

# Komparativna analiza širokopojasnih pristupnih tehnologija

---

**Topić, Sanja**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2017**

*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:119:786254>

*Rights / Prava:* [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-04-03**



*Repository / Repozitorij:*

[Faculty of Transport and Traffic Sciences - Institutional Repository](#)



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI

Sanja Topić

KOMPARATIVNA ANALIZA ŠIROKOPOJASNIH PRISTUPNIH  
TEHNOLOGIJA

ZAVRŠNI RAD

Zagreb, 2017.

Sveučilište u Zagrebu  
Fakultet prometnih znanosti

ZAVRŠNI RAD

KOMPARATIVNA ANALIZA ŠIROKOPOJASNIH PRISTUPNIH  
TEHNOLOGIJA

A comparative analysis of broadband access technologies

Mentor:

prof. dr. sc. Slavko Šarić

Student:

Sanja Topić, 0135218899

Zagreb, rujan, 2017.

# KOMPARATIVNA ANALIZA ŠIROKOPOJASNIH PRISTUPNIH TEHNOLOGIJA

## SAŽETAK

U radu su prikazane vrste širokopojasnih pristupnih tehnologija. Širokopojasne pristupne tehnologije predstavljaju različite načine pristupa Internetu i drugim uslugama. U samom početku koristio se isključivo žični medij, no razvojem tehnologije i potrebama korisnika razvile su se i bežične pristupne tehnologije. Danas se koriste žične i bežične pristupne tehnologije. Širokopojasne pristupne tehnologije omogućuju prijenos velikih količina podataka u jedinici vremena.

KLJUČNE RIJEČI: pristupne tehnologije, širokopojasnost, brzina prijenosa

## SUMMARY

This paper presents the types of broadband access technologies. Broadband access technologies represent different ways of accessing the Internet and other services. At the beginning, only a wired medium was used, but the development of technology and the needs of users have developed wireless access technologies. Today, wired and wireless access technologies are used. Broadband access technologies allow the transmission of large amounts of data in a unit of time.

KEYWORDS: access technologies, broadband, transfer rate

## Sadržaj

1. UVOD .....	1
2. DIGITALNE PRETPLATNIČKE LINIJE .....	3
2.1. Asimetrične DSL-tehnologije .....	4
2.1.1. ADSL .....	4
2.1.2. ADSL2 .....	5
2.1.3. ADSL2plus .....	6
2.1.4. VDSL .....	7
2.2. Simetrične DSL tehnologije .....	8
2.2.1. IDSL .....	8
2.2.2. HDSL .....	8
2.2.3. HDSL 2 .....	9
2.2.4. SDSL .....	10
3. OPTIČKE PRISTUPNE TEHNOLOGIJE .....	11
3.1. Mreže u FTTx arhitekturama .....	11
3.2. FTTx arhitekture .....	12
3.2.1. Optička nit do ormarića (FTTN) .....	12
3.2.2. Optička nit do pločnika (FTTC) .....	13
3.2.3. Optička nit do posjeda (FTTP) .....	14
4. BEŽIČNE PRISTUPNE TEHNOLOGIJE .....	16
4.1. Arhitektura MMDS .....	16
4.2. Arhitektura LMDS .....	18
4.3. WiMAX .....	20
4.4. Wi Fi .....	21
5. SATELITSKI ŠIROKOPOJASNI PRISTUP .....	23
5.1. Princip rada satelitske mreže .....	23
5.2. Arhitektura DSL .....	24
5.3. Načini prijenosa podataka .....	26
5.3.1. Broadcasting .....	26
5.3.2. Multicasting .....	26
5.3.3. Unicasting .....	27

6. ŠIROKOPOJASNI PRISTUP KOAKSIJALNIM KABELIMA .....	28
6.1. Koaksijalni kabel .....	28
6.2. Kabelski modem .....	29
6.3. Hibridna optička-koaksijalna mreža .....	29
7. ZAKLJUČAK .....	31
LITERATURA .....	32
POPIS KRATICA I AKRONIMA .....	33
POPIS SLIKA .....	35
POPIS TABELA .....	36

# 1. UVOD

Pojavom širokopoljasnih usluga, brzine računalnih komunikacija neprestano rastu te je sve češći problem zagušenja postojeće javne prijenosne mreže, ali i sve veća potreba za povećanjem kapaciteta mreže do svakog korisnika. Problem zagušenja pokušava se riješiti povećanjem prijenosnih kapaciteta prema jednom ili više korisnika korištenjem širokopoljasnih pristupnih mreža naprednih tehnologija pristupa i to putem DSL tehnologije, optičkih pristupnih tehnologija (FTTx), satelitskih širokopoljasnih pristupa, pristupne tehnologije preko koaksijalnog kabela, te bežične pristupne tehnologije.

Širokopoljase tehnologije u telekomunikacijskom tržištu predstavljaju značajan korak za operatore telekomunikacijskih sustava, kao i za krajnje korisnike. Nove tehnologije donose i nove usluge za krajnjeg korisnika, ali i nove poslovne modele za operatora. Korisnici dobivaju mogućnost pristupanja širokom spektru usluga, a tvrtke različitih profila (energetski giganti, televizijske kuće, kabelski operatori i sl.) dobivaju mogućnost iskorištenja postojeće infrastrukture za postavljanje temeljne i pristupne mreže i time ulaska na telekomunikacijsko tržište. Korištenjem širokopoljasnih tehnologija omogućuje se prijenos velikih količina podataka u jedinici vremena.

Završni rad se sastoji od 7 povezanih poglavlja:

1. Uvod
2. Digitalne pretplatničke linije
3. Optičke pristupne tehnologije
4. Bežične pristupne tehnologije
5. Satelitski širokopoljasni pristup
6. Širokopoljasni pristup koaksijalnim kabelima
7. Zaključak

U drugom poglavlju rada opisane su digitalne pretplatničke linije, koje su podijeljene na asimetrične i simetrične DSL tehnologije te njihove karakteristike.

Treće poglavlje obuhvaća optičke pristupne tehnologije. To su tehnologije koje kombiniraju optičke kabele i bakrene parice, a predstavljaju FTTx arhitekturu. FTTx arhitektura podijeljena je u tri skupine: optička nit do ormarića, optička nit do pločnika i optička nit do posjeda.

U četvrtom poglavlju opisane su bežične pristupne tehnologije prema području pokrivanja čije su podjele i karakteristike navedene, te detaljno opisane.

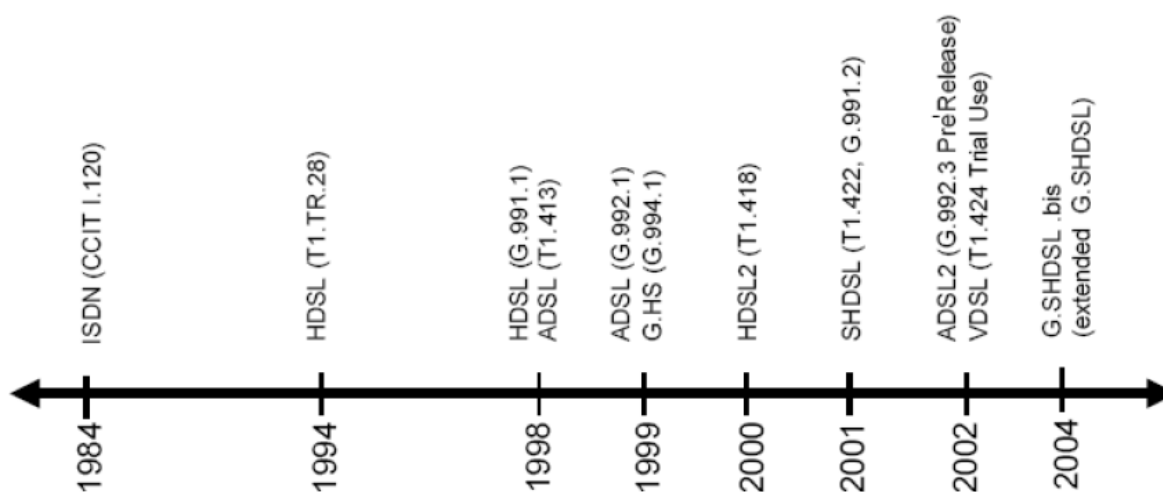
Peto poglavlje obuhvaća satelitski pristup. Opisan je princip rada satelitske mreže te načini prijenosa podataka u satelitskoj mreži.

U šestom poglavlju opisan je širokopolasni pristup koaksijalnim kabelima koji se realiziraju pomoću kablinskih modema.



## 2. DIGITALNE PRETPLATNIČKE LINIJE

Tehnologije digitalne pretplatničke linije su tehnologije pristupa jezgrenoj mreži pomoću fiksnih linija. Generički naziv xDSL se često koristi kako bi se njime označile sve DSL-tehnologije ili bilo koja od njih. xDSL duguje svoj uspjeh najviše brzom pristupu Internetu kao i razvoju širokopolasne komunikacije. DSL tehnologije nude znatno veće brzine prijenosa nego BRI postale su tehnologije broj jedan za realizaciju širokopolasnog pristupa. Razvoji xDSL sežu u osamdesete godine prošlog stoljeća. (slika 1)



Slika 1. Vremenski slijed razvoja DSL-tehnologija

Izvor: [3]

U devedesetim godinama prošlog stoljeća započeo je ubrzani masovni razvoj i primjena xDSL-a diljem svijeta. Digitalna pretplatnička linija velike brzine prijenosa bila je prva DSL tehnologija koja je doživjela uspjeh na tržištu, dok je ADSL doživio najveći rast na tržištu, a VDSL i dalje nudi najveće prijenosne brzine od svih DSL-a. Neke tehnologije podržavaju istovremeni prijenos DSL podataka i POTS-a jednom upredenom paricom, dok neke DSL tehnologije podržavaju istovremeni prijenos BRI-kanala i DSL podataka zajedničkom lokalnom petljom

Osnovna podjela DSL tehnologija je na asimetrične i simetrične, pri čemu se simetričnost odnosi na prijenosne brzine u dolaznom i odlaznom smjeru prijenosa signala. Dolazni smjer je smjer od lokalne centrale prema korisničkom području, dok se suprotan

smjer prijenosa naziva odlazni smjer. Ako su brzine u oba smjera međusobno jednake riječ je o simetričnoj DSL tehnologiji, u suprotnome se radi o asimetričnoj DSL tehnologiji.

