cumbria Lancashire Education Online (CLEO) , Velika Britanija
- Edenfaster, Velika Britanija
- Milton Keynes Broadband Network, Velika Britanija

5 ZAKLJUČEK

Širokopasovnost prinaša mnoge prednosti ravno podeželskim področjem, saj lahko ljudje komunicirajo na različne načine ne glede na njihovo fizično lokacijo. Lažji dostop do lokalnih storitev lahko pomaga okrepiti vlogo lokalnih skupnosti. Z omogočanjem sodelovanja podjetij in organizacij v podeželskem okolju s partnerji kjerkoli na svetu širokopasovnost prinaša nove priložnosti za rast in odpira nove službe. V Evropi se že dogaja, da se podjetja selijo iz mestnih na podeželska področja, ki imajo možnost širokopasovnih povezav, in s tem izkoristijo manjše stroške in ostale ugodnosti, ki jih prinaša podeželsko življenje. Seveda se še vedno dogaja tudi obraten proces: podjetja se zaradi pomanjkanja širokopasovnih povezav selijo iz podeželskih v mestna okolja.

Širokopasovnost olajšuje tudi samo delo. Velika podjetja npr. v Veliki Britaniji močno zmanjšujejo obratovalne stroške, ko precej njihovih delavcev dela na domu. Na ta način se zmanjša število vsakodnevnih vozačev na delo, kar vpliva tudi na čistejše okolje, saj se zmanjšuje količina izpuščenih emisij CO₂ v ozračje.

Tudi v Sloveniji se stanje širokopasovnosti na podeželju izboljšuje. Vlada RS je februarja 2006 sprejela Strategijo Republike Slovenije za uvajanje fiksnih brezžičnih sistemov (FWS – Fixed Wireless Systems) v frekvenčnem območju od 3410 MHz do 3600 MHz na ozemlju RS. Strategija med drugim določa, da morajo vsi operaterji, ki bodo delovali na celotnem območju Republike Slovenije, najpozneje v treh letih ponuditi fiksni brezžični dostop sami ali s partnerji vsaj 60 % vsega prebivalstva Slovenije, od tega mora biti vsaj ena tretjina na podeželskih območjih. Operaterji, ki bodo delovali na posameznih geografskih območjih, pa morajo v treh letih pokriti vsaj eno polovico prebivalstva na podeželju tega geografskega območja [34, stran 34]. Eden izmed pomembnejših ciljev Direktorata za elektronske komunikacije Ministrstva za gospodarstvo RS je razviti infrastrukturo za elektronske komunikacije na področjih, kjer ni zadostnega komercialnega interesa ter dolgoročno doseči celotno pokritost prebivalstva z možnostjo dostopa do širokopasovnih storitev [35].

6 SEZNAM UPORABLJENIH VIROV

- [1] Predlog Strategije razvoja širokopasovnih omrežij v Republiki Sloveniji, februar 2006
[http://www.mg.gov.si/fileadmin/mg.gov.si/pageuploads/EKP/Predlogi/V_medresorskem/Z.Unijat - Strategija BB Rev3 medresorsko.pdf](http://www.mg.gov.si/fileadmin/mg.gov.si/pageuploads/EKP/Predlogi/V_medresorskem/Z.Unijat_-_Strategija_BB_Rev3_medresorsko.pdf)
- [2] OECD, Territorial Indicators Of Socio-Economic Patterns And Dynamics, september 2003
<http://www.oecd.org/dataoecd/42/16/15181756.doc>
- [3] BREAD Project, Broadband in Europe for All: A Multidisciplinary Approach, FP6-IST-507554, D2.2-3.2, 2006
- [4] P. J. Langfeld, The Capacity of typical Powerline Reference Channels and Strategies for System Design, Proceedings of the 5th International Symposium on Power-Line Communications and its Applications, ISPLC-2001, April 4-6, 2001, Malmö, Sweden
http://www.isplc.org/Proceedings/2001/pdf/0717_001.pdf
- [5] PLCforum
<http://www.plcforum.org>
- [6] PLC Utilities Alliance
<http://www.pua-plc.com>
- [7] HomePlug Powerline Alliance
<http://www.homeplug.org>
- [8] CENELEC
<http://www.cenelec.org>
- [9] European Telecommunications Standards Institute
<http://www.etsi.org>
- [10] Federal Communications Commission
<http://www.fcc.gov>

