

Analiza značajki pristupne mreže Fiber To The Home

Marinčić, Marko

Undergraduate thesis / Završni rad

2021

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://um.nsk.hr/um:nbn:hr:119:121043>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-12-25**



Repository / Repozitorij:

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



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET PROMETNIH
ZNANOSTI

MARKO MARINČIĆ

ANALIZA ZNAČAJKI PRISTUPNE MREŽE FIBER
TO THE HOME

ZAVRŠNI RAD

ZAGREB, 2021.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET PROMETNIH
ZNANOSTI ODBOR ZA ZAVRŠNI
RAD

Zagreb, 28. travnja 2021.

Zavod: **Zavod za informacijsko komunikacijski promet**
Predmet: **Arhitektura telekomunikacijske mreže**

ZAVRŠNI ZADATAK br. **6114**

Pristupnik: **Marko Marinčić (0135245267)**
Studij: **Promet**
Smjer: **Informacijsko-komunikacijski promet**

Zadatak: **Analiza značajki pristupne mreže Fiber To The Home**

Opis zadatka:

U radu je potrebno opisati karakteristike FTTH mreže. Analizirati aktivnu i pasivnu FTTH opremu. Objasniti infrastrukturne mrežne elemente. Opisati instalaciju, rad i održavanje FTTH mreže.

Mentor:

Predsjednik povjerenstva za
završni ispit:

doc. dr. sc. Ivan Forenbacher

Sveučilište u Zagrebu
Fakultet prometnih znanosti

ZAVRŠNI RAD

**ANALIZA ZNAČAJKI PRISTUPNE MREŽE FIBER TO
THE HOME**

ANALYSIS OF FIBER TO THE HOME NETWORK FEATURES

Mentor: doc. dr. sc. Ivan Forenbacher

Student: Marko Marinčić

JMBAG: 0135245267

Zagreb , 2021.

SAŽETAK

U današnjem svijetu Internet je neizostavni dio modernog života. Dobro je poznata činjenica da je optičko vlakno prijenosni medij boljih performansi od bakrenog medija, jer se za prijenos podataka koristi svjetlost umjesto električne energije. Fiber to the home (FTTH) čini jednu od glavnih tehnologija u ovom području. Primjena FTTH u Europi i svijetu ubrzano raste. Trenutna infrastruktura u većini svijeta temelji se na bakrenim žicama. Ovakva infrastruktura je ograničavajući čimbenik u postizanju ciljeva i u isporuci multimedijских usluga. Stoga, tvrtke uključene u pružanju telekomunikacijskih usluga ulažu napore u provedbi strategije tehnološkog razvoja koja podrazumijeva primjenu FTTH tehnologije kako bi se pružile razne multimedijске usluge korisnicima. Cilj ovog rada je objasniti širokopojasni pristup primjenom FTTH infrastrukture.

KLUČNE RIJEČI: FTTH, optičko vlakno, bakrena žica, infrastruktura

SUMMARY

In today's world, the Internet is an indispensable part of modern life. It is a well-known fact that optical fiber is a transmission medium with better performance characteristics than copper wire because- light is used instead of electrical energy to transmit data. Fiber To The Home (FTTH) is one of the main technologies in this sector. The application of FTTH in Europe and the world is growing rapidly. The current infrastructure in most of the world is based on copper wires. Such infrastructure is a limiting factor in achieving goals and in delivering multimedia services. Therefore, companies involved in the provision of telecommunications services are making efforts to implement a technology development strategy that involves the application of FTTH technology to provide a variety of multimedia services to customers. The aim of this paper is to explain broadband access using the FTTH infrastructure.

KEYWORDS: FTTH, optical fiber, copper wire, infrastructure

SADRŽAJ

1. UVOD.....	1
2. OPIS FTTH MREŽE.....	3
2.1. SEGMENTACIJA TELEKOMUNIKACIJSKE MREŽE.....	3
2.1.1. PRISTUPNA MREŽA	4
2.1.2. PRIJENOSNI MEDIJI U PRISTUPNOJ MREŽI.....	4
2.2. FTTx ARHITEKTURA.....	5
2.2.1. FIBER TO THE HOME - OPTIČKO VLAKNO DO KUĆANSTVA.....	6
2.2.2. FIBER TO THE BUILDING - OPTIČKO VLAKNO DO ZGRADE.....	6
2.2.3. FIBER TO THE CURB - OPTIČKO VLAKNO DO PLOČNIKA	7
2.2.4. FIBER TO THE CABINET / NODE - OPTIČKO VLAKNO DO ORMARIĆA / DISTRIBUCIJSKOG ČVORA	8
2.3. ZNAČAJKE FTTH ARHITEKTURE.....	9
2.3.1. POINT – TO – MULTIPOINT.....	10
2.3.2. POINT – TO – POINT	10
3. AKTIVNA I PASIVNA OPTIČKA MREŽA.....	12
3.1. AKTIVNA OPTIČKA MREŽA.....	12
3.2. PASIVNA OPTIČKA MREŽA.....	13
3.2.1. APON.....	14
3.2.2. BPON.....	15
3.2.3. EPON.....	15
3.2.4. GPON	15
3.2.5. WDM – PON	15
4. INFRASTRUKTURNI MREŽNI ELEMENTI.....	16
4.1. TOČKA PRISUTNOSTI ILI PRISTUPNI ČVOR.....	17
4.1.1. DAVATELJ INTERNETSKIH USLUGA – ISP	17
4.2. FEEDER MREŽA	18
4.3. TOČKA ZA DISTRIBUCIJU VLAKANA (FDP).....	19
4.4. DISTRIBUCIJSKA MREŽA.....	20
4.5. MDU VERTIKALNA DISTRIBUCIJA	20
4.5.1. VERTIKALNA DISTRIBUCIJA	21
5. KUĆNA INSTALACIJA SVJETLOVODNOG KABELA.....	22
5.1. OSNOVNI DIJELOVI FTTH MREŽE	22
5.2. SMJEŠTAJ OPREME I OPCIJE VOĐENJA KABELA.....	23
5.2.1. NOVA DTK S PEHD/PVC CIJEVIMA.....	24
5.2.2. NOVA DTK S MIKROCIEVNIM STRUKTURAMA.....	25
5.2.3. POSTOJEĆA DTK S PEHD/PVC CIJEVIMA	25

5.2.4. NADZEMNA INSTALACIJA STUPOVA ZA OVJEŠENE KABELE.....	26
5.2.5. OPCIJE SMJEŠTAJA OPREME U ČVOROVIMA.....	27
5.2.6. IZVEDBA KUĆNE INSTALACIJE.....	27
6. RAD I ODRŽAVANJE FTTH MREŽE.....	29
6.1. STRATEGIJA POSTAVLJANJA MREŽE	29
6.2. METODE NEOVLAŠTENOG PRIKUPLJANJA INFORMACIJA IZ SVJETLOVODNIH KABELA	31
6.2.1. METODA PRIKLJUČNIH SPOJNICA	32
6.3. METODA DJELITELJA ILI OBUJMICA (ENGL. SPLITTER OR COUPLER) ...	32
6.3.1. KORIŠTENJE POSEBNIH OSJETILA BEZ NJIHOVOG TRAJNOG UČVRŠĆIVANJA NA SVETLOVODNE NITI.....	32
6.3.2. KORIŠTENJE POSEBNIH OSJETILA KOJA SE TRAJNO UČVRŠĆUJU NA SVJETLOVODNE NITI.....	32
6.4. BESKONTAKTNE METODE	33
6.5. SIGURNOST I ZAŠTITA NA MREŽI	33
7. ZAKLJUČAK	35
LITERATURA	36
POPIS KRATICA	38
SLIKE	40
TABLICE.....	41

1. UVOD

Današnji korisnici, neovisno gdje se nalazili i koji terminalni uređaj koristili, koriste čitav niz multimedijских usluga, od primanja i slanja multimedijского sadržaja, uključujući pjesme, fotografije i videa te uspostavljanje video-poziva. Međutim, da bi to bilo moguće, potrebno je koristiti adekvatnu pristupnu tehnologiju. Jedna od tehnologija u žičnim mrežama koja tako nešto omogućuje je Fiber To The Home (FTTH).

Ostale fiksne tehnologije kao što su xDSL koriste bakrenu paricu koje omogućuju značajno manje brzine od optičkog vlakna i ograničena je duljinom. S druge strane, ugradnjom FTTH moguće je implementirati širokopojasni pristup Internetu primjenom optičkog komunikacijskog sustava izravno u korisnički objekt: dom ili zgradu. Zbog toga, FTTH omogućuje značajno veće brzine u odnosu na one koje se mogu ostvariti xDSL tehnologijama. Posljedično, FTTH je svakako budućnost u širokopojasnim pristupnim tehnologijama. Rad je sastavljen od sljedećih cjelina:

1. Uvod
2. Opis FTTH mreže
3. Aktivna i pasivna optička mreža
4. Infrastrukturni mrežni elementi
5. Kućna instalacija svjetlovodnog kabla
6. Rad i održavanje FTTH mreže
7. Zaključak

U drugom poglavlju opisana je FTTH mreža, njezino mrežno okruženje i njezina arhitektura.

U trećem poglavlju biti će riječ o aktivnoj i pasivnoj opremi FTTH mreže, te će se opisati značajke PON-a i AON-a.

U četvrtom poglavlju prikazat će se i opisati infrastrukturni mrežni elementi, te će se opisati njihovo djelovanje i funkcioniranje.

U petom poglavlju opisan će se kućna instalacija svjetlovodnog kabela, te kako su se ostvarile prednosti takvog tehnološkog rješenja.

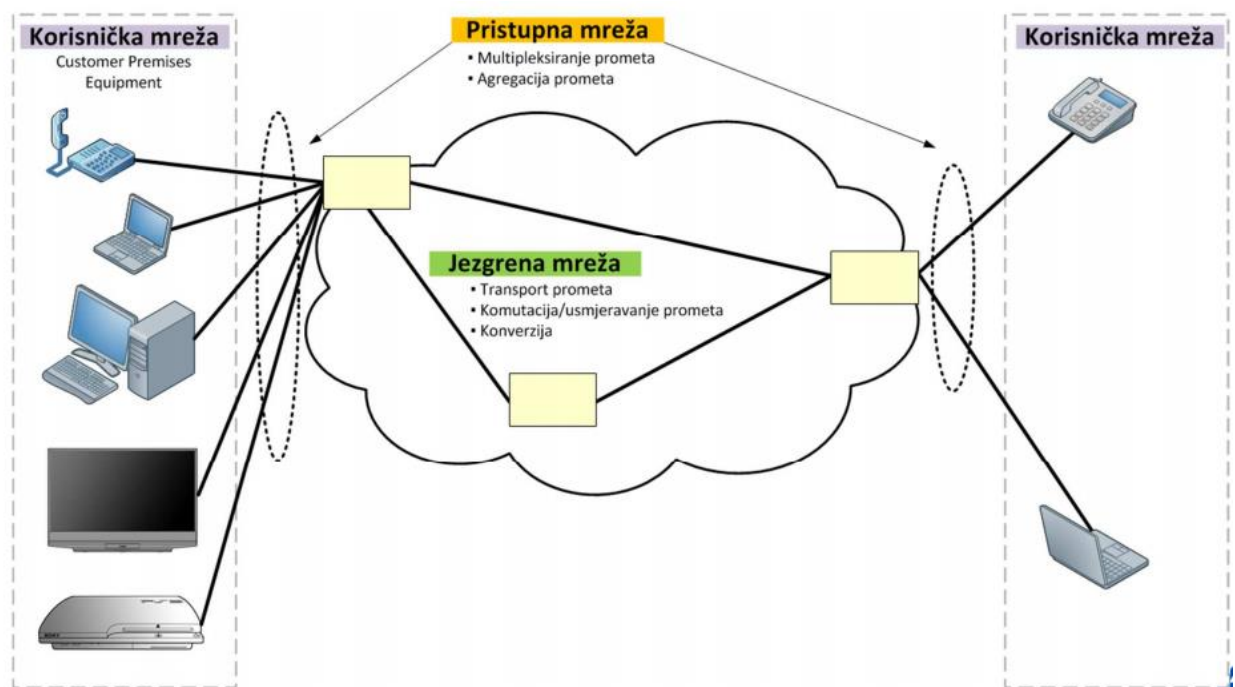
Šesto poglavlje će se fokusirati na rad i održavanje FTTH mreže.