Tabela 1 Simetrične i asimetrične DSL - tehnologije

Asimetrične DSL - tehnologije	Simetrične DSL - tehnologije
ADSL	IDSL –ISDN
ADSL2	HDSL, HDSL2
VDSL, VDSL2	SDSL (M/SDSL)

Izvor: [2]

## 2.1. Asimetrične DSL-tehnologije

### 2.1.1. ADSL

ADSL je dio mrežne arhitekture koja malim korisnicima omogućuje korištenje širokopojsnih usluga kao što su pristup Internetu, video na zahtjev, interaktivne trgovine te razne druge multimedijalne usluge. ADSL je razvijen tako da iskorištava postojeću infrastrukturu bakrenih parica za prijenos telefonskog i podatkovnog prometa.

Prijenos informacija izvodi se različitim brzinama prijenosa u odlaznom i dolaznom smjeru. U smjeru korisnika (upload) brzine se kreću u rasponu od 16 kbit/s do 640 kbit/s, dok u dolaznom smjeru (download) od 1,5 do 8 Mbit/s (dok je realna brzina 6,144 Mbit/s). Prijenos informacija izvodi se preko jedne parice, a podaci se na ADSL liniji multipleksiraju koristeći DMT ili CAP. U većem broju slučajeva modulacija DMT je odabran kao standard zbog bolje prilagodljivosti promjenjivim uvjetima na liniji. Osnovna obilježja CAP su jednostavnost u odvajanju smjerova i kanje kašnjenje u odnosu na DMT. [1]

Princip rada usluga ADSL-a ostvaruje se instalacijom dva dodatna uređaja veličine modema. Jedan uređaj je frekvencijska skretnica (splitter) koji je namijenjen razdvajanju frekvencijskih pojasa namijenjenih prijenosu govora i podataka koji do njega stižu istom telefonskom linijom. Frekvencije od 0 do 4 kHz služe za razgovor putem analognog telefona. Drugi uređaj je ADSL modem (eng. router) koji povezuje korisnikovo računalo na Internet.

## 2.1.2. ADSL2

ADSL2 je posebno dizajniran radi poboljšanja brzine i dometa prijenosa u odnosu na izvornu inačicu ADSL-a, te ima bolje performanse na dugačkim linijama u prisutnosti uskopojasnih smetnji. ADSL2 omogućava postizanje dolaznih brzina do otprilike 12 Mbit/s i odlaznih brzina do 1 Mbit/s, ovisno o duljini lokalne petlje i drugim čimbenicima. Povećanje prijenosne brzine u dolaznom smjeru posljedica je toga što ADSL2 postiže bolju učinkovitost korištenog modulacijskog postupka.

Glavne prednosti ADSL2 su :

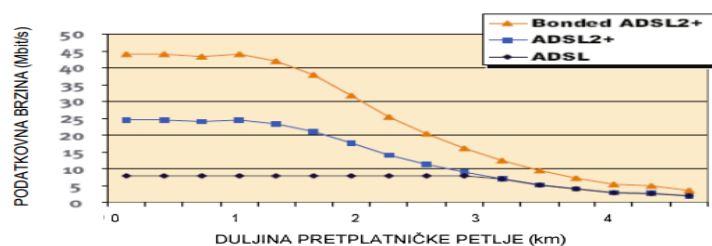
- **Dijagnostika** – u odnosu na izvornu inačicu ADSL-a, ADSL2 primopredajnici su poboljšani dodavanjem opsežnih dijagnostičkih mogućnosti. Temelje se na softverskim alatima za rješavanje problema tijekom i nakon završetka instalacije, za nadziranje performansi sustava tijekom rada te za utvrđivanje potrebe za nadogradnjom sustava
- **Poboljšanje glede potrošnje električne energije** – prva generacija ADSL primopredajnika je danonoćno rabila određenu fiksnu snagu napajanja električnom energijom čak i kad nisu aktivno prenosili korisničke podatke. Imajući u vidu milijune instaliranih ADSL modema diljem svijeta, moguće je uštedjeti znatnu količinu električne energije ako bi ti modemi za vrijeme neaktivnih perioda mogli prijeći u pričuveno stanje (engl. standby). Standard tehnologije ADSL2 je definirao dva načina upravljanja potrošnjom električne energiji koji omogućavaju smanjenje potrošnje uz istodobno očuvanje funkcionalnosti stalne prosjojenosti krajnjih korisnika ADSL-a
- **Prilagodba prijenosne brzine** – nepovoljne promjene razina preslušavanja i kabljskoj grupi mogu dovesti do ispada nekog ADSL sustava iz rada. Preslušavanja su samo jedan od razlog zbog kojeg neki ADSL sustav može prekinuti komunikacijske veze koje su njime ostvarene. Drugi razlozi uključuju izvore radijskog ometanja u AM području frekvencija, temperaturne promjene i prodor vlage u kabljsku grupu. ADSL2 odgovara na te probleme kontinuiranom prilagodbom prijenosne brzine u stvarnom vremenu. SRA omogućava ADSL2 sustavima da mijenjaju prijenosnu brzinu i za vrijeme rada, i to bez prekidanja prijenosa

- **Usnopljavanje linija** – zahtjev koji je zajednički svim operatorima je mogućnost da raznim krajnjim korisnicima mogu pružiti različite razne usluge. Prijenosne brzine prema kućnim i poslovnim korisnicima moguće je znatno povećati usnopljavanjem linija. Kako bi podržao usnopljavanje linija ADSL2 standard definira uporabu inverznog ATM multipleksiranja koji je standardizirao ATM Forum. ADSL2 podržava usnopljavanje do najviše 32 upredene parice u jednu ADSL2 poveznicu. Rezultat usnopljavanja linija su veće prijenosne brzine, što dovodi i do povećanja broja krajnjih korisnika kojima je moguće ponuditi takvu uslugu

ADSL2 pruža dodatna poboljšanja u odnosu na izvornu inačicu ADSL-a kao što su poboljšana međusobna operabilnost između primopredajnika različitih proizvođača, brza uspostava pozivnice – skraćeno trajanje inicijalizacije poveznice s 10 sekundi na manje od tri sekunde, te podrška paketskim uslugama. [2]

### 2.1.3. ADSL2plus

Za razliku od prvih dvaju članova skupine ADSL standarda, koji specificiraju korištenje dolaznog kanal do gornje granične frekvencije do 1,1 MHz, gornja granična frekvencija dolaznog kanala u ADSL2plus postavljena je na 2,2 MHz, što rezultira znatno povećanje dolaznih prijenosnih brzina na lokalnim petljama kracima od otprilike 1500 m (Slika 1). Odlazna prijenosna brzina seže do 1Mbit/s. Obje brzine ovise o uvjetima u lokalnoj petlji. ADSL2plus je moguće iskoristiti i u svrhu smanjenja preslušavanja. [2]



Slika 2. Prijenosne brzine i dometi koje podržava ADSL2

Izvor: [2]

*crna krivulja (rombovi) se odnosi na ADSL, tamno plava krivulja (kvadratići) na ADSL2 realiziran jednom upredenom paricom, a narančasta krivulja (trokutići) na usnopljavanje linija*

#### 2.1.4. VDSL

Telekomunikacijski operatori diljem svijeta donose odluke (ili će ih donijeti) o uključivanju postojećih paričnih lokalnih petlji u svoje širokopolasne pristupne mreže sljedeće generacije. Krajnji korisnici postaju sve zahtjevniji glede prijenosnih brzina, ADSL bi mogao unatoč novijim inačicama ADSL2 i ADSL2plus, iskazati slabe performanse u složenoj okolini u kojoj je potreban istodoban prijenos govorne telefonije, interaktivnog videa i brzih podatkovnih usluga na veće udaljenosti između krajnjih korisnika i lokalne centrale. U slučajevima gdje operatori radije odabiru kao rješenje kombinaciju optičkih niti i upredenih parica, VDSL postaje dobar izbor.

VDSL omogućuje ostvarenje koncepta FTTn. Arhitekturu FTTN-a čini kombinacija optičke niti, koja povezuje lokalnu centralu s optičkim mrežnim jedinicama, i upredenih parica koje povezuju krajnje korisnike s ONU-ima. VDSL modemi su instalirani na oba kraja svake lokalne VDSL petlje, realizirane jednom upredenom paricom. VDSL podržava i simetričan i asimetričan prijenos, te se koristi frekvencijskim područjem do 12 Mbit/s. U tablici 2 dane su brzine prijenosa signala za različite inačice VDSL-a. 7

Tabela 2 Prijenos brzine podržane VDSL-om

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

Izvor: [2]

## 2.2. Simetrične DSL tehnologije

### 2.2.1. IDSL

IDSL je kreiran na temelju N-ISDN-a, korisnicima isporučuje do 144 kbit/s podataka. Temelji se na sučelju BRI i koristi istu tehniku linijskog kodiranja. Ukupna prijenosna brzina na sučelju, smještenom između krajnjeg korisnika i linijskog zaključenja u lokalnoj centrali iznosi 160 kbit/s, a linijska brzina iznosi 80 kbaud. IDSL podržava trajno uspostavljanje veze. Uspostava poziva koja je neophodna u N-ISDN-u, suvišna je u IDSL-u, te kanal D koji se koristi za razmjenu signalizacijskih podataka u N-ISDN-u, moguće je koristiti za prijenos prometa krajnjih korisnika IDSL-om. IDSL predstavlja kraj neke veze uspostavljene tehnologijom komutacije okvira, protokolom HDCL ili protokolom PPP. Domet IDSL-a iznosi oko 5.500 m, a moguća je i uporaba regeneratora za produljenje dometa prijenosa. IDSL hibridna tehnologija zanimljiva je pružateljima usluga koji su poduzeli velika ulaganja u N-ISDN infrastrukturu, ali sada žele integrirati i DSL u svoju mrežu. [3]

### 2.2.2. HDSL

HDSL je prva DSL tehnologija i ujedno najraširenija DSL tehnologija. HDSL je razvijen 1991. godine u Americi (ANSI – American National Standards Institute) i u Europi (ETSI – European Telecommunications Standards Institute). Po ANSI standardu modem radi na dvije parice i svaka parica prenosi 784 kbit/s, dok po ETSI standardu definira prijenosni sustav na dvjema paricama s prijenosnom brzinom od 1168 kbit/s po parici i prijenosni sustav s trima paricama uz brzinu od 784 kbit/s na svakoj parici.