- [11] RegTP
<http://www.bundesnetzagentur.de>
- [12] American National Standards Institute
<http://www.ansi.org>
- [13] Global DSL Rockets to 164 Million Subscribers
<http://www.dslforum.org/dslnews/pdfs/Q206-dslsubscriber.pdf>
- [14] Laboratorij za telekomunikacije Fakultete za elektrotehniko, PDH, SDH, DWDM, ATM, xDSL, Gradivo pri študijskem predmetu KSO 1
- [15] Shema omrežja T-2, d. o. o.
<http://www.t-2.net>
- [16] Point Topic
<http://www.point-topic.com>
- [17] Capanina project
<http://www.capanina.org>
- [18] Researching and Developing Wireless Broadband for High Altitude Platforms
<http://www.capanina.org/CAPANINA-Overview.pps>
- [19] NASA Pathfinder Solar-Powered Aircraft
<http://www.nasa.gov/centers/dryden/news/FactSheets/FS-034-DFRC.html>
- [20] O. Alphand, P. Berthou, T. Gayraud, S. Josset, E. Fromentin, SATIP6: Satellite Testbed for Next Generation Protocols, 2004
<http://www.comp.brad.ac.uk/het-net/HET-NETs04/CameraPapers/P45.pdf>
- [21] D. Gardner, Urban Wi-Fi Gridlock Predicted To Arrive in 2004
<http://www.techweb.com/wire/story/TWB20031024S0011>
- [22] Propagate Networks, Autocell – The Self-Organising WLAN
http://www.autocell.com/news/docs/wpaper_autocell_soWLAN.pdf
- [23] I. Pribac, Bojevniki dostopa: wardriving in warchalking, Oddaja Umetni svetovi (urednik: Marjan Kokot), 3. program Radia Slovenije (program ARS), 2005.

- [24] Open Broadband Access Networks
<http://oban.prz.tu-berlin.de/>
- [25] C. Blondia, Mobile Multimedia Communication Systems and Network, The IAP-MOTION project, Dresden, 2005
<http://www.bb2all.org/papers/dresden/Blondia-MM.pdf>
- [26] Polletno poročilo o razvoju trga elektronskih komunikacij v Sloveniji v letu 2006
<http://www.apek.si/cache/bin?bin.svc=obj&bin.id=779>
- [27] Broadband for Rural Development project, Case Study 4: Alston, UK, 2006
<http://www.abard.org/Repository/Case%20Study%204%20-%20Alston%20Jul06.pdf>
- [28] Buscainmobiliarias
http://www.buscainmobiliarias.com/se/maklare_vasterbotten.asp
- [29] AC-Net Västerbotten
<http://www.ac-net.se/index.php?nm=2slut>
- [30] Cahersiveen
<http://www.cahersiveen.com>, <http://www.cahersiveenmarina.ie/map.htm>
- [31] Andhra Prades
http://en.wikipedia.org/wiki/Andhra_Pradesh
- [32] D. Galbi, Innovative Broadband Project in India, 2006
<http://purplemotes.net/2006/03/19/innovative-broadband-project-in-india/>
- [33] East of England Broadband Network
<http://www.e2bn.org/>, <http://shop.e2bn.net/leas.php>
- [34] Strategija Republike Slovenije za uvajanje fiksni brezžičnih sistemov FWS v frekvenčnem območju od 3410 MHz do 3600 MHz na ozemlju Republike Slovenije, januar 2006
http://www.mg.gov.si/fileadmin/mg.gov.si/pageuploads/EKP/Sprejeti_predpisi/Elektronske_komunikacije/Z.Unijat_-_Strategija_FWS-sprejeta_na_Vladi_RS.pdf

- [35] Direktorat za elektronske komunikacije Ministrstva za gospodarstvo RS
<http://www.mg.gov.si/index.php?id=6250>
- [36] Project A-BARD, Analysing Broadband Access for Rural Development, D3.3 –
Second Rural Region with detailed typology mapping, oktober 2006
- [37] Project A-BARD, Newsletter 9, avgust 2006
<http://www.abard.org/Repository/A-BARD%20newsletter%209.pdf>
- [38] J-L.Hurel, J. Brouet, L. Le Gouriellec, M. Peruyero, Universal Broadband
Access: Going Wireless and Mobile, Alcatel's Strategy White Paper, 2005
[http://www1.alcatel-lucent.com/com/en/appcontent/apl/S0506-
Wireless Mobile-EN_tcm172-262261635.pdf](http://www1.alcatel-lucent.com/com/en/appcontent/apl/S0506-Wireless-Mobile-EN_tcm172-262261635.pdf)
- [39] Laboratorij za telekomunikacije Fakultete za elektrotehniko, Slovar
telekomunikacij
<http://www.ltfce.org/slovar.asp>
- [40] L. E. Braten, I. Tardy, A. Nordbotten, Z. Elek, A. Morozova, Future Broadband
Access Networks, 2005
www.wibrace.org/telechargement/1126787730.pdf .