2. OPIS FTTH MREŽE

Velik broj krajnjih korisnika može se povezati na neku određenu središnju točku koja se još naziva pristupni čvor ili točka prisutnosti (PoP, Point of Presence) pomoću FTTH mreže koja čini pristupnu mrežu baziranu na optičkom vlaknu. Uslugu do krajnjeg korisnika omogućuje pristupni čvor koji posjeduje potrebnu elektroničku (aktivnu) opremu, a pritom koristi optičko vlakno. Pristupni čvorovi su unutar većeg broja općina ili regija povezani s većom gradskom ili urbanom optičkom mrežom. [5]

2.1. SEGMENTACIJA TELEKOMUNIKACIJSKE MREŽE

Telekomunikacijsku mrežu moguće je podijeliti na tri načina : korisničku mrežu, pristupnu mrežu i jezgenu mrežu. Korisnička strana se uvijek nalazi na dijelu mreže kojeg se još naziva korisnička mreža. Koji čine krajnji / terminalni uređaji. Korisnici ili krajnji uređaji se povezuju na jezgenu mrežu a što im omogućava pristupna mreža koja je dio komunikacijske mreže. Na taj način informacije se usmjeravaju i prenose s jednog dijela mreže na drugi. Prikaz segmentacije nalazi se na slici 1. [1]



Slika 1. Segmentacija telekomunikacijske mreže. Preuzeto od [1].

2.1.1. PRISTUPNA MREŽA

Korisnici pristupaju raznim uslugama preko pristupne mreže koja im omogućuje povezivanje s jezgrenom mrežom. Pretplatničke linije te mrežne opreme još zovemo lokalne petlje koje su dio pristupne mreže. Korisnici se s lokalnom centralom povezuju pomoću lokalne petlje. [2]

Last – mile tehnologija je bilo koja telekomunikacijska tehnologija koja nosi signale na relativno kratkoj udaljenosti do i od kuće ili posla. *Last – mile* tehnologija predstavlja veliki izazov zbog velikih troškova pružanja usluga velikih brzina pojedinačnim pretplatnicima u udaljenim područjima mogu biti veći nego što bi pružatelj usluga želio. Današnje, *last – mile* tehnologije uključuju [12]:

- Obične stare telefonske sustave (POTS)
- *Digital Subscriber Line* (DSL) preko postojećih telefonskih linija
- Kabel i kablanski modem za podatke, koristeći isti ugrađeni koaksijalni kabel koji se već koristi za televiziju
- Bežične, uključujući satelitske usluge kao što je Direct TV
- Optička vlakna i njihove prijenosne tehnologije

Uska grla interneta su mjesta u telekomunikacijskim mrežama u kojima davatelji internetskih usluga usporavaju ili mijenjaju brzinu mreže korisnika i / ili proizvođača sadržaja koji koriste tu mrežu. Usko grlo općenitiji je pojam za sustav koji je smanjen ili usporen zbog ograničenih resursa ili komponenti. Usko grlo događa se u mreži kada previše korisnika pokušava pristupiti određenom resursu. [13]

2.1.2. PRIJENOSNI MEDIJI U PRISTUPNOJ MREŽI

Vrste prijenosnih medija koji se upotrebljavaju u žičanoj pristupnoj mreži su: vodovi koji prenose električnu struju i kabeli koji se baziraju na metalnim vodičima, odnosno na bakru i optici, svjetlovodnim nitima i kabelima od stakla, odnosno plastičnim svjetlovodima. [2] Bakreni medij se koristi primarno zbog niske cijene i dobre vodljivosti električne struje. Kod bakrene žice se može pojaviti problem interferencije. Do smetnje ili šuma dolazi kada dvije žice induciraju neželjenu elektromagnetsku energiju jedan prema drugom i tako stvaraju interferenciju. Kod bakra nalazimo tri vrste vodiča: [3]

- Unshielded twisted pair – UTP
- Coaxial cable – coax.
- Shielded twisted pair – kombinacija UTP i coax.



Slika 2. Koaksijalni kabel. Preuzeto od [8].

Prikaz koaksijalnog kabela nalazi se na slici 2. Optička vlakna čine druge oblike prijenosnih medija koje nalazimo u pristupnoj mreži. Ona tvore plastične ovojnice u kojima se nalaze tanke niti stakla. Svjetla koja već imaju određenu boju prenose podatke koja nastaju od light emitting dioda (LED) ili lasera. Optička vlakna imaju moć prijenosa signala na mnogo veće udaljenosti nego bakrena žica. Imaju veće brzine prijenosa i otporniji su na elektromagnetske smetnje. Vrlo su krhka i ako se dogodi lom teško ih se može spojiti. [3]

2.2. FTTx ARHITEKTURA

FTTx je kratica od Fiber to the x (gdje x predstavlja lokaciju gdje optičko vlakno terminira, poput određenog naziva ili objekta). Riječ je o arhitekturi telekomunikacijske mreže koja se koristi unutar lokalne petlje i pruža širokopoljasne veze domovima, tvrtkama i organizacijama širom svijeta.[4]

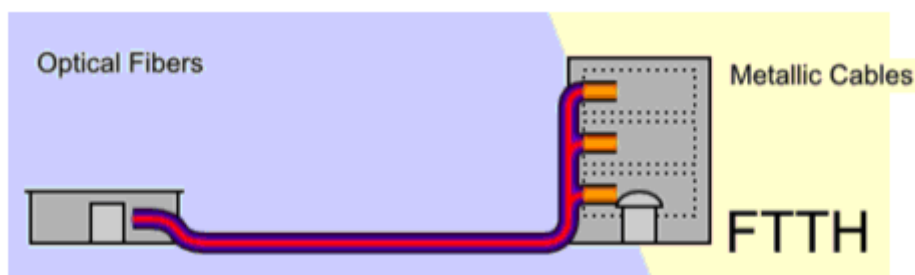
Postoje različite tehnologije koje su sastavni dio FTTx mrežne arhitekture, a osnovne se mogu kategorizirati na:

- Fiber to the Home (FTTH)
- Fiber to the Building (FTTB)
- Fiber to the Curb (FTTC)
- Fiber to the Cabinet (FTTCab)

2.2.1. FIBER TO THE HOME - OPTIČKO VLAKNO DO KUĆANSTVA

Kod optičkog vlakna koje dolazi do kućanstva svakom korisniku se omogućuje spajanje već nekim određenim vlaknom na priključak opreme POP ili ih se priključuje na pasivni optički razdjelnik, služeći se zajedničkim vlaknima POP i 100BASE-BX10 ili 1000BASE-BX10 kojima se pravi put za prienos Ethernet tehnologije ili GPON (engl. *Gigabit Passive Optical Network*) ili EPON (engl. *Ethernet Passive Optical Network*) tehnologija kada se vrši strategija topologije točka do više točaka (engl. *point - to - multipoint*). [5]

FTTH sustavima PON vrsta mreže služi da oni mogu prenijeti signal od centrale do višestrukih pretplatnika uz korištenje 1:32 optičkog splittera (razdjelnika) koji je dio pasivnog kabineta, a nakon toga se taj signal kreće do mrežnog sučelja koje se nalazi na vanjskom dijelu kuće. Signali se na taj način prenose putem različitih valnih duljina svjetlosti. Downstream analogni signal se najčešće prenosi na valnoj duljini od 1550 nm, a digitalni se većinom prenosi na 1490 nm. Upstream signali se prenose na valnoj duljini od 1310 nm se po istom vlaknu kao downstream signali, te se sprežu u vlakno preko sprežnih filtera na svakom završetku mreže. Upstream podatkovni signali se multipleksiraju uz korištenje TDMA (engl. *Time Division Multiple Access*) metode gdje se svakom korisniku daje jedan ili više vremenskih odsječaka. Slika 3. daje prikaz optičkog vlakna do kućanstva FTTH. [6]

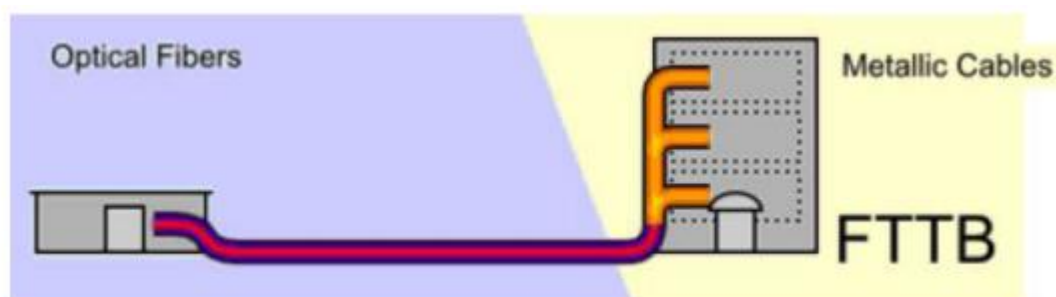


Slika 3. Prikaz optičkog vlakna do kućanstva FTTH. Preuzeto od [6].

2.2.2. FIBER TO THE BUILDING - OPTIČKO VLAKNO DO ZGRADE

Fiber to the building – mreža u kojoj se kombiniraju bakrena parica i optička mreža. Pretplatnici i preklopnici unutar zgrade nisu vezani preko optičkog vlakna, nego su povezani bakrenom paricom. Preklopnici unutar zgrade nisu zasebno povezani na POP (engl. *Point Of Presence*), ali se međusobno povezuju u lance ili prstenaste

strukture koje već koriste vlakna koja se već nalaze u mreži. Ova vrsta mreže uključuje postojeću mrežu već postojećeg operatora i pravne ili regulatorne čimbenike koji mogu zahtijevati da se FTTB mreža može dijeliti između različitih operatera koji postaju multioperaterska mreža. Koncept multioperatera odnosi se na to da se usluga pruža istovremeno od različitih operatera. Isporuka podataka, glasa i televizijskih usluga za krajnje korisnike zahtijeva izuzetno visoke širine pojasa i poboljšanje kvalitete usluge. Stoga telekomunikacijski operateri razvijaju PON (engl. *Passive Optical Network*) pristup optičkim vlaknima mreže kao FTTB mrežu. [7] Slika 4. daje prikaz optičkog vlakna do zgrade (FTTB). [6]



Slika 4. Prikaz optičkog vlakna do zgrade (FTTB). Preuzeto od [6].