Prijenosni pojas kojeg koristi HDSL obuhvaća područje frekvencija od 80 kHz do 240 kHz. Maksimalni domet prijenosa kojeg je moguće ostvariti HDSL. Modemima nalazi se unutar intervala od 2.700 do 4.000 metara, a može biti produljen i do 12 km uporabom regeneratora. Dolazna i odlazna prijenosna brzina su međusobno jednake i iznose 2,048 Mbit/s, odnosno 1,544 Mbit/s.

Prednosti HDSL-a:

- Frekvencijski pojas (od 80 do 240 kHz) je uži nego kod zakupljenih E1/T1 – kanala (2/1,5 MHz)

- Instalacija HDSL modema je jednostavna i brza – usluga postaje raspoloživa unutar kratkog vremenskog intervala
- Nema potrebe za korištenjem regeneratora na udaljenostima do 5 km

Nedostaci HDSL-a:

- Mogućnost nastanka samopreslušavanja na bližem kraju, jer se sve upredene parice koriste ta istovremeni prijenos u oba smjera
- HDSL sustavi ne podržavaju istovremeni prijenos POTS-a i DSL podataka
- Korištenje više od jedne upredene parice za prijenos HDSL-om je nužno – suprotno od toga, većina korisnika opremljena je isključivo jednom paricom
- Postojeći HDSL standardi nisu dovoljno precizni – proizvođačima opreme ostavljeno je previše prostora za primjenu specifičnih rješenja u HDSL opremi (vrlo često su rješenja koja potječu od različitih proizvođača međusobno nekompatibilna) [3]

Tehnologija HDSL koristi se za povezivanje korporacijskih mreža ili individualnih korisnika s poslužiteljima Internetskih usluga, tj, s njihovim poslužiteljskim računalima, podršku uslugama kao što su video konferencija i učenje na daljinu, te povezivanje baznih stanica bežičnih sustava sa središnjim operatorskim centrom.

### **2.2.3. HDSL 2**

HDSL2 definira prijenosnu tehniku koja omogućuje digitalni prijenos signala velike brzine preko jedne upredene parice. Standard definira dvosmjerni prijenos podataka brzinama 2,048 Mbit/s po jednoj parici uz domet od 4 km i 4 Mbit/s preko dvije parice uz domet od 4 km. Također definira u kontrolni kanal brzine 272 kbit/s koji se koristi za izvršavanje operacija upravljanja i održavanja. Standard osigurava istodobnu podršku za prijenos podataka i govora, te upravljanje pogreškama na nivou HDSL okvira. Tehnike modulacije koje ovaj standard koristi su CAP ili PAM. HDSL2 modem napravljen je tako da zadovoljavajuće radi na većini postojećih parica bez ikakvih dodatnih zahvata za ožičenje. [1]

#### 2.2.4. SDSL

Tehnologija SDSL ima nekoliko oblika koje su definirali proizvođači opreme. SDSL je najbolje pojmiti kao generički opis skupine sličnih tehnologija. Oblici SDSL-a definiranih od strane proizvođača u stvari su dijelovi jednog standarda za simetrične usluge definirani na svjetskoj razini. Inačice SDSL-a koriste linijski kod 2B1Q, dok neke od njih još uvijek koriste modulaciju CAP. Sve inačice koriste jednu upređenu paricu za istovremeni prijenos signala u oba smjera. Jedna od simetričnih varijanti, nazvana simetrična digitalna pretplatnička linija s mogućnošću korištenja većeg broja prijenosnih brzina (M/SDSL), podržava prijenosne brzine primopredajnika i tako omogućava i promjenu dometa prijenosa. CAP inačica M/SDSL-a podržava osim različitih prijenosnih brzina, te omogućava prijenos brzinama 64 ili 128 kbit/s na udaljenosti do 8,9 km, pretpostavljajući pri tome korištenje upređene parice promjera 0,5 mm, odnosno na udaljenosti do 4,5 km pri punoj brzini od 2,048Mbit/s. M/SDSL ima ugrađenu mogućnost automatske prilagodbe prijenosne brzine. [3]



### 3. OPTIČKE PRISTUPNE TEHNOLOGIJE

Postavljanje optičkih kabela u pristupnu mrežu ostvaruje se na nekoliko načina. Pristupne tehnologije koje kombiniraju optičke kabele i bakrene parice predstavljaju FTTx arhitekturu, gdje je x tip krajnjeg zaključenja.

FTTx arhitekturu dijelimo na :

- optička nit do ormarića (FTTN)

- optička nit do pločnika (FTTC)

- optička nit do posjeda (FTTP)

Optička vlakna predstavljaju najkvalitetniju varijantu širokopojasnog pristupa jer omogućavaju postizanje velikih prijenosnih brzina i dometa. Prepreka masovnom uvođenju FTTx tehnologija je njihova cijena i uvjeti koji zahtijevaju skupe i opsežne zahvate u kabelskoj infrastrukturi, što rezultira i povećanju troškova realizacije pristupne mreže koja se može odraziti i na cijenu usluga.

#### 3.1. Mreže u FTTx arhitekturama

Mreže u FTTx arhitekturama dijele se na direktno vlakno (Point to point mreža), dijeljeno vlakno (Point to Multipoint mreža), aktivna optička mreža (AON), te pasivna optička mreža (PON).

Najjednostavniju optičku distribucijsku mrežu predstavlja direktno vlakno, kod kojeg u mrežnoj arhitekturi optičko vlakno napušta centralu i iz nje ide direktno do korisnika. Ovakve mreže omogućuju veliku propusnost podataka, od koje svaki pojedini korisnik dobiva svoj vlastiti optički link odnosno vezu koja se direktno ostvaruje s centralom. S kontrolne točke gledišta ova mrežna topologija stvara najmanje poteškoća što se tiče nadzora mreže. Kod dijeljenog vlakna svako vlakno koje napušta glavnu centralu bude na nekom djelu optičke trase podijeljeno na više korisnika, te ja na tom mjestu obično splitter gdje od njega svaki korisnik dobiva vlastitu optičku nit, koja ovisno o vrsti optičke petlje ide do korisnika. Aktivne optičke mreže temelje se na elektroničkoj opremi kao što su switch (skretnica), router (usmjerivač) ili multipleksor (umnožavač) koji za svoj rad trebaju napajanje električnom energijom kako bi mogli distribuirati ili osigurati prijenos signala do krajnjeg korisnika. Svaki

signal koji napušta centralu usmjeren je samo prema jednom korisniku kojem je taj signal namijenjen. Dolazni signali od korisnika prema centrali izbjegavaju sudare s drugim signalima na raskrsnici u sustavu zbog elektroničke opreme koja omogućava dolaznim signalima njihovo međupohranjivanje (buffering).

Pasivna optička mreža predstavlja vrstu mrežne arhitekture u kojoj su pristupni optički razdjelnici bazirani na neelektričnom postrojenju. Optički razdjelnici u PON mreži rade na principu korištenja Brewster-ovog kuta koji omogućava da se s jednim nadolazećim optičkim vlaknom poslužuje više korisničkih posjeda, obično je to razdjelnik koji poslužuje od 32-128 korisničkih posjeda. Pasivna optička mreža sastoji se od centralnog čvora koji se naziva optički linijski terminal, jednog ili više korisničkih čvorova nazvanog optička mrežna jedinica ili optički mrežni terminal, te od optičkih vlakana i splittera postavljenih između jedinica. PON konfiguracija smanjuje broj optičkih niti i količinu opreme koja je kod point-to-point arhitektura više prisutnija. Kod PON arhitekture signali se prenose do svakog korisničkog posjeda korištenjem dijeljenog vlakna, te se koristi enkripcija podataka kako ne bi došlo do prisluškivanja.

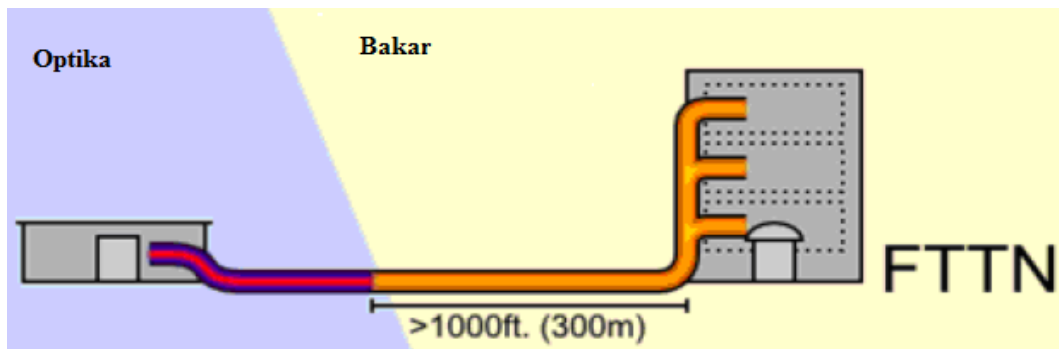
## **3.2. FTTx arhitekture**

### **3.2.1. Optička nit do ormarića (FTTN)**

Fiber to the Node (FTTN) optičko vlakno do ormarića predstavlja telekomunikacijsku arhitekturu baziranu na optičkim kabelima koja je osmišljena za opskrbljivanje korisnika informacijama od TK ormarića do kojeg se taj prijenos informacija obavlja preko optičke niti. Korisnici se priključuju pomoću standardnog koaksijalnog kabela ili upletene parice. Područje koje se poslužuje ovom vrstom optičke petlje manje je od 1500 m, a broj korisnika koji ova petlja može posluživati iznosi nekoliko stotina korisnika.