7 SEZNAM UPORABLJENIH SIMBOLOV

Kratica	Pomen v angleščini	Pomen v slovenščini
3GPP	3 rd Generation Partnership Project	partnerski projekt tretje generacije
10-GEAPON	very high-speed 10-Gigabit Ethernet Passive Optical Network	zelo hitro 10-gigabitno eternetno pasivno optično omrežje
AAA	Authorization, Authentication and Accounting	avtorizacija, avtentikacija in obračunavanje
ABC	Andhra Pradesh Broadband Consortium	Širokopasovni konzorcij Andhra Pradesh
ADSL	Asymmetric Digital Subscriber Line	nesimetrični digitalni naročniški vod
APEK	Post and Electronic Communications Agency	Agencija za pošto in elektronske komunikacije
APON	Asynchronous Transfer Mode Passive Optical Network	asinhroni prenosni način pasivnega optičnega omrežja
ATM	Asynchronous Transfer Mode	asinhroni prenosni način
BFWA	Broadband Fixed Wireless Access	širokopasovni fiksni brezžični dostop
BPON	Broadband Passive Optical Network	širokopasovno pasivno optično omrežje
BPSK	Binary Phase-Shift Keying	binarna fazna modulacija
CAC	Connection Admission Control	krmiljenje dopuščanja zveze
CDMA	Code Division Multiple Access	kodno porazdeljeni sodostop
CDN	Content Distribution Network	omrežje za razdeljevanje vsebine
CEBus	Consumer Electronic Bus	
CENELEC	European Committee for Electrotechnical Standardisation	Evropski odbor za elektrotehniško standardizacijo
CLEO	Cumbria and Lancashire Education Online	
CPE	Customer Premises Equipment	Oprema strankinih prostorov

CRC	Cyclic Redundancy Check	ciklično preverjanje kode
CSMA/CA	Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance	Sodostop z zaznavanjem nosilca in z izogibanjem trkom
DFB	Digital Filter Bank	digitalna banka filtrov
DMT	Discrete Multitone Modulation	modulacija z večimi diskretnimi toni
DOCSIS	Data Over Cable Service Interface Specification	specifikacija vmesnika podatkovne storitve prek kabla
DN	Distribution Node	distribucijsko vozlišče
DSL	Digital Subscriber Line	digitalni naročniški vod
DSLAM	Digital Subscriber Line Access Multiplexer	dostopovni multipleksor digitalnega naročniškega voda
DVB-RCS	Digital Video Broadcasting – Return Channel Satellite	digitalna video radiodifuzija s satelitskim povratnim kanalom
DVB-S	Digital Video Broadcasting – Satellite	satelitska digitalna video radiodifuzija
DVB-S2	Digital Video Broadcasting – Satellite – Second Generation	satelitska digitalna video radiodifuzija druge generacije
EFM	Ethernet in the First Mile	eternet na prvi milji
EMC	Electromagnetic Compatibility	elektromagnetna združljivost
EPON	Ethernet Passive Optical Network	eternetno pasivno optično omrežje
ETSI	European Telecommunications Standards Institute	Evropski inštitut za telekomunikacijske standarde
FCC	Federal Communications Commission	Zvezna komisija za komunikacije
FDD	Frequency Division Duplexing	frekvenčni dupleks
FEC	Forward Error Correction	vnaprejšnje popravljanje napak
FEXT	Far End Crosstalk	daljni presluh
FMC	Fixed-to-Mobile Convergence	fiksno-mobilna konvergenca
FN	Fibre Node	optično vozlišče
FSAN	Full Service Access Network	vsestoritveno dostopovno omrežje
FTTB	Fibre to the Building	vlakno do zgradbe