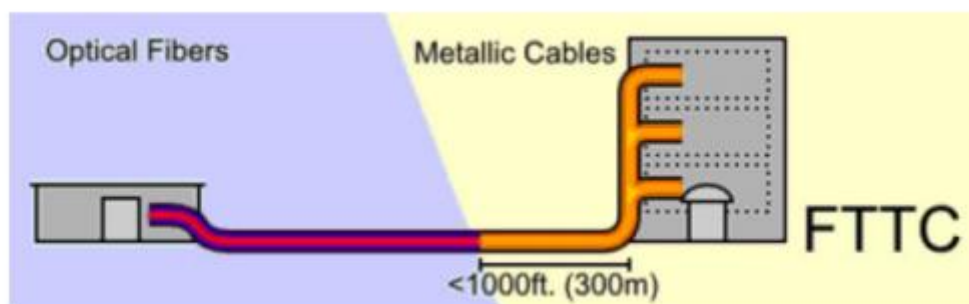
2.2.3. FIBER TO THE CURB - OPTIČKO VLAKNO DO PLOČNIKA

Fiber to the curb je telekomunikacijski sustav koji se temelji na optičkim kabelima za posluživanje nekoliko korisnika. Korisnik je često udaljen od optičkog vlakna na udaljenosti manjoj od 300 m. Svaki se korisnik spaja na FTTC optičku petlju putem koaksijalnog kabela ili bakrene parice. Korisnici koji se nalaze na udaljenosti 300 m od *hotspot*¹ poslužuju se od strane petlje, pa takva optička arhitektura nosi naziv FTTC. [5]

Internet velikih brzina (engl. *High speed internet*) je jedan od mogućnosti koju daje FTTC. Širokopoljasni kabelski pristup DOCSIS (engl. *Data Over Cable Service Interface Specification*) ili neke vrste poput DSL (engl. Digital Subscriber Line) tehnologija čine jedan od sastavnih dijelova komunikacijskih protokola velikih brzina, te se oni koriste između kabineta (pločnika) i krajnjeg korisnika. Tvrtka BellSouth (sada AT&T Southeast) nakon postavljanja optičkog vlakna, 300 m do pretplatnika

¹ Fizička lokacija gdje ljudi mogu pristupiti Internetu.

postavljaju bakrene parice na kojima se dolazi do propusnosti od 100 Mbit / do krajnjeg pretplatnika uz korištenje VDSL2 tehnologije. Brzina prijenosa podataka varira zbog korištenja protokola koji se koristi i zbog udaljenosti korisnika od kabineta (pločnika). Slika 5. daje prikaz optičkog vlakna do pločnika (FTTC). [6]



Slika 5. Prikaz optičkog vlakna do pločnika (FTTC). Preuzeto od [6].

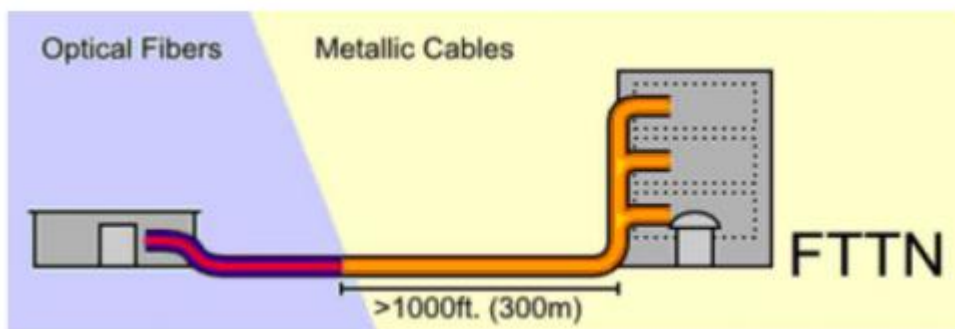
2.2.4. FIBER TO THE CABINET / NODE - OPTIČKO VLAKNO DO ORMARIĆA / DISTRIBUCIJSKOG ČVORA

Fiber To The Node (FTTN) je telekomunikacijska arhitektura koja ima funkciju opskrbljivati korisnike i koja se temelji na optičkim, te se naziva optičko vlakno do susjedstva (engl. neighborhood) ili tzv. vlakno do kabineta (FTTCab). Standardni koaksijalni kabel ili upletena parica (engl. *twisted pair*) su posrednici preko kojih se korisnici priključuju na ormar ili kabinet. Ovom vrstom optičke petlje obično se pokriva radijus područja posluživanja koji je manji od 1500 m. Nekoliko stotina korisnika se može posluživati na području na kojem djeluje ova optička petlja. [5]

Fiber to the Node se sastoji od širokopojsnih (broadband) usluga kao što su Internet velikih brzina slanja informacija (engl. High speed Internet). DOCSIS (širokopojsni kabelski pristup) i mnoge vrste DSL tehnologija stvaraju komunikacijske protokole većih brzina između ormara – kabineta i krajnjeg korisnika. Protočnost podataka i njihova brzina prijenosa ovisna je o udaljenosti korisnika od ormara (kabineta). Distribucijska točka stvorena je od strane udaljenog DSLAM-a (engl. *Digital Subscriber Line Access Multiplexer*), osim ako nema ničega drugoga umjesto bakrene parice. DSLAM koji je jako udaljen od uličnih kabineta mora se prespojiti, zbog toga što ih se treba dovesti do grupe kuća ili zgrada koja koriste bakrene veze. Bakrena

parica se koristi između korisnika i udaljenog DSLAM-a kako bi se ostvarila veza, a za to se koristi VDSL (engl. Voice-over Digital Subscriber Line) tehnologija.

Centrala zaprima povratne signale od korisnika koristeći optičko vlakno koje se inače postavlja do centrale, a za to je odgovorna ONU (engl. *Optical Network Unit*) mrežna jedinica koja se postavlja blizu DSLAM jedinice. BPON + VDSL tehnologiju ili GPON + VDSL2 tehnologiju moguće je koristiti u FTTN arhitekturi. Do posljednje dionice do korisnika uzima se bežična komunikacija, gdje antena može tvoriti distribucijsku točku. WiMax je kod ovog načina spajanja čini jednog od boljih kandidata za FTTN ostvarivanje u hibridno optičkoj-bežičnoj arhitekturi. U FTTN mrežu je moguće uključiti DSL koji koristi bakrene linije ili optičku mrežu i Ethernet switcheve, te može postići brzinu od 100 Mb / s do krajnjeg korisnika. U posljednjoj dionici do korisnika stvara se velika razlika u primjeni tih tehnologija, većina opreme u današnjem svijetu temelji se na Ethernetu, koji se sastoji od bakrenih linija ili DSL modema u arhitekturi FTTN-a budući da se oslanja na bakar ili optičko vlakno koje se odnosi na FTTN arhitekturu koja se bazira na optici i medijskom pretvaraču kada se koristi Ethernet.[5] Slika 6. daje prikaz optičkog vlakna do ormarića/distribucijskog čvora Fiber to the Cabinet/Node. [6]



Slika 6. Optičko vlakno do ormarića/distribucijskog čvora Fiber to the Cabinet/Node. Preuzeto od [6].

2.3 ZNAČAJKE FTTH ARHITEKTURE

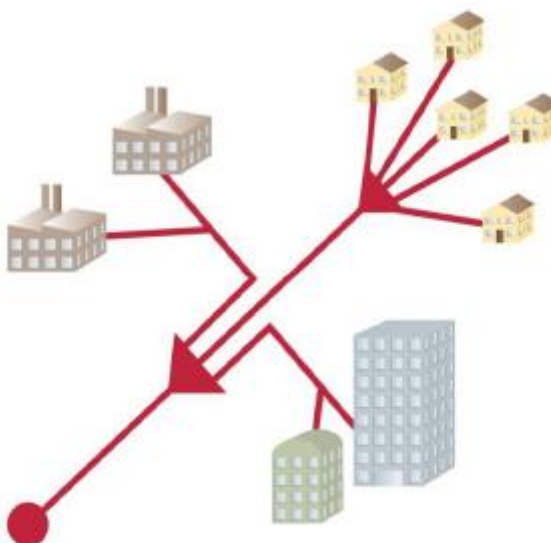
Arhitektura mreže čini komunikacijsku mrežu i postavlja okvir za razvrstavanje mreže od fizičkih elemenata do usluga. Dio komunikacijske mreže koji je izravno povezan s krajnjim korisnikom naziva se pristupna mreža. Kada se ustanovi

međudjelovanje aktivne i pasivne infrastrukture, stoga je bitno načiniti razliku između topologije korištene za implementaciju vlakna (pasivna infrastruktura) i tehnologije za prijenos podataka preko vlakna (aktivna oprema). Najčešće topologije koje se koriste su point – to – multipoint i point – to – point.[5]

2.3.1. POINT – TO – MULTIPOINT

P2MP (engl. Point - to - multipoint) omogućuje dolazak vlakna od POP (engl. Point of Presence) do točke grananja, pa jedno samostalno predviđeno vlakno ide od pretplatnika do te točke grananja. GPON se služi tehnologijama pasivne optičke mreže kao što su pasivni optički spliteri na točkama grananja i podaci su šifrirani da bi korisnici mogli dobiti podatke koji su samo namijenjeni njima. [5]

Ethernet usmjeritelji se postavljaju na neka određena područja kako bi se omogućilo korištenje aktivne Ethernet tehnologije za kontrolu pristupa pretplatnika u P2MP tehnologiji. Slika 7. daje prikaz mreže P2MP. [5]

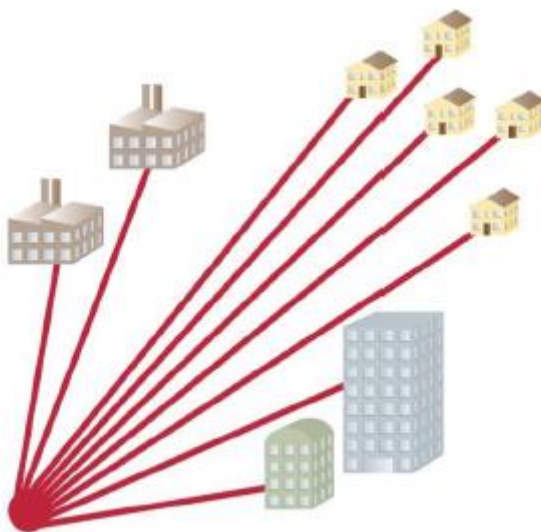


Slika 7. Prikaz mreže P2MP. Preuzeto od [5].

2.3.2. POINT – TO – POINT

Predviđena vlakna koja se nalaze između pristupnog čvora i pretplatnika osigurana su od strane P2P (engl. Point to Point) tehnologije. Vlakna su povezana s

pretplatnicima izravnom vezom. Nekoliko dijelova vlakana koja će se spojiti upletanjem ili preko konektora pronaći će svoj put do lokalne centrale, ali se na taj način pruža bez prekidni optički put od pristupnog čvora do kućanstva. Ethernet je implementiran u većinu postojećih point – to – point FTTH implementacija, koja se može koristiti sa drugim prijenosnim shemama za poslovne aplikacije. PON tehnologija također može biti dio implementacije ako se postave pasivni optički razdjelnici u pristupni čvor ove topologije. Slika 8. daje prikaz P2P mreže. [5]



Slika 8. Prikaz P2P mreže. Preuzeto od [5].