FTTN omogućuje opskrbu širokopojasnih usluga kao što je internet velikih brzina. Komunikacijski protokoli velikih brzina kao što su širokopojasni kabelski pristup ili neke vrste DSL tehnologija koriste se između ormarića i krajnjeg korisnika. Brzina ovisi o komunikacijskom protokolu koji se koristi ili o tome koliko je korisnik udaljen od ormarića. Ako se za posljednju dionicu do korisnika koristi bakrena linija, što je uobičajeno kod FTTN arhitekture, udaljeni DSLAM tvori distribucijsku točku, koja vrši prespajanje s uličnim

ormarićem, koji poslužuje grupu domova ili zgrada s bakrenom vezom. Vezu koja se ostvaruje upredenom paricom između korisnika i udaljenog DSLAM-a obično se koristi VDSL tehnologija. U FTTN arhitekturi također je moguće korištenje i BPON+VDSL tehnologija ili GPON+VDSL2 tehnologija. U slučaju da se koristi bežična komunikacija za posljednju dionicu do korisnika, tada antena tvori distribucijsku točku.



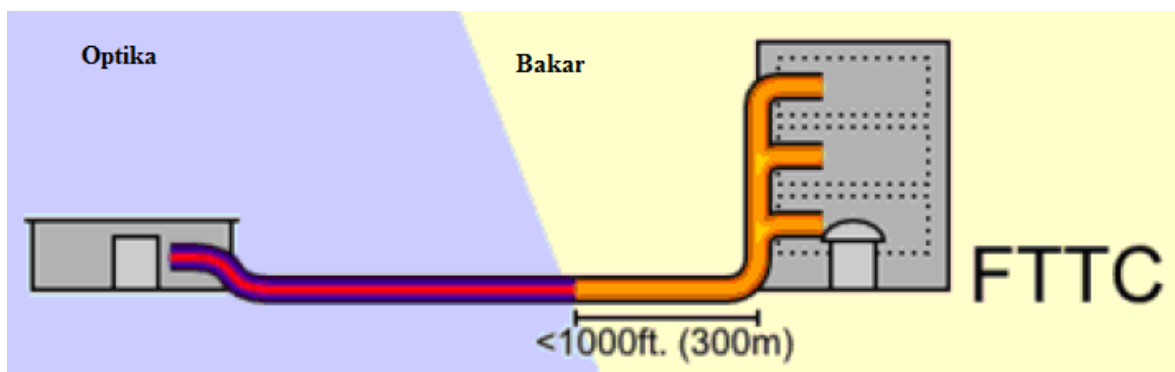
Slika 3. FTTN arhitektura do korisnika

Izvor: [12]

### 3.2.2. Optička nit do pločnika (FTTC)

FTTC je telekomunikacijski sustav baziran na optičkim kabelima koji služe za posluživanje korisnika. Svaki korisnik ima konekciju na petlju preko koaksijalnog kabela ili upletene parice. FTTC omogućuje dostavu širokopojasnih usluga kao što je internet velikih brzina. Širokopojasni kabelski pristup ili neke vrste DSL tehnologija koriste se između pločnika i krajnjeg korisnika.

FTTC se razlikuje od FTTN i FTTP. Razlika između optičkih petlji je mjesto postavljanja kabineta. FTTC kabinet će biti postavljen blizu pločnika gdje će se optičko vlakno prostirati do vanjskog kabineta na udaljenosti od 300 do 600 m od korisnika, te će koristiti VDSL tehnologiju kao pristup korisniku, što se razlikuje od FTTN kabineta koji će biti postavljen znatno dalje od korisnika, i na kraju FTTP kabinet koji će biti postavljen na samoj lokaciji posluživanja usluge. Za razliku od FTTP tehnologije, FTTC tehnologija koristi postojeću koaksijalnu ili paričnu infrastrukturu koja omogućava uslugu. FTTC tehnologija za realiziranje košta manje, ali ima i manji potencijal propusnosti od FTTP



Slika 4. FTTC arhitektura do korisnika

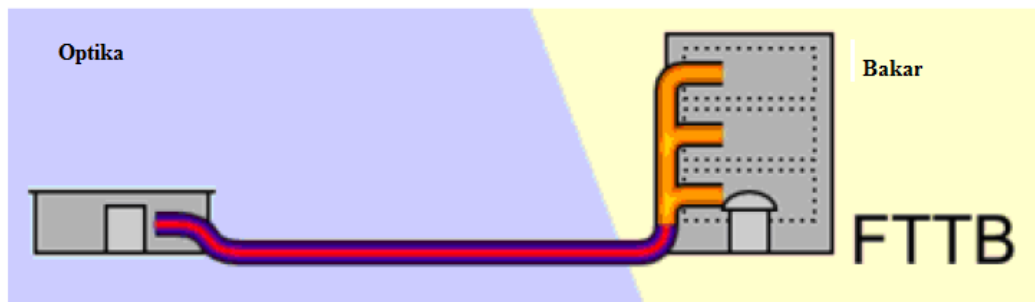
Izvor: [12]

### 3.2.3. Optička nit do posjeda (FTTP)

FTTP predstavlja vrstu optičke komunikacije za dostavljanje informacijskih usluga kod koje se optičko vlakno direktno dovodi do korisnikove prostorije odnosno posjeda. Za razliku od prethodnih optičkih strategija kao što su FTTN i FTTC, ne koristi postojeće pretplatne parice i koaksijalne kabele kao rješenje za način prijenosa.

FTTP može se podijeliti u nekoliko kategorija ovisno gdje završava optički kraj:

1. FTTB je vrsta optičke komunikacijske usluge kod koje optički signal doseže na privatno imanje ograđujući na taj način dom ili poslovni prostor pretplatnika ili grupu. Optička nit se prekida prije dolaska do kućnog ili poslovnog prostora, što znači da optičko vlakno ne ide sve do krajnje prostorije korisnika već do određenog prizemnog mjesta u zgradi gdje se prijenos informacija tada nastavlja preko bakrenog medija. FTTB oprema za ostvarivanje veze se postavlja u centrali i na korisničkom posjedu, a veza između te dvije točke se ostvaruje preko pasivne point-to-point konekcije. FTTB je vrlo sličan FTTH, ali se razlikuju u tome da istodobno poslužuje više korisnika ili pak samo jednog korisnika na nekoj lokaciji, dok FTTH poslužuje samo jednog korisnika.



Slika 5. FTTB arhitektura do korisnika

Izvor: [12]

- FTTH je vrsta optičke komunikacijske usluge kod koje optički signal dolazi do korisnikovog dnevnog ili uredskog prostora. FTTH sustav koristi PON vrstu mreža, prenoseći signal od centrale do višestrukih korisnika pomoću optičkog splittera koji se nalazi u pasivnom kabinetu, te nakon toga on ide sve do mrežnog sučelja koje se nalazi izvan kuće. Analogni i digitalni signali se prenose različitim valnim duljinama svjetlosti. FTTH predstavlja najjednostavniju i za gradnju najskuplju mrežu. Svaki korisnik ima svoju vlastitu optičku nit preko koje se izvodi prijenos signala. Pristupna brzina je 155Mbit/s u oba smjera, a maksimalan domet mreže iznosi 100 km.

Zbog velikog prijenosnog kapaciteta FTTH p2p se koristi za podršku uslugama nove generacije, a to su video u stvarnom vremenu, prijenos TV signala u stvarnom vremenu visoke razlučivosti, telekonferencije, teleedukacije i spajanje korporacijskih interneta na Internet. Pouzdanost FTTH p2p je veća u odnosu na druge pristupne mreže jer su optičke mreže otporne na radiofrekvencijske interferencije i impulsne smetnje, imaju manje gušenje signala i nema korozije. Uz manje gušenje u prijenosu, potrebno je na prijenosnim dionicama koristiti i manji broj regeneratora signala. Glavni nedostatak ovakve mreže je vrlo visoka cijena izgradnje. [1]



Slika 6. FTTH arhitektura do korisnika

Izvor: [12]

## 4. BEŽIČNE PRISTUPNE TEHNOLOGIJE

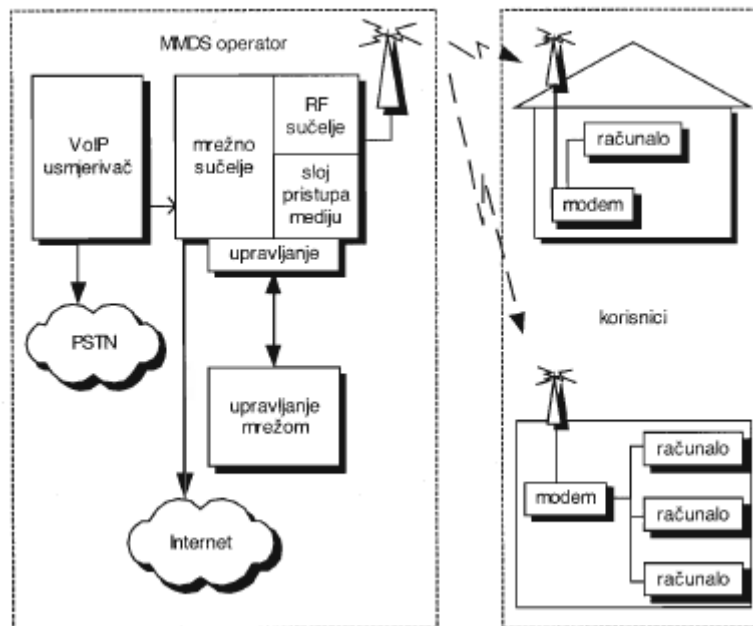
Primjena bežične prijenosne tehnologije u pristupnoj mreži, u usporedbi s DSL-om ili korištenjem infrastrukture kabelaške televizije, jeftino je i isplativo rješenje koje korisnicima osigurava pristup u javnu mrežu velikim brzinama. Glavne odlike bežične prijenosne tehnologije su veliki doseg signala, rad u optimalnom frekvencijskom području i velike prijenosne brzine. [1]

Prema pokrivanju bežične pristupne tehnologije dijele se na:

- MMDS (Multichannel Multipoint Distribution System) pokrivanje područja promjera do 70 km
- LMDS (Local Multipoint Distribution System) ćelijsko pokrivanje područja promjera do 5 km
- WiFi
- WiMax

### 4.1. Arhitektura MMDS

MMDS je tehnologija koja omogućuje bežični pristup velikim brzinama. Frekvencije na kojima rade MMDS sustavi su oko 2,1 GHz i područje od 2,5 – 2,7 GHz. MMDS podržava usluge kao što su prijenos podataka i multimedijskog sadržaja, te i pristup Internetu. Frekvencijski kanali MMDS su do sada uglavnom bili korišteni za emitiranje programa kabelaške televizije u područjima u kojima nije postojala ili nije bila isplativa instalacija kabelaške infrastrukture. Kao i kod standardne televizije, tako i kod MMDS-a moraju postojati odašiljači koji su obično smješteni na prirodnim uzvisinama ili krovovima visokih zgrada, te posebne antene za prijem kod korisnika. Prikaz MMDS arhitekture prikazan je na slici (sl. 6.)