FTTC	Fibre to the Cabinet	vlakno do kabineta
FTTH	Fibre to the Home	vlakno do doma
FWA	Fixed Wireless Access	fiksni brezžični dostop
FWS	Fixed Wireless Systems	fiksni brezžični sistemi
GAN	Generic Access Network	generično dostopovno omrežje
GEO	Geostationary Earth Orbital	geostacionarna zemeljska tirnica
GPON	Gigabit Passive Optical Network	gigabitno pasivno optično omrežje
GPRS	General Packet Radio Service	splošna paketna radijska storitev
GSM	Global System for Mobile Communications	svetovni sistem za mobilne komunikacije
HAP	High Altitude Platforms	stratosferske ploščadi
HDTV	High-definition TV	televizija z veliko razločljivostjo
HFC	Hybrid Fibre Coax	hibridno vlakensko/koaksialno omrežje
HSDPA	High-Speed Downlink Packet Access	zelo hiter navzdolnji paketni dostop
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers	Inštitut elektrotehničnih in elektronskih inženirjev
ILEC	Independent Local Exchange Carriers	Neodvisni lokalni ponudniki telekomunikacij
IMS	Internet Multimedia System	internetni multimedijski sistem
IP	Internet Protocol	internetni protokol
ISDN	Integrated Services Digital Network	digitalno omrežje z integriranimi storitvami
ISI	Intersymbol Interference	intersimbolna interferenca
ITU	International Telecommunication Union	Mednarodna telekomunikacijska zveza
LAN	Local Area Network	lokalno omrežje
LEO	Low Earth Orbital	nizka zemeljska tirnica
LN	Local Node	lokalno vozlišče
MAC	Medium Access Control	krmiljenje dostopa do medija
MAN	Metropolitan Area Network	velemestno omrežje
MCM	Multi-Carrier Modulation	modulacija z več nosilci

MMS	Multimedia Messaging Service	storitev večpredstavnostnih sporočil
MPEG	Moving Picture Experts Group	izvedenska skupina za gibljive slike
NEXT	Near End Crosstalk	bližnji presluh
OBAN	Open Broadband Access Networks	odprta širokopasovna dostopovna omrežja
OFDM	Orthogonal Frequency Division Multiplexing	ortogonalni frekvenčni multipleks
OFDMA	Orthogonal Frequency Division Multiple Access	ortogonalno frekvenčno porazdeljeni sodostop
OLT	Optical Line Terminal	optični linijski terminal
ONU	Optical Network Unit	optična omrežna enota
OSI	Open Systems Interconnection	Medsebojno povezovanje odprtih sistemov
P2P	peer-to-peer	povezava dveh istoležnih osebkov
PLC	Power Line Communications	komunikacije po elektroenergetskih vodih
PLT	Power Line Telecommunications	telekomunikacije po elektroenergetskih vodih
PPP	Public Private Partnership	javno zasebna združenja
PON	Passive Optical Network	pasivno optično omrežje
POTS	Plain Old Telephone Service	osnovna telefonska storitev
PSTN	Public Switched Telephone Network	javno komutirano telefonsko omrežje
QAM	Quadrature Amplitude Modulation	kvadratura amplitudna modulacija
QoS	Quality of Service	kakovost storitev
QPSK	Quadrature Phase-Shift Keying	kvadratura fazna modulacija
RF	Radio Frequency	radijska frekvenca
RISI	Regional Information Society Initiatives	Iniciative regionalne informacijske družbe
RTT	Round Trip Time	obhodni čas

SDM	Space Division Multiplexing	prostorski multipleks
SNI	Service Node Interface	vmesnik storitvenega vozlišča
SNR	Signal-to-Noise Ratio	razmerje signal/šum
SSID	Service Set Identifier	identifikator nabora storitev
SWRA	South West Regional Authority	Jugozahodni regionalni organ oblasti
TCP	Transmission Control Protocol	protokol za krmiljenje prenosa
TDD	Time Division Duplexing	časovni dupleks
TDM	Time Division Multiplexing	časovni multipleks
TDMA	Time Division Multiple Access	časovno porazdeljeni sodostop
UMA	Unlicensed Mobile Access	nelicenčni mobilni dostop
UMTS	Universal Mobile Telecommunications System	univerzalni mobilni telekomunikacijski sistem
UNI	User Node Interface	vmesnik uporabniškega vozlišča
VDSL	Very High Bit Rate Digital Subscriber Line	zelo hiter digitalni naročniški vod
VLAN	Virtual Local Area Network	navidezno lokalno omrežje
VoIP	Voice over Internet Protocol	telefonija po internetnem protokolu
VPN	Virtual Private Network	navidezno zasebno omrežje
W-CDMA	Wideband Code Division Multiple Access	širokopasovni kodno porazdeljeni sodostop
WAP	Wireless Application Protocol	brezžični aplikacijski protokol
WDM	Wavelength Division Multiplexing	valovno-dolžinski multipleks
WEP	Wired Equivalent Privacy	zasebnost, ekvivalentna žičnim zvezam
Wi-Fi	Wireless Fidelity	brezžično ethernetno omrežje (komercialni naziv za tehnologijo omrežja)
WIMAX	Worldwide Interoperability for Microwave Access	
WLAN	Wireless Local Area Network	brezžično lokalno omrežje
WPA	Wi-Fi Protected Access	zaščiteni brezžični dostop