Bez obzira koja je mrežna arhitektura odabrana, karakteristike optičkog kabela koji je smješten mogu uvelike utjecati na razvoj mreže u budućnosti. U tom smislu, FTTH mreža predstavlja dugoročnu investiciju. Životni vijek optičkog kabela koji se smješta u zemlju traje najmanje 25 godina. Potrebno je znati da će se mreža vjerojatno nadograđivati u tom vremenskom periodu sa aktivnom opremom, a infrastruktura bi zadržala postojeće načine korištenja. Zbog toga, odluke koje su donesene tijekom uspostave FTTH projekta mogle bi imati dugoročne i veće posljedice. [5]

3. AKTIVNA I PASIVNA OPTIČKA MREŽA

FTTx arhitektura je implementirana na dvije varijante sustava koji su različiti po načinu usmjeravanja i razdjeljivanja podataka od centrale pa do odgovarajućeg odredišta. Arhitektura tih FTTx sustava je sljedeća, prema [9]:

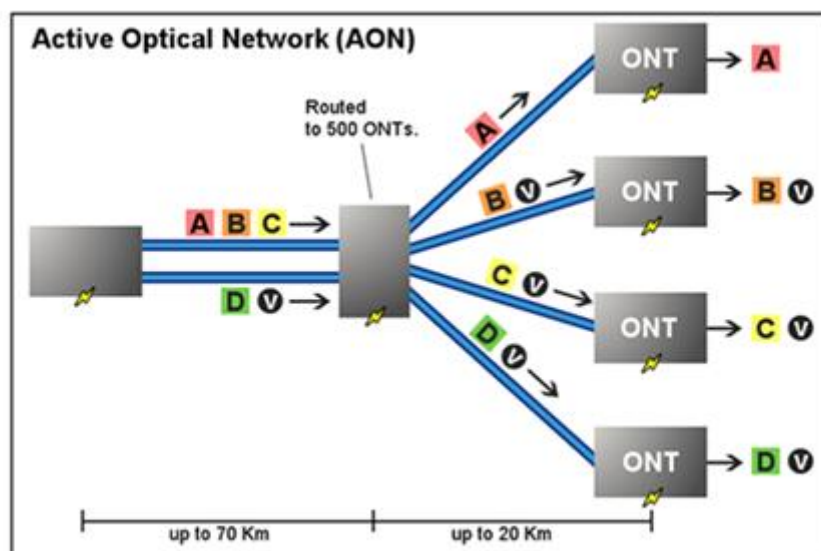
- Aktivne optičke mreže (engl. AON – *Active Optical Network*)
- Pasivne optičke mreže (engl. PON – *Passive Optical Network*)

Širokopojasni prijenos *Triple Play* usluga² predstavlja rješenje kablenskog sustava za obje implementacije. Do skalabilnosti sustava dolazi tijekom pojave nedostataka u *Point – to – Point* i AON rješenjima, a s povećanim brojem korisnika nemoguće je doći do efikasnog proširenja. Prednost pasivnih optičkih mreža upravo je u skalabilnosti sustava, a ono što nedostaje su domet i prijenos.[9]

3.1. AKTIVNA OPTIČKA MREŽA

Aktivna optička mreža zasniva se na *Point – to – Point* (PTP) strukturi, te se svakom korisniku dodjeljuje svjetlovodna linija koja se spaja na optički koncentrator. [5] AON mrežna arhitektura prilikom upravljanja distribucijom signala, odnosno prijenosom podataka, koristi *Ethernet* preklopnike (*switch*) i usmjerivače (*router*). Korištenjem električne opreme ostvaruje se prijenos informacija prema odgovarajućem odredištu. [9] Slika 9. daje prikaz aktivne optičke mreže. [10]

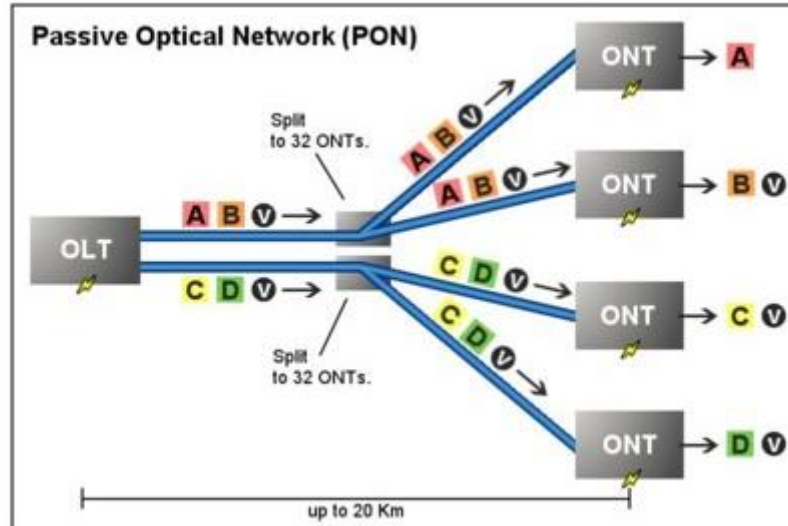
² Kombinacija telefonije, pristupa internetu i internetske televizije.



Slika 9. Aktivna optička mreža. Preuzeto od [10].

3.2. PASIVNA OPTIČKA MREŽA

U pasivnoj optičkoj mreži se nalazi potpuno pasivna optička kablaska struktura, a ta struktura sastoji se od topologije umrežavanja od točke do više točaka (*Point - to - MultiPoint* okruženja). Pasivna optička mreža u odnosu na AON, na mjestu gdje se spajaju postavljaju se pasivni optički razdjelnici (*optical splitters*) umjesto aktivne opreme, na kojima se razdjeljuje ulazni optički informacijski tok na veći broj fizičkih puteva. Kada se koriste neke određene metode multipleksiranja ostvaruje se efikasnije iskorištenje sustava i dolazi do paketnog ili vremenskog multipleksiranja te multipleksiranja po valnim duljinama. [9] Slika 10. daje prikaz pasivne optičke mreže. [10]



Slika 10. Pasivna optička mreža. Preuzeto od [10].

Najznačajnije prednosti PON-a, gledajući ostala moguća optička rješenja, su ekonomičnost i pouzdanost. Pouzdanost je zasigurno uvećana zbog potpuno pasivne strukture. Ekonomičnost dolazi iz same uštede na potrošnji optičkog kabela i jednostavnosti topologije, te nije potrebno napajati opremu cijelom dužinom prijenosnog puta. PON služi za raspodjelu (multipleksira) prijenosnih širina svjetlovodnih vlakana u magistrali. [9]

Obzirom na vrstu multipleksiranja postoje, [9]:

- APON (Asynchronous Transfer Mode – based PON)
- BPON (Broadband PON)
- EPON (Ethernet – based PON)
- GPON (Gigabit PON)
- WDM – PON (Wavelength Division Multiplexing PON)

3.2.1. APON

Prvi PON sustav koji je imao uspjeha u komercijalnoj primjeni je APON, njegov fizički sloj radi na asinkronom načinu prijenosa (ATM – *Asynchronous Transfer Mode*). Podržane brzine prijenosa u odlaznom smjeru su do 155 Mbit / s, a u dolaznom smjeru 622 Mbit / s. [9]

3.2.2. BPON

Zasigurno je BPON (*Broadband* PON) bolja verzija APON-a, s brzinom prijenosa do 622 Mb / s. Istodobno je dodao dinamičku distribuciju propusnosti, zaštitu i druge funkcije. APON / BPON sustavi obično imaju silazni kapacitet od 155 Mbps ili 622 Mbps. [6]

3.2.3. EPON

Prvi Ethernet PON tzv. EPON standard na tržištu se našao nekoliko mjeseci nakon što se pojavio GPON standard koji je izumljen od strane IEEE instituta 2004. godine. EPON standard čim se našao na tržištu imao je brzinu od 1.25 Gbps, dvostruko veća brzina od originalnog standarda koji je imao manju propusnost.

EPON je možda manje poznat kao IEEE 802.3ah standard, te je u svijetu instalirano preko 15 milijuna EPON portova. [6]

3.2.4. GPON

GPON (*engl. Gigabyte* PON) je novija vrsta pasivne optičke mrežne protočnosti. BPON standard je preteča GPON-a koji podržava visoke brzine prijenosa. GPON tehnologija omogućava 2.48 Gbps za *download* te 1.24 Gbps za upload. GPON standard podržava tehnologije prijenosa kao što su ATM, Ethernet, i TDM. GPON standard je dovršen 2004. godine, ali se tek primjenjuje od 2006. godine kada je postao široko dostupan standard zbog pojeftinjenja elektroničkih čipova za njegovu implementaciju. [6]

3.2.5. WDM – PON

WDM – PON je tip pasivne optičke mreže koji će u određenim trenucima djelovanja upotrijebiti različite valne duljine sa svakog pojedinog pretplatnika. Kod tradicionalnih PON arhitektura jedan optički signal se dijeli na 32 ili više korisnika, a dok je svakom korisniku kod WDM-PON-a dodijeljena vlastita valna duljina koju kontinuirano koriste. Prijenosni kapacitet dostupan svakom pojedinom pretplatniku te sigurnost i skalabilnost mreže su glavne prednosti WDM-PON sustava. [9]

4. INFRASTRUKTURNI MREŽNI ELEMENTI

Mrežna infrastruktura odnosi se na sve resurse mreže koji omogućavaju mrežnu ili internetsku povezanost, upravljanje, poslovanje i komunikaciju. Proširujući se od točke prisutnosti prema pretplatniku, ključni dijelovi u FTTH mreži a glavni elementi po odjeljku su sljedeći prema tablici 1. [5]

Odjeljak	Infrastrukturni elementi
Točka prisutnosti ili pristupni čvor	Tipično zgrada ili sklonište u kojem se nalaze aktivna oprema i potrebni optički distribucijski okviri za distribuciju signala na mreži.
<i>Feeder mreža</i>	Ovaj dio mreže, koji se naziva i magistralna mreža, sastoji se od kabela i odgovarajućih kanalskih sustava.
Točka za distribuciju vlakana (FDP)	Ovo je točka fleksibilnosti, često u obliku ormarića koji drži razdjelnike i razdjelne ploče. U nekim se mrežama svodi na zatvaranje vlakana ili postolja, gdje je potrebna manja fleksibilnost.
Distribucijska mreža	Uključuje dostupne zatvarače, sustave kanala i završava u priključnim kutijama od vlakana, bilo da se radi o vanjskim ili unutarnjim kutijama.
Okomita raspodjela mikro kanala (MDU)	Smješten unutar zgrada, tipično kablovska struktura s malim podnim razdjelnim kutijama i fleksibilnim kabelima dovodi vlakna do pojedinih stanova.
Vanjski <i>drop</i> ³ kablovi	Kada <i>drop</i> pristupi pojedinim kućama ili stanovima vanjske priključne kutije

³ Važan dio FTTH mreže koji formira konačnu vanjsku vezu između pretplatnika i kabela za napajanje

	tada se kabeli i pribor razlikuju od unutarnjih
--	---

Tablica 1. Infrastrukturni elementi FTTH mreže. Preuzeto od [5].

4.1. TOČKA PRISUTNOSTI ILI PRISTUPNI ČVOR

Točka prisutnosti (engl. Point Of Presence) točka je na kojoj dvije ili više različitih mreža ili komunikacijskih uređaja uspostavljaju međusobnu vezu. POP se uglavnom odnosi na pristupnu točku, mjesto ili objekt koji se povezuju i pomažu drugim uređajima pri uspostavi veze s Internetom. [11]

POP je primarno infrastruktura koja omogućuje povezivanje udaljenih korisnika na Internet. POP je općenito prisutan kod davatelja internetskih usluga (ISP) ili davatelja telekomunikacijskih usluga. Može se sastojati od usmjerivača, poslužitelja i drugih uređaja za podatkovnu komunikaciju. Davatelj internetskih usluga ili pružatelj telekomunikacijskih usluga može održavati više od jednog POP-a na različitim lokacijama, pri čemu svaki od njih opslužuje različitu bazu korisnika. POP često podržava pretvorbu analognih podataka u digitalne i obratno kako bi došlo do nadopune različite tehnologije komunikacije podataka i prijemnih uređaja.[11]

4.1.1. DAVATELJ INTERNETSKIH USLUGA – ISP

Pružatelj internetskih usluga (ISP) tvrtka je koja pruža korisnicima pristup Internetu. Često ime kojim se naziva je "davateljem usluga". Podaci se mogu prenositi pomoću širokopoljnih pristupnih tehnologija, bežične ili namjenske interkonekcije velikih brzina. [11]

Tipično davatelji internetskih usluga također svojim kupcima pružaju telefonske i televizijske usluge. Danas su davatelji internetskih usluga obično kabelske ili mobilne tvrtke koje uz TV ili usluge mobilne komunikacije nude pretplate na Internet. [11]

Za povezivanje uređaja poput osobnog računala s internetom potrebna je posebna mreža i oprema za usmjeravanje. Budući da velika većina potrošača nema pristup ovoj vrsti opreme, ISP im "iznajmljuje" pristup mrežama koje korisnicima omogućuje uspostavljanje internetske povezanosti, održavanje infrastrukture i rješavanje imena domena. [11]