Slika 7. MMDS arhitektura

Izvor: [1]

Prednosti MMDS arhitekture:

- Veliki domet signala, jedna MMDS ćelija može pokriti područje promjera od 30 do 50 km
- Korištenje optimalnog frekvencijskog pojasa, MMDS frekvencije u području oko 2,1 GHz i u području od 2,5 do 2,7 GHz omogućuju bolje iskorištenje snage, te su manje osjetljivi na vremenske utjecaje
- Velike brzine prijenosa

Nedostaci MMDS arhitekture:

- Zahtjeva direktnu optičku vidljivost, zahtijevaju optičku vidljivost između odašiljača i prijamne antene, te je posljedica potreba za većim brojem odašiljačkih antena kako bi se svladale prepreke kao što su zgrade, prirodne uzvisine i slično
- Slaba pouzdanost, izobličenje signala zbog višestrukih putova i pada omjera signal/šum s povećanje udaljenosti od odašiljačke antene, što rezultira smanjenom pouzdanošću MMDS sustava

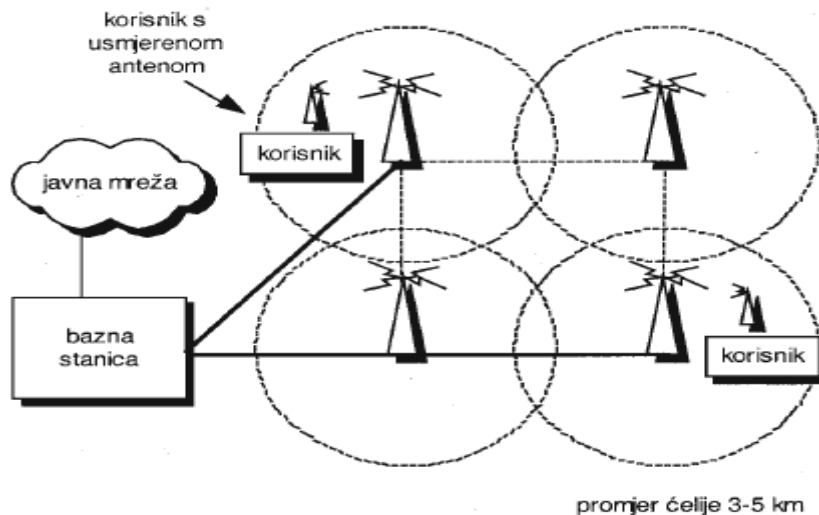
MMDS sustavi s povratnim smjerom prijenosa preko telefonske linije koriste pristupnu metodu TDMA za prekrivanje dijela dolaznog toka pojedinim korisnicima.

Korištenjem kvadratne amplitudne modulacije sa 64 stanja postiže se maksimalna prijenosna brzina od 30 Mbit/s po jednom MMDS kanalu širine 6MHz. Korištenjem tehnike zaštite informacija od pogrešaka FEC postiže se prijenosna brzina od 27 Mbit/s po jednom MMDS kanalu. Podaci se šalju u paketiziranom obliku uz slanje potvrda ili negativnih potvrda kako bi se osigurao siguran prijenos podataka. Svaki paket sadrži adresu odredišta, a svaki korisnički modem nadgleda dolazni tok paketa i prikuplja pakete koji sadrže njegovu adresu. Odlazni podaci šalju se preko postojeće telefonske infrastrukture. Asimetričan način prijenosa podataka velikim brzinama u dolaznom, a malim brzinama u odlaznom smjeru, pogodan je za pristup Internetu, te u prosjeku korisnik prima 5 do 20 puta više podataka nego što ih šalje. Korisnike koje može poslužiti jedan MMDS kanal ovisi o pretpostavljenim karakteristikama tog podatka, faktoru opterećenja, prosječnom vremenu trajanja sesije i prihvatnoj raspoloživosti, posebno za vrijeme maksimalnih prometnih opterećenja. Želimo li postići rangiranje korisnika po prioritetima koriste se složeniji algoritmi, te je također potrebna i enkripcija informacija kako bi se spriječio neovlašteni pristup informacijama namijenjen pojedinim korisnicima. [1]

## **4.2. Arhitektura LMDS**

LMDS predstavlja dvosmjernu pristupnu tehnologiju temeljenu na radio prijenosu. LMDS ima ćelijsko pokrivanje i podržava velike prijenosne brzine u dolaznom i odlaznom smjeru (38 i više Mbit/s), što je pogodno za privatne korisnike i organizacije. Ćelija se sastoji od određenog broja radijskih modula i sektorskih antena koje pokrivaju određeni prostor pod kutem od 30, 45, 60 ili 90 stupnjeva, zavisno o potrebnoj pokrivenosti. Mogućnost potpune podrške širokopojsnim uslugama osigurana je uvođenje povratnog kanala prema pružateljima internetskih usluga. Predajnik je najčešće na vrhu velikih zgrada prekrivajući tako signalom područje promjera od 3 do 5 km. Potpuno pokrivanje jedne ćelije zahtijeva 4 do 6 predajnika. LMDS sustavi su našli posebnu primjenu u gusto naseljenim dijelovima grada gdje je zastupljena visokogradnja, a postojeća kablovska infrastruktura nema kapaciteta. LMDS sustavi u nekom području zahtijeva postojanje više ćelija s odvojenim baznim stanicama. Svaka bazna stanica se ponaša kao koordinacijski centar koji ujedno povezuje LMDS ćelije s jednom mrežom. Među ćelijsko povezivanje može se ostvariti korištenjem optike ili radiorelejnih veza kratkog dometa.





Slika 8. Arhitektura LMDS

Izvor: [1]

LMDS sustav koristi gigahercni pojas prijenosa, a sama priroda elektromagnetskog vala u gigahercnom području uvjetovala je postojanje nekih ograničenja u prijenosu. Jedno od ograničenja je zahtijevanje direktne optičke vidljivosti između predajnika i prijammnika. U svrhu pokrivanja pojedinih ćelija koriste se različite metode, kao što je uvođenje prekapčanja između ćelija kojim se pruža mogućnost pokrivanja slabo pokrivena zone jedne ćelije od strane druge.

Unutar LMDS sustava moguće su različite mrežne arhitekture, pa se LMDS mreža sastoji od centra za upravljanje, optičke infrastrukture, bazne stanice i opreme na korisničkoj strani. Raspon frekvencija koje koristi LMDS sustav ovisi o svakoj državi posebno. Pa je tako u SAD-u rezerviran pojas od 27,5 GHz do 31,3 GHz, dok se u Europi koriste različiti prijenosni pojasi od 24 GHz do 43,5 GHz.

Prednosti LMDS arhitekture:

- Velika raspoloživa širina prijenosnog pojasa
- Pogodnost za odašiljanje lokalnih TV programa
- Postojanje zadovoljavajućeg povratnog prijenosnog puta od korisnika prema glavnoj zemaljskoj postaji

Nedostaci LMDS arhitekture:

- Mala dimenzija ćelija i njihovo preklapanje u području pokrivanja

- Kašnjenje istog frekvencijskog spektra od strane svih korisnika unutar jedne ćelije u povratnom prijenosnom putu prema glavnoj stanici

### 4.3. WiMAX

WiMAX je standard za realizaciju gradskih bežičnih mreža. Prva inačica standarda nazvana je IEEE 802.166, a njezin komercijalni naziv je WiMAX što je skraćenica od Worldwide Interoperability for Microwave Access. To je tehnologija za realizaciju fiksnog bežičnog pristupa. Prva inačica definirala je sustav koji rabi područje frekvencije od 10 GHz do 66 GHz, a takav sustav je zahtijevao optičku vidljivost između predajnika i prijemnika. Druga inačica nazvana je IEEE 802.16a, koja rabi frekvencijsko područje od 2 GHz do 11 GHz i ne zahtijeva optičku vidljivost, te je bolje prilagođena radu u gusto naseljenim područjima. Inačica IEEE 802.16e trebala bi riješiti problem mobilnosti krajnjeg korisnika, i to sve do brzine kretanja od 110 do 130 km/h, kao i asimetrično sučelje za prijenosna računala i komunikatore, koje će im omogućiti izravnu povezanost pomoću ugrađene mrežne kartice, s WiMAX mrežom.

WiMAX je tehnologija koju odlikuje velika pokrivenost signalom od 15 do 50 kilometara (što ovisi o optičkoj vidljivosti i ostalim smetnjama), te velika propusna moć. WiMAX može biti alternativna tehnologija kada nije moguć pristup javnoj govornoj usluzi, odnosno na područjima gdje je gradnja žičane infrastrukture komplicirana ili neisplativa. WiMAX ne treba telefonski priključak nego samo posebni WiMAX uređaj, koji se priključuje na struju te se spaja s računalom i telefonom. Putem te tehnologije korisniku se omogućuju usluge širokopojasnog bežičnog pristupa Internetu te govorne i podatkovne usluge. Teoretska brzina prijenosa podataka iznosi i do 70 Mbit/s. Osnovna namjena sustava je pružanje pristupa lokalnim mrežama, Internetu, prijenosu video zapisa, video-telefonija, IP telefonija i slično. Ranije bežične tehnologije primjerice LMDS, MMDS nisu udovoljavale komercijalne zahtjeve jer nisu omogućavale uslugu u uvjetima NLOS (non-line-of-sight) – odnosno postojala je prepreka između bazne stanice i prijavnika. WiMAX najbolje funkcionira u uvjetima LOS (line of sight situations), ali za razliku od ranijih tehnologija, nudi prihvatljiviji domet i zadovoljava propusnost svojim korisnicima koji su u situaciji NLOS. Prepreke između baznih stanica i korisnika smanjuju domet i propusnost, ali u urbanim sredinama signal i dalje biva dovoljno snažan za pružanje krajnjim korisnicima. Iako je WiMAX bežičan

javlja se problem kvalitete usluge te jamčenje sigurnosti. Također problem nastaje ukoliko dođe do kvara bazne stanice, javlja se potreba za upotrebom zamjenskog odašiljača na području pogođena kvarom.

