

PROJEKTOVANJE PASIVNE OPTIČKE MREŽE**PASSIVE OPTICAL NETWORK DESIGN**Nemanja Gligorić, Željko Trpovski, Dejan Nemeć, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – SAOBRAĆAJ**

Kratak sadržaj – Rad se bavi planiranjem i realizacijom optičke pristupne mreže. Na početku prolazi se kroz pojave koje se dešavaju u optičkom vlaknu i kako ono funkcioniše. Nakon toga obrađuje se proces planiranja i realizacije optičkih mreža.

Ključne reči: Optičko vlakno, pasivna optička mreža, strateško planiranje mreže, vlakno do doma.

Abstract – The paper deals with the planning and implementation of the passive optical network. At the beginning, we go through how optical fiber works, after we mention the optical networks planning process and the implementation process.

Keywords: Optical fiber, passive optical network, strategic network planning, fiber to the home

1. UVOD

Usled povećanja obima internet saobraćaja, elektronskog poslovanja, razmene multimedijalnih sadržaja i dr, porasla je i potreba za medijumom koji će moći da prenese tako veliku količinu informacija. Optički medijum ima mogućnost prenosa podataka ekstremno velikim brzinama, pa nije čudo što se optička mreža nameće kao najbolje rešenje.

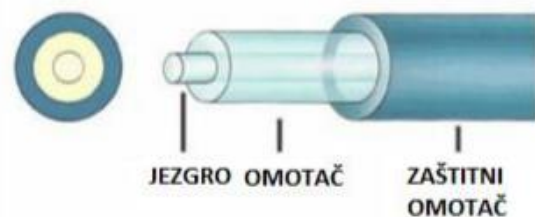
Poslednjih decenija, razvoj i modernizacija telekomunikacionih mreža i sistema u najvećoj meri određuju paketski orijentisane usluge, kao što je internet, ali i druge usluge kao što su IP (*Internet Protocol*) telefonija, HD (*High Definition*) televizija, video konferencije i mnoge druge. Brzi razvoj optičke tehnologije omogućio je pad cena komponenti i uređaja optoelektronskog telekomunikacionog sistema. Propusni opseg postao je dostupniji jer je njegova cena na tržištu pala.

Zbog sve zahtevnijih potreba korisnika u svetu teži se ka izgradnji optike do doma (FTTH – *Fiber To The Home*). Izgradnjom optike do doma u pristupnoj mreži ostvaruju se mogućnosti za lako povećanje binarnog protoka, a samim tim i garantovani kvalitet i povećan stepen sigurnosti mreže.

2. OPTIČKO VLAKNO

Prenos signala kroz optičko vlakno (Slika 1.) realizuje se u obliku moduliranih svetlosnih impulsa. Ovo je najpouzdaniji način za prenos podataka jer se optički kablovi ne

moгу prisluškivati, a postižu se brzine prenosa koje se ne mogu ostvariti primenom drugih prenosnih medija, bez obzira na ogroman napredak ostvaren i u prenosu kroz bakarnu paricu i bežičnim putem. Dobra strana kod optičkih vlakana jeste i to što imaju mala slabljenja prilikom prenosa, a električne smetnje ne utiču na prenos.



Slika 1. Struktura optičkog vlakna

Razlozi za upotrebu optičkog vlakna:

- prenos na velike udaljenosti bez repitatora i regeneratora,
- veliki kapacitet,
- smanjena cena sistema,
- smanjena cena održavanja,
- bolji kvalitet,
- najmanja cena životnog ciklusa,
- male dimenzije,
- mala težina,
- dielektrična priroda,
- unutrašnja zaštita prenosa,
- međusobni odnos osobina optičkog vlakna i faktora koštanja njegove primene [1].

Optičko vlakno se prema indeksu prelamanja može podeliti na dve vrste:

1. Step indeks (SI – *Step Index*) vlakno – To je vlakno sa dve vrednosti indeksa prelamanja, sa skokovitom promenom.
2. Gradijentno (GI – *Graded Index*) vlakno – To je vlakno sa kontinualnom, gradijentnom promenom vrednosti indeksa prelamanja.

Optička vlakana se još mogu podeliti prema broju modova koji se prostiru kroz jezgro, i mogu biti:

1. Multimodna – kroz jezgro se prostire više modova (stotine modova, čak i hiljade modova).
2. Monomodna – kroz jezgro se prostire samo jedan mod.

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Željko Trpovski, vanr. prof.