Pojedinačni kupci i tvrtke plaćaju ISP-ove za pristup Internetu. Na mrežnim pristupnim točkama davatelji internetskih usluga međusobno se povezuju. Zauzvrat, davatelji internetskih usluga plaćaju druge, veće davatelje internetskih usluga za svoj pristup Internetu, koji pak plaćaju još druge davatelje internetskih usluga. ISP-ovi mogu imati više od jedne točke prisutnosti (POP), koja je pristupna točka Internetu i koja se sastoji od poslužitelja na fizičkom mjestu. Neki ISP-ovi imaju tisuće POP-ova. Više POP-ova može imati zasebne veze s uzlaznim ISP-om. [11]

4.2. FEEDER MREŽA

Feeder kablovi vode se od točke prisutnosti (POP) do točke distribucije vlakana (FDP). Najviša tipična fizička formacija napojne mreže je topologija prstena koja omogućuje kabele s velikim brojem vlakana. [5]

Propisi koji se odnose na dimenziju *feeder* kabela često se razlikuju od operatera do operatera i razlikuju se ovisno o nizu situacija: korištenja PON topologija (PTP, PTMP), splittera, broj rezervnih vlakana za točku do točke i rast, konvergencija s bežičnom mrežom backhaul itd. Međutim, većina ovih kabela nije manja od 288fo (kabel 10,4 mm promjera) i mora biti veća od 864fo (promjer 21,7 mm). [5]

Većina *feeder* mreža nalazi se pod zemljom, stoga je važno uzeti u obzir ne samo kabliranje, ali i dizajn i dimenzije infrastrukture za kanale. Ostavljanje praznih kanala za budući rast utječe izravno na troškove građevinskih radova, koji su daleko važniji u projektu. Ipak, projektiranje s nedostatkom adekvatnog broj praznih kanala ozbiljno ugrožava budući rast mreže. [5]

Upotreba fleksibilnih podvodnih kanala uobičajena je praksa jer to omogućuje lakše instalaciju, rast, odvajanje i fleksibilnost pri organiziranju različitih kabela u različito vrijeme. Za na primjer, u tipični ID HDPE⁴ kanal od 40 mm, fleksibilni podvodovi omogućuju ugradnju 3x16 mm kabela ili kabele 5 x 12 mm ili kabele 10x 8,4 mm ili kabele 18x6 mm u različito vrijeme. [5]

Nadzemne mreže su rijeđe, ali kada je to slučaj, često su povezane s komunalnom infrastrukturom. Kao i kod planiranja podzemne mreže važno je rezervirati dovoljno prostora za razvoj, ali postoje također dodatna ograničenja, kao što su: dopušteni broj kabela, vlačna čvrstoća ovisno o dopuštenom rasponu i ugibu itd. [5]

4.3. TOČKA ZA DISTRIBUCIJU VLAKANA (FDP)

Mreža mora osigurati „kapilarnost“ do kvartova, višestambenih jedinica (stanova) i kuća. Stoga jedan kabel za napajanje treba pretvoriti u nekoliko manjih kablova koji mogu ići dublje u naselja i stići do domova krajnjih korisnika. To nalikuje na *tree* topologiju gdje se obični matični kabel (*feeder*) postupno dijeli na veće i manje grane (distribucijske kablove). [5]

Ta prva točka razdvajanja na podružnice poznata ja kao distribucijska točka vlakana, smještena iznad zemlje ili kao višenamjensko zatvaranje ispod zemlje. [5]

Područje obuhvaćeno *Fiber Distribution Point (FDP)* – om može varirati od ispod stotinu domova, obično 96 do više od 800 kućanstava. U većini slučajeva, brojevi su u rasponu od 256 do 388 kućanstava. FDP – ovi koji obuhvaćaju veća područja zahtijevaju više vlakana u distribucijskoj mreži. [5]

U odnosu na mrežu s više točaka, FDP – ovi su vrlo važan element zbog toga što sadržavaju centralizirani razdjelnik u koncentriranoj topologiji, ili jednu od dvije – tri razine podjela u kaskadnoj topologiji. [5]

⁴ Danas se u području kanalizacijskih cijevi sve više se koristi polietilen visoke gustoće (HDPE). Cijevi od polietilena postoje su prema otpadnim vodama u širokom rasponu pH vrijednosti, a kako polietilen ne predstavlja hranjivu podlogu za rast mikroorganizama isključena je mikrobiološka korozija.

4.4. DISTRIBUCIJSKA MREŽA

Razvodno kabliranje, koje povezuje FDP s terminalnim kutijama najbližim krajnjim korisnicima, obično ne prelaze udaljenosti veće od 1 km. Kabeli će sadržavati određeni broj vlakana namijenjenih opsluživanju određenog broja zgrada ili određenog područja. [5]

Kabeli se mogu sprovesti, izravno zakopati, postaviti zračno ili na fasadu. Distribucijski kabeli obično su veličine 3.65 m do 29.26 m. Kao i u primjeru stabla, veći kabeli u mreži postupno se dijele na manje kabele korištenjem distribucijskih zatvaranja. [5]

Distribucijski zatvarači potrebni za olakšavanje tih promjena i kapilarnosti obično se znatno razlikuju od feeder zatvarača. Zatvaranje distribucije zahtijeva više kablskih ulaza i mora biti lako dostupno. Također je bitno zaštititi pojedinačna vlakna, budući da će duži niz godina to biti izravno zatvaranje i u budućnosti će biti potrebna nadogradnja. [5]

4.5. MDU VERTIKALNA DISTRIBUCIJA

Distribucijska mreža završava u kutiji optičkog terminal (Fiber Terminal Box - FTB). Ponekad su te kutije u srednjem rasponu s distribucijskim kabelom koji ulazi i izlazi iz kutije kako bi pristupili daljnim terminalima u mreži. [5]

Većina MDU – ova ima distribuciju u zatvorenom prostoru, dok su u nekim zemljama dopuštene vanjske distribucije, a u takvim slučajevima prednost je ta što te metode uključuju smanjenje troškova raspoređivanja. [5]

Najčešća unutarnja distribucijska lokacija FTB – a nalazi se u podrumu zgrade, a pristupa joj se podzemnim kanalima izvana. [5]

4.5.1. VERTIKALNA DISTRIBUCIJA

U slučaju zgrade koja sadrži manji broj stanova, može se koristiti topologija zvijezde od terminalne kutije do stana, s pojedinačnim kabelima, međutim kada se prijeđe broj od 12 ili 16 stanova, najčešća metoda postavljanja je korištenjem multifiber dizalice koja prolazi katovima zgrade. [5]

Ova metoda uključuje podne okvire za distribuciju koje se nalaze na svakom katu ili na svako drugom ili trećem katu kod nekih operatera. Time se izbjegava zagušenje na vertikalnim dijelovima građevine. Iz tih se podnih okvira svakom krajnjem korisniku ugrađuju pojedinačni vodoravni kabeli, uglavnom na zahtjev (kada se zahtjeva usluga). [5]

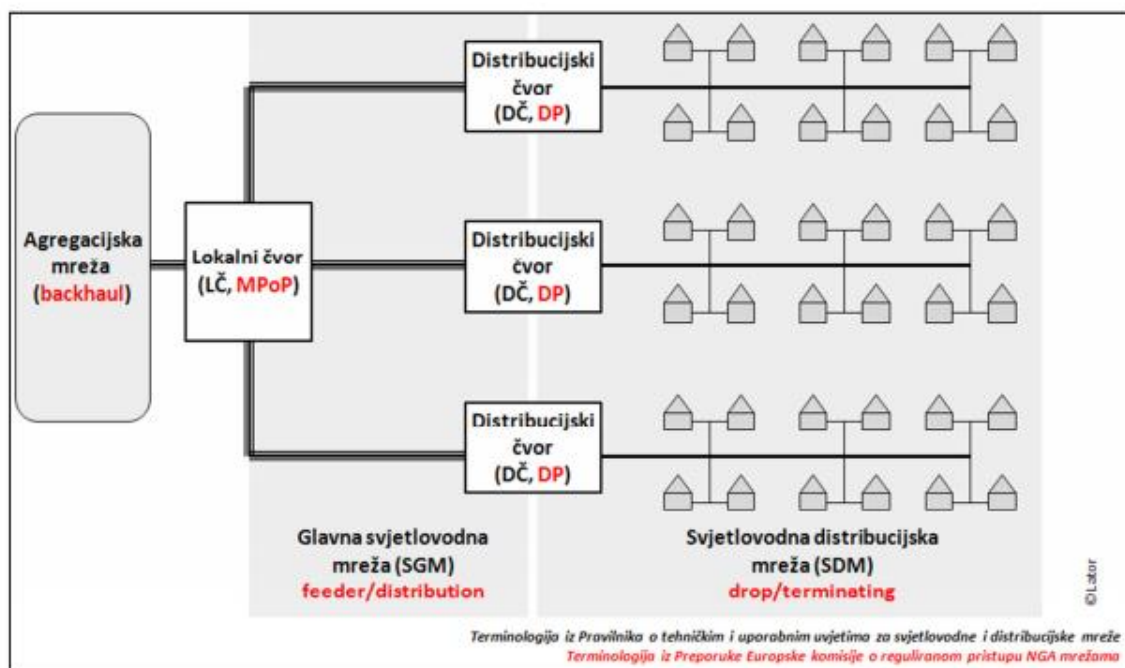
5. KUĆNA INSTALACIJA SVJETLOVODNOG KABELA

5.1. OSNOVNI DIJELOVI FTTH MREŽE

Prvi agregacijski čvor operatera (lokalnog čvora – LČ, odnosno engl. Metro Point of Presence – MPoP) moguće je izvesti pomoću svjetlovodnih niti što podrazumijeva FTTH pristupnu mrežu. [14]

Distribucijski čvor također se nalazi unutar FTTH mreže (DČ, engl. Distribution Point – DP), te čini prema korisnicima krajnju točku razgraničenja segmenta svjetlovodne distribucijske mreže (SDM, odnosno engl. drop ili terminating segment) i čini razgraničenja prema preostalim segmentima mreže LČ-a – glavne svjetlovodne mreže (SGM⁵, odnosno engl. feeder ili distribution segment). Distribucijski čvor ponaša se kao fizička točka agregacije i preko njega ide veći broj trasa vođenja svjetlovodnih niti iz SDM-a i moguće je u nekoliko trasa voditi svjetlovodne niti u SGM. U području pokrivanja jednog LČ-a moguće je pronaći više DČ-ova. Agregacijska transportna mreža (engl. backhaul) ide od LČ-a prema jezgri mreže (engl. core network). [14]

„Slika 11. daje shematski prikaz dijelova i čvorova u FTTH mreži.“ [14]



⁵ Glavna svjetlovodna mreža u studiji se označava kraticom SGM, kako se, u slučaju uporabe dosljedne kratice GSM, isti pojam ne bi miješao s GSM pokretnim mrežama.