#### **4.4. Wi Fi**

Wi-Fi predstavlja bežičnu mrežu gdje se podaci između dva ili više računala prenose pomoću radio frekvencije i odgovarajućih antena. Najčešće se koristi u LAN mrežama, ali se sve više nudi i bežični pristup WAN mreži odnosno internetu. Svi Wi-Fi uređaji koji koriste istu frekvenciju mogu nesmetano komunicirati među sobom. Wi-Fi je tehnologija koja dozvoljava razmjenu podataka preko specifičnih radio frekvencija, a eliminira potrebu za kablovskim spajanjem, omogućivši potpunu prenosivost uređaja. Wi-Fi revolucija je bila najavljuvana u više navrata, ali je uvijek posustajala zbog tema kao što su sigurnost i cijena, međutim mobilni telefoni su proširili samo razumijevanje bežične komunikacije, i samim time povećali apetite korisnika koji su doveli do sve veće proizvodnje Wi-Fi proizvoda do točke potpune komercijalizacije.

Wi-Fi mreže rade uz pomoć veoma jednostavne radio tehnologije, jedina razlika je to što se radio signali pretvaraju u nule i jedinice. Slanje podataka preko radija nije novina jer se i Morseov kod binarno prenosio bez žica, no RF tehnologija je mnogo unaprijeđena od vremena Morseovog koda, tako da je opseg informacija koje je moguće poslati pomoću radio frekvencija neusporediv. Wi-Fi je prvi iskoristio dobru pouzdanost i jednostavnost radio signala. Wi-Fi radiji šalju signale na frekvencijama od 2,4 GHz do 2,4853 GHz (IEEE 802.11 b/g) i opseg od 5,15 GHz do 5,35 GHz (IEEE 802.11a), gdje se koriste mnoge naprednije tehnologije kodiranja kao što su OFDM i CCK pomoću kojih se ostvaruju mnogo veće brzine prijenosa podataka samo uz pomoć radio valova. Razlog što se ove frekvencije koriste jest što su ostale neiskorištene od strane raznih vojnih postrojbi i ostalih korisnika koje koriste zasebne frekvencije za komuniciranje.

Sve što treba za bežično umrežavanje jest Wi-Fi kartica koja ima ugrađenu svu potrebnu radio tehnologiju, pa se zbog toga ovakav tip bežičnog umrežavanja smatra najjednostavnijim, a dodatni razlog njegove jednostavnosti je što uklanja potrebu za kablovima i ostalim mrežnim uređajima. Svi uređaji koji se spajaju u bežičnu mrežu moraju

biti opremljeni bežičnim mrežnim karticama. Takve radne stanice se dijele u dvije grupe, pristupne točke i klijenti. Pristupne točke su osnova bežične mreže, i to su računala ili uređaji na koje se klijenti spajaju. Oni omogućuju komunikaciju između klijenta i upravljaju tokom podataka između njih. Klijenti su računala koja se spajaju na pristupne točke i koriste resurse istih, a to su najčešće uređaji poput prijenosnih računala, IP telefona, kamere i slično.

Sigurnost je jedno od najvažnijih pitanja pri komunikaciji putem bežičnih mreža, iz razloga što je svatko s bežičnom mrežnom karticom u mogućnosti prislušivati promet koji putuje radiovalovima svuda oko nas. Ukoliko je mreža nezaštićena, vrlo je lako doći do podataka koji putuju mrežom, kao što su lozinke za internet stranice i slično.

## 5. SATELITSKI ŠIROKOPOJASNI PRISTUP

Internet putem satelita, spada u vrstu bežičnih pristupa internetu. Primjenom ovakve tehnologije u pristupnoj mreži, u usporedbi s DSL-om ili korištenje infrastrukture kabelaške televizije, jeftino je i isplativo rješenje koje korisnicima osigurava pristup u javnu mrežu velikim brzinama. Glavne odlike ove prijenosne tehnologije su veliki doseg signala, rad u optimalnom frekvencijskom području i velike brzine prijenosa. Prema opsegu pokrivanja ova tehnologija spada u vrstu koja ima pokrivanje velikih područja preko satelita (DBS).

### 5.1. Princip rada satelitske mreže

Satelitska komunikacija podrazumijeva veći broj bežičnih repetitorskih stanica odnosno satelita kojima se mikrovalnim komunikacijama omogućuje komunikacija između geografski udaljenih područja. Zbog velike visine signala koji odašilje satelit, može pokriti veliko područje na zemaljskoj površini. Svaki satelit je opremljen različitim vrstama transpondera. Transponderi se sastoje od primopredajnika i antene prilagođene za određen frekvencijski spektar. Dolazeći signal se pojačava i reemitira na drugoj frekvenciji. Najveći broj satelita reemitira dolazeći signal, koji se koriste kod TV, radio prijenosa i telefonije. Satelitske komunikacije karakterizira široko područje pokrivanja, veće vrijeme kašnjenja signala, velika širina frekventnog pojasa, troškovi predaje signala su neovisni od udaljenosti prijemnika. Primljeni mikrovalni signal vrlo je male snage. Velika parabolična antena i niskošumno mikrovalno pojačalo su najbitniji dijelovi primopredajnika satelitske zemaljske stanice. Satelitske veze mogu biti uspostavljene na različitim frekvencijskim područjima i koriste različite noseće frekvencije za prijem i predaju.

Tabela 3. prikaz najčešćih frekvencijskih područja

Frekvencijsko područje	Prijem (GHz)	Predaja (GHz)	Nedostaci
C	4 (3.7-4.2)	6 (5.925-6.425)	Interferencija sa zemaljskim vezama
Ku	11 (11.7-12.2)	14 (14.0-14.5)	Gušenje prilikom oborina
Ka	20 (17.7-21.7)	30 (27.5-30.5)	Visoka cijena opreme
L/S	1.6 (1.610-1.625)	2.4 (2.483-2.500)	Interferencija s ISM područjem

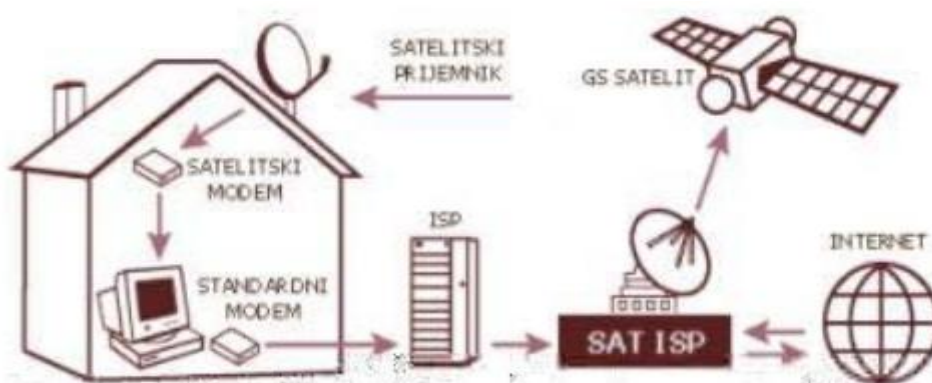
Frekvencijsko područje C je najviše korišteno kod satelitskih komunikacija prve generacije, međutim to frekvencijsko područje danas se koristi za zemaljske mikrovalne veze. Kod frekvencijska područja Ku i Ka javlja se veliki problem kod prijenosa signala koji čine atmosferski utjecaji kao što su kiša, snijeg, magla. Moderni satelitski sustavi opremljeni su s više transpondera. Sateliti mogu usmjeriti signal na manje područje pokrivanja, dinamički mijenjati i preusmjeravati signal tako a mogu mijenjati područje pokrivanja. [5]

## 5.2. Arhitektura DSL

Satelitski sustavi, kao poseban oblik bežičnih tehnologija, koriste se za prijenos širokopojasnih usluga u pristupnoj mreži. Satelitski sustavi dijele se prema načinu prijenosa, na satelitske sustave za linkove tipa „od točke do točke“ u kojima satelit osigurava link između dvije zemaljske stanice i na satelitske sustave koji osiguravaju veze od zemaljske stanice do više korisnika.

Prijenos podatkovnih usluga putem satelitskih sustava može se izvoditi na dva načina:

1. Za dolazni smjer (od pružatelja internetskih usluga prema korisniku) koristi satelitski link, dok se kao odlazni smjer (prema pružatelju internetskih usluga) koristi modemska veza ili binarni sustavi (slika 9)
2. Za odlazni i dolazni smjer koristi satelitski link (slika 10)



Slika 9. Jednosmjerni link

Izvor: [14]



Slika 10. Dvosmjerni link

Izvor: [14]

Najčešće se koriste niskoorbitalni i srednjeorbitalni satelitski sustavi, za razliku od stacionarnih satelitskih sustava iz razloga što imaju manje kašnjenje na linku i što za dvosmjernu komunikaciju ne zahtijevaju predajnike velike odašiljačke snage. DBS sustavi najviše se koriste za prijenos televizijske slike visoke kvalitete i pružanje usluge „video na zahtjev“.

Optimalni frekvencijski pojas prijenosa signala za satelitske sustave je između 1 i 10 GHz. Signali ispod 1 GHz su pod utjecajem različitih izvora smetnji, kao što su galaktički, svjetlosni i atmosferski šum, kao i šum iz različitih zemaljskih elektroničkih uređaja, dok su signali iznad 10 GHz prigušeni uslijed atmosferske apsorpcije.

