Analiza relevantnih prometnih parametara u funkciji planiranja širokopojasnih pristupnih mreža

Bećović, Dominik

Master's thesis / Diplomski rad

2016

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Transport and Traffic Sciences / Sveučilište u Zagrebu, Fakultet prometnih znanosti**

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:119:558539

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-03-29**



Repository / Repozitorij:

Faculty of Transport and Traffic Sciences - Institutional Repository







SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI

DIPLOMSKI RAD

ANALIZA RELEVANTNIH PROMETNIH PARAMETARA U FUNKCIJI PLANIRANJA ŠIROKOPOJASNIH PRISTUPNIH MREŽA

ANALYSIS OF RELEVANT TRAFFIC PARAMETERS IN THE FUNCTION OF BROADBAND ACCESS NETWORKS PLANNING

Mentor:
doc. dr. sc. Ivan Grgurević

Student:
Dominik Bećović, univ. bacc.ing. traff.
JMBAG: 0135216184

Zagreb, kolovoz 2016.

Zahvala:

Zahvaljujem svima koji su svojim prijedlozima, savjetima, podrškom i anonimnim ispunjavanjem anketnog upitnika pridonjeli izradi ovog diplomskog rada.

Posebno se zahvaljujem svom mentoru doc. dr. sc. Ivanu Grgureviću na iskazanom povjerenju, vodstvu i korisnim diskusijama tijekom izrade ovog rada.

Zahvaljujem svim profesorima i asistentima sa Zavoda za informacijsko-komunikacijski promet na suradnji, ugodnom boravku i stečenim znanjima.

I na kraju bih se najviše zahvalio svojim roditeljima i svojoj djevojci na strpljenju i moralnoj podršci koje su mi ukazali tijekom studija, jer bez njih ne bih uspio postići svoj cilj!

D. B.

Sažetak/summary i ključne riječi/keywords

ANALIZA RELEVANTNIH PROMETNIH PARAMETARA U FUNKCIJI PLANIRANJA ŠIROKOPOJASNIH PRISTUPNIH MREŽA

SAŽETAK

Širokopojasne pristupne mreže moguće je primijeniti u različitim područjima i okruženjima. Da bi se razvile širokopojasne usluge potrebno je razviti i samu mrežu za prijenos podataka velikim brzinama. Širokopojasni pristup Internetu je pristup većim prijenosnim brzinama, te pristup sa stalnom spojenošću. Važan dio kod planiranja širokopojasnih pristupnih mreža i njene infrastrukture je zakonodavni okvir odnosno postojeća telekomunikacijska legislativa i standardizacija. Prometne parametre kao značajne stavke pri planiranju širokopojasnih pristupnih mreža moguće je prikazati kroz različite vrste kašnjenja, gubitaka, propusnosti, brzina prijenosa, simetričnosti prijenosa, broju korisnika određene širokopojasne usluge i drugih. U diplomskom radu planira se provesti anketiranje ciljane skupine korisnika, u kojem bi se istražilo poznavanje i potrebe korisnika vezane za prometne parametre širokopojasnih pristupnih mreža.

KLJUČNE RIJEČI: ADSL; VDSL; FTTH; HAKOM; prometni parametri; digitalni grad

SUMMARY

Broadband access networks can be applied in different areas and environments. In order to develop broadband services is nessesery to develop network for transfering data at high speeds. Broadband Internet access is the access to higher transmission speeds, the approach with „always online“. An important part of the planning of broadband access networks and its infrastructure is legislative framework and existing telecommunications legislation and standardization. Traffic parameters such significant items in planning broadband access networks can be displayed through different types of delays, loss, bandwidth, transmission speed, symmetry transmission, a certain number of users of broadband services and others. In this graduate thesis is planned to conduct a survey of the target group of users, which would investigate the knowledge and user needs related to traffic parameters of broadband access networks.

KEYWORDS: ADSL; VDSL; FTTH; HAKOM; traffic parameters; digital (smart) city

SADRŽAJ

1. UVOD 1
2. PREGLED ŠIROKOPOJASNIH PRISTUPNIH MREŽA I TEHNOLOGIJA 4
2.1. DSL tehnologije širokopojasnog pristupa 7
2.2. Tehnologije širokopojasnog pristupa s pomoću optičkih niti (FTTx) 10
2.3. Širokopojasni pristup koaksijalnim kabelima 13
2.4. Satelitski širokopojasni pristup 14
2.5. Bežični širokopojasni pristup - WiMAX 15
3. ZNAČAJ PLANIRANJA ŠIROKOPOJASNIH PRISTUPNIH MREŽA 17
3.1. Odabir investicijskog modela 21
3.2. Pokazatelji razvijenosti mreže 23
3.3. Definicija projekata u pristupnim mrežama 27
3.3.1. Direktno priključenje pretplatnika 27
3.3.2. Mini projekti 28
3.3.3. Projekti razvoja mreže 28
3.4. Izgradnja digitalnih gradova 29
3.4.1. Infrastruktura digitalnog grada 30
3.4.2. Struktura digitalnog grada 30
3.4.3. Arhitektura gradske širokopojasne mreže 31
3.5. Strategija razvoja širokopojasnog pristupa u Republici Hrvatskoj 32
4. PREGLED AKTUALNE LEGISLATIVE I STANDARDIZACIJE U FUNKCIJI PLANIRANJA ŠIROKOPOJASNIH PRISTUPNIH MREŽA 35
4.1. Temeljni zahtjevi za elektroničku komunikacijsku mrežu i elektroničku komunikacijsku infrastrukturu 40
4.2. Kabelska kanalizacija 41
4.2.1. Razvoj kabelske kanalizacije 41
4.2.2. Planiranje kapaciteta kabelske kanalizacije 42
4.2.3. Zdenci kabelske kanalizacije 44
4.2.4. Cijevi kabelske kanalizacije 45
4.2.5. Gradnja kabelske kanalizacije 46

4.2.6. Vođenje dokumentacije izgrađene kabelske kanalizacije 47
4.2.7. Održavanje kabelske kanalizacije 48
5. RELEVANTNI PROMETNI PARAMETRI ŠIROKOPOJASNIH PRISTUPNIH MREŽA 50
6. ANALIZA PROMETNIH PARAMETARA ŠIROKOPOJASNIH PRISTUPNIH MREŽA (S POZICIJE KORISNIKA) 60
6.1. Struktura anketnog upitnika 60
6.2. Obrada anketnog upitnika na temelju predanih odgovora 61
6.3. Konačni zaključak analize anketnog upitnika 68
7. ZAKLJUČAK 71
LITERATURA 73
POPIS ILUSTRACIJA 76
PRILOG 78
METAPODACI 84
IZJAVA O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI I SUGLASNOST 85

1. UVOD

Pristupna mreža povezuje krajnjeg korisnika s drugim mrežama (npr. Internet) i pružateljima usluga (npr. IPTV). Širokopojasni pristup Internetu je pristup većim prijenosnim brzinama, te pristup sa stalnom spojenošću (engl. *always-on*). Veze moraju biti dvosmjerne (*uplink* i *downlink*), međutim brzine prijenosa ne moraju biti jednake u oba smjera, također, ni put kojim se prometni entiteti transportiraju mrežom. Širokopojasni pristup može biti žični (xDSL, kabelski i dr.), bežični (radijski, satelitski i dr.) ili optički (koncepti FTTx tehnologija).

Prometne parametre kao značajne stavke pri planiranju širokopojasnih pristupnih mreža moguće je prikazati kroz različite vrste kašnjenja, varijacija u kašnjenju, gubitaka, propusnosti, brzina prijenosa, simetričnosti prijenosa, QoS zahtjeva pojedinih usluga, broju korisnika određene širokopojasne usluge i drugih.

Širokopojasne pristupne mreže moguće je primijeniti u različitim područjima i okruženjima. Jedna od takvih primjena ogleda se u razvoju koncepta digitalnih gradova (engl. *Smart City*) i u skladu s time povećanju kvalitete života građana koje se temelji na različitim širokopojasnim uslugama. Da bi se razvile širokopojasne usluge potrebno je razviti i samu mrežu za prijenos podataka velikim brzinama.

Svrha istraživanja je ispitati različite mogućnosti razvoja širokopojasnih pristupnih mreža u ovisnosti o potrebama krajnjih korisnika.

Cilj istraživanja je napraviti usporednu analizu relevantnih prometnih parametara više širokopojasnih pristupnih mreža. U diplomskom radu provedeno je anketiranje ciljane skupine korisnika, u kojem se istražilo poznavanje i potrebe korisnika širokopojasnih usluga vezane za određene prometne parametre širokopojasnih pristupnih mreža. Također istražila se isplativost ulaganja u razvoj postojeće i planiranje nove širokopojasne pristupne mreže u ovisnosti o prometnim parametrima i potrebama korisnika.

Tema diplomskog rada je: Analiza relevantnih prometnih parametara u funkciji planiranja širokopojasnih pristupnih mreža.

Diplomski rad je razrađen u sedam povezanih poglavlja:

1. Uvod
2. Pregled širokopojasnih pristupnih mreža i tehnologija
3. Značaj planiranja širokopojasnih pristupnih mreža
4. Pregled aktualne legislative i standardizacije u funkciji planiranja širokopojasnih pristupnih mreža
5. Relevantni prometni parametri širokopojasnih pristupnih mreža
6. Analiza prometnih parametara širokopojasnih pristupnih mreža (s pozicije korisnika)
7. Zaključak

Uvodno poglavlje daje osnovnu sliku o radu te definira cilj i strukturu rada.

U drugom poglavlju, prikazane su najčešće korištene širokopojasne pristupne tehnologije, te prikaz širokopojasne mreže.

U trećem poglavlju, prikazan je i obrađen značaj planiranja širokopojasnih pristupnih mreža te trenutno stanje.

U četvrtom poglavlju, obrađen je zakonodavni okvir odnosno postojeća telekomunikacijska legislativa i standardizacija, važan dio kod planiranja širokopojasnih pristupnih mreža i njene infrastrukture.

U petom poglavlju, analizirani su relevantni prometni parametri o kojima ovise kapaciteti širokopojasne pristupne mreže, a predstavljaju važan element pri planiranju mreže.

U šestom poglavlju, prikazani su rezultati provedenog anketiranja ciljane skupine korisnika, u kojem se istražilo poznavanje i potrebe korisnika vezane za prometne parametre širokopojasnih pristupnih mreža. Predloženo istraživanje temeljit će se na prikazu i usporedbi arhitektura i prometnih parametara tehnologije xDSL i mrežne tehnologije FTTx.

U sedmom poglavlju, Zaključku, sintetizirane su sve informacije prikupljene i obrađene tijekom izrade diplomskog rada.

Na kraju rada, nalazi se Literatura, koja daje uvid u sve studije, knjige i analitike te internetske stranice korištene pri izradi diplomskog rada.

2. PREGLED ŠIROKOPOJASNIH PRISTUPNIH MREŽA I TEHNOLOGIJA

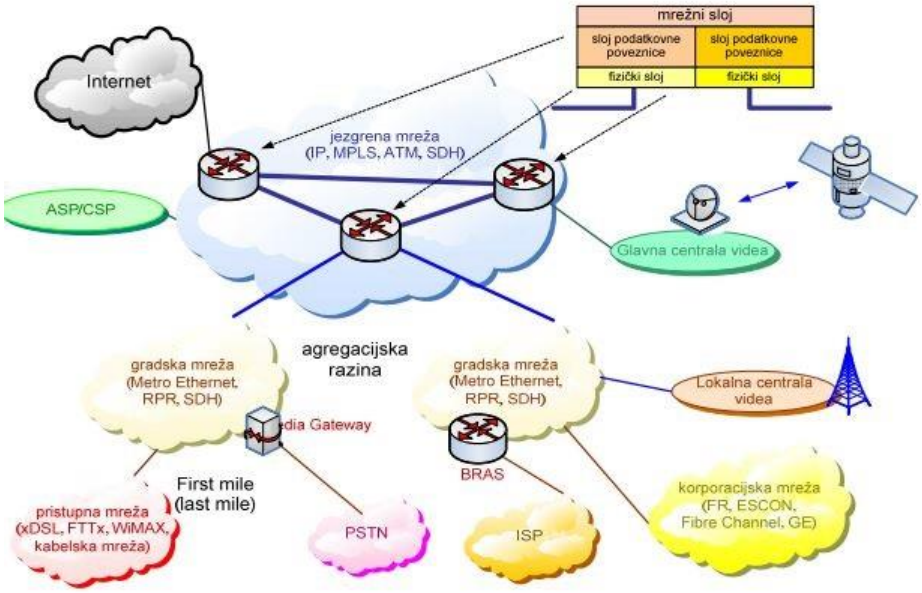
Pristupna mreža (Slika 1.) povezuje krajnjeg korisnika s drugim mrežama (npr. Internet) i pružateljima usluga (npr. IPTV). Pristupna mreža (engl. *access network*) se sastoji od lokalnih petlji (engl. *local loops*), za koje se koristi i naziv pretplatničke linije (engl. *subscriber lines*), i pridružene im mrežne opreme (pretplatnička linija je definirana preporukom ITU-T[1] G.101). Lokalne petlje povezuju lokacije krajnjih korisnika usluge s lokalnim centralama (engl. *local exchanges*, skr. LEs) [[1]].

U Sjedinjenim Američkim Državama (kratica SAD) češće se za lokalnu centralu koristi izraz *central office* (skr.CO), što bi se na hrvatski moglo prevesti kao središnji ured. Tradicionalna pristupna mreža se sastoji uglavnom od kabela koji sadrže na tisuće upredenih parica (engl. *twisted pairs*, skr. TPs), pri čemu svaku paricu tvori par bakrenih vodiča [[1]].

Parice se od lokalne centrale razvode do krajnjih razdjelnika (engl. *feeder distribution interfaces*, skr. FDIs). Krajnji razdjelnici su točke u pristupnoj mreži od kojih se upredene parice razvode sve do krajnjih korisnika usluge. Glavninu upredenih parica u pristupnoj mreži moguće je svrstati u kategoriju nazvanu neoklopljena upredena parica (engl. *unshielded twisted pair*, skr. UTP). Iako oklapanje smanjuje razinu interferencije i šuma u upredenoj parici, glavni razlog za korištenje neoklopljenih parica u pristupnim mrežama leži u dimenzijama kabela. Kabel zadanog promjera može sadržavati više UTP-a nego oklopljenih upredenih parica (engl. *shielded twisted pairs*, skr. STPs) [[1]].

[1] ITU-T - sektor telekomunikacijske standardizacije (ITU - T) je jedan od tri sektora Međunarodne telekomunikacijske unije (ITU) koji koordinira standarde za telekomunikacije.

Lokalna petlja tj. pretplatnička linija (definirana u ITU-T G.101) ne mora nužno biti parična, može biti i bežična WLL[2].



Slika 1. Prikaz pristupne mreže (izvor:[[3]])

Pristupne mreže mogu biti izvedene na više načina, i to [[1]]:

- Žični
  - DSL tehnologije - koriste upredenu paricu

  npr. ADSL, VDSL, SHDSL – standardi ITU-T-a G.99x.y
  - Kabelski -koriste mrežu kabelske televizije

  npr. HFC[3] – standardi DOCSIS
  - PLC[4] komunikacije vodovima energetske mreže

  npr. standardi IEEE-a
- Optički – koncepti Fiber to the (FTTx)
  - od točke do točke (P2P)

  npr. 100BASE-FX, 1000BASE-LX, 10GBASE
  - pasivne optičke mreže (PON)

[2] WLL – Wireless Local Loop

[3]HFC - Hybrid Fiber Coax (Hibridni optički/koaksijalni kabel)

[4]PLC - Power Line Communication

npr. APON, BPON, EPON, GPON

- Bežični (*wireless*)
  - radijski

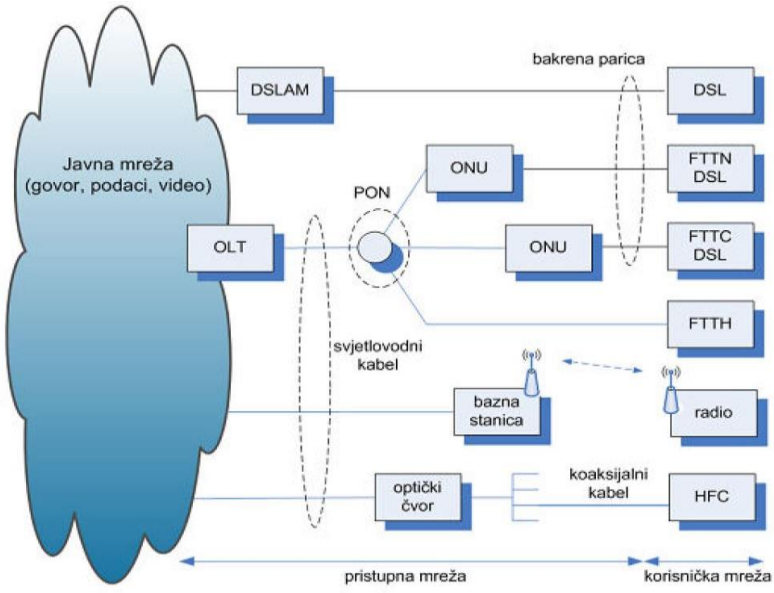
  npr. WiMAX, HSDPA/HSUPA (3GPP), Wi-Fi, LTE
  - satelitski

  npr. VSAT
  - optički FSO[5]

  npr. ITU-T G.640
- Hibridni – npr. Fi-Wi (*Fiber-Wireless*)

Svaki model je podijeljen u nekoliko cjelina, kao što je prikazano na (Slika 2.)

- korisnička mreža (mreža korisničkih uređaja – nekoliko računala povezanih u lokalnu mrežu)
- pristupna mreža (infrastruktura koja povezuje korisničku mrežu s mrežom telekomunikacijskog operatera)
- prijenosna mreža (javna mreža)
- standardizirana sučelja između pojedinih nabrojanih cjelina



Slika 2. Tehnologije u širokopojasnoj pristupnoj mreži (izvor: [[3]])

[5]FSO – *Free Space Optics*

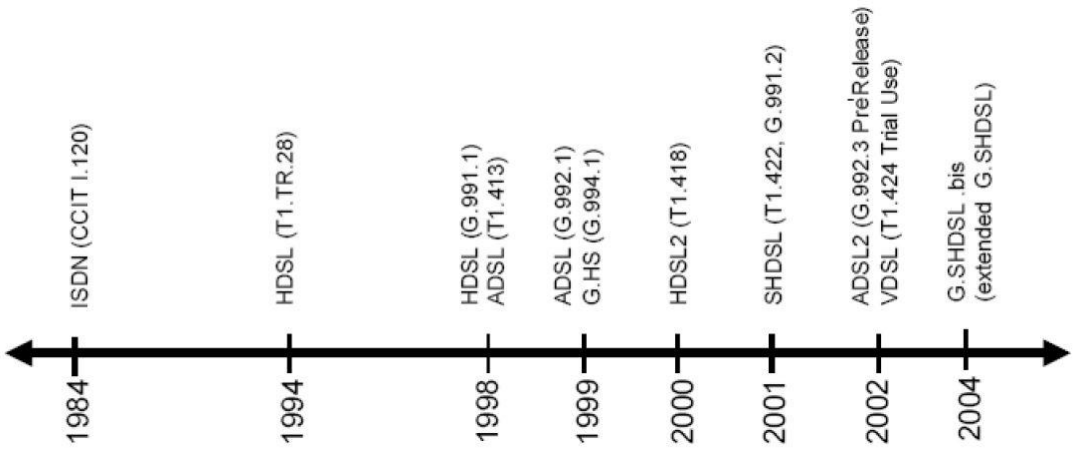
PSTN je izvorno dizajnirana da omogući pristup mreži i govornu i pristup mreži i govornu komunikaciju između udaljenih korisnika (ljudi) uspostavljanjem fizičke konekcije kanala pojasne širine 3,1 kHz. Radi njezine dostupnosti resursi telefonske mreže koriste se i za druge usluge npr. prijenos podataka, pristup Internetu i dr. Osim klasične parice kao osnovnog pristupnog medija, koriste se i različita rješenja bežičnog pristupa (*radio access*). Ključno je osigurati pristup mreži i stalnu raspoloživost kapaciteta i funkcionalnosti telekomunikacijske mreže, tako da se mogu uspješno ostvarivati telekomunikacijske usluge. [[27]]

2.1. DSL tehnologije širokopojasnog pristupa

DSL-tehnologije povezuju krajnjeg korisnika s lokalnom centralom. Tehnologije digitalne pretplatničke linije (engl. digital subscriber line, skr. DSL) su tehnologije pristupa jezgrenoj (engl. *core*) mreži pomoću fiksnih linija (prema podacima organizacije ITU u svijetu je krajem 2003. bila instalirana 1,1 milijarda fiksnih pristupnih linija). Generički naziv xDSL se često koristi kako bi se njime označile sve DSL-tehnologije ili bilo koja od njih. [[1]]

Počeci xDSL-a sežu u osamdesete godine prošlog stoljeća (Slika 3). međutim, u devedesetima je započeo ubrzani masovni razvoj i primjena xDSL-a diljem svijeta. Digitalna pretplatnička linija velike prijenosne brzine (skr. od engl. *High Bit-rate* DSL, HDSL) je bila prva DSL-tehnologija koja je doživjela uspjeh na tržištu, asimetrična digitalna pretplatnička linija (engl. *Asymmetric DSL*, skr. ADSL) je doživio najveći rast na tržištu, dok digitalna pretplatnička linija vrlo velike prijenosne brzine (skr. od engl. *Very high data rate* DSL, VDSL) i dalje nudi najveće prijenosne brzine od svih DSL-a. Neke DSL tehnologije podržavaju istovremeni prijenos DSL-podataka (engl. *DSL data*) i POTS-a jednom upredenom paricom (npr. ADSL), tj. koncept koji se naziva DSL over POTS[6] .[[1]]

[6]POTS - *Plain Old Telephone Service*



Slika 3. Vremenski slijed razvoja DSL tehnologija (izvor: [[1]])

Osnovnu podjelu DSL-tehnologija moguće je načiniti u dvije odvojene skupine: asimetrične DSL-tehnologije i simetrične DSL-tehnologije. Simetričnost se u ovom kontekstu odnosi na prijenosne brzine u dolaznom i odlaznom smjeru prijenosa signala. Ako su joj te dvije brzine međusobno jednake, tada dotična DSL-tehnologija pripada skupini simetričnih DSL tehnologija. U suprotnom se radi o asimetričnoj DSL-tehnologiji.