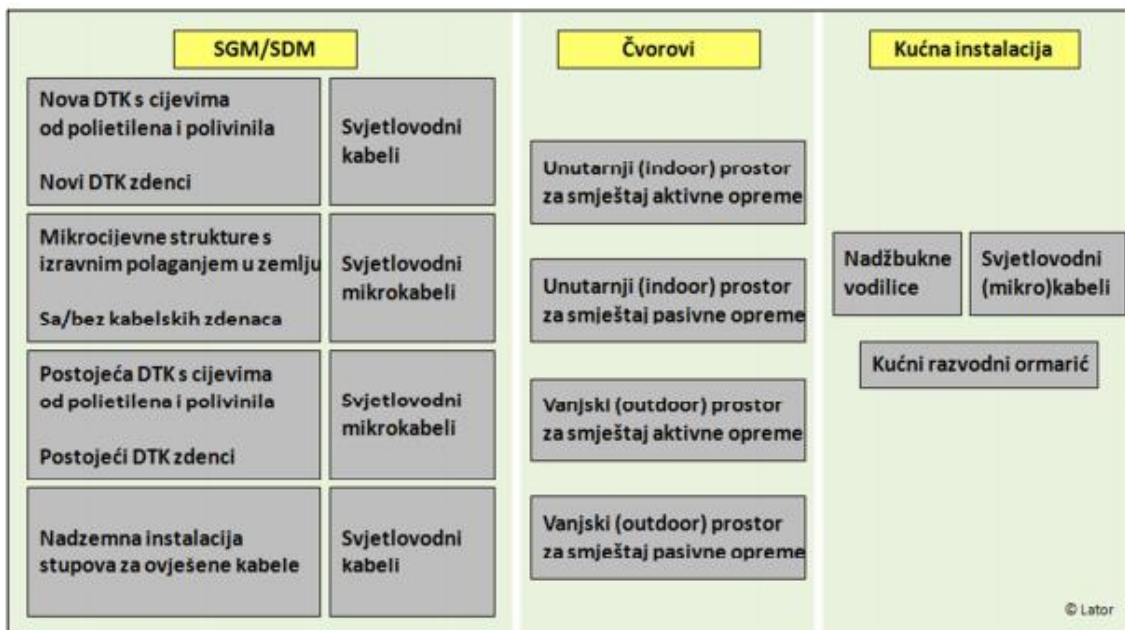
Slika 11. Dijelovi i čvorovi u FTTH mrežama. Preuzeto od [14].

5.2. SMJEŠTAJ OPREME I OPCIJE VOĐENJA KABELA

Svjetlovodne kabele unutar kojih se nalazi od nekoliko do nekoliko stotina pojedinačnih svjetlovodnih niti i koji se nalaze u FTTH mreži moguće je polagati duž zacrtane trase. Kabeli se polažu unutar plastičnih cijevi podzemne distributivne telekomunikacijske kanalizacije (DTK). Kabeli ovješeni o stupove najčešće se koriste u rjeđe naseljenim ruralnim područjima. Pasivna i aktivna mrežna oprema (pasivna, za razliku od aktivne opreme, ne zahtijeva strujno napajanje) koja se nalazi u čvorovima FTTH mreže (DČ i LČ) te se postavlja u unutarnjim prostorima (engl. indoor) ili u kabinetima koji se postavljaju na vanjskim površinama (engl. outdoor). [14]

Kućna instalacija svjetlovodnih niti koja ide od ulaza u zgradu do krajnjeg korisnika, važan je dio FTTH mreže, a ponajviše se odnosi na višestambene zgrade. U većini zgrada nalaze se tradicionalne kućne instalacije bakrenih parica, pa nije moguće izvesti svjetlovodne instalacije, budući da je u troškovnom smislu izvođenje takvih radova mnogo skuplje. Vlasnici nekretnina u Hrvatskoj ne mogu sami investirati izgradnju svjetlovodne mreže unutar vlastitih zgrada kao što je to moguće u nekim drugim državama članicama EU, gdje su stambeni objekti u vlasništvu specijaliziranih tvrtki. [14]

Slika 12. prikazuje sve moguće infrastrukturne opcije vođenja svjetlovodnih kabela, koji će se svjetlovodni kabeli koristiti, kao i gdje će se smjestiti oprema unutar čvorova FTTH mreže u dijelu glavne svjetlovodne mreže, svjetlovodne distribucijske mreže i kućne instalacije. [14]



Slika 12. Pregled opcija vođenja kabela i smještaja opreme u FTTH mreži. Preuzeto od [14].

5.2.1. NOVA DTK S PEHD/PVC CIJEVIMA

Nove podzemne DTK mreže mogu biti izgrađene uz polaganje standardnih cijevi od polietilena visoke gustoće (PEHD) koje su promjera od 20 do 50 mm ili cijevi većeg promjera od 63 do 110 mm koje isto mogu biti izrađene od polietilena ili polivinil klorida (PVC). Na mjestima gdje se granaju DTK trase segmenti su mnogo veći, povećana potreba za prostorom za smještaj svjetlovodnih kabela, potrebno je položiti dovoljan broj cijevi odgovarajućeg promjera uz ugradnju kablinskih zdenaca. Unutar pojedinog segmenta DTK mreže nalaze se kablinski zdenci koji odgovaraju broju i kapacitetu svjetlovodnih kabela te se moraju pronaći standardizirane veličine kablinskih zdenaca oznaka D0-D4. Standardni svjetlovodni kabeli su dio ovakve DTK mreže, najvećeg kapaciteta do 288 niti i najvećeg promjera do 19 mm. [14]

Danas se ne koristi ovakav način izgradnje nove DTK mreže, već se polažu svjetlovodni mikrokabeli unutar mikrocijevnih struktura. Prilikom izgradnje DTK mreže od cijevi koje su izrađene od polietilena i polivinil klorida koristi se proračunska studija koja se koristi isključivo kao referentni scenarij kojim se provjerava opravdanost troškova povoljnije opcije izgradnje nove DTK mreže s mikrocijevnim strukturama i svjetlovodnim mikrokabelima. [14]

5.2.2. NOVA DTK S MIKROCIJEVNIM STRUKTURAMA

„Mikrocijevi su cijevi s vanjskim promjerom od 3 do 16 mm, s takvom unutrašnjom stijenkom koja osigurava mali koeficijent trenja. Koriste se za izravno polaganje u zemlju ili za uvlačenje u prethodno položene cijevi malog promjera. Izvedba mikrocijevne strukture može biti u obliku vrpce (trake) ili <<kabelske strukture>> Preporuča se da međuprostor između mikrocijevi u slučaju <<kabelske>> strukture bude ispunjen odgovarajućom masom koja sprječava uzdužno i poprečno difudiranje vlage u jezgro takve strukture.“ [17] Pojedinačne mikrocijevi dio su mikrocijevne strukture, te je svaka mikrocijevna struktura predviđena za uvlačenje pojedinačnog svjetlovodnog mikrokabela. Mikrocijevne strukture većinom su obložene plaštom odgovarajuće debljine, one osiguravaju fizičku zaštitu i mehaničku čvrstoću, te se mogu izravno polagati u zemlju. [14]

Na točkama razdvajanja DTK trasa kada se izravno polažu mikrocijevne strukture u zemlju, ugradnja kabelskih zdenaca za manipulaciju svjetlovodnim kabelima i nitima nije potrebna. Naime, u tim točkama povezuju se mikrocijevne strukture iz više trasa s mikrocijevnim spojnicama (razdjelnicima), kod kojih se tijekom polaganja u zemlju obavlja prospajanje s odgovarajućim mikrocijevima iz segmenata DTK trasa i na taj način je moguće unutar odgovarajućih cijevi doći do svih segmenata mreže pomoću naknadnog uvlačenja svjetlovodnih mikrokabela. Na mjestima gdje se gradi nova DTK mreža s mikrocijevnim strukturama, nije predviđena ugradnja kabelskih zdenaca unutar SDM dijela FTTH mreža, dok se u SGM dijelu mreže ne ugrađuju zdenci koji su zbog korištenja većeg broja niti i trasa pokazalo kao najbolje tehničko rješenje za taj dio mreže. [14]

5.2.3. POSTOJEĆA DTK S PEHD/PVC CIJEVIMA

Unutar DTK koja je već izgrađena sa standardnim Polyethylene high density PEHD i Polyvinyl chloride (PVC) cijevima jedino je moguće položiti svjetlovodne mikrokabele. U ovakvom scenariju u obzir se ne uzimaju investicijski troškovi izgradnje DTK mreže i predviđeno je samo da se plaća najam DTK prostora koji je zauzet sa svjetlovodnim mikrokabelima. [14]

Ukoliko se svjetlovodni kabeli mogu polagati u postojeću DTK mrežu koristi se ova opcija koja se sastoji od troškovne analize uštede koja se može ostvariti, a da se ne izgrađuje nova mreža. Na taj način se pretpostavlja da su dostupni kapaciteti u DTK mreži dovoljni u SGM i u SDM dijelu mreže, odnosno da je dovoljan slobodni prostor u PEHD i PVC cijevima za uvlačenje svjetlovodnih mikrokabela. [14]

DTK mreža u kojoj se nalaze svjetlovodni kabeli više operatora i zbog potrebe optimizacije zauzeća prostora unutar DTK cijevi, potrebno je uvući svjetlovodne mikrokabele unutar prethodno uvučenih mikrocijevi, iako je moguće uvući svjetlovodne kabele u postojeću DTK mrežu s PEHD i PVC cijevima. Presijecanje trasa jedino je moguće ostvariti pomoću fleksibilnih manipulacija svjetlovodnim mikrokabelima unutar postojećeg DTK, prema potrebi se može pristupiti kroz postojeće ugrađene kabelske zdence. [14]

5.2.4. NADZEMNA INSTALACIJA STUPOVA ZA OVJEŠENE KABELE

Nadzemnu instalaciju stupova za vođenje svjetlovodnih kabela moguće je koristiti naseljima u kojima to dozvoljavaju urbanistički uvjeti. Nadzemne telekomunikacijske kabele nije dozvoljeno voditi u većini naselja u urbanim i suburbanim geotipovima, prema trenutnoj situaciji u Hrvatskoj. U praksi, tek u ruralnim krajevima moguća je izgradnja nadzemne instalacije stupova. Samo u naseljima ruralnih geotipova R1-R4 moguće je izgraditi nadzemne instalacijske stupove. [14]

Uspoređujući podzemnu DTK mrežu s izgradnjom nadzemne instalacije stupova za ovješene svjetlovodne kabele u ruralnim naseljima je mnogo povoljnija opcija od izgradnje podzemne DTK mreže s obzirom na veće troškove održavanja nadzemne mreže i mnogo kraćim predviđenim vijekom trajanja infrastrukture stupova. [14]

Uspoređujući kabele za podzemno polaganje s nadzemnim svjetlovodnim kabelima koje je moguće postaviti na stupove te koji imaju robusnije fizičke karakteristike i manji kapacitet niti u istom promjeru kabela. [14]

5.2.5. OPCIJE SMJEŠTAJA OPREME U ČVOROVIMA

Pristupna mreža FTTH sastoji se od lokalnog čvora (LČ) i distribucijskog čvora (DČ). Potrebnu opremu iz LČ-a i DČ-a moguće je postaviti u vanjske kabinete ili u unutarnje tehnološki opremljene prostore, bez obzira o izabranoj opciji vođenja i vrste svjetlovodnih kabela. [14]

Troškovno opcija za smještaj opreme u unutarnje prostore uvijek je povoljnija uz pretpostavku dostupnosti takvih prostora na potrebnim lokacijama. Prostor koji je potreban za smještaj opreme u DSL pristupnoj mreži može biti ranije opremljen od strane bivših monopolističkih operatera ili se takav prostor može osigurati najmom od vlasnika nekretnine, te se taj prostor odgovarajuće opremi za prihvat telekomunikacijske opreme. Kada je unutarnji prostor nedostupan bira se smještaja telekomunikacijske opreme u vanjske kabinete, što je troškovno nepovoljnija opcija. [14]

Unutar DČ-a dolazi aktivna oprema (kod P2P mreža, odnosno Ethernet tehnologije) ili pasivna oprema (kod P2MP mreža, odnosno PON tehnologije), a sve ovisi o izboru tehnologije u FTTH mreži. Aktivnoj opremi je potreban dovod strujnog napajanja i odgovarajući klimatski uvjeti, dok pasivnoj opremi dovod strujnog napajanja i osiguranje klimatskih uvjeta nisu potrebni. Aktivna oprema se uvijek smješta u LČ-u. [14]

5.2.6. IZVEDBA KUĆNE INSTALACIJE

Tijekom izgradnje FTTH mreže stvaraju se ukupni troškovi kod izvođenja kućne instalacije svjetlovodnih niti od ulaza u zgradu do krajnjeg korisnika, pogotovo u naseljima gdje se nalaze višestambene zgrade. U većini postojećih zgrada podžbukni kanali (vertikalni i horizontalni razvodi) mogu poslužiti za vođenje svjetlovodnih kabela, ako ne postoje ili su već iskorišteni za druge instalacije poput strujnih kabela ili bakrenih parica. Unutar kanala koji neposredno opslužuju svakog krajnjeg korisnika, postavljaju se svjetlovodni kabeli s manjim brojem niti. [14]

Koliki god bio broj krajnjih korisnika, neovisno o veličini zgrade, preporuča se na uvodu svake zgrade postavljanje odgovarajućih svjetlovodnih prespojnika (kućnih

razvodnih ormarića, a mogu služiti kao fleksibilne prospojne točke između SDM dijela pristupne mreže i kućne instalacije. [14]

6. RAD I ODRŽAVANJE FTTH MREŽE

6.1. STRATEGIJA POSTAVLJANJA MREŽE

Važno je da mrežni operater odabere optimalnu mrežnu arhitekturu, tehnologiju i opremu koja odgovara okolnostima i predloženoj strategiji uvođenja mreže. Topologija mreže – bilo od *Point – to – Point* (P2P) ili *Point – to – MultiPoint* (P2MP) – ima manji utjecaj na operativnu učinkovitost mreže, ali će postati važna za buduću razvojnu strategiju.