Satelitski sustavi „od točke do točke“ za prijenos signala prema satelitu koriste frekvencijski pojas između 5,925 i 6,425 GHz, dok se za prijenos od satelita prema zemaljskoj stanici koriste frekvencijski pojas između 3,7 i 4,2 GHz. Ovi pojasi prijenosa kraće se označavaju kao frekvencijski pojas prijenosa „4/6GHz“. Frekvencijski pojas prijenosa između 30 MHz i 1 GHz najčešće koriste satelitski razašiljački sustavi. Prijenosne brzine satelitskih sustava u dolaznom smjeru su do 1 Gb/s, dok su odlazne brzine puno manje.

Kao i kod svakog sustava koji se koristi za prijenos širokopojsnih usluga pojavljuju se prednosti i nedostaci. Jedna od glavnih prednosti satelitskih sustava je što pokrivaju veliko zemljopisno područje, a s druge strane, satelitski sustavi susreću se s nizom tehničkih problema kao što su sunčev i gravitacijski utjecaj. [1]

### **5.3. Načini prijenosa podataka**

U satelitski komunikacijama postoje tri načina prijenosa podataka

- Broadcasting
- Multicasting
- Unicasting

#### **5.3.1. Broadcasting**

Kada spominjemo satelitske komunikacije, tada u većini slučajeva mislimo na broadcast. Podešavanjem prijemnika na odgovarajuću frekvenciju, on će primiti sve podatke koji se šalju kroz prostor. Najrasprostranjenija uloga ovog načina slanja podataka je pri odašiljanju slobodnih i kodiranih digitalnih satelitskih programa. Većina digitalnih satelitskih programa šalju se u digitalnom MPEG-2 formatu tzv. DVB-S od odredišta, preko satelita do korisnika. Također postoji i odašiljanje u formatu MPEG-4 tzv. DVB-S2. Ako korisnik prima signal, može ga i gledati, ovisno o tome da li je slobodan ili kodiran. Iako tokom emitiranja svi mogu primiti, podaci ovih programa čine valjan MPEG-2 protok podataka. Ispravnost se postiže određenim postupkom dekodiranja kojim se bitovi polože u pravilan raspored.

#### **5.3.2. Multicasting**

Za multicasting je karakteristično da korisnici ne primaju sve podatke nego samo one koje odaberu. Postoji poseban kanal za sinkronizaciju prometa i samo se on konstantno prima. Ostali se kanali ne primaju dok program koji prati kontrolni kanal ne primijeti najavu podataka koje želimo, a tek se tad po MAC adresi pošiljatelja izabire željeni tok podataka na njegovoj pripadnoj frekvenciji. Ovaj način prijenosa je najčešće korištena vrsta prijenosa podataka „Europe On Line“ servisa. Korisnik odabire željene datoteke sa servera i dobiva informacije o vremenu pojavljivanja tih podataka, u kojem će se toku podataka pojaviti, na kojoj frekvenciji i s koje adrese pošiljatelja. To omogućuje, primjerice, jednostavnu distribuciju datoteka, jer neograničeni broj korisnika može primiti iste podatke u isto vrijeme samo ako svi znaju potrebne parametre. Da bi se zaštitila sigurnost privatnih podataka koji se šalju multicasting-om, ti se podaci mogu kriptirati. Podaci o privatnim datotekama ne



pojavljaju se u rasporedu slanja, a prilikom slanja su kriptirani varijantom „blowfish“ algoritama i ključem koji je poznat isključivo pošiljatelju i vlasniku podataka, što je visoka razina sigurnosti.

### **5.3.3. Unicasting**

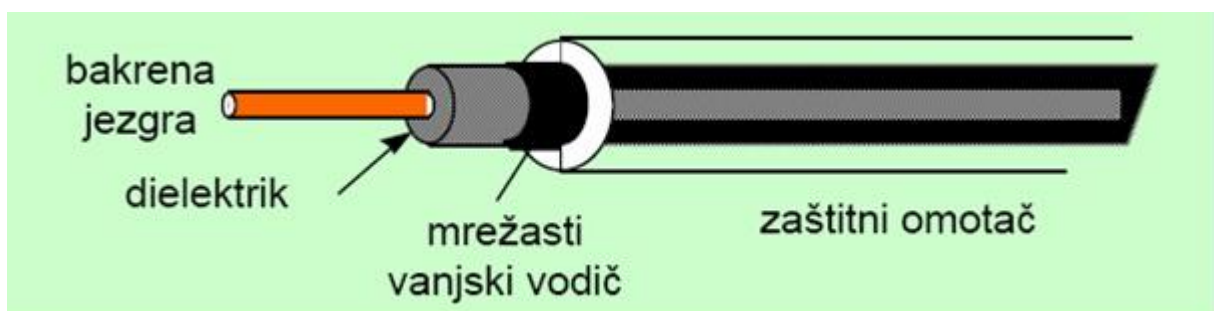
Glavnu karakteristiku unicasting-a predstavlja isporuka samo jednom korisniku, odnosno onome tko ih je zatražio. Podaci su zaštićeni i usmjereni adresom korisnika. Iako se signal koji ih nosi emitira na širokom području, pravo na prihvatanje podataka ima samo onaj uređaj koji ih je zatražio. Ovakav tip prijenosa podataka koristi „Open Sky“ za pružanje usluga surfanja Internetom preko satelita. Prilikom registracije korisnik pružatelju usluge provjerava MAC adresu svoje kartice, a prilikom prijave za korištenje usluge daje i svoju IP adresu. Pružatelj usluge od tada prepoznaje korisnika po njegovoj IP adresi, najčešće putem proxy servera kojeg korisnik mora upotrebljavati. Proxy server, preuzima korisnikove zahtjeve za podacima i dohvaća podatke s Interneta, ali umjesto da ih vraća korisniku Internetom šalje ih preko satelita. TCP paketi se prenose inkapsulirani u MPEG-2 toku, a korisnikova ih kartica dekodira svojom MAC adresom. Uz proxy server koji ima dovoljno brzu vezu s ostatkom Interneta i trenutni broj korisnika koji ne prekoračuju kapacitete satelita postiže se znatno ubrzanje prijenosa podataka. Ovakav tip satelitske veze je najskuplji jer postavlja najveće hardverske i logističke zahtjeve pružatelju usluga, no u idealnim uvjetima osjetno je brži od većine komercijalnih veza na Internet. [4]

## 6. ŠIROKOPOJASNI PRISTUP KOAKSIJALNIM KABELIMA

### 6.1. Koaksijalni kabel

Koaksijalni kabel najčešće se koristi kao prijenosni medij za analogne i digitalne uskopojasne i širokopojasne video aplikacije kao i za digitalni prijenos podataka.

Koaksijalni kabel ima velik propusni opseg pa omogućava velike brzine prijenosa s velikom otpornošću na greške i smetnje. Upotrebljava se u telefonskim mrežama za vezu između centrala kao i kod kableske televizije za prijenos televizijskog signala u zgradama i naseljima. Koaksijalni kabel je nešto skuplji od parice, ali i dalje spada u relativno jeftine prijenosne medije.



Slika 11. Koaksijalni kabel

Izvor: [13]

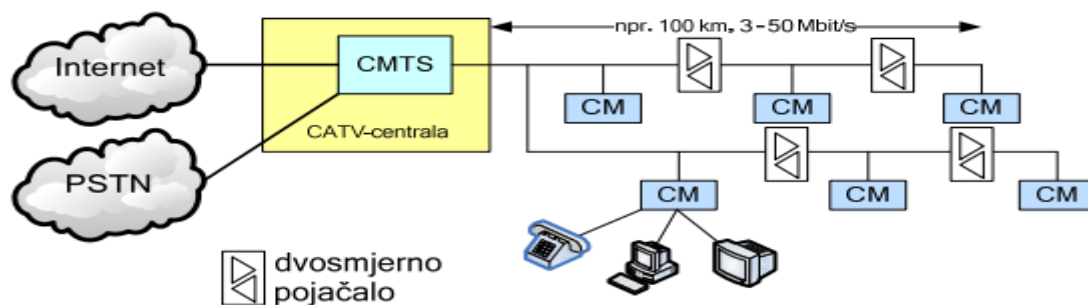
Koaksijalni kabeli imaju svoje prednosti i nedostatke. Prednost koaksijalnih kabela je u pogledu elektromagnetskih zračenja (manje preslušavanje u usporedbi s bakrenom paricom). Koristi prijenosni frekvencijski pojas od 5 MHz do 2,2 GHz unutar kojeg su podržane prijenosne brzine od 1 Gbit/s. Nedostaci koaksijalnog kabela očituju se u relativno maloj savitljivosti, u povećanoj dimenziji (promjer) i u cijeni u usporedbi s bakrenom paricom.

## 6.2. Kabelski modem

Širokopolasni pristup Internetu koaksijalnim kabelima realizira se pomoću kabelskih modema. Kabelski modemi su koaksijalnim kabelima povezani sa završnim sustavom koji predstavlja sastavni dio CATV centrale operatora kabelske mreže.

Domet sustava može biti vrlo velik zahvaljujući uporabi pojačala. Tim načinom moguće je razašiljati signal kabelske televizije velikoj skupini krajnjih korisnika uz relativno mali broj korisnika, korištenjem kabelskih modema za pristup Internetu svi korisnici, koji su povezani sa CMTS-om pomoću zajedničkog koaksijalnog kabela, dijele ukupnu prijenosnu brzinu.

Ukupne prijenosne brzine koje je moguće postići kabelskim modemima su 55,2 Mbit/s u dolaznom smjeru i 3 Mbit/s u odlaznom smjeru. Prijenosne brzine po jednom korisniku iznose od 500 do 1000 kbit/s u dolaznom smjeru i od 256 do 500 kbit/s u odlaznom smjeru.