Kod ADSL prijenosne brzine su različite u odlaznom i dolaznom smjeru, gdje se brzina prijenosa od korisnika prema centrali kreće od 16 kbit/s do 640 kbit/s, dok od smjera centrale prema korisniku brzine iznose od 1,5 do 8 Mbit/s. Brzine prijenosa ovise o mnogim čimbenicima: duljina bakrene parice, promjer parice, prisutnost preslušavanja i ostalih problema koji se susreću kod prijenosa podataka preko bakrene parice. Tehnologija ADSL-a ima sljedeće čimbenike: telefonska instalacija temelji se na bakrenoj parici od korisnika prema telefonskoj centrali, bakrene žice mogu prenijeti mnogo više podataka nego što je sadržano u telefonskoj konverzaciji, višak kapaciteta za prijenos informacija preko bakrene parice bez ometanja telefonskog razgovora i mehanizam se zasniva na tome da se odgovarajuće frekvencije vežu uz određene zadatke.

S vremenom krajnji korisnici postaju sve zahtjevniji u vezi prijenosnih brzina, te ADSL tehnologije i njegove inačice iskazuju slabe performanse u vezi govorne telefonije, interaktivnog videa i brzih podatkovnih usluga. Operatori su se složi da je jedno od najpovoljnijih rješenja VDSL (*Very high bit rate* DSL). VDSL podržava

simetričan i asimetričan prijenos, te koristi se frekvencijskim područjem do 12 MHz. Dolazne brzine VDSL-a višekratnici su brzine od 155,52 Mbit/s, a odlazne mogu se podijeliti u tri skupine: 1,6 – 2,3 Mbit/s, 19,2 Mbit/s.

Na (Slika 4) prikazan je popis najznačajnijih DSL-tehnologija podijeljenih prema simetričnosti usluge koju pružaju.

Asimetrične DSL-tehnologije	**Simetrične DSL-tehnologije**
CAP ADSL – nije standard	SDSL – vlasnički standardi
G.dmt – ITU-T G.992.1	HDSL – G.991.1, ETSI TS 101 135, ANSI T1.4-TR28
ADSL over ISDN – ITU-T G.992.1, Annex B	HDSL2 – ANSI T1.418
DMT2 – ANSI T1.413.2 G.lite – ITU-T G.992.2	IDSL – ISDN over DSL
G.dmt.bis (ADSL2) – ITU-T G.992.3	SHDSL – ITU-T G.991.2, ETSI TS 102 524, ANSI T1.422
G.lite.bis (half-rate ADSL2) – ITU-T G.992.4	
ADSL2plus – ITU-T G.992.5	
VDSL – ITU-T G.993.1	
VDSL2 – ITU-T G.993.2	

Slika 4. Simetrične i asimetrične DSL-tehnologije i pripadajući standardi (izvor: [[1]])

xDSL ima jaku i brojnu konkurenciju na telekomunikacijskom tržištu. Jedan od konkurenata mu je HFC (skr. od engl. *Hybrid Fiber-Coaxial*), tehnologija raspodijeljenog pristupa mediju koja je dobro prilagođena analognom i digitalnom razašiljanju signala, ali još nije široko prihvaćena diljem svijeta kao tehnologija adekvatna za istovremeni prijenos POTS-kanala, interaktivnog videa i brzih podataka. Nadalje, tehnologija FTTH (skr. od engl. *Fiber to the Home*) još uvijek predstavlja vrlo skupu alternativu xDSL-u. Alternativa FTTH-u, koja predstavlja kombinaciju optičkih niti i upredenih parica do krajnjeg korisnika, naziva se skraćeno FTTN (od engl. *Fiber to the Neighborhood*). Tim su pojmom obuhvaćene tehnologije FTTC (skr. od engl. *Fiber to the Curb*), koja se temelji na konceptu kratke završne ekstenzije od glavnog kabela do korisničkog područja (engl. customer premises), i FTTB (skr. od engl. *Fiber to the Building*), koja je namijenjena posluživanju visokih zgrada.Najveću prijetnju xDSL-u danas predstavljaju bežične (engl. *wireless*) tehnologije. Pored njihove fleksibilnosti u primjeni koja je veća nego kod xDSL-a, bežične tehnologije

predstavljaju najjeftinije rješenje za izgradnju lokalne petlje, posebno u područjima gdje nije postavljena infrastruktura paričnih ili koaksijalnih kabela. Korisnicima koji su već otprije povezani s lokalnom centralom pomoću upredene parice xDSL još uvijek predstavlja najučinkovitije rješenje širokopojasnog pristupa. Daljnji razvoj xDSL-a ima dobru perspektivu i opravdan je ekonomskim razlozima .[[1]]

U takvim mrežnim scenarijima, gdje operatori radije odabiru kao rješenje kombinaciju optičkih niti i upredenih parica, VDSL postaje dobar izbor. VDSL je jedna od tehnologija koje omogućavaju ostvarenje koncepta FTTN. Arhitekturu FTTN-a čini kombinacija optičkih niti koje povezuju lokalnu centralu (*Local Exchange*– LE) s optičkim mrežnim jedinicama (*Optical Network Unit*– ONU) i od upredenih parica koje povezuju krajnje korisnike s ONU-ima . [10]

VDSL-modemi su instalirani na oba kraja svake lokalne VDSL-petlje, realizirane jednom upredenom paricom. Slika ispod prikazuje arhitekturu FTTN-a, odnosno VDSL-a. VDSL podržava simetričan i asimetričan prijenos. Koristi frekvencijsko područje do 12 MHz. Cijena koju VDSL plaća zbog povećanja brzine u odnosu na ADSL je smanjeni domet prijenosa Dolazne brzine podržane VDSL-om višekratnici su brzine od 155,52 Mbit/s, korištene u SDH-sustavima, odnosno SONET-sustavima: 51,84 Mbit/s, 25,92 Mbit/s i 12,96 Mbit/s. Odlazne brzine podržane VDSL-om moguće je podijeliti u tri skupine: 1,6 – 2,3 Mbit/s, 19,2 Mbit/s i brzine koje su jednake dolaznoj.

2.2. Tehnologije širokopojasnog pristupa s pomoću optičkih niti (FTTx)

Fiber to the x (FTTx) je opći pojam za svaku mrežnu arhitekturu koja koristi optička vlakna u tu svrhu da zamijeni cijeli ili samo dio uobičajene bakrene lokalne petlje koja se obično koristi u telekomunikacijama.Optički pristup moguće je realizirati optičkim nitima i bežično.

Optička nit prenosi impulse svjetlosti tj. informaciju. Višestruki tokovi svijetlosti tj. informacija mogu biti prenošeni po istoj optičkoj niti u isto vrijeme koristeći više valnih duljina svjetlosti,tj boja svjetlosti. Optička nit ima mnogo prednosti nad bakrenim žicama ili koaksijalnim kabelima,a jedna od tih prednosti je puno lakše održavanje i mogućnosti puno veće propusnosti brzine prijenosa podataka.Svjetlosni signal putuje preko velikih udaljenosti kroz optičku nit sa malim ili bez degradacija duž optičke trase do mjesta isporuke vlakna (niti). Jedna od prednosti optičkog kabela je ta što je vrlo tanak i lagan što ga čini lakim za distribuciju i instaliranje. Optički kabel teoretski može omogućiti dovoljnu propusnost podataka da obskrbi cijeli svijet različitim informacijama u svakom trenutku no još nije zaživio u potpunosti u svim zemljama.Pasivne optičke mreže ili PON su najučestaliji tip optičke mreže u FTTx arhitekturama,koje opskrbljuju krajnje korisnike informacijama .[[3]]

Vlakna koja podržavaju višestruke propagacijske putanje i načine prenošenja signala nazivaju se multimodnim (MM) optičkim vlaknima, koja se načelno upotrebljavaju za prijenos na kraće udaljenosti, za razliku od optičkih vlakna koja podržavaju samo jedan način prenošenja signala, a koja se nazivaju monomodnima optičkim vlaknima (SM). Ona omogućuju prijenos podataka na udaljenost redovno iznad 550 m. Tehnološkim usavršavanjem i povećanjem čistoće stakla taj domet prijenosa podataka tijekom vremena se povećava.

Pristup optičkim vlaknima je oduvijek predstavljao najkvalitetniju varijantu širokopojasnog pristupa jer omogućava postizanje velikih prijenosnih brzina i dometa prijenosa. Jedina prepreka masovnijem uvođenju FTTx-tehnologija je njihova cijena i regulatorni uvjeti u većini zemalja koji zahtijevaju opsežne i skupe zahvate u kabelskoj infrastrukturi i samim time dodatno doprinose povećanju troškova realizacije pristupne mreže, što se pak dugoročno odražava i na cijenu usluga.

Ako se radi o pristupu s pomoću optičkih niti tada govorimo o konceptima Fiber to the x (FTTx) [[3]]:

- optičke niti do stana – *Fiber to the Home* (FTTH),
- optičke niti do zgrade – *Fiber to the Building* (FTTB),

- optičke niti do pločnika – *Fiber to the Curb* (FTTC) ili *Fiber to the Kerb* (FTTK),
- optičke niti do kabineta – *Fiber to the Cabinet* (FTTCab).

Pristup optičkim nitima (FTTx tehnologije) je oduvijek predstavljao najkvalitetniju varijantu širokopojasnog pristupa jer omogućava postizanje velikih prijenosnih brzina i dometa prijenosa. Jedina prepreka masovnijem uvođenju FTTx tehnologija su njihova cijena i regulatorni uvjeti u većini zemalja koji zahtijevaju opsežne i skupe zahvate u kabelskoj infrastrukturi i samim time dodatno pridonose povećanju troškova realizacije pristupne mreže, što se, pak, dugoročno održava i na cijenu usluga . [[3]]

Pristupnu mrežu utemeljenu na FTTx tehnologijama fizički je moguće realizirati s pomoću:

- poveznica od točke do točke, od kojih svaka izravno povezuje centralu i krajnjeg korisnika (P2P)
- s pomoću pasivne optičke mreže (PON).
- s pomoću aktivne optičke mreže (AON)

Osnovna prednost korištenja pasivnih optičkih mreža pred optičkim poveznicama od točke do točke jest u uštedama u izgradnji kabelske infrastrukture, jer uporaba PON-a smanjuje potrebnu količinu optičkih niti. Snaga signala koji se šalju prema krajnjim korisnicima dijeli se u omjeru 1:N, pri čemu je N broj krajnjih korisnika vezanih na pasivni optički razdjelnik (engl. *passive optical splitter*) [[3]].

U sustavima FTTH i FTTB optički linijski terminal (engl. *Optical Line Terminal*, OLT) povezan je s pomoću optičkih niti s optičkim mrežnim završecima (engl. *Optical Network Termination*, ONT) instaliranima u kućama ili zgradama. U FTTC i FTTCab OLT je s pomoću optičkih niti povezan s optičkim mrežnim jedinicama (engl. *Optical Network Unit*, ONU) smještenima u blizini skupine kuća ili zgrada koje su, pak, nekom od DSL-tehnologija (ADSL ili VDSL) povezane s mrežnim završecima (engl. *Network Termination*, NT) unutar samih kuća ili zgrada . [[3]]

2.3. Širokopojasni pristup koaksijalnim kabelima

Širokopojasni pristup Internetu koaksijalnim kabelima realizira se s pomoću kabelskih modema (engl. *Cable Modem,* CM). Kabelski modemi su koaksijalnim kabelima povezani sa završnim sustavom (engl. *Cable Modem Termination System,* CMTS) koji predstavlja sastavni dio CATV centrale (head-end) operatora kabelske mreže . [[3]]

Domet sustava može biti vrlo velik zahvaljujući uporabi pojačala. Iako je na taj način moguće razašiljati signal kabelske televizije (CATV) velikoj skupini krajnjih korisnika uz relativno mali broj kabela (jedan CMTS može posluživati i do 2000 korisnika po jednom TV kanalu), prigodom korištenja kabelskih modema za pristup Internetu svi korisnici koji su povezani sa CMTS-om s pomoću zajedničkog koaksijalnog kabela dijele ukupnu prijenosnu brzinu. Osim toga, u kabelskoj mreži s dijeljenim pristupom intenziviran je problem sigurnosti, odnosno privatnosti komunikacije . [[3]]

Mreža koja povezuje operatorov koncentrator s kabelskim modemima može biti izvedena na dva načina: isključivo s pomoću koaksijalnih kabela ili kao hibridna optičko-koaksijalna mreža - HFC (engl. *Hybrid Fiber/Coax*), ,što je danas najčešći slučaj u svijetu. UHFC mreži signali se iz centrale optičkim nitima prenose do optičkih čvorova od kojih se dalje koaksijalnim kabelima distribuiraju krajnjim korisnicima . [[3]]

Tipične ukupne prijenosne brzine koje je moguće postići kabelskim modemima su: 55,2 Mbit/s u dolaznom smjeru i 3 Mbit/s u odlaznom smjeru (najnoviji standardi omogućavaju ido 30 Mbit/s u odlaznom smjeru). Prijenosne brzine po jednom korisniku iznose tipično: od 500 do 1000 kbit/s u dolaznom smjeru i od 256 do 500 kbit/s u odlaznom smjeru. Glavni standard u području kabelskih modema poznat je pod nazivom DOCSIS[7] . [[3]]

[7]DOCSIS - *Data Over Cable Service Interface Specification*

2.4. Satelitski širokopojasni pristup

Širokopojasni pristup Internetu putem satelitskih veza nije primjenjiv za povezivanje gdje god postoji alternativno rješenje. Naime, satelitske veze su iskoristive u slučajevima kada je potrebno realizirati vezu tamo gdje ne postoji zemaljska infrastruktura. Međutim, zbog velike udaljenosti koju mora preći signal, kod starijih satelitskih tehnologija dolazilo je do očitih kašnjenja u komunikaciji.

Postoje razna rješenja za realizaciju širokopojasnog pristupa Internetu uporabom satelitskog prijenosa. Velik dio utemeljen je na tehnologijama kao što su: *Digital Video Broadcast with Return Channel via Satellite* (DVB-RCS) i *Digital Video Broadcast with Return Channel Terrestrial* (DVB-RCT). Kao što im i naziv govori, DVB sustavi su primarno namijenjeni razašiljanju videa, ali se satelitski kanali mogu iskoristiti i za povezivanje s Internetom.U vrijeme dok su se satelitske komunikacije rabile isključivo za slanje TV signala prema korisnicima, "povratni" put nije niti bio aktualan . [[3]]

Uvođenjem pristupa Internetu javlja se problem realizacije prijenosa signala u smjeru od krajnjih korisnika prema mreži. U konceptu DVB-RCS povratni je put realiziran također satelitski. Za takav se sustav često govori da rabi dvosmjernu satelitsku vezu (engl. *two-way satellite*). Nasuprot tome, u konceptu DVB RCT povratni je put realiziran zemaljskom vezom, tj. preko biranih linija, NISDN- om ili nekom drugom opcijom . [[3]]

Širokopojasni pristup Internetu putem satelitskih veza u odnosu na ADSL pristup putem bakrene parice ima još nekoliko ograničenja koja onemogućavaju njihovu usporedivost. Naime, za razliku od tarifnih paketa putem ADSL pristup putem bakrene parice, korisnik širokopojasnog pristupa Internetu putem satelitskih veza nema mogućnost odabira paketa s neograničenim prometom.

Obzirom na cijenu ove usluge i same brzine ostvarene ovom tehnologijom, satelitske komunikacije se koriste isključivo za korisnike na ruralnim područjima ili za brodove.

2.5. Bežični širokopojasni pristup - WiMAX

U cilju razvoja digitalnih gradova kao funkcionalnog primjera u ovom radu koristi se i bežični šrikopojasni pristup WiMAX koji služi za primjenu u ruralnim područjima koja tradicionalno nemaju razvijenu telekomunikacijsku infrastrukturu. Izgradnja WiMAX mreže u takvimpodručjima daleko je isplativija za operatore od, npr., izgradnje parične infrastrukture za xDSL tehnologije ili optičke infrastrukture za FTTx arhitekture. Primjena WiMAX-a ururalnim područjima omogućit će krajnjim korisnicima širokopojasni pristuptelekomunikacijskoj mreži i uslugama i ublažiti tzv. digitalnu podjelu.

WiMAX je popularni naziv standarda za realizaciju gradskih bežičnih mreža (engl. *wireless metropolitan area networks*). Svjetska standardizacijska organizacija IEEE[8] odredila je 1998.godine radnu skupinu nazvanu 802.16 Working Group koja je zadužena za razvoj bežičnog standarda za gradske mreže. Prva inačica standarda nazvana je IEEE 802.16, a njen komercijalni naziv je WiMAX što je skraćenica od *Worldwide Interoperability for Microwave Access* . [[3]]

Na samom početku WiMAX je bio dominantno predviđen za bežični prijenos govora i podataka, i rezidencijalnih i poslovnih korisnika. Stalna poboljšanja prijenosne usluge približila su WiMAX skupu onih tehnologija koje omogućavaju kvalitetan prijenos triple playusluga. U odnosu na postojeće mobilne mreže, WiMAX pruža znatno širi prijenosni pojas frekvencija, a samim time i veće ostvarive prijenosne brzine. Osim toga, podizanje dometa na čak 20 km omogućava jako dobru pokrivenost terena s relativno malim brojem baznih stanica . [[3]]

Prva inačica definirala je sustav koji rabi područje frekvencija od 10 GHz do 66 GHz. S obzirom da takav sustav zahtijeva optičku vidljivost između predajnika i prijamnika, radna je skupina nastavila razvijati i drugu inačicu,nazvanu IEEE 802.16a, koja rabi frekvencijsko područje od 2 GHz do 11 GHz i ne zahtijeva spomenutu optičku

[8] IEEE - *Institute of Electrical & Electronics Engineers*

vidljivost. Kao takva, puno je bolje prilagođena radu u gusto naseljenim područjima . [[3]]

Općenito gledano, kompetitivnost WiMAX-a ovisi o prijenosnim brzinama i dometima koje je moguće postići tom tehnologijom, kao i o kvaliteti prijenosne usluge koju tabežična arhitektura pruža krajnjim korisnicima. Upravo se na tom planu ostvaruju permanentna poboljšanja čime WiMAX postaje sve veći konkurent xDSL-u i FTTx-u.

Frekvencijska područja od posebnog interesa za primjenu WiMAX-a su pojasevi oko 2,5, 3,5i 5,8 GHz. U Hrvatskoj je, planom dodjele frekvencijskog spektra za širokopojasne nepokretne bežične sustave, predviđeno područje od 3,4 do 3,6 GHz (za korištenje ovog područja potrebna je dozvola nadležnog tijela; u Republici Hrvatskoj to je Hrvatska agencija za telekomunikacije), kao i područje od 24,5 do 26,5 GHz (također je potrebna dozvola). Obasu područja namijenjena isključivo za civilnu uporabu . [[3]]

3. ZNAČAJ PLANIRANJA ŠIROKOPOJASNIH PRISTUPNIH MREŽA

Korisnički zahtjevi za povećanim kapacitetima u postojećim telekomunikacijskim mrežama te predstojeće uvođenje cijele palete širokopojasnih usluga uvjetovali su potrebu za izgradnjom nove javne širokopojasne pristupne mreže. Stoga je određivanje optimalne tehnologije za izgradnju širokopojasnih pristupnih mreža postalo jedno od najvažnijih pitanja s kojim se danas sučeljavaju javni telekomunikacijski operatori. Naime, poznato je kako optički medij omogućuje prijenos podataka najvećim brzinama. Međutim, potpuna zamjena postojeće klasične pristupne mreže optičkom ekonomski je neprihvatljiva

Stoga se u razmatranje uzimaju razni prijelazni modeli koji postupno približavaju optiku korisnicima i time zadovoljavaju njihove rastuće potrebe za velikim brzinama i za širokopojasnim uslugama. Bez obzira na tehnologiju koja će biti primijenjena za realizaciju pojedinog modela, osnovni podaci koji moraju biti na raspolaganju tijekom planiranja širokopojasnih pristupnih mreža su broj i kapacitet budućih širokopojasnih pristupnih uređaja. [11]

Može se pretpostaviti da broj i kapacitet širokopojasnih pristupnih uređaja odgovara postojećoj konfiguraciji korisnika i njihovim karakteristikama. Sukladno tome evidentna je različitost pristupnih mreža u gradskim područjima: poslovnim i rezidencijalnim dijelovima grada, te u prigradskim i ruralnim područjima. U istraživanjima provedenima u Odsjeku za razvoj i planiranje TKC-a Zagreb, izvršena je statistička analiza postojeće telefonske pristupne mreže na području grada Zagreba. Tom su prigodom odvojeno analizirana poslovna i rezidencijalna područja grada, te njihove međusobne kombinacije.[11]

Prema tome, uz određeno skaliranje rezultata dobivenih na osnovi analize postojeće telefonske pristupne mreže, moguće je predvidjeti broj i kapacitet budućih širokopojasnih pristupnih uređaja bez obzira na to planira li se korisnicima ponuditi npr. ISDN, ATM ili n x 2 Mbit/s priključak na optičku mrežu. Prikladnom statističkom analizom podataka o zauzeću parica postojeće telefonske pristupne mreže može se doći do vrlo zanimljivih zakonitosti. Pored tehničkih podataka, svaki zapis o zauzeću

parice ima naziv korisnika i njegovu adresu. Na osnovi tih podataka moguće je napraviti kvantitativnu analizu podataka o korisnicima na određenoj adresi i o pripadajućem broju telefonskih priključaka. Potrebno je napomenuti kako je nužno odvojeno tretirati korisnike koji su istog naziva, ali se nalaze na različitim adresama. [11]

Nužan preduvjet za planiranje pristupnih širokopojasnih mreža jest određivanje broja i kapaciteta budućih širokopojasnih pristupnih uređaja. Kvantitativna analiza podataka o korisnicima na određenoj adresi i pripadajućem broju telefonskih priključaka daje gustoću razdiobe f(x) koja nam predočava koliko ima korisnika koji imaju samo po jedan telefonski priključak, koliko ih je s dva telefonska priključaka, itd .[11]

Naime, svako se ulaganje može podijeliti na fiksni i varijabilni dio. Fiksni su dio ulaganja u ovom slučaju sredstva utrošena Može se primjenjivati u slijedećimza uključenje u rad širokopojasnog čvora u razmatranoj centrali. Varijabilni dio ulaganja prigodom izgradnje širokopojasne pristupnemreže ovisi o BrPU - broju instaliranih pristupnih uređaja (koji,pak, ovisi o prekrivanju broja korisnika PBK) i o KapPU - ukupnom kapacitetu instaliranih pristupnih uređaja (koji, pak, ovisi o prekrivanju kapaciteta korisnika PKK). [11]

Dodatno se mogu uvećati fiksni i varijabilni dijelovi investicije s rashodima koji su posljedica operativnih troπkova tijekom određenog vremena eksploatacije. S druge je strane povrat investicije moguć jedino kroz eksploataciju ukupnog instaliranog kapaciteta KapPU koji ovisi o prekrivanju kapaciteta korisnika PKK. [11]

Na osnovi navedene gustoće razdiobe mogu se definirati parametri prekrivanja koji se kreću između 0 i 100 posto, a ovisni su o zadanom kriteriju (odluci) k: u prekrivanje broja korisnika: PBK(k) i u prekrivanje kapaciteta korisnika: PKK(k). [11]

Bakrena parica stigla je gotovo do svog limita, dok su potrebe za sve većim brzinama korisnika neminovne. Kako su troškovi investiranja u FTTx infrastrukturu toliko visoki da ih čak i donedavni monopolisti nisu u stanju financirati te osigurati povrat investicija u uobičajenom roku, sve se više traže različiti načini sufinanciranja . [10]

Već je neko vrijeme sasvim jasno da telekom operatori diljem svijeta donose odluke (ili će ih donijeti uskoro) o uključivanju postojećih paričnih lokalnih petlji u svoje širokopojasne pristupne mreže sljedeće generacije. S obzirom da krajnji korisnici postaju sve zahtjevniji glede prijenosnih brzina, ADSL bi mogao, unatoč novijim inačicama ADSL2 i ADSL2+, iskazati slabe performanse u složenoj okolini u kojoj je potreban istovremeni prijenos govorne telefonije, interaktivnog videa i brzih podatkovnih usluga na veće udaljenosti između krajnjih korisnika i lokalne centrale . [10]

Nužni elementi za projektiranje širokopojasnih mreža mogu se (uz odgovarajuće skaliranje) izravno odrediti iz parametara prekrivanja:

- u broj širokopojasnih pristupnih uređaja - iz prekrivanja broja korisnika (PBK)
- u kapacitet širokopojasnih pristupnih uređaja - iz prekrivanja kapaciteta korisnika (PKK).