3. POJAVE U OPTIČKOM VLAKNU

Veoma važne pojave koje se javljaju u optičkom vlaknu, prilikom prostiranja signala jesu:

- slabljenje optičkog signala,
- disperzija signala i
- nelinearnost u vlaknu.

Slabljenje signala izaziva smanjenje snage signala.

Disperzija se događa kada se kratkotrajni svetlosni signal emitovan na ulazu u vlakno polako proširuje u toku prenosa kroz vlakno. Pri ulazu u prijemnik ne sme doći do preklapanja svetlosnih impulsa, pa pojava disperzije izaziva ograničenja u brzini.

Pojava nelinearnosti može usloviti jačinu signala, brzinu bitnog protoka ili dužinu veze [2].

4. PASIVNA OPTIČKA MREŽA

Pasivne optičke mreže, PON (*Passive Optical Networks*) se već godinama smatraju jednom od najpogodnijih opcija za realizaciju različitih varijanti optičkih mreža za pristup. PON su počele da se razvijaju još 80-ih godina prošlog veka, prvobitno kao optička infrastruktura za telefoniju (TPON – *Telephony PON*).

Danas su PON širokopojasne mreže implementirane kao A/BPON (*ATM/Broadband PON*), EPON (*Ethernet PON*) ili GPON (*Gigabit PON*) i predstavljaju jedno od najpogodnijih rešenja za kvalitetan, brz, ekonomičan i pouzdan širokopojasni multiservisni pristup [5].

4.1 Arhitektura PON mreže

PON mreža se sastoji od optičkih linijskih terminala (OLT – *Optical Line Terminal*) smeštenih u centrali (CO – *Central Office*) i skupa optičkih mrežnih jedinica (ONU – *Optical Network Unit*), smeštenih na lokaciji korisnika ili njegovoj neposrednoj blizini (Slika 2.).

Lokacija ONU jedinice određuje tip PON mreže za pristup (FTTx).

Između OLT i ONU nalazi se optička distributivna mreža (ODN – *Optical Distribution Network*) koja se sastoji od optičkih vlakana i pasivnih splitera/kombajnera optičkog snopa.

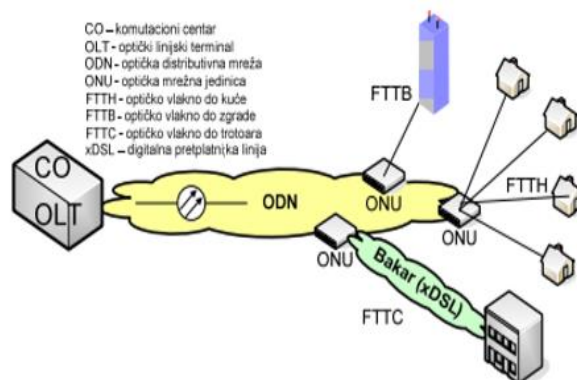
OLT oprema u CO povezuje optičku mrežu za pristup sa MAN/WAN (*Metro Area Network/Wide Area Network*) mrežama (PSTN – *Public Switched Telephone Network*, Internet, Ethernet, ATM – *Asynchronous Transfer Mode*, CaTV – *Cable Television* i dr).

ONU predstavlja interfejs između korisnika i PON mreže. Osnovna funkcija ONU jedinice je da primi saobraćaj u optičkom domenu, konvertuje ga u električni i razdvoji signal na servise po zahtevu korisnika.

U *downstream* smeru (od centrale ka korisniku), saobraćaj od OLT jedinice se distribuira svim ONU jedinicama, koje zatim, na osnovu određene adrese, vrše procesiranje saobraćaja koji je njima upućen.

U *upstream* smeru (od korisnika ka centrali), korišćenje raspoloživih resursa vrši se na bazi TDMA (*Time Division Multiple Access*) višestrukog pristupa, pod kontrolom

OLT jedinice, koja vrši dodelu vremenskih slotova za sinhronizovani prenos podataka svih ONU jedinica. Svakom korisniku mreže mogu biti dodeljeni fiksni (statički) ili varijabilni (dinamički) resursi [5].



Slika 2. FTTx varijante PON

4.2 FTTH koncept

Nove usluge kao što su video na zahtev, interaktivna IPTV, HDTV, 3DTV, video konferencija, telemedicina i ostale aplikacije koje zahtevaju značajniji kapacitet glavni su pokretači razvoja FTTH pristupnih mreža, koje mogu zadovoljiti sve veće zahteve u pogledu brzine prenosa.