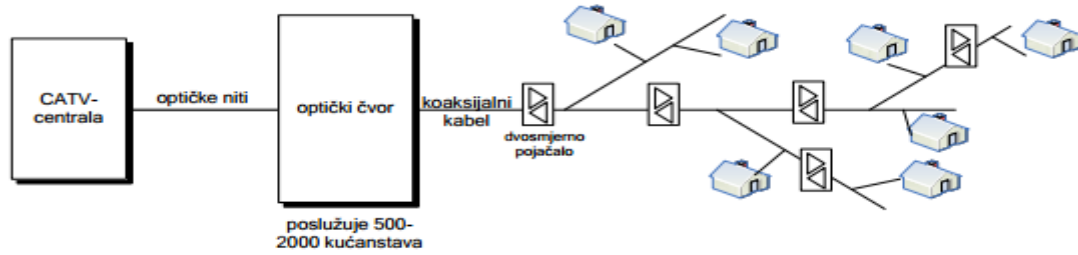
Slika 12. Osnovna arhitektura pristupa Internetu kabelskim modemima

Izvor: [10]

## 6.3. Hibridna optička-koaksijalna mreža

Hibridna optička-koaksijalna mreža predstavlja korištenje optičkih i koaksijalnih kablova pomoću kojih se ubrzava instalacija, smanjuje kompleksnost i potrebu za održavanjem mreže, a s druge strane omogućuje kvalitetan prijenos na jako velikom propusnom opsegu. Ova arhitektura se bazira na optičkom prijenosu od centrale do nekog čvora mreže, iz čvorova dalje sve do korisnika se grana koaksijalna mreža koja pokriva lokacije od 500 do 2000 korisnika, a jedna glavna stanica pokriva 5 do 20 čvorova. Prednost

HFC mreže je zbog postojećih karakteristika optičkog kabela (veliki propusni opseg i niska osjetljivost na šum i interferenciju).



Slika 13. Topologija HFC mreže

Izvor: [10]

## 7. ZAKLJUČAK

Širokopolasne pristupne mreže značajno su promijenile pristup Internetu, ali i omogućile korisniku pristup raznim multimedijским servisima kao i razmjenu informacija velikim brzinama nezavisno od svoje lokacije. Širokopolasne pristupne mreže imaju veliku ulogu u razvoju udaljenih oblasti kao i povezivanju ruralnih područja, te primjenom takvih tehnologija omogućujemo lakši pristup informacijama, pojednostavljenju komunikacija kao i poboljšanju kvalitete života.

Pristupne tehnologije temeljene na koaksijalnim kablovima, optičkoj tehnologiji, te bežičnom prijenosu doprinose raznovrsnosti ponuđenih usluga, te pružaju veće mogućnosti korisnicima i ponuditeljima usluga za ispunjenje svojih zahtjeva. Razvitkom širokopolasnih pristupnih mreža ukazuje se na optičke tehnologije kao optimalni prijenosni medij budućih mreža, obzirom da izgradnja takvih mreža iziskuje velika ulaganja i dugi period izgradnje mreže, ADSL predstavlja najbolji izbor pristupne mreže do uvođenja raznih FTTx tehnologija. FTTx tehnologija predstavlja mrežnu soluciju za dopremanje optičke veze do korisnika s velikom propusnosti informacija, te omogućava da više korisnika dijeli jedno optičko postrojenje. Također sve više postaju zastupljene i bežične pristupne tehnologije koje zbog svojih prednosti, kao što su brzina implementacije i prilagodljivost, postaju predvodnik u sve većoj primjeni širokopolasnih pristupnih mreža. Takvim načinom prijenosa osiguravaju se potpuna ulaganja u infrastrukturu, te omogućuje postavljanje opreme na ciljanim lokacijama.

Današnje informacijsko društvo postalo je nezamislivo bez komunikacije bazirane na širokopolasnim pristupnim mrežama. Širokopolasno tržište broji preko 290 milijuna korisnika, a najveći broj korisnika otpada na pristup putem digitalnih pretplatničkih linija koje omogućuju korištenje postojeće bakrene infrastrukture za pružanje novih usluga krajnjim korisnicima.

## LITERATURA

1. Bažant A. i dr.: Osnove Arhitekture mreža; Element, Zagreb 2003
2. Bažant A i dr.: Telekomunikacije - tehnologija i tržište; Element, Zagreb, 2007
3. Bažant A.: Uvod u xDSL i ADSL; Fakultet elektrotehnike i računalstva, Zagreb 2006
4. [http://en.wikipedia.org/wiki/Satellite\\_Internet\\_access](http://en.wikipedia.org/wiki/Satellite_Internet_access) (srpanj 2017.)
5. <http://www.fpz.unizg.hr/ztos/PRSUS/GSM.pdf> (srpanj 2017.)
6. <http://www.informatika.buzdo.com/s930-intranet-bezicna-komunikacija.htm> (kolovoz 2017)
7. <http://hr.wikipedia.org/wiki/DSL> (srpanj 2017.)
8. [http://www.ericsson.com/hr/etk/revija/Br\\_2\\_2007/pristupne\\_mreze.pdf](http://www.ericsson.com/hr/etk/revija/Br_2_2007/pristupne_mreze.pdf) (kolovoz 2017.)
9. [http://www.hakom.hr/UserDocsImages/2011/vijesti\\_najave\\_rasprave/Studija\\_otoci.pdf](http://www.hakom.hr/UserDocsImages/2011/vijesti_najave_rasprave/Studija_otoci.pdf) (kolovoz 2017.)
10. [http://www.fer.unizg.hr/\\_download/repository/BKM-Sirokopojasni-pristup.pdf](http://www.fer.unizg.hr/_download/repository/BKM-Sirokopojasni-pristup.pdf) (kolovoz 2017.)
11. [http://www.ericsson.com/hr/etk/revija/Br\\_2\\_2006/radijska\\_mreza.pdf](http://www.ericsson.com/hr/etk/revija/Br_2_2006/radijska_mreza.pdf) (srpanj 2017.)
12. <https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/3/32/FTTX.png> (kolovoz 2017.)
13. <http://www.maturski.org/INFORMATIKA/pictures/Koaksijalni%20kabel.jpg> (kolovoz 2107.)
14. <http://www.orbitlink.com/images/how-it-works2.jpg> (kolovoz 2017.)

## POPIS KRATICA I AKRONIMA

- ADSL – (Asymmetric Digital Subscriber Line) asimetrična digitalna pretplatnička linija
- AM – (Amplitude Modulation) amplitudna modulacija
- ANSI – (American National Standards Institut) Američki nacionalni institut za standarde
- ATM – (Asynchronous Transfer Mode) asinkorni način transfera
- BPON – (Broadband Passive Optical Network) širokopolasna pasivna optička mreža
- BRI – (Basic Rate Interface)
- CAP – (Carrierless Amplitude and Phase)
- CATV – (Cable Television) kabelaška televizija
- DBS – (Direct Broadcast Satellite)
- DMT – (Discrete Multitone)
- DSL – (Digital Subscriber Loop) digitalna pretplatnička linija
- DSLAM – (DSL Access Multiplexer) pristupni DSL multipleksor
- ETSI – (Electronics and Telecommunications Research Institute) Europski telekomunikacijski standardizacijski institut
- FEC – (Forward Error Control) ispravljanje pogrešaka
- FTTB - (Fiber to the Building) optika do zgrade
- FTTC – (Fiber to the Curb) optika do pločnika
- FTTH – (Fiber to the Home) optika do kuće
- FTTN – (Fiber to the Neighbourhood) optika do susjedstva
- FTTx – (Fiber to the x) optika do x
- HDLC – (High-level Data Link Control) visoka razina upravljanja podatkovnom poveznicom
- HDSL – (High bit rate Digital Subscriber Line)
- ISDL – (ISDN DSL)
- IEEE – (Institute of Electrical and Electronic Engineers)
- IP – (Internet Protocol) internetski protokol
- ISDN (Integrated Services Digital Network) digitalna mreža integriranih usluga
- ISM – (Industrial, Scientific, Medical)
- LAN – (Local Area Network) lokalna mreža

LMDS – (Local Multipoint Distribution Systems)

MAC – (Medium Access Control)

MMDS - (Multichannel Multipoint Distribution Systems)

M/SDSL – (Multirate Symmetric Digital Subscriber Loop)

OFDM – (Optical Frequency Division Multiplexing) multipleksiranje po frekvencijskoj podijeli u optičkoj domeni

PAM – (Pulse Amplitude Modulation) pulsno amplitudna modulacija

PPP – (Point-to-Point Protocol) protokol za komunikaciju od točke do točke

P2P – (Peer-to-Peer) isti sa istim

SRA – (Seamless Real-time Data Rate Adaptation) prilagodba prijenosne brzine u stvarnom vremenu

TCP – (Transmission Control Protocol)

TDMA – (Time Division Multiple Access) višestruki pristup u vremenskoj podjeli

VDSL – (Very high data rate DSL) digitalna pretplatnička linija vrlo velike prijenosne brzine

WAN – (Wide Area Network)

Wi-Fi – (Wireless-Fidelity) bežična mreža

WiMAX – (Worldwide Interoperability for Microwave Access) međuoperabilnost u mikrovalnom pristupu na svjetskoj razini



## POPIS SLIKA

Slika 1. Vremenski slijed razvoja DSL-tehnologija .....	3
Slika 2. Prijenosne brzine i dometi koje podržava ADSL2 .....	6
Slika 3. FTTN arhitektura do korisnika .....	13
Slika 4. FTTC arhitektura do korisnika.....	14
Slika 5. FTTB arhitektura do korisnika.....	15
Slika 6. FTTH arhitektura do korisnika .....	15
Slika 7. MMDS arhitektura .....	17
Slika 8. Arhitektura LMDS .....	19
Slika 9. Jednosmjerni link .....	24
Slika 10. Dvosmjerni link.....	25
Slika 11. Koaksijalni kabel.....	28
Slika 12. Osnovna arhitektura pristupa Internetu kablskim modemima .....	29
Slika 13. Topologija HFC mreže.....	30

## **POPIS TABELA**

Tabela 1 Simetrične i asimetrične DSL - tehnologije .....	4
Tabela 2 Prijenos brzine podržane VDSL-om .....	7
Tabela 3 prikaz najčešćih frekvencijskih područja .....	23