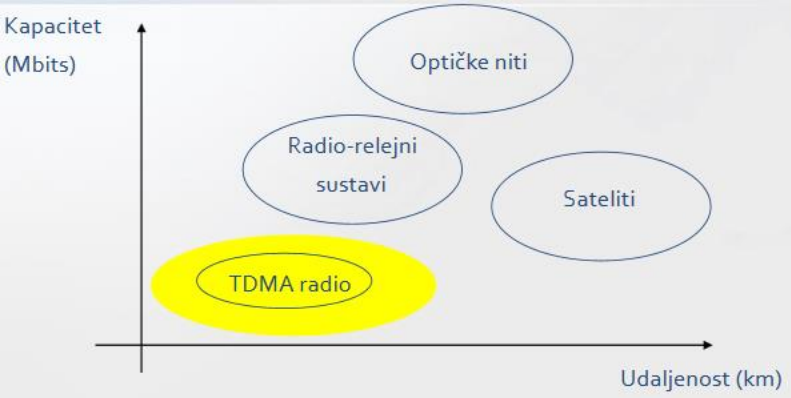
Stoga bi poznavanje analitičkih modela za PBK(k) i PKK(k) znatno olakšalo donošenje odluka prigodom planiranja novih širokopojasnih pristupnih mreža. Naime, umjesto uzastopnog provođenja statističkih analiza za svaki različiti kriterij k, u tom bi slučaju bilo dovoljno samo uvrstiti vrijednost za kriterij k u odgovarajuće analitičke izraze . [11]

U planiranju se pretpostavljaju i procjene o očekivanim ekonomskim učincima uvođenja nove usluge. Svako se ulaganje može podijeliti na fiksni i varijabilni dio. Fiksni su dio ulaganja u ovom slučaju sredstva utrošena za uključenje u rad širokopojasnog čvora u razmatranoj centrali. Varijabilni dio ulaganja prigodom izgradnje širokopojasne pristupne mreže ovisi o BrPU - broju instaliranih pristupnih uređaja (koji, pak, ovisi o prekrivanju broja korisnika PBK) i o KapPU - ukupnom

kapacitetu instaliranih pristupnih uređaja (koji, pak, ovisi o prekrivanju kapaciteta korisnika PKK). Dodatno se mogu uvećati fiksni i varijabilni dijelovi investicije s rashodima koji su posljedica operativnih troπkova tijekom određenog vremena eksploatacije . [11]

Potpuna pokrivenosti brzim širokopojasnim pristupom ambiciozan je cilj koji zahtijeva izgradnju pristupnih širokopojasnih mreža sljedeće generacije (NGA) na cijelom području Hrvatske. U Hrvatskoj prevladava širokopojasni pristup Internetu putem xDSL tehnologije koji pruža većina operatora, ali da bi se omogućio značajan kvalitativni iskorak (eng. step change) u dostupnosti širokopojasnog interneta priključaka širokopojasnog i pristupnim brzinama operatori će morati nastaviti ulaganja u NGA infrastrukturu.

Vlada Republike Hrvatske naglašava da je potrebno obratiti pažnju na ruralna područja, u kojima je širom svijeta razvijenost elektronskih komunikacija na nižem nivou nego u urbanim područjima, budući da nejednakosti (digitalni jaz) između pojedinih hrvatskih regija te između različitih korisničkih zajednica u zemlji trebaju biti prevladane ili barem ublažene. [12]



Slika 5. Planiranje mreže u ruralnim područjima (izvor: [[8]])

Podjela se pravi prema vrstama pretplatnika, odnosno:

- gusto naseljeno područje s uslugama fiksne mreže, gusto naseljeno područje s uslugama koje omogućavaju određeni stupanj mobilnosti
- relativno rijetko naseljeno područje (Slika 5.)
- vrlo rijetko naseljeno područje.

3.1. Odabir investicijskog modela

Pri planiranju širokopojasne infrastrukture bitno je izabrati investicijski model koji je definiran prema odnosu tijela javnih vlasti, kao i privatnih poduzetnika, odnosno operatera u projektu. Navedeno se odnosi na investicijske udjele, odgovornost za izgradnju i upravljanje mrežom, te stjecanje i zadržavanje vlasništva nad izgrađenom infrastrukturom [5].

Danas su najviše u primjeni sljedeći modeli [5]:

- Model „Odozdo prema gore“ odnosno model lokalne zajednice koje uključuje skupinu krajnjih korisnika u lokalnim zajednicama
- Privatni DBO model odnosi se na slučajeve s privatnim operaterima, korisnicima, odnosno potpora gdje se daje pravo izgradnje ii upravljanja infrastrukturom
- Javni model vanjske usluge je sličan DBO modelu, s tim da je razlika da je infrastruktura izgrađena javnim poticajima
- Model zajedničkog ulaganja se temelju na ugovorima gdje je vlasništvo podijeljeno između privatnog i javnog sektora
- Javni DBO model je prikladan kada primjena drugih modela omogućuje davanje prednosti pojedinačnim operaterima.

Pri planiranju važno je u obzir uzeti sljedeće čimbenike:

- Tehnička stručnost jer tehnički stručnjaci moraju biti uključeni u proces planiranja razvoja infrastrukture. U projektu Midtso-enderjylland u Danskoj općine su svoj svjetlovodni master plan načinile na osnovi master plana Centra za planiranje mreže na Sveučilištu Aalborg koji je bio dostupan besplatno. Ovaj je master plan za regiju uštedio oko 25% troškova u odnosu na ono što je bilo prethodno planirano. No, postoje i negativna iskustva osobito kada se stručnost ne koristi učinkovito. Tako je u jednom projektu u Francuskoj mrežni operater morao instalirati više bežičnih odašiljača od objektivno potrebnih. [5]
- Zastarijevanje mrežnih tehnologija je bitno jer tehnološko zastarijevanje mrežnih tehnologija je čest problem u telekomunikacijama, jer se u ovom

sektoru tehnologije brzo razvijaju, tako da realizirana investicija, kada se mreža stavi u funkciju, bude zastarjela te se moraju provoditi nadogradnje sustava. Tako npr. kada je u pitanju izbor mrežnog sustava između bakrenih i svjetlovodnih tehnologija neki realizirani projekti već provode nadogradnju sustava. Kada je u pitanju izbor svjetlovodnih tehnologija (FTTC vs FTTH)teško (bez istraživanja) znati što je prikladno rješenje, jer su operateri i u razvijenim tržištima (npr SAD) usvojili različite strategije (npr. tvrtka Verizon je slijedila FTTH strategiju, a AT&T se odlučila za FTTC). [6]

- Državne mjere poticanja izgradnje širokopojasne infrastrukture mogu uključivati i državne potpore, u skladu s općenitim pravilima o državnim potporama na razini EU-a. Ista pravila detaljnije su razrađena slijedom dosadašnje prakse u državama EU-a te formalizirana unutar Smjernica o državnim potporama koja se odnose na brzi razvoj širokopojasnih mreža, a koje su prenesene kroz istoimenu Odluku i u hrvatski pravni sustav. Državne potpore u pravilu su opravdane ako pozitivni učinci primjene potpora, što u kontekstu širokopojasnog pristupa podrazumijeva dostupnost infrastrukture na cijelom nacionalnom području, prevladavaju nad negativnim učincima vezanim uz potencijalno narušavanje tržišnog natjecanja, odnosno davanja prednosti privatnim operatorima korisnicima potpora. [7]

Nadalje, kada se planiraju mreže u ruralnim područjima dizajn lokalnih mreža se odnosi na lokaciju novih centrala, lokaciju RSS[9]. Veličina pretplatničke mreže, kao i veličina spojne mreže i vrste rutiranja i određivanje tandem područja.

Planiranje mreže u ruralnim područjima se bazira na određivanju konfiguracijske mreže, odnosno centrale i korisnika, kao i određivanje načina povezivanja budućih pretplatnika s centralom, te dimenzioniranje spojnih vodova između centrala.

Potrebno je naglasiti kao spajanje izoliranih pretplatnika ili manjih skupina na većim udaljenostima od centrale stvara velike troškove.

[9] RSU - *Remote subscriber units*

Kada je riječ o udjelima u troškovima investiranja navode se sljedeći načini i prijedlozi kako bi se smanjili troškovi, što je bitno u planiranju širokopojasnih pristupnih mreža.

3.2. Pokazatelji razvijenosti mreže

Važno je pri planiranju mreže definirati osnovni (apsolutni) pokazatelj stupnja razvijenosti mreže, kako bi se lakše mogli postaviti osnovni ciljevi planiranja.

Primjer: osnovni pokazatelji razvijenosti za telefonsku mrežu: broj glavnih telefonskih priključaka GTP (nepokretnih i pokretnih). Vrlo su ilustrativni i tzv. relativni pokazatelji koji pokazuju odnos između dvije veličine, primjerice [[19]]:

- broj GTP/100 stanovnika (gustoća GTP),
- broj Internet korisnika/100 stanovnika (gustoća DP),
- broj km pari/1 GTP (prosječna duljina pretplatničkog voda) i dr.

U segmentu telefonskih usluga u nepokretnoj mreži prikupljaju se podaci [[19]]:

- Broj priključaka

Pod što spadaju:

- Broj analognih (POTS) priključaka
- Broj ISDN BRA i PRA priključaka
- Broj priključaka putem internetskog protokola (IP)
- Broj priključaka putem kabelske mreže
- Broj priključaka putem bežičnih tehnologija u nepokretnoj mreži
- Broj priključaka putem usluge najma korisničke linije (WLR)
    - Promet
    - Prihod
    - Izgrađenost mreže

Pod što spadaju:

- Broj udaljenih pretplatničkih stupnjeva
- Broj lokalnih telefonskih centrala
- Broj tranzitnih telefonskih centrala
- Broj međunarodnih telefonskih centrala
- Ukupan broj izgrađenih pretplatničkih parica
- Ukupan instaliran kapacitet POTS i ISDN BRA i PRA priključaka

U segmentu telefonskih usluga u pokretnoj mreži prikupljaju se podaci [[19]]:

- Broj priključaka

Pod što spadaju:

- Korisnici GSM mreže
- Korisnici UMTS mreže
- Korisnici mobilnog Interneta
  - Promet
  - Prihod
  - Stupanj izgrađenosti mreže
- Populacijska pokrivenost mrežom
- Geografska pokrivenost mrežom

U segmentu iznajmljenih mreža i vodova prikupljaju se podaci [[19]]:

- Broj iznajmljenih vodova

- Broj iznajmljenih digitalnih vodova SDH...
- Broj iznajmljenih Ethernet vodova
- Broj iznajmljenih vodova ostalih tehnologija (analogni...)
  - Prihod

U segmentu usluge televizije prikupljaju se podaci [[19]]:

- Broj priključaka kabelske televizije
- Broj priključaka televizije utemeljene na IP protokolu
- Broj priključaka satelitske televizije
- Prihod
- Mreža

– Maksimalan broj KTV priključaka (analogni i digitalni)
– Maksimalan broj IPTV korisničkih priključaka
– Broj iznajmljenih posebnih virtualnih kanala za IPTV uslugu

U segmentu usluga pristupa Internetu prikupljaju se podaci [[19]]:

- Broj priključaka prema vrsti korisnika
- Broj širokopojasnih priključaka - prema vrsti pristupne tehnologije i prema oglašavanoj brzini pristupa u dolaznom smjeru (engl. *downstream*)
- Broj fiksnih širokopojasnih priključaka po županijama (neovisno o tehnologiji) za širokopojasni pristup putem vlastite mreže i širokopojasni pristup putem mreže drugog operatora
- Promet
- Prihod
- Broj paketa usluga
- Prihod od paketa usluga

Ukupan broj priključaka širokopojasnog pristupa Internetu uključuje podatke [[19]]:

- Broj xDSL priključaka putem vlastite pristupne mreže (ADSL, VDSL, ostalo);
- Broj xDSL priključaka putem izdvojenog pristupa lokalnoj petlji (ADSL, VDSL,

ostalo);

- Broj xDSL priključaka putem zajedničkog (dijeljenog) pristupa lokalnoj petlji

(ADSL, VDSL, ostalo);

- Broj xDSL priključaka putem usluge "bitstream" pristupa (ADSL, VDSL,

ostalo);

- Broj priključaka putem svjetlovodne pristupne infrastrukture (FttH);
- Broj priključaka putem iznajmljenih vodova;
- Broj priključaka putem kabelskih mreža;
- Broj priključaka putem bežičnih tehnologija u nepokretnoj mreži (WiMAX, Wi-Fi Hot-Spots, Homebox, ostalo);
- Broj priključaka putem pokretnih mreža (UMTS, HSDPA, i sl.) i
- Broj priključaka putem podatkovnih SIM kartica (USB, PC kartica) i
- Broj priključaka putem mobilnih telefona.
- Broj priključaka putem satelitskih veza.

Broj širokopojasnih priključaka prema vrsti pristupne tehnologije i prema oglašavanoj brzini pristupa u dolaznom smjeru (engl. *downstream*) zavisno o brzinama prijenosa (≤ 512 [kbit/s], 512 [Kbit/s] < brzina ≤ 1024 [kbit/s], 1 [Mbit/s] < brzina ≤ 2 [Mbit/s], 2 [Mbit/s] < brzina ≤ 4 [Mbit/s], 4 [Mbit/s] < brzina ≤ 8 [Mbit/s], 8 [Mbit/s]< brzina ≤ 20 [Mbit/s], > 20 [Mbit/s] su podaci za [[19]] :

- xDSL,
- Svjetlovodna pristupna infrastruktura (FttH),
- Pristup putem iznajmljenih vodova,
- Pristup putem kabelskih mreža,
- Fiksni bežični pristup i
- Pristup putem satelitskih veza.

U navedenoj skupini podataka još se prikupljaju podaci o prosječnoj brzini prijenosa podataka putem pokretne mreže, zemljopisnoj pokrivenosti HSDPA signalom [%] i populacijskoj pokrivenost HSDPA signalom [%] . [[19]]

3.3. Definicija projekata u pristupnim mrežama

Budući da potražnja za priključcima ne može biti u potpunosti točno predviđena (broj priključaka područje potražnje), telekom operatori uvijek nastoje izgraditi odgovarajuću mrežnu infrastrukturu, koja s jedne strane daje operatoru dovoljno fleksibilnosti kako bi odmah reagirao na zahtjeve korisnika, a s druge je strane ekonomski isplativa, bez previše rezervnih kapaciteta. [[20]]

Mogući scenariji:

- Direktno priključenje korisnika,
- Mini projekti i
- Projekti razvoja mreže.

Izgrađenost mreže uključuje sljedeće podatke:

- Broj udaljenih pretplatničkih stupnjeva,
- Broj lokalnih telefonskih centrala,
- Broj tranzitnih telefonskih centrala,
- Broj međunarodnih telefonskih centrala,
- Ukupan broj izgrađenih pretplatničkih parica i
- Ukupan instalirani kapacitet priključaka.

Izgrađenost mreže po županijama sadrži podatke o broju pretplatničkih parica. [[20]]

3.3.1. Direktno priključenje pretplatnika

Najznačajnije karakteristike radnji u vezi s priključenjem pretplatnika su:

- ne zahtijeva posebno planiranje tehničke izgradnje
- ima za cilj izravno priključenje jednog ili više pretplatnika
- nisu potrebna dodatna kapitalna ulaganja

3.3.2. Mini projekti

Najznačajnija karakteristika Mini projekta je da su potrebne manje intervencije u postojećoj infrastrukturi (proširenje kraka mreže, polaganje kabela, zamjena samonosivog kabela većim kapacitetom, aktiviranje kabelske rezerve...). [[20]]

Preduvjeti za realizaciju Mini projekata:

- trebaju postojati slobodni kapaciteti komutacijskog čvora ili biti na raspolaganju u prihvatljivom roku
- trebaju postojati slobodni kabelski kapaciteti u izgrađenoj pristupnoj mreži
- mora postojati stvarna korisnička potražnja (ovo može biti novi korisnik ili preseljenje telefonskog priključka) ili se pojaviti u roku od 3 mjeseci
- mora biti na raspolaganju proračun za financiranje Mini projekata

Zračna mreža se projektira, ovisno o ekonomskim i praktičnim razmatranjima, gdje je to moguće obzirom na zemljopisne uvjete. [[20]]

Može se primjenjivati u sljedećim slučajevima:

- pristupna mreža u ruralnim područjima,
- pristupna mreža u rijetko naseljenim područjima i
- kao privremeno rješenje.

3.3.3. Projekti razvoja mreže

Razlozi [[20]]:

- proširenje mreže paralelno s lokalnim općinskim programima razvoja,
- osiguranje dodatnih kapaciteta,
- nadgradnja ili zamjena postojeće tehnologije (npr. zamjena bakrenih kabela novim svjetlovodnim kabelima),
- osiguranje dodatnih kapaciteta,

- osiguranje komunikacijske infrastrukture na područjima koja nisu pokrivena i
- opsežno proširenje mreže.

Zahtjevi [[20]]:

- potrebno je provesti obimno planiranje,
- velika količina kapitalne investicije za projekte,
- plan kapitalnih investicija za taj projekt mora biti pojedinačno prikazan u godišnjem proračunu i
- da je projekt dio godišnjeg planiranja koji odobrava Uprava.

Tehnička dokumentacija mjesnih kabela sadržava [[20]]:

- Naslov,
- Situacijski nacrt zračne TK mreže,
- Raspored završnih kabelskih nastavaka u ATC,
- Zauzeće telefonske kanalizacije,
- Detalji izlaza iz zdenaca, prijelazi itd.,
- Detalji uvoda u objekte,
- Evidenciju unošenja izmjena,
- Situacijski nacrt podzemne TK mreže,
- Shemu spajanja,
- Završetak kabela na razdjelniku,
- Detalji zračne mreže,
- Mjerne rezultate i
- Detalje nastavaka.

3.4. Izgradnja digitalnih gradova

U današnje vrijeme digitalni gradovi se razvijaju u cijelom svijetu. Oni će građanima omogućiti stvaranje informacijskog prostora za svakodnevno korištenje. Ključni element u razvoju digitalnih gradova i povećanju kvalitete života građana su

širokopojasne usluge. Lokalna uprava ima sve značajniju ulogu u razvoju održivih širokopojasnih usluga, naročito u ruralnim područjima za koja komercijalni operatori ne pokazuju poslovni interes kada je riječ o ulaganjima u širokopojasnu infrastrukturu. [[21]]

Znači, lokalna uprava je u poziciji da potiče rast širokopojasnog pristupa omogućujući građanima korištenje online usluga te definirajući politike i programe koji će stimulirati uvođenje prihvatljivih širokopojasnih usluga na lokalnoj razini. Optičke pristupne mreže (FTTH - *Fiber To The Home*) mogu pomoći gradskoj upravi i komunalnim tvrtkama da implementiraju optičke pristupne mreže koje će potaknuti i omogućiti uvjete tržišnog natjecanja za sve davatelje usluga na telekomunikacijskom tržištu. [[21]]

3.4.1. Infrastruktura digitalnog grada

Danas ne postoji jedinstvena arhitektura digitalnog grada koja bi bila primjenjiva za sve digitalne gradove. Svaki grad ima različite ciljeve, što u razvoju digitalnog grada znači različitu arhitekturu, različitu organizaciju i različite usluge.

3.4.2. Struktura digitalnog grada

Pojednostavljeni model digitalnog grada se sastoji od četiri razine [[21]]:

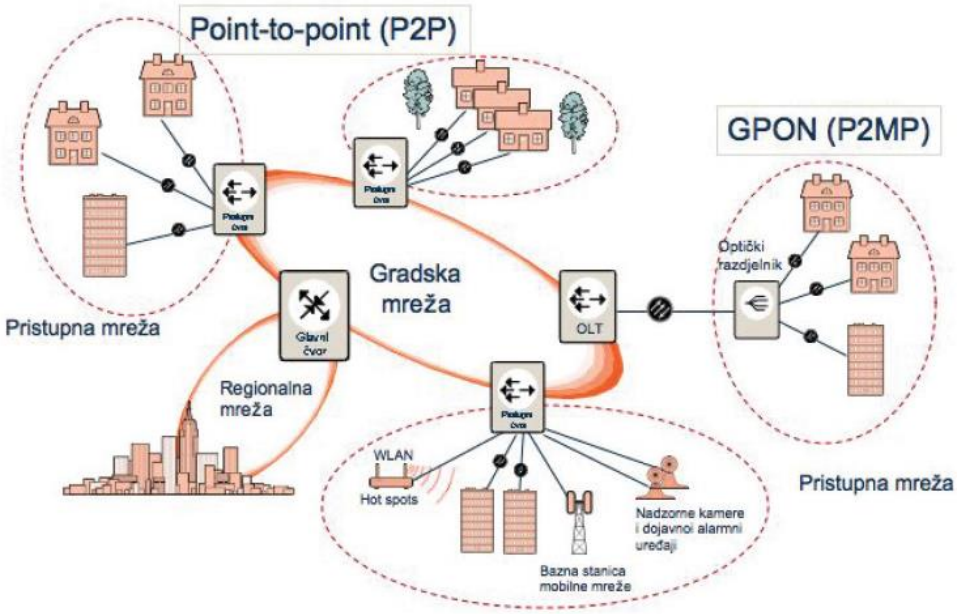
- „back office“ gradske uprave: sva tijela gradske i ostalih razina vlasti potrebna za realizaciju usluga potrebnih građanima / poslovnim korisnicima;
- aplikacije: e-javna uprava, e-zdravstvo, e-obrazovanje, sigurnost, e-poslovanje (e-trgovina) i ostalo;
- mrežna infrastruktura: metropolitska mreža, širokopojasna pristupna mreža, otvorena bežična pristupna mreža – hot spots, javni terminali, itd.;
- krajnji korisnici: građani, grupe građana i poslovni subjekti.