Današnje potrebe privatnih korisnika za komunikacionim podacima su 100 Mbit/s u dolaznom smeru i 30 Mbit/s u odlaznom smeru, a takođe su sve veći zahtevi i za simetričnost (dolazni i odlazni smer prenosa).

Preovladavajuća, danas implementirana rešenja širokopojasnih pristupnih mreža su mreže temeljene na digitalnoj pretplatničkoj liniji (DSL – *Digital Subscriber Line*).

Međutim, ova tehnologija ima ograničenja jer je zasnovana na infrastrukturi koja je primarno namenjena prenosu govora.

S obzirom na ograničenja postojećih bakarnih parica, nemoguće je svim paricama u nekom kablju dodeliti neku DSL tehnologiju, jer bi u takvom scenariju međusobni štetni uticaji (tzv. preslušavanja) između parica u kablju bili preveliki i dodatno bi ograničili domet i kvalitet prenosa.

U narednom periodu očekivano je da će operatori ulagati u optičku pristupnu infrastrukturu, a sve s ciljem zadovoljenja potreba korisnika, odnosno kako bi bili u mogućnosti ponuditi široki opseg usluga.

Izgradnjom optike do kuće (FTTH) u pristupnoj mreži se ostvaruju mogućnosti za lako povećanje binarnog protoka, a samim tim i garantovani kvalitet usluge (QoS – *Quality of Service*) i povećan stepen sigurnosti mreže.

Prva FTTH pristupna mreža instalirana je na Floridi 1986. godine. Tehnološki to je bila najsavršenija mreža, telekomunikacioni operatori su u to vreme odustali od dalje instalacije FTTH mreža zbog nekoliko razloga.

Prvi razlog je što regulacioni propisi u to vreme nisu postojali, a i tržište nije bilo pripremljeno za korišćenje takvih širokopojasnih mreža. Cena servisa koje je nudila takva mreža bila je višestruko veća od cene istih koje nude klasične pristupne mreže, zbog jako skupih optičkih komponenta.

Postavlja se pitanje zašto nam je potrebna optika do kuće, ili optika do neke tačke u blizini. Usled porasta potražnje širokopojasnih usluga, pojavljuje se potreba za sve većim protokom tj. propusnim opsegom [3].

5. PLANIRANJE I REALIZACIJA OPTIČKIH PRISTUPNIH MREŽA

Prilikom implementacije svake FTTH mreže, glavni cilj je ispuniti očekivanja investitora po pitanju prihoda, definisanog po utvrđenim poslovnim parametrima, ali i pružiti krajnjim korisnicima dogovoreni kapacitet linka i servis, koristeći optimalni proces implementacije.

Do ovakvog cilja se može doći samo pažljivim planiranjem FTTH mreže i pridržavanjem dogovorenih odluka u fazi implementacije mreže.

Planiranje se odnosi na kompletan proces pripreme za implementaciju FTTH mreže. Razlikuju se tri faze u planiranju FTTH mreže.

Prvu fazu planiranja FTTH mreža predstavlja strateško planiranje mreže i kroz nju se dobijaju dva važna odgovora. Prvi je opravdanost ulaganja u instalaciju FTTH mreže za određenu geografsku regiju. Drugi značajan rezultat je npr. koja arhitektura mreže bi trebalo da bude izabrana, odnosno koji kabl i koja tehnologija polaganja kabla treba biti izabrana.

High-level planiranje mreže predstavlja fazu u kojoj se donose strukturalne odluke za određeno geografsko područje. Ova faza planiranja podrazumeva postavljanje distributivnih tačaka, u zavisnosti od geografsko-demografskih faktora.

Takođe, tada se pravi preliminarni predmet opreme potrebne za instalaciju mreže, koji obuhvata dužine kablova i kablovske kanalizacije (dužina cevovoda i broj okana), kao i količine različitih tipova aktivne i pasivne opreme. Cilj nam je da za rezultat dobijemo mrežu optimalne cene, pritom vodeći računa na ograničenja koja su rezultat prethodnog koraka planiranja.

Treća faza planiranja se odnosi na detaljno planiranje mreže, koje predstavlja izradu detaljnog tehničkog opisa, koji će biti prosleđen izvođaču radova. Ova dokumentacija sadrži planove splajsovanja, raspored *Rack* ormana i *Patch* panela u *Rack* ormanima.