Prema [5], postoje tri strategije uvođenja mreže:

- Potpuno uvođenje mreže (obuhvaća sva kućanstva)
- Djelomično uvođenje mreže (korištenje infrastrukture trećih strana)
- Proširenje mreže na temelju zahtjeva pretplatnika

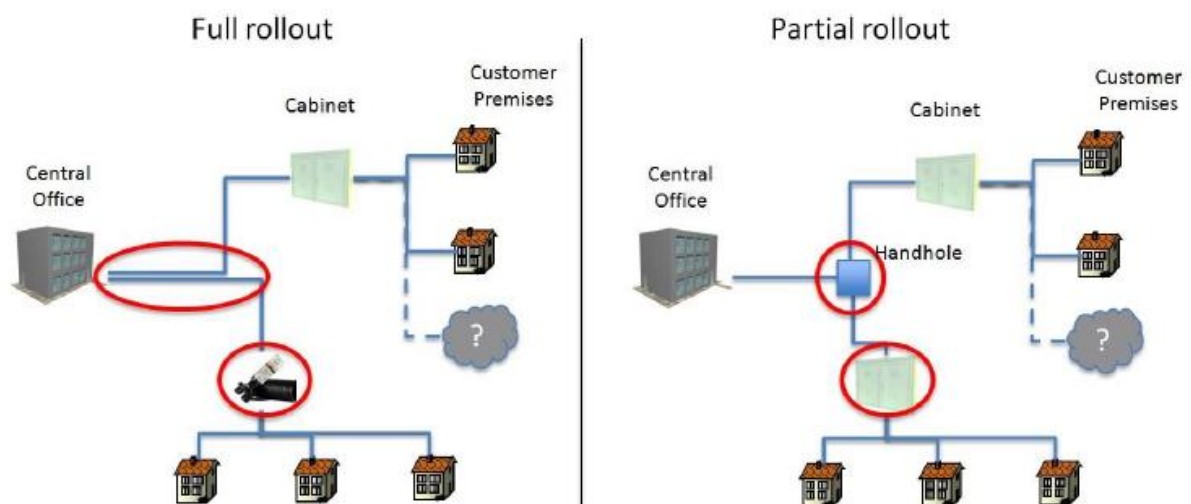
U prvoj strategiji „potpuno uvođenje mreže“, davatelj komunikacija uvodi mrežu unutar cijelog uslužnog područja unutar zadanog vremenskog okvira. Plan uvođenja neovisan je o broju pretplatnika koji će koristiti novu infrastrukturu. Prednost ovog pristupa je u tome što je na samom početku moguće optimizirati uvođenje. Prema [5], optimizacija može obuhvatiti:

- Lokaciju točaka koncentracije vlakana (FCP – ovi)
- Kapacitete kabela i vodova
- Topologiju P2P u odnosu na P2PM
- Stupanj podjele i raspodjele cijepanjem u slučaju topologije P2PM
- Kapacitet rezervnih vlakana
- Ugradnju opreme
- Raspored vlakana na spajalicama i unutar kabela

S ovim pristupom, malo je potrebe za dodavanjem vlakana u nekom trenutku, budući da je mrežni put između pretplatnika i lokalne centrale od samog početka u potpunosti instaliran. Robusni podzemni zatvarači mogu se koristiti na točkama koncentracije vlakana kako bi se smanjio rizik od sloma; rad na tim koncentracijskim točkama uglavnom se provodi tijekom početne faze uvođenja. [5]

U slučaju djelomičnog odvajanja mreže, upotrebljava li operater infrastrukturu treće strane ili proširuje mrežu na temelju zahtjeva pretplatnika, mreža će se postupno širiti i njen dizajn će se stalno mijenjati. Učinkovitost se može postići samo ako je struktura mreže osmišljena tako da bude fleksibilna i ako je potreban broj radnih procesa u izgledu mreže sveden na najmanju moguću mjeru. Stoga bi za postavljanje kabela trebalo uzeti u obzir nadzemne vodove ili konstrukcije temeljene na kanalima / mikrokanalima, što je moguće vidjeti na slici 13. [5]

Sa stajališta ugradnje i održavanja, potrebno je smanjiti broj točaka koncentracije vlakana kako bi se smanjio broj potencijalnih točaka sloma i smanjio opterećenje instalacija. Umjesto podzemnih zatvaranja, optimalan izbor za točke koncentracije vlakana su ormari jer će pristup biti potreban za stalne promjene kako je navedeno na slici 13. Konektori se preporučuju u svim točkama koncentracije vlakana kako bi se omogućila dodavanja i promjene. [5]



Slika 13. Cjelovito⁶ uvođenje (*full rollout*) u odnosu na djelomično⁷ uvođenje (*partial rollout*) optičke mreže. Preuzeto od [5].

U scenariju u kojem se proširenje mreže temelji na zahtjevu pretplatnika mreža će se uspostaviti u određenim zemljopisnim područjima, na primjer dijelovima grada, malih gradova ili sela u skladu s rezultatima analize tržišta ili anketa pretplatnika. Primjerice u Njemačkoj se stopa pretplatnika uzeta veća od 70 % na određenom području smatra dostatnim za pozitivan poslovni slučaj. Druga je mogućnost zahtjeva

⁶ Uvođenje optičke mreže pokriva sva kućanstva na određenom području.

⁷ Uvođenje optičke mreže se odvija postepeno i na zahtjev do pojedinih kućanstava.

poduzeća za pretplatnikom. Zbog viših naknada za usluge za poslovne pretplatnika, može biti korisno povezati pojedinačna poduzeća s vlaknima, posebno ako se nalaze unutar industrijskih područja. Obično završavaju s mesh mrežnom topologijom⁸ na ulicama unutar tih istih industrijskih zona. [5]

6.2. METODE NEOVLAŠTENOG PRIKUPLJANJA INFORMACIJA IZ SVJETLOVODNIH KABELA

Stručnjaci su [16] za svjetlovodne sustave odredili potrebnu snagu signala koji uz sve prisutne gubitke ipak uspijevaju doći s jedne na drugu stranu kabela. Kako bi sustav radio neometano u svakom trenutku zbog nekih nepredviđenih okolnosti, snaga se uvećava za određeni faktor sigurnosti. Informacije se mogu kvalitetno prenositi bez gubitaka ako su sustavi dobro dizajnirani, neispravnih bitova, prekida signala, ili upozorenja na mreži gubicima i anomalijama koje u prijenosni put ubacuju TAP (engl. *Test Access Port*) koji se koriste za neovlašteno prikupljanje informacija i podataka. Informacije iz svjetlovodnih niti mogu se ukrasti na tri načina:

- Metoda priključnih spojnica (eng. *splice*) – dolazi do prekida na svjetlovodnoj niti kako bi se ona prespojila na uređaj za analizu podataka.
- Metoda djelatnika ili obujmica (eng. *splitter or coupler*) – svjetlovodna nit se hvata uz uporabu specijalnih prijemnika i ponovno se reflektira u tu istu nit, te se signal koji je uhvaćen analizira.
- Beskontaktna metoda – metoda kod koje se na svjetlovodnu nit spaja bez fizičkog spajanja.

Svaka od ove tri nabrojane metode koristi uređaje za hvatanje i analizu signala koji se nazivaju TAP uređaji. TAP uređaji koji se većinom nalaze na komercijalnom tržištu visoke su kvalitete te u svjetlovodne niti unose gubitke manje od 3 dB. Za potrebe vojnih i istraživačkih organizacija koriste se uređaji za analizu signala koji unose gubitke manje od 0,3 dB. Zbog toga je jako teško detektirati TAP uređaje, čak i uz korištenje najbolje opreme, gotovo je teško odrediti mjesto njihovog priključenja.

⁸ Mesh topologija se sastoji od čvorova koji mogu imati direktne veze sa više (*partial*) ili sa svim čvorovima u mreži (*full mesh*).

Ovu spoznaju uvelike koriste pojedinci i organizacije koji do vrijednih informacija i podataka dolaze na neovlašten način. [16]

6.2.1. METODA PRIKLJUČNIH SPOJNICA

Ovom metodom se na vrlo jednostavan način prikupljaju informacije koje putuju u obliku svjetlosnog signala kroz svjetlovodnu nit. Presijecanjem optičke niti, te njezinim spajanjem na posebne priključke na koje se spaja TAP uređaj i preko njega se analiziraju presretnuti signali. Kada se prekine nit tada to prekidanje dovodi do kratkotrajnog ispada na prijenosnom putu koji se registrira. Kod ovakvih metoda koje se često koriste, prekidi su vrlo kratkotrajni i zbog toga je moguć vrlo siguran i jeftin dolazak do vrijednih informacija i podataka, budući da su davatelji usluga vrlo slabo opremljeni niti vrše provjeru uzroka kratkotrajnih prekida. [16]

6.3. METODA DJELITELJA ILI OBUJMICA (ENGL. SPLITTER OR COUPLER)

Ovom metodom prikupljaju se informacije na dva načina:

- Svjetlovodne niti na koje se posebna osjetila ne učvršćuju trajno ili
- Svjetlovodne niti na koje se trajno učvršćuju posebne obujmice sa ugrađenim osjetilima [16]

6.3.1. KORIŠTENJE POSEBNIH OSJETILA BEZ NJIHOVOG TRAJNOG UČVRŠĆIVANJA NA SVETLOVODNE NITI

Kada se kod svjetlovodnih niti dogodi savijanje pojave se i dolazi do pojave svjetlosti u refleksnom i zaštitnom sloju. Tada dio svjetlosti iz svjetlovodne niti prolazi kroz pukotinu i ne događa se refleksija na refleksnom sloju. TAP uređaj služi za prihvaćanje signala i njegovog daljnjeg analiziranja, a dobiva ga sa mjesta gdje svjetlost izlazi iz niti i gdje se postavlja posebno osjetilo koje hvata signal. Bez visoko specijaliziranih uređaja ne bi se mogao uočiti gubitak od 1 % koje ovi uređaji naprave. [16]

6.3.2. KORIŠTENJE POSEBNIH OSJETILA KOJA SE TRAJNO UČVRŠĆUJU NA SVJETLOVODNE NITI

Ovom metodom uklanjaju se zaštitni i refleksni slojevi koji se nalaze oko jezgre svjetlovodne niti te se umjesto uklonjenih slojeva postavljaju posebna osjetila. Na osjetilu se dio svjetlosti prilikom prolaska reflektira, a dio se apsorbira i dalje se prenose na TAP uređaj i na njemu se dalje obrađuju. Bez visoko sofisticiranih uređaja vrlo je teško pa i gotovo nemoguće otkriti neovlašteno prikupljanje informacija i podataka, te se na ovaj način u svjetlovodne niti unosi gubitak od svega 0,5 % razine signala. [16]