3.4.3. Arhitektura gradske širokopojasne mreže

Gradska mreža je telekomunikacijska infrastruktura izgrađena i u vlasništvu lokalne uprave.Glavni korisnici gradske mreže su: operatori i davatelji usluga, poslovni korisnici, institucije javnog sektora i rezidencijski korisnici. Arhitektura i toplogija gradske mreže sastoji se od gradske jezgrene mreže s optičkim čvorovima i pristupnih mreža. Glavna namjena gradskih mreža je da osigura širokopojasnu infrastrukturu za dugoročne potrebe. [[21]]

Pristupna mreža povezuje korisnike ili grupe korisnika na pristupni čvor. Pristupne mreže uglavnom pokrivaju određeno područje grada gdje se nalaze kuće ili stambene zgrade, tvrtke, bolnice, škole i dr. Na optički pristupni čvor se može povezati i razna oprema: pristupne točke bežične pristupne mreže (WLAN - *Wireless Local Area Network*), bazne stanice pokretnih mreža, kao i razna oprema namijenjena za javnu sigurnost (nadzorne kamere i dojavni alarmni uređaji) te oprema za upravljanje prometom u gradu i dr. [[21]]

Slikoviti prikaz arhitekture gradske širokopojasne pristupne mreže prikazan je na (**Error! Reference source not found.**).



Slika 6. Prikaz arhitekture gradske širokopojasne pristupne mreže (Izvor:[[21]])

Pametan grad (*Smart City*) težnja je ka razvoju cjelovitih i održivih gradova, u kojima će kvaliteta ljudskoga života, ali i odnosa prema prirodnoj okolini biti na znatno većoj razini. Građani sa svojom kreativnošću, znanjem i vještinama, zajedno s umreženom gradskom infrastrukturom te uslugama usmjerenim prema korisniku, predstavljaju glavne prednosti suvremenih gradova u kontekstu postizanja gospodarskog rasta i bolje kvalitete života. Pametni grad definira se i kao grad koji zadovoljava sve potrebe svojih građana u potpunosti i efikasno, u skladu sa ili iznad standarda i ciljeva koje postavljaju lokalni, nacionalni i međunarodni standardi održivosti. I uglavnom se temelji na upotrebi pametnih mreža (engl. *smart grid*), snažnijem uvođenju ICT tehnologija, internetskim povezivanjem svih objekata (*Internet of Things* – IoT) primjenom M2M (*Machine to Machine*) komunikacija, smanjenju onečišćenja okoliša kroz uvođenje inteligentnih transportnih sustava, ali i povećanju energetske učinkovitosti kroz primjenu pametnog mjerenja i uvođenjem inovativnih rješenja u građevinarstvu. [[22]]

3.5. Strategija razvoja širokopojasnog pristupa u Republici Hrvatskoj

Vlada Republike Hrvatske utvrđuje da je razvoj infrastrukture i usluga širokopojasnog pristupa internetu, brzinama većim od 30 Mbit/s, od interesa za Republiku Hrvatsku i jedan od preduvjeta razvoja suvremenog gospodarstva, te stoga ovom Strategijom daje snažan politički i djelatni poticaj stvaranju uvjeta za ubrzavanje razvoja brzog širokopojasnog pristupa internetu u Republici Hrvatskoj i dostizanju razine njegove dostupnosti i korištenja jednakih barem prosjeku Europske unije, do kraja 2020. godine.[[26]]

Istovremeno, Strategija stavlja naglasak i na potrebu osiguranja dostupnosti širokopojasnog pristupa s brzinama većim od 100 Mbit/s, kako bi razvoj infrastrukture širokopojasnog pristupa pratio i razvoj usluga i aplikacija kojima su, za nesmetani rad, potrebne brzine širokopojasnog pristupa veće od 100 Mbit/s, što uključuje i simetričnost pristupnih brzina. [[26]]

U području razvoja širokopojasnog pristupa na razini Europske unije Digitalna agenda za Europu donijela je konkretne mjere i ciljeve te preporučene rokove za ispunjavanje tih ciljeva, kako bi se ostvarile najveće pogodnosti od takva razvoja za gospodarstvo i stanovništvo Europske unije. [[26]]

Stupovi Digitalne agende za Europu su sljedeći [[26]]:

1. Jedinstveno digitalno tržište;
2. Unaprjeđenje interoperabilnosti i standarda;
3. Jačanje povjerenja u on-line i sigurnosti;
4. Promicanje brzog i ultra-brzog pristupa internetu za sve;
    a) osnovni pristup pokrivenost: 100% stanovništva EU do 2013. godine,
    b) brzi pristup (30 Mbit/s ili više) pokrivenost: 100% stanovništva EU do 2020. godine,
    c) ultra-brzi pristup (100 Mbit/s ili više) korištenje: 50% kućanstava EU do 2020. godine;
5. Investicije u istraživanje i razvoj;
6. Promicanje digitalne pismenosti, vještina i digitalne uključivosti;
7. Koristi za europsko društvo koje omogućava ICT.

Države članice Europske unije u posljednjih nekoliko godina, usporedno o naporima Europske komisije u promicanju razvoja širokopojasnog pristupa, samostalno donose nacionalne planove i strategije razvoja širokopojasnog pristupa. [[26]]

Nacionalni planovi i strategije razlikuju se od članice do članice, pri čemu se mogu uočiti sljedeći zajednički trendovi [[26]]:

- planovi i strategije odnose se na razdoblje od tri do pet godina za osnovni širokopojasni pristup, te sedam i više godina za brzi i ultra-brzi širokopojasni pristup;
- ciljevi su postavljeni u odnosu na pokrivanje određenog postotka stanovništva, odnosno kućanstava širokopojasnim pristupom određene ili najmanje brzine;

- ciljevi se razlikuju za osnovni širokopojasni pristup i brzi, odnosno ultra-brzi širokopojasni pristup;
- planovi i strategije promiču, u svrhu ostvarivanja navedenih ciljeva, uvođenje mreža nove generacije, uz primjenu tehnologije svjetlovodnih niti temeljene na FTTx standardu u nepokretnoj komunikacijskoj mreži te dodjelom i uporabom raspoloživog radiofrekvencijskog spektra za izgradnju mreža pokretnih komunikacija temeljenih na LTE tehnologijama;
- osigurana su financijska sredstva kojima se ostvaruju zacrtani ciljevi.

U Hrvatskoj 83% ukupnog broja korisnika širokopojasnog pristupa Internetu pristupa putem xDSL tehnologije. Udio širokopojasnog pristupa Internetu realiziran putem kablovske mreže u Hrvatskoj iznosi 12%. Udio FTTH/B u Hrvatskoj je 2% dok je udio ostalih tehnologija pristupa iznosi 4% (prosinac 2014.godine).

Temeljni ciljevi koje Vlada Republike Hrvatske ističe u Strategiji razvoja širokopojasnog pristupa u Republici Hrvatskoj u razdoblju od 2016. do 2020. godine su [12]:

- pokrivenost pristupnim mrežama sljedeće generacije (NGA), koje omogućavaju pristup Internetu brzinama većim od 30 Mbit/s za sve stanovnike i
- najmanje 50% domaćinstava budu korisnici usluge pristupa Internetu brzinom od 100 Mbit/s ili većom.

U Hrvatskoj prevladava širokopojasni pristup Internetu putem xDSL tehnologije koji pruža većina operatora, ali da bi se omogućio značajan kvalitativni iskorak (eng. *step change*) u dostupnosti širokopojasnog interneta priključaka širokopojasnog i pristupnim brzinama operatori će morati nastaviti ulaganja u NGA infrastrukturu.

4. PREGLED AKTUALNE LEGISLATIVE I STANDARDIZACIJE U FUNKCIJI PLANIRANJA ŠIROKOPOJASNIH PRISTUPNIH MREŽA

Važan dio kod planiranja širokopojasnih pristupnih mreža i njene infrastrukture je zakonodavni okvir odnosno postojeća telekomunikacijska legislativa i standardizacija.

Prihvaćen 1. 7. 2008. godine, Zakon o elektroničnim komunikacijama (ZEK) (NN 71/14) uvjetuje izgradnju mreža koje će omogućiti ravnopravne i nediskriminirajuće uvjete davanja i primanja usluga kako za operatore, tako i za korisnike. Zakon uspostavlja prava i ovlasti Državnog regulatornog tijela- HAKOM (Hrvatska regulatorna agencija za mrežne djelatnosti) koje će to osigurati generiranjem odgovarajućih pravilnika i primjenjivati mjere kojima će se ostvariti njihova primjena u praksi. Time su stvorene zakonske pretpostavke za liberalizaciju tržišta elektroničkih komunikacijskih mreža.

Navedenim se Zakonom uređuje područje elektroničkih komunikacija, i to korištenje elektroničkih komunikacijskih mreža i pružanje elektroničkih komunikacijskih usluga, pružanje univerzalnih usluga te zaštita prava korisnika usluga, gradnja, postavljanje, održavanje i korištenje elektroničke komunikacijske infrastrukture i povezane opreme, uvjeti tržišnog natjecanja te prava i obveze sudionika na tržištu elektroničkih komunikacijskih mreža i usluga, adresiranje, numeriranje i upravljanje radiofrekvencijskim spektrom, digitalni radio i televizija, zaštita podataka i sigurnost elektroničkih komunikacija te obavljanje inspekcijskog i stručnog nadzora i kontrole u elektroničkim komunikacijama, kao i osnivanje nacionalnog regulatornog tijela za elektroničke komunikacije i poštanske usluge, njegovo ustrojstvo, djelokrug i nadležnosti te postupak donošenja odluka i rješavanja sporova u elektroničkim komunikacijama.

Sukladno potrebama za ulazak Hrvatske u Europsku unije komunikacijska infrastruktura se planirala gradila, održavača u skladu s normama i tehničkim specifikacijama obvezujućih normi mjerodavnih dikrektiva Europske unije. Primjerice, prilikom izgradnje zgrade investitor mora o svom trošku izraditi kabelsku kanalizaciju

primjerenu namjeni i postaviti elektroničku komunikacijsku mrežu s pripadajućom aktivnom opremom.

Osnovna nadležnost Hrvatske regulatorne agencije za mrežne djelatnosti (HAKOM) je reguliranje tržišta elektroničkih komunikacija i tržišta poštanskih usluga u Republici Hrvatskoj. Isto tako, HAKOM gospodari, upravlja i nadzire upotrebu radiofrekvencijskog (u daljnjem tekstu: RF) spektra te adresnog i brojevnog prostora kao prirodno ograničenih općih dobara od interesa za RH . [12]

HAKOM je nadležan za praćenje i poticanje razvoja mreža sljedeće generacije NGN[10] pri čemu posebno vodi računa o otvorenosti, neutralnosti te pristupnim tehnologijama i uslugama. Za razvoj tržišta kao i tehnološki razvoj mreža ključni element je otvoreni pristup. Radi postavljanja kvalitetnijih regulatornih okvira potrebnih za razvoj otvorenog pristupa, osobito će se voditi računa da poslovni modeli budu prilagođeni vertikalnoj, slojevitoj arhitekturi radi minimiziranja potencijalnih diskriminacija u pružanju maloprodajnih usluga. [4]

Osim poticanja infrastrukturne (mrežne) konkurencije, HAKOM potiče i razvoj komunikacijskih usluga i aplikacija, osobito kroz davanje potpora u skladu s Program razvoja interneta i širokopojasnog pristupa Internetu na područjima od posebne državne skrbi, brdsko-planinskim područjima i otocima. Istovremeno se povećava potreba za visokom razinom mrežne sigurnosti prilikom prijenosa podataka putem komunikacijske infrastrukture, osobito korištenjem usluge pristupa internetu. [12]

Pravilnik o EKM[11] velikim se dijelom oslanja na brojne europske i međunarodne norme, ali sa krajnjim strateškim ciljem na razini Republike Hrvatske propisati obveznu izgradnju širokopojasne i konvergentne EKM koja će omogućiti sljedeće aplikacije(načine na koje se informacija isporučuje) [[8]]:

[10] NGN - *Next Generation Networks*

[11] EKM - Elektro komunikacijske mreže

- Korisniku putem mreže aplikacije informacijskih i komunikacijskih tehnologija npr prijenos informacija , npr. putem Fast /1G/10GE Etherneta, ISDN, ADSL /VDSL, PON/GPON i slično,uobičajeno za telekom operatore ili za LANb/ BCT
- Aplikacije difuzijskih i komunikacijskih tehnologija: npr. prijenos zvuka, slike i podataka, npr.DVB-T/DBV-C difuzijski prijenosi , prijam analognih i digitalnih, zemaljskih i satelitskih, radijskih i TV programa i dr., prijenos se ostvaruje u radio frekvencijskom spektru HF/VHF/UHF, uobičajeno za CATV kabelske operatore c/ CCCB: aplikacije upravljanja, kontrole i komunikacije unutar zgrade: npr. specijalizirane kućne automatike, upravljanje energijom, interfoni, sigurnosni sustavi -autorizacije, video nadzor i, Vatrodojavni sustavi i dr., izvođači su građevinske tvrtke i tvrtke koje se bave tehničkom zaštitom kabliranje EKM-a zgrada je ovisno o namjeni objekta i realizira se na sljedeći način [[8]]:
    - Kabliranje EKM-a poslovnih zgrada (PZ) realizira se kao obavezno generičko kabliranje uredskih prostora za ICT[12]-aplikacije, ostalo je izborno (BCT i CCCB)
    - Kabliranje EKM-a stambenih zgrada (SZ) realizira se kao obavezno generičko kabliranje stambenih prostora za ICT-I BCT[13] –aplikacije
    - Generičko CCCB-kabliranje
    - SZ je izborno, a preporučuje se sukladno smjernicama europske Smart House – inicijative (inteligentnih građevina) i pripadajućim preporukama
    - Kabliranje stambeno-poslovnih zgrada (PSZ) je kombinacija gornjih izbora sukladno namjeni dijelova građevine glede tehnološkog odabira, bakreno kabliranje (balansirano i nebalansirano) dozvoljeno je u sljedećim izvedbama:
        - Za podršku ICT-aplikacija predviđene su balansirane komponente Cat5 do Cat7 A , za željene frekvencijske širine 100 MHz do 1GHz, prema tehnološkoj odluci investitora

[12] ICT- information and communications technology applications u EN 50173-1 ; skupina aplikacija za slanje/prijam informacija

[13] BCT- broadcast and communications technology applications u EN 50173-1 ; skupina aplikacija koja za prijenos zvuka, slike i dvosmjerni prijenos podataka, kao i kućno umreženje, rabi radiofrekvencijske pojaseve HF,VHF i UHF

- Za podršku BCT-aplikacija rabe se koaksijalne komponente kategorije Cat BCT -C prijenosne širine do 3 GHz, a iznimno i balansirane komponente kategorije Cat BCT-B reducirane prijenosne širine do 1 GHz
- Za podršku CCCB[14]-aplikacija rabe se balansirane komponente kategorije Cat CCCB prijenosni širine do 0,1MHz.

Optičko vlakno je stakleno ili plastično vlakno koje može prenositi svjetlost. Optička (svjetlovodna) vlakna nalaze široku primjenu u komunikacijskoj tehnologiji gdje se naveliko koriste za prijenos signala s velikom propusnom moći, bez većih gubitaka na veću udaljenost. Zbog malih gubitaka i otpornosti na elektromagnetne smetnje te gotovo iste cijene po jedinici duljine, u novije vrijeme sve češće zamjenjuju upletenu bakrenu paricu. Svjetlost se zadržava u jezgri optičkog vlakna zahvaljujući potpunoj unutarnjoj refleksiji, pri čemu se optičko vlakno ponaša kao cilindrični dielektrični valovod.

Svjetlovodna vlakna su predviđena u realizaciji ICT-i BCT- aplikacija u kategorijama i razredima prema (Slika 7), dok njihova primjena u CCCB aplikacijama nije predviđena (zbog uskopojasnosti CCCB aplikacija i njihovoj raznovrsnosti). Sukladno tome, tehnološke alternative uporabe svjetlovodnih vlakana u kabliranju građevina su sljedeće [[8]]:

1. stakleni (GOF) višemodni svjetlovodi kategorija OM1, OM2, OM3 i OM4 na valnim duljinama 850 nm i 1300 nm
2. stakleni jednomodni svjetlovodi kategorije OS1 i OS2 na valnim duljinama 1310 nm, 1383 nm i 1550 nm
   plastični (POF) višemodni svjetlovodi kategorije OP1 i OP2, na valnoj duljini 650nm, za OP2 na valnim duljinama 650 nm, 850 nm i 1300 nm.

[14] CCCB- commands, controls and communications in building u EN 50173-1) ; skupina aplikacija za upravljanje uređajima i sustavima u zgradi

Podrška aplikacija najmanje do duljine kanala od	Primjenjivi razred kanala	Primjenjive kategorije svjetlovoda	
		poslovne primjene	stambene primjene
25m	**OF-25**	-	OP1÷OP2
50m	**OF-50**	-	
100m	**OF-100**	OM1÷OM4	OP2
300m	**OF-300**	OM1÷OM4, OS1÷OS2	
500m	**OF-500**		
2000m	**OF-2000**		
5000m	**OF-5000**	OS2	
10000m	**OF-10000**		

Slika 7. Podrška aplikacija prema duljini kanala (izvor: [[8]])

Tehnološke izvedbe optokabela mogu biti klasični optički kabeli ili mikrokabeli.

U daljnjem tekstu navedeni su temeljni pojmovi Zakona o elektroničkim komunikacijama poput definicije infrastrukturnog operatora, elektroničke komunikacijske infrastrukture i povezane opreme, pravo puta tj. pristupa i dr.

Infrastrukturni operator je pravna ili fizička osoba koja se koristi vlastitim nekretninama i/ili nekretninama drugih u svrhu građenja, održavanja, razvoja i korištenja elektroničke komunikacijske mreže i elektroničke komunikacijske infrastrukture i povezane opreme, ili koja je zasnovala pravo puta u skladu s ovim Zakonom, ili je obveznik davanja pristupa elektroničkoj komunikacijskoj infrastrukturi i povezanoj opremi na temelju analize mjerodavnog tržišta provedene u skladu s ovim Zakonom. [[25]]

Elektronička komunikacijska infrastruktura i povezana oprema je pripadajuća infrastruktura i oprema povezana s elektroničkom komunikacijskom mrežom i/ili elektroničkom komunikacijskom uslugom, koja omogućuje ili podržava pružanje usluga putem te mreže i/ili usluge, što osobito obuhvaća kabelsku kanalizaciju, antenske stupove, zgrade i druge pripadajuće građevine i opremu, te sustave uvjetovanog pristupa i elektroničke programske vodiče. [[25]]

Pravo puta je pravo pristupa, postavljanja, korištenja, popravljanja i održavanja elektroničke komunikacijske mreže i elektroničke komunikacijske infrastrukture i povezane opreme, što obuhvaća i kabelsku kanalizaciju, kao i druga s tim povezana prava koja čine teret na nekretnini na kojoj je izgrađena elektronička komunikacijska infrastruktura i povezana oprema. [[25]]

Upravitelj općeg dobra ili vlasnik nekretnine obvezan je trpjeti pravo puta i suzdržati se od bilo kakve radnje kojom bi se na bilo koji način ometalo ostvarivanje tog prava. [[25]]

Pristup je omogućivanje dostupnosti opreme i/ili usluga drugom operatoru uz utvrđene uvjete, na isključivoj ili neisključivoj osnovi, radi pružanja elektroničkih komunikacijskih usluga, što, uz ostalo, sadržava: pristup dijelovima mreže i pripadajućoj infrastrukturi i opremi, koji može obuhvaćati i priključenje opreme putem nepokretnih ili pokretnih veza (osobito pristup lokalnoj petlji te opremi i uslugama nužnim za pružanje usluga putem lokalne petlje), pristup fizičkoj infrastrukturi, uključujući zgrade, kabelsku kanalizaciju i antenske stupove, pristup odgovarajućim programskim sustavima, uključujući sustave za operativnu potporu, pristup sustavima za pretvaranje brojeva ili sustavima istovjetne funkcionalnosti, pristup nepokretnim i pokretnim mrežama, osobito za potrebe roaminga, pristup sustavima uvjetovanog pristupa za usluge digitalne televizije te pristup virtualnim mrežnim uslugama. [[25]]

4.1. Temeljni zahtjevi za elektroničku komunikacijsku mrežu i elektroničku komunikacijsku infrastrukturu

Elektronička komunikacijska mreža i elektronička komunikacijska infrastruktura i povezana oprema mora se planirati, projektirati, proizvoditi, graditi, održavati i upotrebljavati u skladu s normama i tehničkim specifikacijama sadržanima u popisu obvezujućih norma i/ili tehničkih specifikacija, koji se objavljuje u Službenom listu Europske unije u skladu s mjerodavnom direktivom Europske unije. [[25]]

Ako ne postoje odgovarajuće obvezujuće norme i/ili tehničke specifikacije, primjenjuju se norme i tehničke specifikacije Europskog instituta za telekomunikacijske norme (ETSI), Europskog odbora za normizaciju (CEN) i Europskog odbora za elektrotehničku normizaciju (CENELEC) te norme, odluke i preporuke Međunarodne telekomunikacijske unije (ITU), Međunarodne organizacije za normizaciju (ISO), Međunarodnoga elektrotehničkog povjerenstva (IEC) i Europske konferencije poštanskih i telekomunikacijskih uprava (CEPT). [[25]]

4.2. Kabelska kanalizacija

Kabelska kanalizacija dio je elektroničke komunikacijske infrastrukture koja se sastoji od mreže podzemnih cijevi od pogodnog materijala, kabelskih zdenaca i kabelskih galerija, koja služi za postavljanje i zaštitu elektroničkih komunikacijskih kabela. [[25]]

Koridor kabelske kanalizacije je pojas zemljišta određene širine rezerviran za gradnju kabelske kanalizacije.

Trasa kabelske kanalizacije je projektirani ili već izgrađeni pravac i geodetski pozicionirana linija kabelske kanalizacije unutar koridora elektroničke komunikacijske infrastrukture. [[25]]

4.2.1. Razvoj kabelske kanalizacije

Razvoj kabelske kanalizacije uvjetovan je konceptom razvoja elektroničke komunikacijske mreže i tehnološkim razvojem kabela koji će kabelsku kanalizaciju koristiti, kao i tehnološkim razvojem ostalih komponenti elektroničke komunikacijske mreže. [[25]]

Razvoj, planiranje i gradnja kabelske kanalizacije mora biti u skladu s propisima kojima je uređeno prostorno uređenje i gradnja.

Polaganje kabela elektroničkih komunikacijskih mreža izravno u zemlju dozvoljeno je samo izvan urbanih područja, tj. u područjima male gustoće naseljenosti. U svim ostalim slučajevima polaganje kabela obavlja se uvlačenjem u cijevi, odnosno gradnjom kabelske kanalizacije. [[25]]

Prilikom izrade planova prostornog uređenja potrebno je voditi računa o potrebi gradnje kabelske kanalizacije te u skladu s tim planirati potrebne koridore za tu gradnju. Koridori kabelske kanalizacije planiraju se u javnim prometnim površinama gdje god je to moguće.

4.2.2. Planiranje kapaciteta kabelske kanalizacije

Područje obuhvata i kapacitete kabelske kanalizacije planira investitor gradnje, a to može biti bilo koji infrastrukturni operator, u skladu s važećim prostornim planovima. [[25]]

Osnova za planiranje kapaciteta kabelske kanalizacije na nekom području je dokument prostornog uređenja toga područja. Pri tome se područje planiranja kabelske kanalizacije i dokument prostornog uređenja ne moraju poklapati.

Planiranje kabelske kanalizacije se obavlja za određenu logičku cjelinu koja može biti samo dio područja obuhvaćenog dokumentom prostornog uređenja ili obuhvaćeno s više planova prostornog uređenja. [[25]]

Prostorni planovi uređenja područne razine i prostorni planovi uređenja gradova i općina sadrže planiranje kabelske kanalizacije na način da se odrede koridori za buduću gradnju kabelske kanalizacije. Urbanistički plan uređenja i detaljni plan uređenja, kao provedbeni planovi u sklopu planiranja elektroničke komunikacijske infrastrukture uz koridore, definiraju i trase kabelske kanalizacije. [[25]]

Planiranje kapaciteta kabelske kanalizacije obavlja se u skladu s planiranim kapacitetima elektroničkih komunikacijskih mreža. Planirani kapaciteti pristupnih elektroničkih komunikacijskih mreža na određenom području moraju zadovoljiti potrebe svih izgrađenih i planiranih objekata na području planiranja i to za razdoblje od najmanje 5 godina. Osim kapaciteta pristupnih elektroničkih

komunikacijskih mreža planirani kapacitet kabelske kanalizacije mora zadovoljiti i potrebe za polaganje spojnih kabela. [[25]]

Ukoliko kabelsku kanalizaciju planira graditi infrastrukturni operator koji je ujedno i operator nepokretne elektroničke komunikacijske mreže, a za predmetno područje nije donesen urbanistički plan uređenja ili se ne mogu utvrditi potrebe, planirana i/ili projektirana kabelska kanalizacija mora biti 30% većeg kapaciteta, nego li to zahtijevaju potrebe toga operatora elektroničke komunikacijske mreže.

Planiranje tipa cijevi, dimenzije i njihov broj, kao i tip i dimenzije zdenaca kabelske kanalizacije obavlja se uz pretpostavku korištenja svjetlovodnih kabela kao standardnog rješenja. [[25]]

Planiranje kabelske kanalizacije za uvlačenje bakrenih kabela, kapaciteta u pravilu ne većeg od 300 parica, dozvoljeno je samo u pristupnom segmentu elektroničke komunikacijske mreže i to na posljednjoj dionici do korisnika ili gdje za to postoje opravdani tehnički razlozi (npr. potreba polaganja posrednih kabela za potrebe kolokacija). [[25]]

U pravilu planira se i gradi samo jedan sustav kabelske kanalizacije na određenom području i to za spojne i pristupne kabele, odnosno za sve planirane kabele bez obzira na njihovu namjenu.

Prilikom planiranja kapaciteta kabelske kanalizacije uzimaju se u obzir potrebe u najmanje sljedećih 5 godina.

Prilikom planiranja kapaciteta kabelske kanalizacije mora se voditi računa i o neophodnoj pričuvi potrebnoj za učinkovito održavanje svih elektroničkih komunikacijskih mreža koje ju koriste te odgovarajućem stupnju pouzdanosti i raspoloživosti pristupne mreže. Neophodna pričuva za održavanje (servisni prostor) je prostor koji mora ostati slobodan, a koji je dostatan za uvlačenje kabela najvećeg promjera korištenog na određenom dijelu kabelske kanalizacije. [[25]]

Nakon određivanja tehnologije i kapaciteta kabelske kanalizacije potrebno je u postupku planiranja odrediti i njenu planiranu trasu. Za planiranu trasu potrebno je od tijela uprave zaduženog za prostorno planiranje prikupiti podatke o planiranoj izgradnji ili rekonstrukciji cesta, kao i svim drugim planiranim infrastrukturnim radovima u predviđenom području zahvata. [[25]]

Za planiranu trasu kabelske kanalizacije potrebno je prikupiti podatke i o planovima drugih komunalnih organizacija, kako bi se planovi po mogućnosti uskladili po pitanju smještaja u prostoru i dinamici gradnje. U slučaju tehničkih mogućnosti, gdje god je moguće, treba poticati gradnju zajedničke integrirane infrastrukture i to već u fazi planiranja. Nositelji prikupljanja ovih podataka su u pravilu jedinice lokalne uprave i samouprave. [[25]]

Prilikom definiranja pozicije zdenaca u prostoru, određivanja njihove međusobne udaljenosti i odabira tipičnih profila korištenih cijevi kabelske kanalizacije, obvezatno je uzeti u obzir svojstva i osobine svjetlovodnih kabela i svjetlovodnih vlakana kao što su male dimenzije, složenija i tehnološki kompleksnija izrada nastavaka te slabljenje na mjestu spojeva. [[25]]

4.2.3. Zdenci kabelske kanalizacije

Zdenci kabelske kanalizacije su podzemne prostorije višestruke namjene koje se postavljaju na mjestima nastavljanja, križanja i promjene smjerova kabelske kanalizacije te ispred pristupnih čvorova i drugih objekata u kojima je smještena oprema elektroničkih komunikacijskih mreža. [[25]]

Kabelski zdenci omogućuju izradu nastavaka na kabelima, a prema potrebi i cijevima, smještaj rezervnih dužina kabela te promjenu smjera polaganja kabela i cijevi.

Pri izgradnji kabelske kanalizacije koriste se sljedeći tipovi kabelskih zdenaca [[25]] :

- betonski monolitni zdenci,
- betonski montažni zdenci,
- plastični monolitni zdenci i
- plastični montažni zdenci.

Betonski monolitni zdenci se grade na projektom predviđenoj lokaciji. Ovi zdenci predviđaju se samo izuzetno, kada su potrebni zdenci posebnih dimenzija ili kada je predviđena lokacija zdenca na nedostupnom mjestu, do kojeg je otežana ili onemogućena doprema i montaža montažnog zdenca. [[25]]

Betonski montažni zdenci se montiraju na predviđenoj lokaciji iz prethodno proizvedenih elemenata. Izbor dimenzije zdenaca ovisi o broju cijevi koji u njemu završavaju, broju i vrsti kabela koji se planiraju položiti kroz zdenac, te broju i dimenzijama spojnica koje se planiraju u njemu smjestiti. [[25]]

Ukoliko su podatci o planiranim kabelima i spojnicama nepoznati, dimenzije zdenaca se planiraju prema broju cijevi kabelske kanalizacije, odnosno na temelju iskustvene procjene o broju kabela koji će se položiti kroz planirane cijevi.

4.2.4. Cijevi kabelske kanalizacije

Cijevi kabelske kanalizacije su osnovni konstruktivni element kabelske kanalizacije, a ovim pravilnikom se predviđa korištenje sljedećih vrsta cijevi [[25]]:

a) mikrocijevi
   - cijev vanjskog promjera od 3 do 16 mm, s takvom unutrašnjom stijenkom koja osigurava mali koeficijent trenja
b) cijevi malog promjera

- cijev izrađena od polietilena visoke gustoće, vanjskog promjera od 20 do 40 mm, s takvom unutrašnjom stijenkom koja osigurava vrlo mali koeficijent trenja

c) cijevi promjera 50 mm
   - cijev izrađena od polietilena visoke gustoće, vanjskog promjera 50 mm, s takvom unutrašnjom stijenkom koja osigurava vrlo mali koeficijent trenja

d) cijevi velikog promjera
   - cijev izrađena od polivinil klorida, polietilena ili betona vanjskog promjera od 63 do 110 mm

4.2.5. Gradnja kabelske kanalizacije

Prilikom izbora kombinacije cijevi koja će se koristiti za gradnju određene dionice kabelske kanalizacije, potrebno je postići najekonomičnije rješenje koje će zadovoljiti planirane potrebe. Pri izboru kombinacije cijevi treba se pridržavati sljedećih smjernica [[25]]:

a) cijevi velikog promjera planiraju se za poznate potrebe polaganja kabela velikih dimenzija koje nije moguće uvući u cijevi malog promjera. Cijevi velikog promjera planiraju se i prilikom rekonstrukcije, izmicanja i dogradnje postojeće kanalizacije, ukoliko predstavljaju ekonomičnije rješenje od ugradnje drugih tipova cijevi
b) cijevi malog promjera i cijevi promjera 50 mm predstavljaju standardno rješenje pri izgradnji kabelske kanalizacije. Pri određivanju potrebnog broja malih cijevi računa se da se u svaku cijev uvlači jedan metalni (bakreni) kabel, ili veći broj mikrocijevi, ovisno o dimenzijama ugrađenih cijevi malog promjera
c) mikrocijevi se u sklopu gradnje kabelske kanalizacije polažu kao mikrocijevna struktura u rov pored cijevi malog promjera, ili umjesto njih, kao standardno rješenje pri izgradnji kabelske kanalizacije. Ukoliko se mikrocijevi planiraju uvlačiti u cijevi malog promjera, tada se ne uvlače prilikom gradnje kabelske kanalizacije, već naknadno prilikom njezinog korištenja.

Minimalni kapacitet kabelske kanalizacije iznosi:

a) četiri cijevi unutar stambenog naselja po glavnim trasama kabelske kanalizacije, ukoliko se po predmetnoj trasi planira polaganje samo pristupnih kabela
b) dvije cijevi unutar stambenog naselja po odvojcima i ograncima kabelske kanalizacije, ukoliko se po predmetnoj trasi planira polaganje samo pristupnih kabela
c) šest cijevi unutar poslovnih i stambeno-poslovnih zona, ukoliko se po predmetnoj trasi planira polaganje samo pristupnih kabela
d) ukoliko se po predmetnoj trasi planira polaganje i spojnih kabela, broj cijevi iz točaka a, b i c ovoga stavka treba povećati za dvije
e) dvije cijevi uz lokalne i županijske ceste
f) četiri cijevi uz međužupanijske i magistralne ceste te u pojasu autocesta.

Gore navedene cijevi su u pravilu polietilenske cijevi promjera 50 mm.

4.2.6. Vođenje dokumentacije izgrađene kabelske kanalizacije

Za izgrađenu kabelsku kanalizaciju mora se izraditi izvedbeno-tehnička dokumentacija. Izvedbeno-tehnička dokumentacija mora biti izrađena u elektronskom obliku. [[25]]

Kao osnova za izradu izvedbeno-tehničke dokumentacije kabelske kanalizacije koriste se geodetski snimljene točke iz elaborata za katastar vodova. Geodetska snimanja kabelske kanalizacije i izrada katastarskog elaborata obavlja se prema važećim propisima iz područja državne izmjere i katastra nekretnina. [[25]]

Svrha prikaza situacije kabelske kanalizacije je prikaz trase kabelske kanalizacije, dokumentiranje vrste i količine zdenaca, broja, dužine i vrste cijevi između dvaju zdenaca ili između zdenca i određenog objekta, te praćenje zauzetosti cijevi kabelske kanalizacije. [[25]]

U okviru situacijskog prikaza kabelske kanalizacije potrebno je prikazati sljedeće podatke [[25]]:

a) lokaciju zdenaca
b) trasu kabelske kanalizacije, broj i tip cijevi i njihove dimenzije (segmenti trase između zdenaca)
c) profile i zauzeća cijevi (rasklopi zdenaca – podatci o prostornom rasporedu cijevi moraju biti pridruženi svakom zdencu)

4.2.7. Održavanje kabelske kanalizacije

Radi osiguranja sigurnosti i cjelovitosti elektroničkih komunikacijskih mreža i usluga infrastrukturni operator je obvezan kabelsku kanalizaciju održavati.

Infrastrukturni operator obvezatan je imati plan održavanja kabelske kanalizacije. Planom održavanja potrebno je minimalno predvidjeti [[25]]:

1. preventivno održavanje
2. korektivno održavanje

Pod preventivnim održavanjem se smatra skup aktivnosti koje se obavljaju periodično, s ciljem pravovremenog otkrivanja i ispravljanja nepravilnosti koje bi mogle dovesti do poteškoća u korištenju kabelske kanalizacije i sigurne upotrebe i cjelovitosti elektroničkih komunikacijskih mreža koje ju koriste. [[25]]

Preventivno održavanje kabelske kanalizacije se ostvaruje obilascima, pregledima, kontrolom i vršenjem radova kako bi se kabelska kanalizacija dovela u ispravno stanje i osigurala njena sigurna upotreba. [[25]]

Poslove koje treba predvidjeti na kabelskoj kanalizaciji u okviru preventivnog održavanja su sljedeći [[25]]:

a) kontrola prisutnosti štetnih i eksplozivnih plinova,
b) provjetravanje zdenca,
c) čišćenje zdenca i deratizacija,
d) uklanjanje (ispumpavanje) vode,

e) evidentiranje zauzeća cijevi od strane neovlaštenih ulaza u kabelsku kanalizaciju,
f) pregled istrošenosti i kompaktnosti poklopca i
g) provjera nivelete zdenca u odnosu na okolni teren.

Infrastrukturni operator treba o navedenim radovima voditi ažurnu dokumentaciju (datum, popis izvršenih radova i potpis odgovorne osobe).

Poslovi preventivnog održavanja obavljaju se najmanje jedan puta godišnje, a za dijelove kabelske kanalizacije koji zajednički koristi više operatora može se definirati preventivno održavanje i u rokovima kraćim od jedne godine. U slučaju kada infrastrukturni operator to ocijeni potrebnim ili postoji opasnost bilo koje vrste da dođe do oštećenja kabelske kanalizacije i prekida električnog komunikacijskog prometa, pojedini poslovi preventivnog održavanja obavljaju se i prije planiranog roka. [[25]]

Korektivno održavanje podrazumijeva da se planom održavanja definira postupak i mjere u slučaju oštećenja kabelske kanalizacije na način da se osigura što hitniji popravak. U slučaju ugrožavanja sigurnosti elektroničkih komunikacijskih mreža u kabelskoj kanalizaciji, planom se mogu predvidjeti i privremene mjere radi očuvanja sigurnosti elektroničkih komunikacijskih mreža. [[25]]

5. RELEVANTNI PROMETNI PARAMETRI ŠIROKOPOJASNIH PRISTUPNIH MREŽA

Prometne parametre kao značajne stavke pri planiranju širokopojasnih pristupnih mreža moguće je prikazati kroz različite vrste kašnjenja, varijacija u kašnjenju, gubitaka, propusnosti, brzina prijenosa, simetričnosti prijenosa, QoS zahtjeva pojedinih usluga, broju korisnika određene širokopojasne usluge i drugih.

Polazeći od temeljnih komunikacijskih potreba korisnika moguće je definirati generičke skupine telekomunikacijskih zahtjeva. Dobro definirane zahtjeve korisnika potrebno je povezati s tehničko-tehnološkim specifikacijama telekomunikacijskih usluga i mreža.[[27]]

To znači da treba specificirati parametre [[27]]:

1. **Prostorni pristup mreži** (Temeljni zahtjevi u vezi sa mrežnom infrastrukturom, odnosno svojstvima telekomunikacijske prometnice) Pristup mreži (engl. *Accessibility*) je opći pojam koji se koristi da bi se opisao stupanj dostupnosti opremi ili usluzi. (npr. 70% teritorija je pokriveno xy mrežom, 60% korisnika je pokriveno mrežom, ali samo 50% njih ima pristup xy usluzi.)
2. **Propusnost** (engl. *throughput*) ili kako se još naziva propusna sposobnost ili efektivni kapacitet. Taj parametar izražava efektivnu brzinu prijenosa podataka izraženu brojem prenesenih bita u sekundi. Ta veličina je manja od kapaciteta kanala izraženog brojem bita u sekundi. Određene aplikacije zahtijevaju različite propusnosti, a nedovoljna propusnost utječe na povećanje kašnjenja u prijenosu. Ako link ima ukupnu propusnost P (=maksimalni kapacitet) korišten od strane N korisnika tada će svaki korisnik imati propusnost P/N, u slučaju da se koristi ravnopravno raspoređivanje linka. Ukoliko je potrebno da određeni korisnik (odnosno njegova aplikacija) ima veću propusnost dodjeljuje mu se veća širina pojasa (engl. *bandwidth*). Prenošenjem različitih vrsta usluga nužno je odrediti koja vrsta usluga ima potrebu za većom propusnošću, te koji je tip

prometa je prioritetan. Video steaming na primjer zahtjeva veliku propusnost (ovisno o aplikaciji: video na zahtjev MPEG 2 ->4-6 Mbit/s, videokonferencija -> 64-2Mbit/s) kako bi kvaliteta te usluge bila zadovoljavajuća. S druge strane best efort usluge ne zahtijevaju istu propusnost pa aplikacije video streaminga moraju imati prioritet.

3. **Kašnjenje** (engl. *latency, delay*) označuje vrijeme potrebno da se paket (ako se radi o paketnoj mreži) prenese od izvorišta do odredišta. Brojni čimbenici utječu na veličinu kašnjenja. Oni su: kašnjenje zbog kodiranja i dekodiranja kašnjenje zbog komprimiranja i dekomprimiranja kašnjenje zbog paketizacije i depaketizacije kašnjenje zbog prijenosa na linku kašnjenje zbog propagacije kašnjenje zbog usmjeravanja u čvorovima kašnjenje zbog čekanja u međuspremnicima rutera. Neke komponente kašnjenja su fiksne, dok su druge varijabilne. Komponente koje se odnose na kašnjenja u mreži teško se mogu predvidjeti jer ovise o trenutačnom opterećenju čvorova kao i o performancama mrežnih elemenata. Na varijabilnost određenih komponenata utječu različito vrijeme čekanja u čvorovima mreže i duljina paketa koja je različita za pojedine aplikacije, a i iste aplikacije mogu imati različite duljine paketa. Parametar "kašnjenje" različito se interpretira što ovisi o načinu prijenosa informacija u mreži. Prema ITU-T Y.1315 različite definicije kašnjenja temelje se na vremenu proteklom između prvog/zadnjeg bita prihvaćenog od mreže i prvog/zadnjeg bita isporučenoga korisniku.
4. **BER** (engl. *bit error ratio, bit error rate*) broj pogrešno prenesenih bita u odnosu na ukupno prenesenih bita u nekom periodu. Mjerenje pogrešno prenesenih bita izvodi se u tzv. testnom intervalu čija duljina ovisi o vrsti prijenosnom linku (tj. njegovoj brzini) i o gornjoj granici BER-a.
5. **Gubitak paketa** (engl. *packet loss*) nastaje onda kada dođe do prepunjivanja spremnika u čvorovima paketne mreže (ruterima), kao posljedica čekanja paketa u redovima za usmjeravanje, odnosno rutiranje. Međutim, za neke aplikacije, ako paket kasni prekomjerno, to je isto kao da je izgubljen. Zbog toga treba proširiti definiciju gubljenja, tako da se uključi prekomjerno kašnjenje paketa;

Danas su dostupna rješenja uz korištenje upreden parice, koaksijalnog kabela, te optičkog vlakna (jednomodno i multimodno), a nazivi usluga, te kapaciteti su prikazani na (Slika 8).

Medij	Naziv usluge	Kapacitet (dolazni/odlazni)	Domet (km)
Upredena parica	Analogna linija	Do 56k / 56k bit/s	-
Upredena parica	ISDN	144k / 144k uključujući 64k / 64k govora	<6
Upredena parica	SDSL (Symmetric DSL)	768k / 768k bit/s	<4
Upredena parica	ADSL (Asymmetric DSL)	1.5 do 6M / 64k do 640 k bit/s	<4 do 6
Upredena parica	VDSL (Very highbit- rate DSL)	26 do 52M / 13M do 26 M bit/s	<0,3 do 1
Koaksijalni kabel	CDMA/OFDM + QAM/QPSK	<14M / 14M bit/s unutar 6 MHz pojasa	-
Optičko vlakno (jednomodno)	ATM	150M do 622M / 150M bit/s	<20
Optičko vlakno (jednomodno)	Gigabit Ethernet	1G bit/s (1.25G bit/s 8B/10B kodiranje)	<5
Optičko vlakno (multimodno)	Gigabit Ethernet	1G bit/s (1.25G bit/s 8B/10B kodiranje)	<0.55

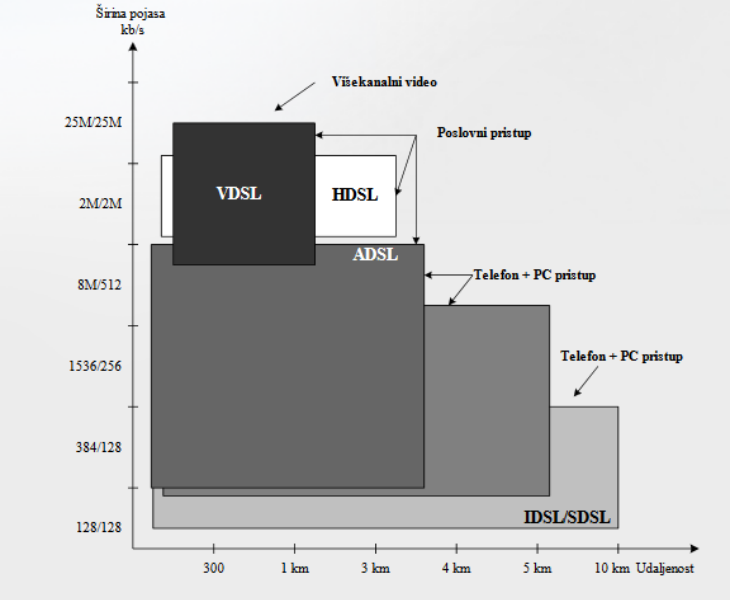
Slika 8. Dostupna rješenja i usluge danas (izvor: [[8]])

Analizom VDSL-a dobiveni su sljedeći parametri koji su prikazani na (Slika 9).