6.4. BESKONTAKTNE METODE

U američkom patentu US 6.625.710 i europskom patentu 0 915 356 upisane su dvije metode prikupljanja informacija beskontaktnom metodom. Načini i metode prikupljanja informacija iz svjetlovodnih niti bez fizičkog kontakta s njima detaljno su opisani i javno objavljeni na Internetu. U komercijalnoj prodaji ovakvi se uređaji ne mogu kupiti, ali uređaji koji se koriste za ovu metodu *tapinga*⁹ i njihov princip rada također su opisani u patentima. [16]

6.5. SIGURNOST I ZAŠTITA NA MREŽI

Identificiranje sigurnosnih prijetnji je jedan od prvih koraka u planiranju osiguranja mreže. Sustav služi za identificiranje različitih rizika koji mogu dovesti do prijetnje sustavu. Identifikacijom rizika sustav se brani od prijetnji. U slučaju zaštite mreže, potrebno je zaštititi fizičke komponente mreže od različitih nezakonitih ometanja rada na sustavu. Najvažnije je zaštititi fizičke komponente od svih vrsta nezakonitog ometanja. [15]

Drugi način zaštite je kada se poduzmu mjere koje su tehničke naravi, pa nije moguće pristupiti informacijama unutar pristupnih podataka, ako prva mjera zaštite zakaže. [15]

Vremenske nepogode mogu negativno djelovati na optičku mrežu i kablove te ih je potrebno zaštititi. Postoje dvije vrste kablova koji se koriste kod vanjskih kablova s više vlakana i koji se dodiruju s vodom. Prva vrsta kabela je kabel s korištenim gelom, odnosno materijalom kojeg čini gel i koji štiti vlakna od vode, a druga vrsta je tzv.

⁹ Krađa informacija iz svjetlovodnih kabela.

„suha“ inačica kabela kod kojeg se može naći apsorbirajući polimer u obliku praha i kada dođe u dodir s vodom štiti od utjecaja vode na vlakna. Prednost „suhih“ kablova je u tome što kada se radi s gelastim kabelima potrebno je maknuti gel, što kod „suhih“ kablova nije potrebno činiti. [15]

7. ZAKLJUČAK

Pristupna mreža igra ključnu ulogu u pružanju usluga krajnjim korisnicima. Optika je već danas postala pitanje kvalitete suvremene proizvodnje, a uskoro će postati i pitanje kvalitete života. Znači tamo gdje je bila bakrena telefonska žica, sada je optička nit i optički priključak. Budući da optička vlakna koriste svjetlo umjesto električne energije za prijenos podataka, frekvencije koje se koriste su mnogo veće, a kapacitet podataka je puno veći. Optički kabel izgrađen je od stakla ili plastike koji nisu osjetljivi na elektromagnetske smetnje poput metalnih kabela. To omogućuje protok podataka s velikih udaljenosti. Smetnje i gubitak energije su ograničavajući faktor za sve vrste komunikacijskih prijenosa, a vlakna optike te čimbenike rješavaju mnogo bolje nego ostali načini prijenosa.

U budućnosti će sve više i više ljudi biti povezano putem optičkih vlakana dok već pomalo zaboravljamo starije infrastrukture na bazi bakra. Najveće ograničenje koje sprječava široko prihvaćanje optičkih vlakana su troškovni zahtjevi za implementaciju novih vlakana – optičkih vlakana kod stare infrastrukture poput DSL-a i kabela koji još uvijek služe kupcima. Instalacija nove optičke mreže velik je kapitalni izdatak za pružatelje usluga. Međutim, kako se troškovi održavanja starih bakrenih mreža s vremenom povećavaju, sve više i više će se odlučiti za nadogradnju na vlakna, ako ne samo iz financijskih razloga. Budući da se povećava potražnja potrošača za boljim i bržim širokopojsnim mrežama, davatelji usluga morat će instalirati optičke mreže da bi zadovoljili tu potražnju.

LITERATURA

- [1] Forenbacher, I., Peraković, D., Periša, M.,: Auditorna predavanja iz kolegija Arhitektura telekomunikacijske mreže (Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2019) Dostupno s: <https://moodle.srce.hr/2019-2020/> [Pristupljeno: studeni 2020.]
- [2] Bažant Alen i dr., (2007.), Telekomunikacije – tehnologija i tržište; Element; Zagreb
- [3] Manger, R., Bujanović, Z.,: Predavanja iz kolegija Mreže Računala (PMF – Matematički odsjek, Zagreb, 2014)
- <https://web.math.pmf.unizg.hr/nastava/mreze/slideovi/2014/Predavanja/MR%20-%20Predavanja%20-%202003.pdf> [Pristupljeno: studeni 2020.]
- [4] Carritech, Fiber To The X, 2020. <https://www.carritech.com/news/fttx-fiber-to-the-x-explained/> [Pristupljeno: prosinac 2020.]
- [5] Eileen Connolly Bull., (2018.), FTTH Council Europe: FTTH Handbook, Edition 8
- [6] Karaica, I.: FTTx mrežne tehnologije, TVZ, Stručni studij elektrotehnike, Završni rad, srpanj 2009. [Pristupljeno: studeni 2020.]
- [7] German Santos – Boada, Jordi Domingo – Pascual, 12th WSEAS International Conference on COMMUNICATIONS, Heraklion, Greece, July 23-25, 2008 [Microsoft Word - communications-FIRST.DOC \(wseas.us\)](https://www.wseas.us/conferences/communications-2008/communications-FIRST.DOC) [Pristupljeno prosinac 2020.]
- [8] ShopKerman, Katalog, 2021. <https://shop.kerman.hr/Katalog/Detalj/104344?Koaksijalni-kabel-50ohm/5.4mm/crni> [Pristupljeno: prosinac 2020.]
- [9] Miškić, I. : Arhitektura i značajke IPTV mreže, FPZ, Završni rad, 2018. [Pristupljeno: siječanj 2021.]
- [10] Fiber Optic Share, PON vs AON, 2020. <http://www.fiberopticshare.com/ftth-access-networks-aon-vs-pon.html> [Pristupljeno: siječanj 2021.]
- [11] Techopedia, Point of Presence, 2020. <https://www.techopedia.com/definition/1704/point-of-presence-pop> [Pristupljeno: siječanj 2021.]
- [12] Lutkevich, B., Fiber To The Home <https://searchnetworking.techtarget.com/definition/last-mile-technology> [Pristupljeno: siječanj 2021.]

[13] Netspeed, What is Internet Bottleneck ?, (2020.) <https://netspeed.one/internet-bottleneck/> [Pristupljeno: siječanj 2021.]

[14] Tehno-ekonomska obilježja izgradnje FTTH mreža, Lator d.o.o, (prosinac 2011.) [Pristupljeno:siječanj2021.]

https://www.hakom.hr/UserDocsImages/2012/studije/Studija_Tehnoekonomska%20obilje%20izgradnje%20FTTH%20mre%20v%201%200.pdf

[15] Đuračić, S.: Višeuslužne sveoptičke pristupne mreže, FPZ, Završni rad, 2018. [Pristupljeno: veljača 2021.]

[16] Carnet, Sigurnost i svjetlovodi, (2007.) <https://www.cis.hr/www.edicija/LinkedDocuments/CCERT-PUBDOC-2007-06-195.pdf> [Pristupljeno: veljača 2021.]

[17] Hrvatska agencija za poštu i elektroničke komunikacije, (listopad 2010.) https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2010_10_114_3017.html [Pristupljeno: lipanj 2021.]

POPIS KRATICA

KRATICA	ENGLISKI NAZIV	OBJAŠNJENJE
FTTH	Fiber to the home	Pristup mreži putem svjetlovodnih niti
GPON	Gigabit Passive Optical Network	Gigabitna pasivna optička mreža
DSL	Digital Subscriber Network	Pristup mreži putem bakrene parice
DSLAM	Digital Subscriber Line Access Multiplexer	Multiplesor koji se obično nalazi u telefonskim centralama i omogućava međuspoj digitalnih pretplatničkih linija
EPON	Ethernet Passive Optical Network	Ethernet pasivna optička mreža
P2PM	Point – to – Multipoint	Samostalno vlakno koje vodi od točke grananja do pretplatnika
P2P	Point – to – Point	Vlakna koja vode od izvora do pretplatnika
PON	Passive Optical Network	Pasivna optička mreža
POP	Point of Presence	Pristupni čvor
VDSL	Very – high – bit – rate Digital Subscriber Line	Nadogradnja ADSL tehnologije koja omogućuje veće brzine prijenosa
WiMAX	Worldwide Interoperability for Microwave Access	Telekomunikacijski protokol koji omogućava mobilni i stajaći internet
APON	Asynchronous Transfer Mode – based PON	Asinkroni način prijenosa baziran na PON – u

GPON	Gigabit PON	Nova vrsta pasivne optičke mrežne propusnosti
BPON	Broadband PON	Poboljšana verzija APON-a
WDM – PON	Wavelength Division Multiplexing PON	Tip pasivne optičke mreže koji se temelji na upotrebi različitih valnih duljina za svakog pojedinog pretplatnika
ISP	Internet Service Provider	Davatelj internetskih usluga
TAP	Test Access Port	Uređaj za neovlašteno prikupljanje informacija i podataka
DP	Distribution Point	Distribucijski čvor
SDM	Drop / Terminating	Svjetlovodna distribucijska mreža
SGM	Feeder / Distribution	Glavna svjetlovodna mreža
MPoP	Metro Point of Presence	Lokalni čvor

SLIKE

Slika 1. Segmentacija telekomunikacijske mreže [1].....	3
Slika 2. Koaksijalni kabel [8].....	5
Slika 3. Prikaz optičkog vlakna do kućanstva FTTH [6].....	6
Slika 4. Prikaz optičkog vlakna do zgrade (FTTB) [6].....	7
Slika 5. Prikaz optičkog vlakna do pločnika (FTTC) [6].....	8
Slika 6. Optičko vlakno do ormarića/distribucijskog čvora Fiber to the Cabinet/Node [6].....	9
Slika 7. Prikaz mreže P2MP [5].....	10
Slika 8. Prikaz P2P mreže [5].....	11
Slika 9. Aktivna optička mreža [10].....	13
Slika 10. Pasivna optička mreža [10].....	14
Slika 11. Dijelovi i čvorovi u FTTH mreži [14].....	22
Slika 12. Pregled opcija vođenja kabela i smještaja opreme u FTTH mreži [14].....	24
Slika 13. Cjelovito ⁶ uvođenje (<i>full rollout</i>) u odnosu na djelomično ⁷ uvođenje (<i>partial rollout</i>) optičke mreže [5].....	30

TABLICE

Tablica 1. Infrastrukturni elementi FTTH mreže.....	16
---	----



Sveučilište u Zagrebu
Fakultet prometnih znanosti
10000 Zagreb
Vukelićeva 4

IZJAVA O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI I SUGLASNOST

Izjavljujem i svojim potpisom potvrđujem kako je ovaj završni rad

isključivo rezultat mog vlastitog rada koji se temelji na mojim istraživanjima i oslanja se na objavljenu literaturu što pokazuju korištene bilješke i bibliografija.

Izjavljujem kako nijedan dio rada nije napisan na nedozvoljen način, niti je prepisan iz necitiranog rada, te nijedan dio rada ne krši bilo čija autorska prava.

Izjavljujem također, kako 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 završnog rada

pod naslovom Analiza značajki pristupne mreže Fiber to the Home

na internetskim stranicama i repozitoriju Fakulteta prometnih znanosti, Digitalnom akademskom repozitoriju (DAR) pri Nacionalnoj i sveučilišnoj knjižnici u Zagrebu.

U Zagrebu, 6/14/2021

Student/ica:

Marko Marinčić

(potpis)