Inačica VDSL-a	Domet (m)	Dolazna brzina (Mbit/s)	Odlazna brzina (Mbit/s)
Asimetrična	900	26	3
Asimetrična	300	52	6
Simetrična	900	13	16
Simetrična	300	26	26

Slika 9. Brzina VDSL prema udaljenosti (izvor: [[13]])

Prema prikazanim parametrima domet asimetrične inačice VDSL-a je od 300 do 900 metara kao i simetrične dok je vidljiva brzina dolazna i odlazna,. Simetrične mreže imaju veću dolaznu i odlaznu brzinu. (Slika 10) prikazuje usporedbu parametara ADSL i VDSL prema širini prijenosa i udaljenosti.



Slika 10. Usporedba parametara ADSL i VDSL prema širini prijenosa i udaljenosti. (izvor: [[7]])

Na (Slika 11) prikazana je usporedba spektralnih gustoća snage različitih DSL-tehnologija. Sasvim je vidljivo iz slike da je VDSL iznimno zahtjevna tehnologija glede potrebne širine prijenosnog pojasa. [[15]]

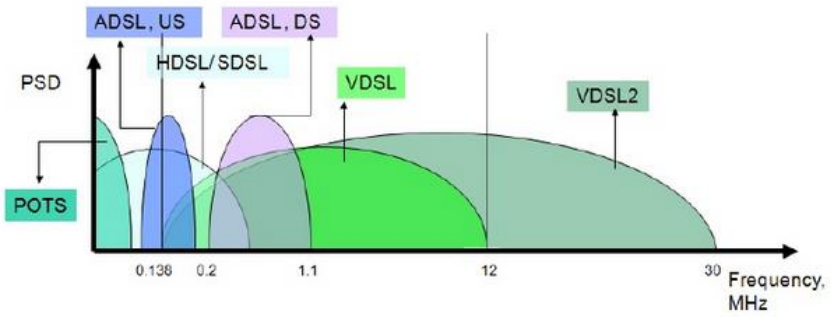
xDSL	Standard?	Maksimalna dolazna brzina	Maksimalna odlazna brzina	Maksimalan domet	Regeneracija signala?	Podrška POTS-u?
ISDN	Da	128 kbit/s	128 kbit/s	5486 m	Ne	Da
IDSL	Da	144 kbit/s	144 kbit/s	5486 m	Ne	Ne
HDSL	Ne	2,320 Mbit/s	2,320 Mbit/s	3658 m	Da	Ne
HDSL2	Da	1,544 Mbit/s	1,544 Mbit/s	3658 m	Da	Ne
SDSL	Ne	2,320 Mbit/s	2,320 Mbit/s	5486 m	Ne	Ne
SHDSL	Da	2,320 Mbit/s	2,320 Mbit/s	5486 m	Da	Ne
ADSL	Da	8 Mbit/s	640 kbit/s	5486 m	Da	Da
G.lite	Da	1,5 Mbit/s	512 kbit/s	5486 m	Da	Da
VDSL	Ne	56 Mbit/s	13 Mbit/s	1372 m	Planirano	Trenutačno ne

Slika 11. Ključni parametri za DSL tehnologije (izvor: [[15]])

Tehnologija ADSL može se opisati kao sustav s dvije pojasne širine u kojemu se jedan dio frekvencijskog spektra koristi za prijenos uzlaznom vezom, a drugi dio se koristi za prijenos silaznom vezom. Tehnologija VDSL2, s druge strane koristi više pojasnih širina i za prijenos uzlaznom i za prijenos silaznom linijom, čime se povećava fleksibilnost sustava kada je riječ o brzinama prijenosa i simetriji podataka na uzlaznoj

i silaznoj vezi. Pa tako VDSL1 tehnologija podržava pojasnu širinu do 12 Mhz, s primjenom tehnologije VDSL2 pojasna širina se može povećati do 30 Mhz. Kako bi u okvirima spektra ove dvije tehnologije bile kompaktibilne, za VDSL uzimaju se iste pojasne širine ispod 12 Mhz. Sustav utemeljen na tehnologiji VDSL može koristiti do 4096 frekvencijskih nositelja što je prikazano i na (Slika 12Slika 12. Upotreba frekvencija ADSL (izvor: [[16]]).) [[15]]

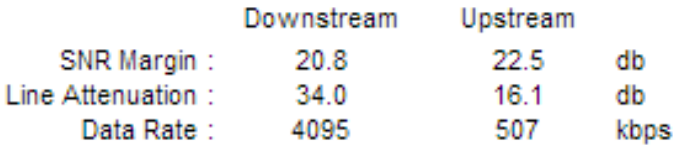
Ovisno o planu pojasnih širina, nositelj se pridjeljuje ili prijenosu silaznom vezom, ili prijenosu uzlaznom vezom. Kao i kod ADSL-a, niži sloj spektra pridjeljuje se usluga POTS (engl. *Plain old telephone service*) i ISDN (engl. *Integrated services digital network*). [17]



Slika 12. Upotreba frekvencija ADSL (izvor: [[16]])

Usprkos tome što VDSL postiže skoro 10 puta veće brzine od ADSL-a, ADSL je mnogo složenija tehnologija od VDSL-a. Razlog tomu je, u velikoj mjeri, to što ADSL mora savladati mnogo veće udaljenosti nego VDSL. Ipak oni su konceptualno vrlo slični. ADSL iskorištava naprednu prijenosnu tehniku i FEC da bi ostvario brzine prijenosa podataka od 1.5 do 8 Mbps preko bakrene parice, na dometu 6000 m. VDSL koristi istu transmisijsku tehniku i FEC ostvarujući brzine od 14 do 55 Mbps preko bakrene parice, na dometu do 1500 m.

Poznato je da se ADSL servis isporučuje preko telefonske linije. U ovisnosti od udaljenosti od telefonske centrale, gdje je smješten DSLAM, svaka telefonska linija ima određene parametre, navedeno je prikazano na (Slika 13).



Slika 13. DSL parametri na ADSL2+ modemu (izvor: [[17]])

Ova vrijednost, izražena u decibelima, predstavlja slabljenje signala na DSL liniji. Ukoliko je linija u dobrom stanju, ako su svi kablovi ispravni, dakle, u idealnim uvjetima slabljenje iznosi 13,81 db/km**,** samim tim, moguće je približno izračunati koliko je modem udaljen od telefonske centrale, odnosno DSLAM uređaja, koji generira taj signal. Poželjno je da ova vrijednost bude što manja. Ako ova vrijednost pređe 40db, mogući su problemi, koji su izraženi gubitkom paketa odnosno pucanjem veze.

Date rate odnosno linijska brzina je vrijednost koja predstavlja brzinu u kilobitima po sekundi (kbps). DSL veza funkcionira po principu sinkronizacije, a modem na slici iznad se sinkronizirao na 4 Mbit-a / 0,5 Mbita. To je vrijednost koja je konfigurirana na DSLAM uređaju koji se nalazi u telefonskoj centrali ili na isturenom stupnju.

Signal to Noise Ratio predstavlja odnos korisnog signala i šuma. Kako se linijska brzina povećava, tako SNR opada. Da bi ADSL funkcionirao, najmanja vrijednost za SNR je 6 db. Poželjno je da ova vrijednost bude što veća. Ukoliko se na DSLAM-u konfigurira port na 20 Mbit-a, a linija nije sposobna da iznese tu brzinu, ADSL modem će se sinkronizirati na maksimalnu brzinu dok se margina ne spusti na 6 db.

Zbog fizičkih ograničenja bakrenih kabela, VDSL2 tehnologija dosegla je granice svojih tehničkih potencijala na postojećim pristupnim linijama.

Neki od parametara u ruteru ADSL modema su, *Noise Margin* (tj. *Signal to Noise Margin ili Signal to Noise Ratio*) Relativna visina DSL signala u odnosu na nivo šuma. Poželjno je da je ova vrijednost što veća. 6dB i niže rezultira povremenim ili kompletnim gubitkom sinhronizacije 7dB-10dB je zadovoljavajuće 11dB-20dB je dobro

(mogućnost gubitka sinhronizacije mala pa nikakva) 20dB-28dB je izvrsno 29dB ili poviše je izvanredno. [[15]]

Line Attenuation mjeri degradaciju signala između DSLAM - a i modema. Direktno ovisi o dužini i kvaliteti telefonske parice do vaše centrale. Ova vrijednost bi trebala biti što niža. 20dB ili niža je izvanredno 20dB-30dB je izvrsno 30dB-40dB je vrlo dobro 40dB-50dB je dobro 50dB-60dB je loše i može prouzročiti prekid konekcije 60dB ili niže je prilično loše i gubitak konekcije sasvim siguran.

Maximum line rate Brzina vaše linije odvojeno za download i upload.

Output Power Nivo signala vašeg modema (upstream) ili DSLAM - a (downstream). Maximalno preporučena je oko 15dB.

Najbitnije je da je Noise Margin što veći a Line Attenuation što manji!

Raspoložive broadband tehnologije po bakrenim paricama prikazane su na (Slika 14)

.	ADSL G.992.1	SDSL	SHDSL G.991.2	ADSL2 G.992.3-4	ADSL2+ G.992.5	VDSL G.993.1	VDSL2 G.993.2
Upstream (mbps) brzina od korisnika	16 – 768 kbs	1.5 - 2	1.5 - 2	1 – 3.5	1 – 3.5	12	100
Downstream (mbps) brzina prema korisniku	1.5 - 9	1.5 - 2	1.5 - 2	12	24	52	250
Maks. duljina parice u km	1.2 – 5.5	2 – 3	3 – 4	3 – 7	3 – 7	0.5 – 1	1 – 5
Frekvencijski opseg	cca. 1 MHz	cca. 240 kHz	cca. 240 kHz	cca. 1.1 MHz	cca. 2.2 MHz	cca. 30 MHz	do cca. 30 MHz

Slika 14. Raspoložive broadband tehnologije po bakrenim paricama (izvor: [[18]])

Kod pasivnih optičkih mreža utemeljenih na vremenskom multipleksiranju (TDM-PON) podaci se u smjeru prema krajnjem korisniku prenose načelom razašiljanja (broadcast), dok se u smjeru od korisnika prema mreži podaci prenose višestrukim pristupom mediju (engl. *multiple medium access*), što znači da se ukupni raspoloživi pojas poveznice koja povezuje OLT s ONU-om dijeli između krajnjih

korisnika. O broju krajnjih korisnika ovisi kolika će im prijenosna brzina biti na raspolaganju (nije definirana gornja granica na krajnji broj korisnika).

Međutim, praktično ograničenje na krajnji broj korisnika predstavlja maksimalno pristupno kašnjenje. Sukladno tome, broj krajnjih korisnika po jednom razdjelniku obično ne prelazi 64. [3]

U usporedbi s modemima za prijenos signala POTS-kanalima, DSL-tehnologije omogućavaju postizanje znatno većih prijenosnih brzina i to upravo zbog toga što kod xDSL-a ne postoji ograničenje širine kanala na raspon od 300 do 3400 Hz. Međutim, proširenje prijenosnog pojasa dovodi do većeg prigušenja (engl. *attenuation*) signala kao i do mnogih drugih problema koji su bili zanemarivi u prijenosu POTS-kanalima. Iskoristiva širina prijenosnog pojasa lokalne petlje ovisi o brojnim čimbenicima, kao što su duljina petlje, karakteristična impedancija linije, srednja snaga signala, frekvencija signala i tehnika linijskog kodiranja. Što je viša frekvencija signala to je veće i njegovo prigušenje te samim time signal postaje slabiji na ulazu u prijemnik na drugom kraju lokalne petlje, što povećava vjerojatnost pogreške prilikom detekcije primljenih simbola. Prigušenje signala u lokalnoj petlji moguće je adekvatnim modulacijskim tehnikama smanjiti na minimum. Dobar primjer tome je HDSL.[[1]]

Najučinkovitije mjere koje mogu biti korištene za otklanjanje smetnji u prijenosu DSL-om su sljedeće [[1]]:

- automatska prilagodba prijenosne brzine (engl. automatic rate adaptation),
- različito kašnjenje za različite vrste prometa,
- S/N margina,
- testiranje lokalne petlje.

Pasivna optička mreža (PON) je 'point-to-multipoint' vrsta mrežne arhitekture u kojoj su prisutni optički razdjelnici bazirani na električnom postrojenju. Optički razdjelnici u PON mreži rade na principu korištenja Brewster-ovog kuta koji omogućava da se sa jednim nadolazećim optičkim vlaknom poslužuje više korisničkih posjeda,obično je to razdjelnik koji poslužuje od 32 – 128 korisničkih posjeda. [[23]]

Na (Slika 15) nalazi se prikaz karakteristika temeljnih PON standarda kod FTTH tehnologije širokopojasnog pristupa

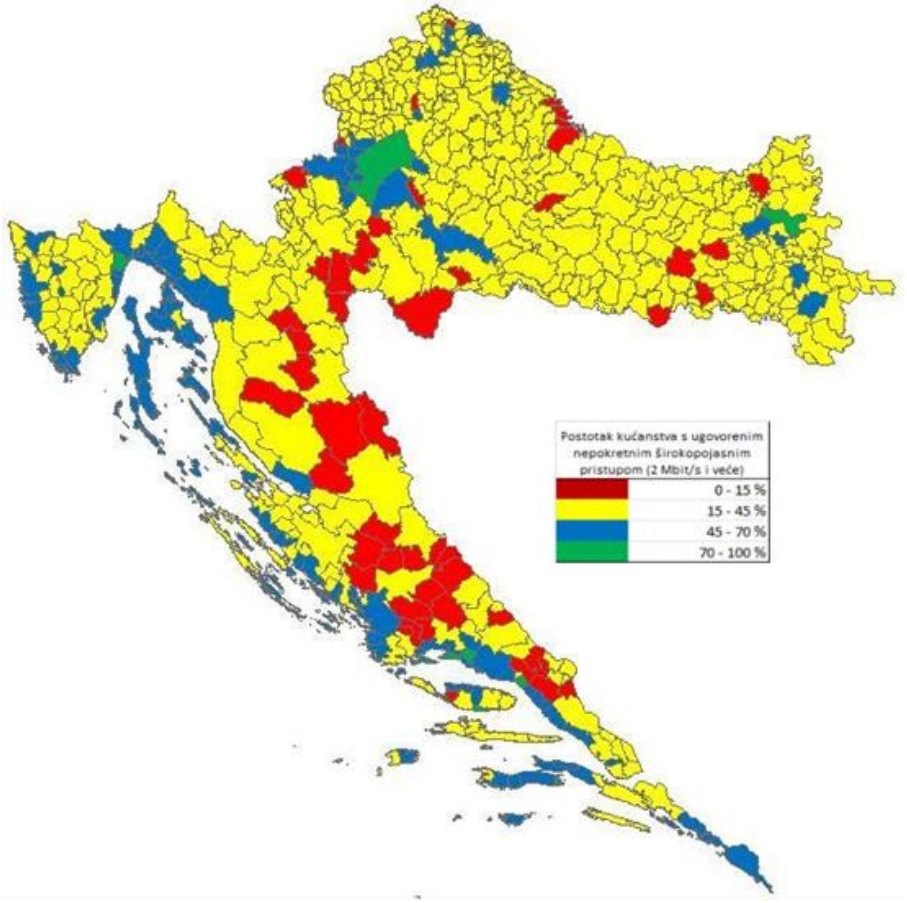
	BPON	GPON	EPON
Udaljenost	do 20 km	60 km maks.,20km raznoliko	10 km danas,20km planirano
Maksimalni ulazni gubici	20/25/30 dB	15/20/25 dB	15/20 dB
Maksimalni broj grana	32	64 (128 u razmatranju)	32
Brzina prijenosa (Mbps)	Down: 155,622,1244 Up: 155,622	Down:1244,2488 Up:155,622,1244,2488	Down:1244 Up:1244
Valna duljina	Down:1480 -1500 nm Video na 1550 nm Up:1260 - 1360 nm	Down:1480 -1500 nm Video na 1550 nm Up:1260 - 1360 nm	Down:1490 nm Up:1300 nm
Vrsta prometa	ATM	ATM,Ethernet,TDM	Ethernet
Arhitektura	Asimetrična ili simetrična	Asimetrična ili simetrična	Ethernet
Video preklapanje	Da	Da	Ne
Naziv standarda	ITU-T G.983.x	ITU-T G.984.x	IEEE 802.3ah
Chipset potpora	Moguća	Moguća	Moguća
Vrijeme upstream bursta	Fiksnih 56 bajtova (ATM)	Pričuvni: 25,6 ns Tipični:35,2 ns Razgraničeni: 16,9 ns	Laser on/off: 512 ns (maks.) AGC postavke,CDR pregled: 400 ns

Slika 15. Karakteristike temeljnih PON standarda (Izvor:[[23]])

Usporedba značajki bakrene i optičke instalacije prikazana je na (Slika 16.) iz koje je vidljivo da se uvođenje nove bakrene instalacije nikako ne isplati niti po pitanju troškova niti po pitanju kvalitete prijenosa podataka, te da se sam razvoj FTTx tehnologija isplati već i nakon 10 godina prema navodima HAKOM-a.

Značajka	Bakrene instalacije	Optičke instalacije
Udaljenost	100 metara	100 kilometara
Propusnost podataka	niska (max 100 Mbit/s)	100 Gbit/s
Cijena	cijena bakra raste	optičko vlakno sve jeftinije
Interferencije	problemi s osjetljivošću	nema interferencija
Uzemljenje	mogući problemi kod uzemljenja	nema potreba za uzemljenjem

Slika 16. Prikaz usporedbe značajki bakrene i optičke instalacije (Izvor:[[24]])



Slika 17. Karta korištenja širokopojasnog pristupa u 2014. godini (većih od 2 Mbit/s) (Izvor:[[26]])

Temeljem prikazanih usporedbi moguće je donijeti zaključak da najbolji izbor glede DSL- tehnologije za glavninu SOHO[15]-korisnika, posebno u gradovima i prigradskim područjima s postavljenom paričnom infrastrukturom predstavlja ADSL (Slika 17) potpuno je standardiziran (što je iznimno važno operatorima, ali i korisnicima), njegova prijenosna brzina u oba smjera je zadovoljavajuća za pristup Internetu, podržava korištenje regeneratora, njegov maksimalni domet čini ga atraktivnim čak i u malim gradovima i selima gdje je postavljena odgovarajuća kabelska infrastruktura, te podržava istovremeni prijenos POTS-a i ADSL-podataka zajedničkom upredenom paricom. [[15]]

[15] SOHO - *Small Office / Home Office*

6. ANALIZA PROMETNIH PARAMETARA ŠIROKOPOJASNIH PRISTUPNIH MREŽA (S POZICIJE KORISNIKA)

U svrhu predodžbe informiranosti korisnika o osnovnoj terminologiji u širokopojasnim pristupnim mrežama i korištenju širokopojasnih usluga provedena je anonimna anketa pod nazivom: Analiza potreba korisnika širokopojasnih pristupnih mreža.

Anketa je nastala u okviru izrade diplomskog rada na Fakultetu prometnih znanosti Sveučilišta u Zagrebu s ciljem izrade analize dobivenih rezultata u vezi korištenja širokopojasnih usluga, poznavanju osnovne terminologije u širokopojasnim mrežama te potrebama krajnjih korisnika u vidu zadovoljstva isporučenom maksimalnom propusnom brzinom ovisno o vrsti širokopojasnog pristupa kojeg koriste.

6.1. Struktura anketnog upitnika

Anketa se sastojala od osamnaest (18) pitanja s unaprijed ponuđenim odgovorima kako bi se olakšalo ispitivanje korisnika i ujedno skratilo vrijeme potrebno za uspješnim rješavanjem iste. Navedeni anketni upitnik proveden je putem društvenih mreža i e-mailova te je njegovo trajanje bilo 8 dana (od 23.8.2016 do 1.9.2016). Anketnom istraživanju pristupilo je **389** ispitanika u ciljanoj dobi od 18 do 65 godina starosti,

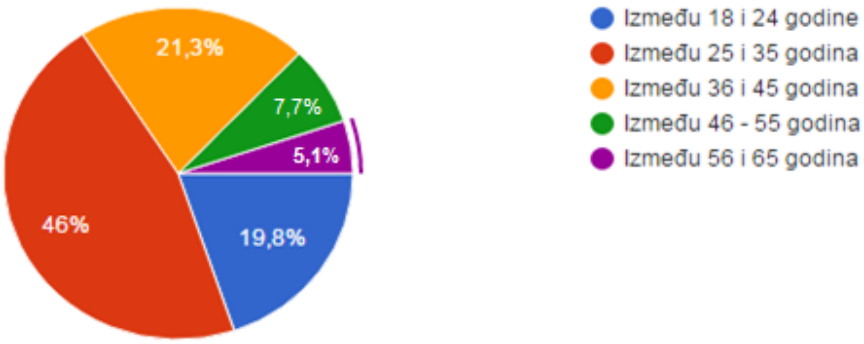
Ciljana skupina korisnika bila je u starosnoj dobi od 18 do 65 godina te prema izračunu broja stanovnika preuzetoga iz Državnog zavoda za statistiku Republike Hrvatske[16] broj ciljane skupine iznosio je **2 586 895** stanovnika. Dovoljan broj ispunjenih anketnih upitnika za relevantnost rezultata same ankete izračunat je putem "Raosoft – Sample size calculator"[17] te je potreban broj ispunjenih anketa iznosio **385** anketa, s time da je dobiveni broj izračunat s 95 % točnosti i razinom dopuštene pogreške od 5 %.

[16] http://www.dzs.hr/Hrv/censuses/census2011/results/htm/H01_01_01/H01_01_01.html

[17] http://www.raosoft.com/samplesize.html

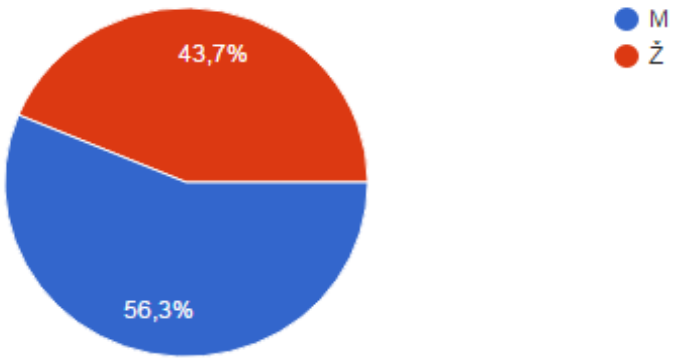
6.2. Obrada anketnog upitnika na temelju predanih odgovora

Na početku anketnog upitnika ispitanike se pitalo kojoj dobnoj skupini pripadaju. Ponuđeni odgovori na ovo pitanje su bile kategorije dobnih skupina. Stoga je bilo moguće odabrati jednu od pet dobnih skupina vidljivih u Grafikon 1. Dobna skupina ispitanikaIz dobivenih odgovora ispitanika, moguće je zaključiti da su anketnom upitniku pristupili uglavnom mlađi ispitanici u dobi između 25 i 35 godina starosti 46 %, a najmanji broj ispitanika je bilo u starosnoj dobi od 56 do 65 godina 5,1 %.



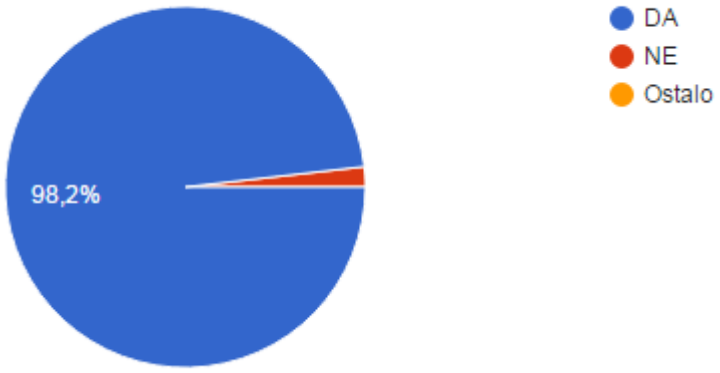
Grafikon 1. Dobna skupina ispitanika

Nadalje, ispitanici su pitani o pripadnosti spolu. Svrha pitanja bila je dobiti informaciju o tome jesu li bolje informirani pripadnici muškog spola ili pripadnice ženskog spola. Iz Grafikon 2 vidljivo je da je anketnom upitniku pristupilo više pripadnika muškom spolu 56,3 % što iznosi ispitanika.



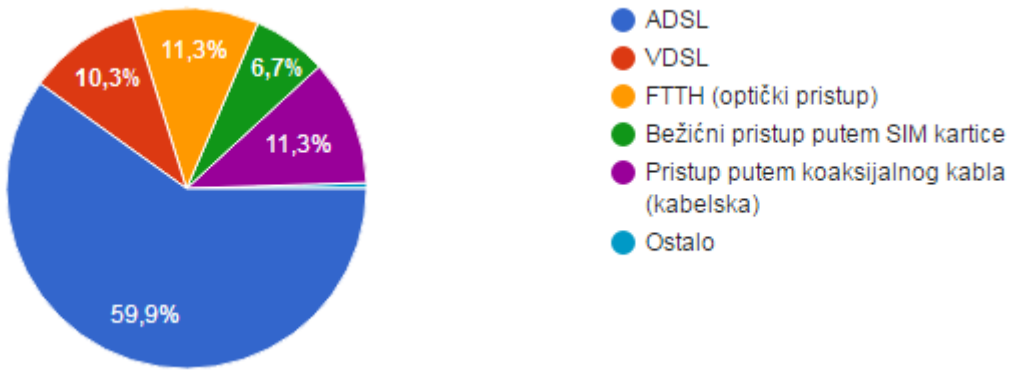
Grafikon 2. Spolna struktura ispitanika

Sljedećim pitanjem korisnici su bili pitani da se izjasne imaju li širokopojasni pristup u svom domu. U objašnjenu samog pitanja bilo je pobliže opisano na što se odnosi pitanje pod time se smatra pristup internetu, digitalnoj televiziji itd. Iz Grafikon 3 vidljivo je da 98,2 % ispitanika posjeduje u vlastitom domu širokopojasni pristup.



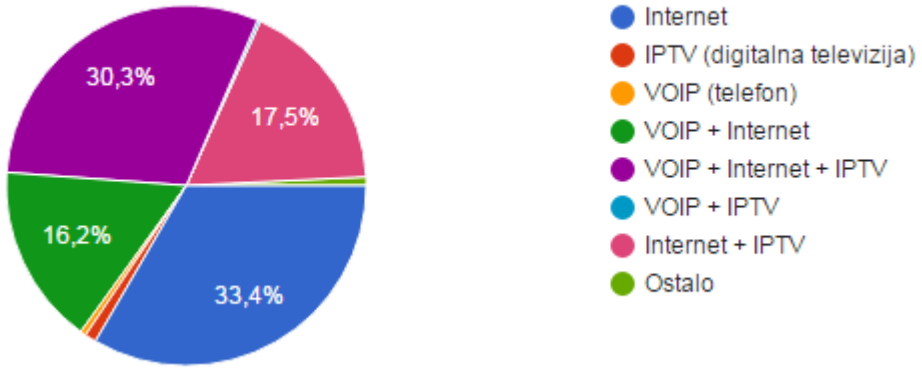
Grafikon 3. Korištenje širokopojasnog pristupa

Šestim pitanjem u anketnom upitniku od ispitanika se tražilo da se izjasne koju vrstu širokopojasnog pristupa posjeduju u svome domu. Iz Grafikon 4. vidljivo je da 59,9 % ispitanika koriste širokopojasni pristup putem bakrene parice i to putem ADSL tehnologije, a iza toga sa istim postotkom od 11,3 % slijede širokopojasni pristup putem bakrene parice i to putem VDSL tehnologije i širokopojasni pristup putem koaksijalnog kabla. Najmanji broj ispitanika u postotku 6,7 % koristi širokopojasni pristup putem mobilne mreže sa SIM karticom.



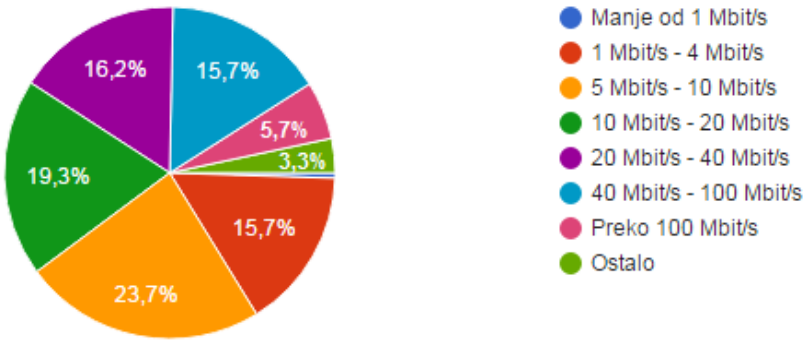
Grafikon 4. Vrsta širokopojasnog pristupa

Nadalje, sedmo pitanje bilo je vezano za širokopojasne usluge koje korisnici koriste. Ovdje su korisnici u pitanju bili upoznati sa vrstama usluga koje postoje te su mogli odabrati između VOIP, ADSL i IPTV i svim kombinacijama ovih triju usluga. Iz Grafikon 5. može se vidjeti da korisnici najviše koriste samostalni Internet kao uslugu od određenog operatora i to u postotku 33,4 % a nešto manje koriste sve tri navedene usluge VOIP, ADSL i IPTV u postotku 30,3 %. Najmanje korisnici koriste samo VOIP uslugu i to u postotku od 0,2 %.



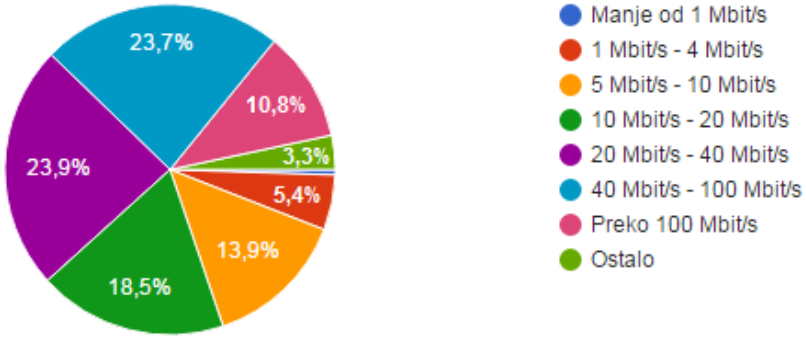
Grafikon 5. Vrste usluga

Na deveto i deseto pitanje korisnici su morali odgovoriti koju brzinu interneta koriste u svojem paketu usluga. Deveto pitanje je bilo postavljeno: „ Koju brzinu Interneta koristite?“ a Deseto pitanje je bilo postavljeno: „Koju brzinu Interneta smatrate kao dovoljnom za Vaše potrebe korištenja usluga koje koristite kod određenog operatora?“. Grafikon 6 i Grafikon 7 prikazuju brzine Interneta u razmaku od 1-100 Mbit/s prema rasponima koje operatori najčešće koriste u svojim uslugama ili paketima. Grafikon 6 prikazuje brzinu Interneta koju trenutno koriste korisnici za svoje usluge.



Grafikon 6. Korištena brzina Interneta

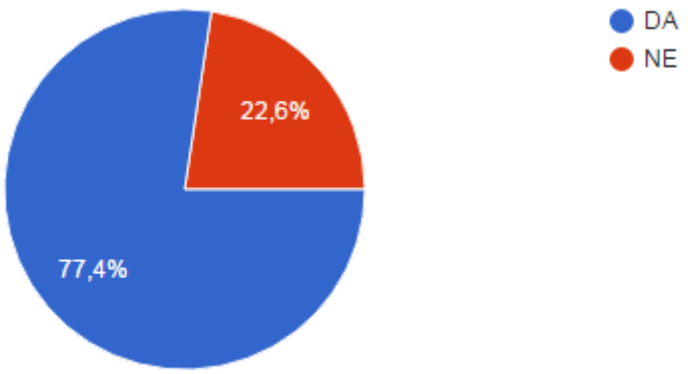
Dok Grafikon 7 prikazuje brzine Interneta koju korisnici smatraju kao dovoljnu za korištenje njihovih trenutnih usluga.



Grafikon 7. Željena brzina Interneta

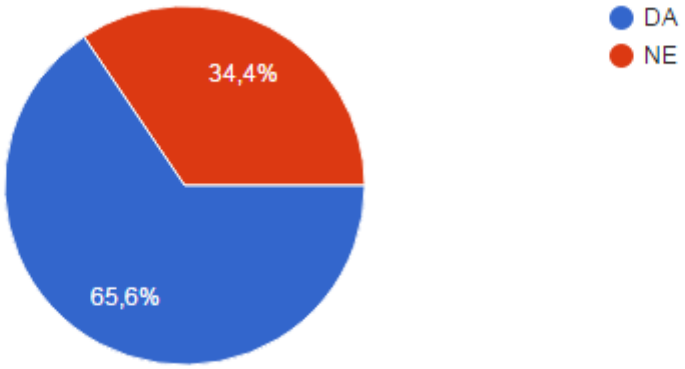
Iz ova dva navedena grafikona vidljivo je da najviše 23,7 % korisnika koriste brzine Interneta 5-10 Mbit/s, te 19,3 % korisnika koriste brzine Interneta od 10-20 Mbit/s. Nadalje, vidljivo je i da 23,9 % korisnika smatra da je brzina od 20-40 Mbit/s potrebna za njihove usluge te su je spremni platiti i žele je koristiti, dok 23,7 % korisnika smatra brzine od 40-100 Mbit/s dovoljne za korištenje Interneta.

U trinaestom i četrnaestom pitanju provjeravalo se upućenost korisnika u osnovno poznavanje širokopojasnih pristupnih mreža i tehnologija pristupa ADSL i FTTx. Grafikon 8 prikazuje postotak korisnika koji se izjasnio da poznaje osnove ADSL širokopojasnog pristupa i to u postotku od 77,4 %.



Grafikon 8. Upućenost u osnove ADSL tehnologiju širokopojasnog pristupa

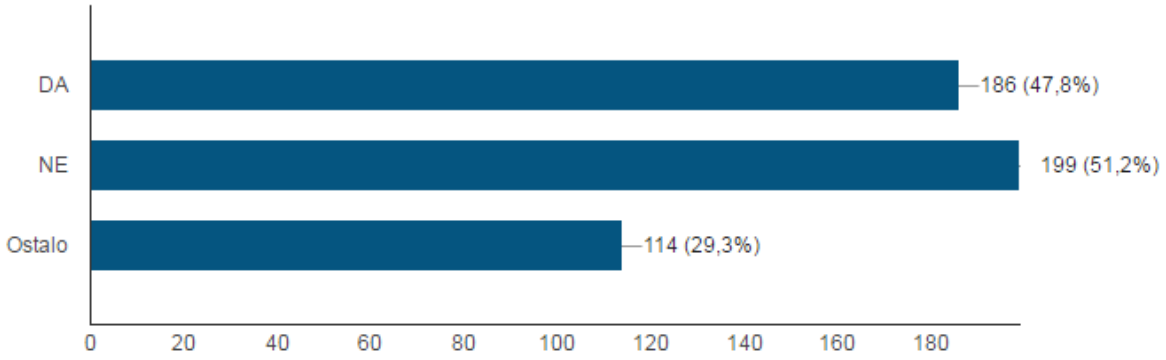
Dok se 65,6 % korisnika vidljivo iz Grafikon 9 izjasnilo da poznaje osnove FTTx tehnologija širokopojasnih pristupa iz čega se može zaključiti da je veći broj korisnika upućen u ADSL tehnologije širokopojasnog pristupa iz razloga jer je ADSL tehnologija „starija“ tehnologija te je veći broj korisnika koristi .



Grafikon 9. Upućenost u osnove FTTX tehnologije širokopojasnog pristupa

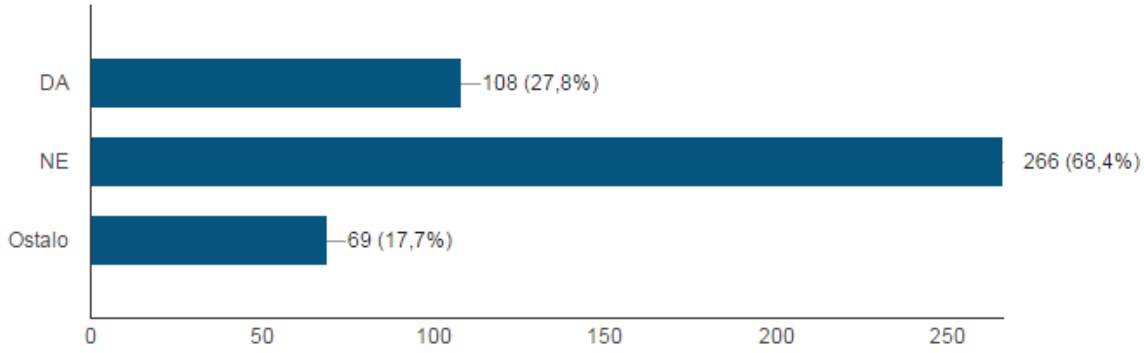
U sljedećih nekoliko pitanja od korisnika se htjelo saznati da li primjećuju posljedice smanjivanja produktivnosti korištenja usluga od određenih prometnih parametara kao npr. brzina prijenosa ili gubitak paketa tj. kašnjenje podataka, stoga su pitanja postavljena na način da je ispitaniku opisan jedan od mogućih scenarija pada brzine prijenosa ili gubitaka paketa te su pod odgovorom ostalo korisnici sami mogli opisati u kojem primjeru ili dijelu dana primjećuju pad brzine prijenosa ili gubitak podataka u prijenosu tj. kašnjenje u prijenosu podataka.

Pitanje petnaest bilo je postavljeno na način: “Primjetite li ponekad pad brzine prijenosa podataka ili pucanje veze? Ako je odgovor DA pod ostalo upisati kada i kako primijetite navedeni problem.“. Iz Grafikon 10 moguće je vidjeti kako 47,8% korisnika primjećuje tjekom korištenja svojih širokopojasnih usluga pad brzine prijenosa ili pucanje internet veze što znači da je ili pre mala prijenosna brzina puštena prema krajnjem korisniku ili da u nekom dobu dana povećanjem korištenja širokopojasnih usluga od strane korisnika na određenom području dolazi do opadanja prijenosne brzine i pucanja same veze na DLSM-u radi većeg opsega prijenosa podataka.



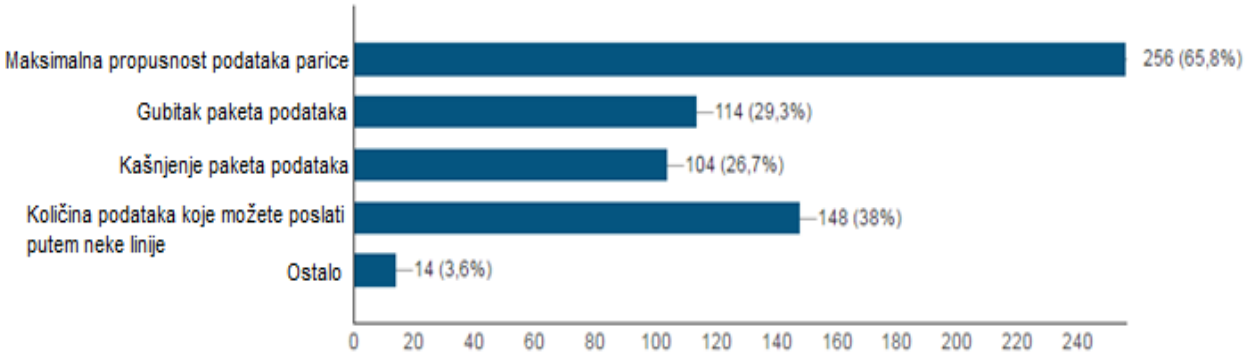
Grafikon 10. Pad brzine prijenosa ili pucanje veze

Jednako tako u šesnaestom pitanju koje je bilo postavljeno na način: „Primjetite li ponekad prilikom gledanja IPTV (digitalna televizija) usluge pucanje veze tj. kašnjenje u prijenosu ili gubljenje određenih dijelova prijenosa? Ako je odgovor DA pod ostalo upisati kada i kako primijetite navedeni problem.“ 27,8 % korisnika se izjasnilo da primjećuje pucanje veze ili kašnjenje u prijenosu podataka, a 68,4 % korisnika reklo je da ne primjećuje nikakve posljedice djelovanja određenih prometnih parametara na kvalitetu u prijenosu te je iz Grafikon 11 vidljivo da je sa korištenjem širokopojasne usluge IPTV-a većina korisnika zadovoljna kod različitih operatora te za tu uslugu nije potrebno maksimalne propusne brzine za korištenje usluga do korisnika.



Grafikon 11. Pucanje veze tj. kašnjenje u prijenosu ili gubljenje određenih dijelova prijenosa prilikom korištenja IPTV usluge

Zadnje pitanje broj osamnaest bilo je postavljeno kako bi se saznalo što korisnici misle koji je od najčešće vidljivih prometnih parametra najbitniji te na koji najviše obraćaju pozornost. Pitanje je bilo postavljeno kao : „Koji od prometnih parametara prilikom korištenja Interneta smatrate bitnim s obzirom na širokopojasne usluge koje najčešće koristite? (Pod ostalo upišite sami ukoliko odgovor nije ponuđen)“ te su korisnici mogli odabrati i više odgovora kao svoj krajnji odgovor. Ponuđeni odgovori su bili : Maksimalna propusnost podataka parice, Gubitak paketa podataka, Kašnjenje paketa podataka, Količina podataka koje možete poslati putem neke linije i Ostalo.



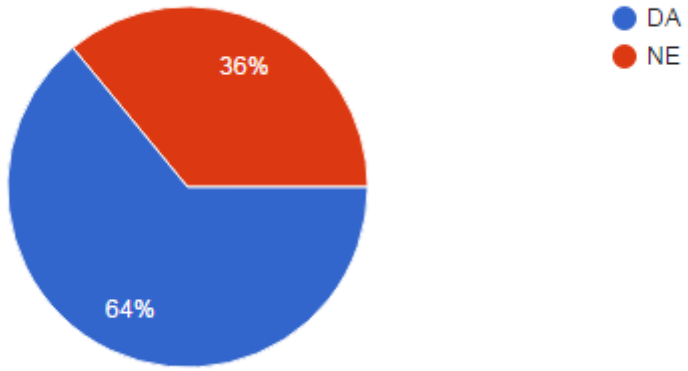
Grafikon 12. Prikaz najbitnijih prometnih parametara od strane korisnika

U Grafikon 12 prikazani su dobiveni odgovori te se iz grafikona može zaključiti da 65,8 % korisnika misli da je Maksimalna propusnost parice najbitniji prometni parametar za krajnje korisnike te da je Kašnjenje paketa podataka sa 26,7 % naj manje bitan prometni parametar prema mišljenju krajnjih korisnika.

6.3. Konačni zaključak analize anketnog upitnika

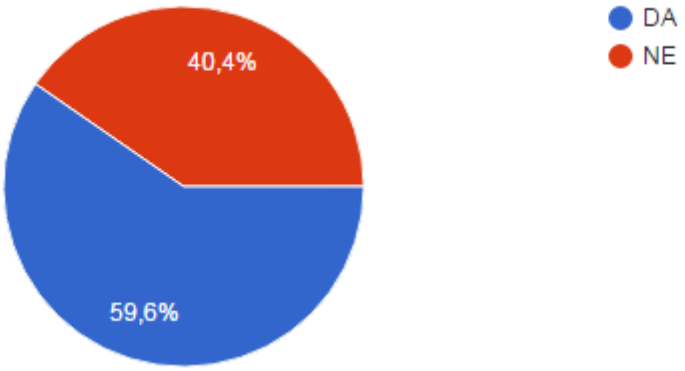
Iz dobivenih rezultata provedenog anketnog upitnika može se zaključiti da veliki broj ljudi različitih dobnih skupina ima širokopojasni pristup u svom domu i koristi širokopojasne usluge (98,2 %). Potreba za razvojem novih širokopojasnih usluga je velika pogotovo ako se korisnicima korištenjem tih usluga povećava kvaliteta života i olakšava svakodnevnica.

Za korištenje novih širokopojasnih usluga potrebno je i razviti novu, bolju, bržu i stabilniju širokopojasnu pristupnu mrežu, te omogućiti minimalnu brzinu pristupa svakom korisniku koji to želi. Iz provedenog anketnog upitnika vidljivo je da 64 % (Grafikon 13. Provjera brzine prijenosa podataka ispitanika provjerava svoju brzinu prijenosa podataka koju im isporučuje njihov operator te prema dobivenim odgovorima, većina nije zadovoljna izmjerenom brzinom.



Grafikon 13. Provjera brzine prijenosa podataka

Jednako tako 40,4% (Grafikon 14) ispitanika njihov operator nije upoznao s maksimalnim propusnim brzinama putem tehnologije širokopojasnog pristupa koje koriste, što je iznimno loše jer većina korisnika želi koristiti i veće prijenosne brzine no ne znaju da to mogu, a možda im radi povećanja kvalitete života[18] ili svakodnevnog rada i poslovanja treba veća brzina prijenosa podataka.



Grafikon 14. Prikaz broja korisnika upoznatih s maksimalnom propušnošću njihove parice

Analizom dobivenih podataka iz provedenog ispitnog upitnika u dijelu brzina prijenosa podataka , kao jednog od značajnog prometnog parametra pri planiranju širokopojasne pristupne mreže, može se zaključiti da veliki broj korisnika ima želju i potrebu za povećanjem brzine prijenosa podataka, ili korištenjem trenutne vrste širokopojasnog pristupa (ADSL) ili promjenom vrste širokopojasnog pristupa (VDSL ili FTTH). Brzine koje ispitani korisnici smatraju dovoljnim za korištenjem njihovih širokopojasnih usluga su između 20 i 40 Mbit/s što se vrlo lako može postići VDSL tehnologijom širokopojasnog pristupa te je potrebno samo manjih zahvatima planiranja širokopojasne mreže, izmijeniti postojeću širokopojasnu infrastrukturu, dovođenjem optičke mreže do centrala ili UPS-a te time povećati brzinu prijenosa podataka u onom zadnjem dijelu pristupa (engl. *Last mile*).

[18] Pojmom Kvaliteta života obično se opisuju čimbenici koji imaju utjecaj na životne uvjete društva ili pojedinaca. Općenito se pod pojmom kvaliteta života misli na stupanj blagostanja pojedinačne osobe ili grupe ljudi. Jedan od faktora je fizičko blagostanje, a pored toga postoje i brojni drugi čimbenici, kao što je obrazovanje, mogućnost zapošljavanja, socijalni status, zdravlje itd.

Smatram da je nepotrebno graditi nove širokopojasne pristupne mreže bez prethodne provedbe anketnog upitnika o stvarnim potrebama krajnjih korisnika na određenom području jer većina korisnika koristi ili zadovoljavajuću brzinu prijenosa podataka ili nije upoznata sa tehnologijama širokopojasnog pristupa i tada ne zna koliko im je zapravo dovoljno kako bi mogli svoje širokopojasne usluge nesmetano koristiti.

Za ruralna područja pristup putem WiMax tehnologije ili pristup putem SIM kartice je sasvim zadovoljavajuć na temelju prometnih parametara tipa, brzine prijenosa ,kašnjenja podataka ili prostornog pristupa mreži. Izmjerene brzine određenih operatora navedene na njihovim internetskim stranicama za pružanje usluga mobilnog prijenosa podataka putem SIM kartice i bežičnog routera iznose na određenom područjima preko 4G tehnologije širokopojasnog pristupa i do 262,5 Mbit/s u downloadu i 50 Mbit/s u uploadu što je i više nego dovoljno za standardni širokopojasni priključak za korištenje usluga tipa VOIP-a, Internet usluge i IPTV-a. Pokrivenost određenih operatora 4G signalom je iznimno velika te smatram da bi ulaganje u modernizaciju postojećeg mobilnog širokopojasnog pristupa uvelike pomoglo u izvršavanju odredbi Strategije razvoja širokopojasnog pristupa u Republici Hrvatskoj u razdoblju od 2016. do 2020. godine.

7. ZAKLJUČAK

Razvitkom tehnologije pojavila se potreba za što većim brzinama prijenosa informacija između računala i ostalih terminala spojenih u mrežu. Korisnici zahtijevaju što veće brzine, dok pružatelji usluga traže najjeftiniji način ostvarenja tih zahtjeva.

Nužan preduvjet za planiranje pristupnih širokopojasnih mreža jest određivanje broja i kapaciteta budućih širokopojasnih pristupnih uređaja te naravno zahtjevnosti budućih širokopojasnih usluga koje će se nuditi kao proizvod krajnjim korisnicima.

To upućuje na modificiranje postojeće infrastrukture u cilju uštede u novcu. Najidealniji slučaj bio bi dovesti optiku do svakog korisnika i time osigurati veliku brzinu i kvalitetu usluge, no to je i najskuplja varijanta, pa su operatori odlučili koristiti postojeću POTS infrastrukturu (bakrene parice u obliku lokalne petlje) korištene za telefonsku mrežu te time krajnjim korisnicima putem ADSL ili VDSL tehnologije ponuditi veće brzine prijenosa kako u uplinku tako i u downlinku.

Analizom dobivenih podataka iz provedenog anketnog upitnika u dijelu brzina prijenosa podataka, kao jednog od značajnog prometnog parametra pri planiranju širokopojasne pristupne mreže, može se zaključiti da veliki broj korisnika ima želju i potrebu za povećanjem brzine prijenosa podataka.

Brzine koje ispitani korisnici smatraju dovoljnim za korištenjem njihovih širokopojasnih usluga su između 20 i 40 Mbit/s što se vrlo lako može postići VDSL tehnologijom širokopojasnog pristupa te je potrebno samo manjih zahvatima planiranja širokopojasne mreže, izmijeniti postojeću širokopojasnu infrastrukturu.

Digitalne usluge koje se pružaju preko širokopojasne mreže postaju sastavni dio ljudskog života. Kako bi operatori privukli što veći broj zadovoljnih korisnika potrebno je ponuditi bolju uslugu od drugih operatora. Povećavanjem kvalitete usluge povećava se i potreba za prijenosnim kapacitetima mreža. Da bi se udovoljilo novim zahtjevima pokrenute su razne studije o napretku širokopojasnih mreža.

U xDSL tehnologijama značajni utjecaj na propusnost podataka ima udaljenost korisnika od same centrale, što je korisnik dalje to više opada brzina prijenosa podataka. Budućnost žičnih širokopojasnih pristupnih mreža temelji se na optičkim vlaknima ili koaksijalnom kablu ponajprije radi veće otpornosti na utjecaj okoline. Optička vlakna imaju najveću propusnost, ali su i najskuplja varijanta pristupne mreže.

Za ruralna područja najbolja mogućnost širokopojasnog pristupa predstavlja mobilni pristup putem SIM kartice gdje je moguće ili putem tehnologije WiMAX.

U cilju razvoja digitalnih gradova (kao funkcionalnog primjera u diplomskom radu) u Hrvatskoj, potrebno je proširiti svijest korisnika o većim brzinama te manjim nedostacima novih tehnologija, koje se mogu primijeniti ili postići planiranjem nove širokopojasne pristupne mreže.

LITERATURA

[1] Bažant A.: Uvod u xDSLi ADSL; Sveučilište u Zagrebu Fakultet elektrotehnike i računarstva, Zagreb, internetska stranica: http://www.ieee.hr/_download/repository/xDSL-uvod.pdf (13.07.2016)

[2] Nokia Siemens Networks. Broadband Access for All – A Brief Technology Guide (.pdf), internetska stranica: *http://www.networks.nokia.com (13.07.2016)*

[3] Bažant A.: Širokopojasni pristup mrežama i uslugama,Sveučilište u Zagrebu Fakultet elektrotehnike i računarstva,Zavod za telekomunikacije, Ožujak,2016., internetska stranica: *https://www.fer.unizg.hr/_download/repository/BKM-Sirokopojasni-pristup.pdf (13.07.2016)*

[4] Analysis Mason (2011.): Guide to broadband investment, Final report Internetska stranica: *http://ec.europa.eu/information_society/newsroom/cf/itemdetail.cfm?item_id=7630 (18.07.2016)*

[5] Fornefeld, M.; Delaunay, G.; Elixmann, D. :The Impact of Broadband on Growth and Productivity, MICUS Consulting GmbH, Düsseldorf, Germany,2008, internetska stranica: *http://www.breitbandinitiative.de/wp/wp.../2008_micus-studiebroadbandeu_long.pdf (18.07.2016)*

[6] WIK-Consult (2008.): The Economics of Next Generation Acces-Final Report , internetska stranica: *http://www.wik.org/uploads/media/ECTA_NGA_masterfile_2008_09_15_V1.pdf (18.07.2016)*

[7] Lator, d.o.o. (2012.) Studija o odabiru najpovoljnijih modela financiranja i poticajnih mjera za ulaganja u infrastrukturu širokopojasnog pristupa, internetska stranica: *www.mppi.hr/ (18.07.2016)*

[8] Planiranje telekomunikacijskih mreža, Materijali, Fakultet prometnih znanosti u Zagrebu, internetska stranica: *http://estudent.fpz.hr/Predmeti/P/Planiranje_telekomunikacijskih_mreza/Materijali/12_2_Sirokopojasna_pristupna_mreza.pdf (21.07.2016)*

[9] Otvoreni pristup korištenja FFTH aktivne opreme, internetska stranica: *http://www.timcom.hr/upl/novosti/TimCOM_Otvoreni_pristup_koristenju_FTTH_aktivne_opreme.pdf (21.07.2016)*

[10] New ITU Standard Delivers 10x ADSL Speeds, internetska stranica: *https://www.itu.int/ITU-T/e-flash/017-jun05.html (21.07.2016)*

[11] Analitička metoda za planiranje širokopojasnih pristupnih mreža (PDF Download Available) , internetska stranica: *https://www.researchgate.net/publication/286109660_Analiticka_metoda_za_planiranje_sirokopojasnih_pristupnih_mreza (22.07.2016)*

[12] Hrvatske agencija za poštu i elektroničke komunikacije, internetska stranica: *https://www.hakom.hr/UserDocsImages/2011/Studije/UL-LATOR-SD-AT-HAKOM_studija_ulaganja%20u%20%C5%A0PI-v.1.0..pdf (22.07.2016)*

[13] Fabeta, T.: Evolucija širokopojasnih pristupnih mreža, Ericsson Nikola Tesla d.d, Zagreb,2007.

[14] Nižetić, M., Vrdoljak, M.:Lokalne i pristupne mreže, Sveučilišni studijski centar za stručne studije, studij elektronike i elektroenergetike, Split,2010.

[15] Bažant A.: Širokopojasni pristup mrežama i uslugama,Sveučilište u Zagrebu Fakultet elektrotehnike i računarstva,Zavod za telekomunikacije, Ožujak,2015. , internetska stranica: *http://www.fer.unizg.hr/_download/repository/Sirokopjasni-pristup.pdf (26.07.2016)*

[16] Williams, J. How Enhanced DSL Technologies Optimize the Last Copper Mile, JDSU 05/2013. , internetska stranica: *http://docplayer.net/9766587-How-enhanced-dsl-technologies-optimize-the-last-copper-mile-by-john-williams.html (27.07.2016)*

[17] Eriksson, P. Björn Odenhammar, VDSL2: Next important broadband technology, Ericsson Review No. 1, 2006, internetska stranica: *https://www.ericsson.com/ericsson/corpinfo/publications/review/2006_01/files/vdsl2.pdf (27.07.2016)*

[18] Klimek, M.: ATM Passive Optical Network, Alcat el Telecommunications Review", 2002 , internetska stranica: https://books.google.hr/books?id=JAq_VDvPOxoC&pg=PA138&lpg=PA138&dq=Klimek,+M.+%E2%80%9CATM+Passive+Optical+Network%E2%80%9D,+Alcat+el+Telecommunications+Review%E2%80%9D,+2002&source=bl&ots=e7GcE4F3kA&sig=_GaCtx2ugrrVunc_i4p-TflTInQ&hl=hr&sa=X&ved=0ahUKEwiXovWC1-zOAhWBCiwKHUrsCVYQ6AEIHDAA#v=onepage&q&f=false *(27.07.2016)*

[19] Kavran, Z., Grgurević, I.: Planiranje telekomunikacijskih mreža, autorizirana predavanja, Tehnika planiranja telekomunikacijskih mreža, , Fakultet prometnih znanosti Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb, 25. 11. 2015.

[20] Kavran, Z., Grgurević, I.: Planiranje telekomunikacijskih mreža, autorizirana predavanja, Udaljeni pretplatnički stupanj, Fakultet prometnih znanosti Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb, 18. 12. 2015.

[21] Popović Ž.: Izgradnja digitalnih gradova,Revija Ericsson Nikola Tesla, 22/2008/1, Ericsson_pristupni_cvorovi.pdf, internetska stranica: *http://documents.tips/documents/digitalni-grad.html (04.08.2016)*

[22] Lider Media, Smart cities, 2016, internetska stranica: *http://lider.media/smartcities-2016/ (04.08.2016)*

[23] Kraica I.:Završni rad br.740, FTTx tehnologije,Tehničko veleučilište u Zagrebu, internetska stranica: http://nastava.tvz.hr/kirt/wpcontent/uploads/sites/4/2013/09/FTTX_mrezne_tehnologijeKaraica.pdf *(04.08.2016)*

[24] Horvat, S., Barešić, I. i Trlin, Z.: Otvoreni pristup korištenju FTTH aktivne opreme,TimCOM d.o.o., internetska stranica: http://www.timcom.hr/upl/novosti/TimCOM_Otvoreni_pristup_koristenju_FTTH_aktivne_opreme.pdf *(04.08.2016)*

[25] Vojković, G.:Telekomunikacijska legislativa i standardizacija, službeni materijali, Kabelska kanalizacijska infrastruktura i pravo puta.pdf, Fakultet prometnih znanosti, Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb, 2016.

[26] Strategija razvoja širokopojasnog pristupa u Republici Hrvatskoj u razdoblju od 2016. do 2020. godine, Zagreb, srpanj 2015. Povjerenstvo za izradu prijedloga Strategije širokopojasnog pristupa u Republici Hrvatskoj, osnovana Rješenjem ministra pomorstva, prometa i infrastrukture od 14. listopada 2014. godine (Klasa: 344-03/14-01/45, Urbroj: 530-06-2-1-14-9) , internetska stranica: https://esavjetovanja.gov.hr/ECon/MainScreen?entityId=1512 (31.08.2016)

[27] Tehnologija telekomunikacijskog prometa,autorizirana predavanja,3. predavanje,Fakultet prometnih znanosti u Zagrebu,19.10.2010, , internetska stranica: http://e-student.fpz.hr/Predmeti/T/Tehnologija_telekomunikacijskog_prometa/Materijali/3predavanje.pdf (04.09.2016)

POPIS ILUSTRACIJA

Popis slika

Slika 1. Prikaz pristupne mreže (izvor:[3]) 5
Slika 2. Tehnologije u širokopojasnoj pristupnoj mreži (izvor: [3]) 6
Slika 3. Vremenski slijed razvoja DSL tehnologija (izvor: [1]) 8
Slika 4. Simetrične i asimetrične DSL-tehnologije i pripadajući standardi (izvor: [1]) . 9
Slika 5. Planiranje mreže u ruralnim područjima (izvor: [8]) 20
Slika 6. Prikaz arhitekture gradske širokopojasne pristupne mreže (Izvor:[21]) 31
Slika 7. Podrška aplikacija prema duljini kanala (izvor: [8]) 39
Slika 8. Dostupna rješenja i usluge danas (izvor: [8]) 52
Slika 9. Brzina VDSL prema udaljenosti (izvor: [13]) 52
Slika 10. Usporedba parametara ADSL i VDSL prema širini prijenosa i udaljenosti. (izvor: [7]) 53
Slika 11. Ključni parametri za DSL tehnologije (izvor: [15]) 53
Slika 12. Upotreba frekvencija ADSL (izvor: [16]) 54
Slika 13. DSL parametri na ADSL2+ modemu (izvor: [17]) 55
Slika 14. Raspoložive broadband tehnologije po bakrenim paricama (izvor: [18]) ... 56
Slika 15. Karakteristike temeljnih PON standarda (Izvor:[23]) 58
Slika 16. Prikaz usporedbe značajki bakrene i optičke instalacije (Izvor:[24]) 58
Slika 17. Karta korištenja širokopojasnog pristupa u 2014. godini (većih od 2 Mbit/s) (Izvor:[26]) 59

Popis grafikona

Grafikon 1. Dobna skupina ispitanika 61
Grafikon 2. Spolna struktura ispitanika 61
Grafikon 3. Korištenje širokopojasnog pristupa 62
Grafikon 4. Vrsta širokopojasnog pristupa 62
Grafikon 5. Vrste usluga 63
Grafikon 6. Korištena brzina Interneta 64
Grafikon 7. Željena brzina Interneta 64
Grafikon 8. Upućenost u osnove ADSL tehnologiju širokopojasnog pristupa 65
Grafikon 9. Upućenost u osnove FTTX tehnologije širokopojasnog pristupa 65
Grafikon 10. Pad brzine prijenosa ili pucanje veze 66
Grafikon 11. Pucanje veze tj. kašnjenje u prijenosu ili gubljenje određenih dijelova prijenosa prilikom korištenja IPTV usluge 67
Grafikon 12. Prikaz najbitnijih prometnih parametara od strane korisnika 67
Grafikon 13. Provjera brzine prijenosa podataka 68
Grafikon 14. Prikaz broja korisnika upoznatih s maksimalnom propušnošću njihove parice 69

PRILOG

Anketni upitnik pod nazivom: Analiza potreba korisnika širokopojasnih pristupnih mreža pitanja:

1. Vaša dobna skupina je:

- Između 18 i 24 godine
- Između 25 i 35 godina
- Između 36 i 45 godina
- Između 46 - 55 godina
- Između 56 i 65 godina

2. Vaš spol?

- M
- Ž

3. Koji je Vaš stupanj obrazovanja?

- Osnovna škola
- NSS (KV radnik, PKV radnik)
- SSS
- VŠS
- VSS
- Magisterij
- Doktorat

4. Vaš status je:

- Student
- Nezaposlen

- Zaposlen
- Umirovljenik

5. Imate li širokopojasni pristup u Vašem domu? (Pod time se smatra pristup internetu, digitalnoj televiziji itd.)

- DA
- NE
- Ostalo...

6. Koju vrstu širokopojasnog pristupa koristite? (Pod time se smatra širokopojasni pritup pristup putem DSL tehnologija, ili FTTx ili bežično)

- ADSL
- VDSL
- FTTH (optički pristup)
- Bežićni pristup putem SIM kartice
- Pristup putem koaksijalnog kabla (kabelska)
- Ostalo...

7. Koje širokopojasne usluge koristite? (Internet, IPTV ...)

- Internet
- IPTV (digitalna televizija)
- VOIP (telefon)
- VOIP + Internet
- VOIP + Internet + IPTV
- VOIP + IPTV
- Internet + IPTV
- Ostalo...

8. Kod kojeg operatora koristite navedene usluge?

- HT - Hrvatski Telekom
- VIPnet
- AMIS
- H1 Telekom
- TELE2
- B Net
- ISKON
- Optima telekom
- TERRAKOM
- Ostalo...

9. Koju brzinu Interneta koristite?

- Manje od 1 Mbit/s
- 1 Mbit/s - 4 Mbit/s
- 5 Mbit/s - 10 Mbit/s
- 10 Mbit/s - 20 Mbit/s
- 20 Mbit/s - 40 Mbit/s
- 40 Mbit/s - 100 Mbit/s
- Preko 100 Mbit/s
- Ostalo...

10. Koju brzinu Interneta smatrate kao dovoljnom za Vaše potrebe korištenja usluga koje koristite kod određenog operatora?

- Manje od 1 Mbit/s
- 1 Mbit/s - 4 Mbit/s
- 5 Mbit/s - 10 Mbit/s
- 10 Mbit/s - 20 Mbit/s
- 20 Mbit/s - 40 Mbit/s
- 40 Mbit/s - 100 Mbit/s
- Preko 100 Mbit/s
- Ostalo...

11. Provjeravate li plaćenu brzinu u paketu usluga koje koristite s nekim od programa za provjeru brzine prijenosa korisnih podataka do svojega računala?

- DA
- NE

12. Da li ste zatražili od operatora povećanje brzine prijenosa podataka?Ako je odgovor DA pod ostalo upisati razlog.

- DA
- NE
- Ostalo...

13. Znate li što je ADSL tehnologija širokopojasnog pristupa?

- DA
- NE

14. Jeste li upoznati FTTx tehnologijama širokopojasnog pristupa (Optički pristup)?

- DA
- NE

15. Primjetite li ponekad pad brzine prijenosa podataka ili pucanje veze? Ako je odgovor DA pod ostalo upisati kada i kako primijetite navedeni problem.

- DA
- NE
- Ostalo...

16. Primjetite li ponekad prilikom gledanja IPTV (digitalna televizija) usluge pucanje veze tj. kašnjenje u prijenosu ili gubljenje određenih dijelova prijenosa? Ako je odgovor DA pod ostalo upisati kada i kako primijetite navedeni problem.

- DA
- NE
- Ostalo...

17. Da li Vas je Vaš operator upoznao s Vašim maksimalnim propusnim brzinama putem tehnologije širokopojasnog pristupa koje koristite?

- DA
- NE

18. Koji od prometnih parametara prilikom korištenja Interneta smatrate bitnim s obzirom na širokopojasne usluge koje najčešće koristite? (Pod ostalo upišite sami ukoliko odgovor nije ponuđen)

- Maksimalna propusnost podataka parice
- Gubitak paketa podataka
- Kašnjenje paketa podataka
- Količina podataka koje možete poslati putem neke linije
- Ostalo.

METAPODACI

Naslov rada: Analiza releventnih prometnih parametra u funkciji planiranja širokopojasnih pristupnih mreža

Autor: Dominik Bećović univ. bacc. ing. traff.

Mentor: Doc. dr. sc. Ivan Grgurević

Naslov na drugom jeziku (engleski):

Analysis of Relevant Traffic Parameters in the Function of Broadband Access Networks Planning

Povjerenstvo za obranu:

- Prof. dr. sc. Zvonko Kavran, predsjednik
- Doc. dr. sc. Ivan Grgurević, mentor
- Dr. sc. Marko Matulin, član
- Izv. prof. dr. sc. Dragan Peraković, zamjena

Ustanova koja je dodjelila akademski stupanj: Fakultet prometnih znanosti Sveučilišta u Zagrebu

Zavod: Zavod za informacijsko komunikacijski promet

Vrsta studija: Sveučilišni

Naziv studijskog programa: Promet

Stupanj: Diplomski

Akademski naziv: mag. ing. traff

Datum obrane završnog rada: 27. rujna 2016.

IZJAVA O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI I SUGLASNOST

Izjavljujem i svojim potpisom potvrđujem da je ovaj diplomski rad isključivo rezultat mog vlastitog rada koji se temelji na mojim istraživanjima i oslanja se na objavljenu literaturu, a što pokazuju korištene bilješke i bibliografija. Izjavljujem da nijedan dio rada nije napisan na nedozvoljen način, odnosno da je prepisan iz necitiranog rada, te da nijedan dio rada ne krši bilo čija autorska prava. Izjavljujem, također, da nijedan dio rada nije iskorišten za bilo koji drugi rad u bilo kojoj drugoj visokoškolskoj, znanstvenoj ili obrazovnoj ustanovi.

Svojim potpisom potvrđujem i dajem suglasnost za javnu objavu diplomskog rada pod naslovom: **Analiza relevantnih prometnih parametara u funkciji planiranja širokopojasnih pristupnih mreža** na internetskim stranicama i repozitoriju Fakulteta prometnih znanosti, Digitalnom akademskom repozitoriju (DAR) pri Nacionalnoj i sveučilišnoj knjižnici u Zagrebu.

U Zagrebu, 9. rujna 2016.

Student:
Dominik Bećović