Generalno, navedene tri faze prate jedna drugu sekvencijalno tokom trajanja celokupnog projekta. Međutim, neke odluke koje su donešene na samom početku projekta treba, ponekad, revidirati na osnovu novodobijenih činjenica.

U takvim situacijama, veoma je važno da omogućimo vraćanje korak unazad, kako bi se odluka revidirala na osnovu novih činjenica. Za ovakve operacije idealno je koristiti softverske alate koji nam pružaju visok nivo automatizacije i optimizacije procesa planiranja.

U početku, projekti mreže su bili izrađivani ručno, crtajući objekte na već pripremljenoj mapi, prvo na papiru, a kasnije pomoću CAD (*Computer-Aided Design*) softverskih paketa. U svakom slučaju, samo planiranje je bilo ručno, i kao takvo bilo je vremenski neefikasno i podložno greškama. Iz tog razloga, tadašnji projekti su

često bili ignorisani, ili tretirani kao teoretski projekat, a planer bi se odmah zatim fokusirao na detaljnu fazu planiranja.

Druga mana ovakvog pristupa jeste ta što plan nije sadržao, ili je sadržao vrlo malo, naprednih podataka o samim komponentama mreže, zato što nije bilo nikakve baze podataka o njima, što je činilo mreže izrađene na osnovu ovakvih projekata teške za održavanje.

Danas, mnogi od ovih problema su rešeni korišćenjem softvera baziranom na GIS-u (*Geographic Information Systems*). Ovakav softver povezuje automatski objekte na mapi sa svim objektima iz baze podataka, prateći sve podatke iz drugih baza podataka o zadatim komponentama u mreži, a koji mogu biti ograničavajući faktori.

FTTH alati za planiranje čine proces planiranja efikasnijim, ne samo u pogledu vremena (automatizacija procesa), već i zbog kvaliteta mrežnog planiranja (korišćenje predefinisanih modela planiranja) i nivoa optimizacije planova (inteligentni optimizacioni algoritmi) [4].

6. ZAKLJUČAK

Velika rasprostranjenost interneta i upotreba servisa koji zahtevaju visoku brzinu prenosa i propusnost signala naterali su povajdere da mrežu bakarnih kablova sve više zamenjuju optičkim kablovima. Optičke mreže imaju mnoge prednosti u odnosu na bakarne: brzina prenosa, dugotrajnost, manje slabljenje, vremenska isplativost optičkog vlakna i dr.

Zbog čestih povećanja očekivanja korisnika u pogledu kvaliteta servisa, provajderi su prinuđeni da kvalitet servisa konstantno unapređuju.

Servisi kao video konferencije, IPTV, IP telefonija, HD televizija zahtevaju visoke performanse mreže, koje se postižu optičkim mrežama. Osnovni cilj savremenih telekomunikacionih mreža jeste skraćivanje pretplatničke petlje i približavanje širokopojasne mreže korisnicima usluga.

Danas je sve popularniji FTTH koncept koji se smatra trenutno najboljim rešenjem za zahtevne korisnike u pogledu kvaliteta usluge.

Izgradnjom optike do doma u pristupnoj mreži se ostvaruju mogućnosti za lako povećanje binarnog protoka, a samim tim i garantovani kvalitet i povećan stepen sigurnosti mreže.

Prilikom implementacije svake FTTH mreže, glavni cilj je ispuniti očekivanja investitora po pitanju prihoda, definisanog po utvrđenim poslovnim parametrima, ali i pružiti krajnjim korisnicima dogovoreni kapacitet linka i servis, koristeći optimalni proces implementacije.

Do ovakvog cilja se može doći samo pažljivim planiranjem FTTH mreže i pridržavanjem dogovorenih odluka u fazi implementacije mreže. Planiranje se odnosi na kompletan proces pripreme za implementaciju FTTH mreže.

Tri najbitnije faze u planiranju i projektovanju FTTH mreža jesu:

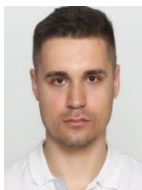
1. strateško planiranje mreže,
2. *high-level* planiranje mreže i
3. detaljno planiranje mreže.

Pored pomenutih faza mora se izuzetno voditi računa o resursima planiranja mreže, dokumentaciji, kao i da upravljanje projektom bude izvršeno na profesionalnom nivou, a pre svega mora postojati dobro razumevanje tržišta i potreba klijenata. Dobro izvedene faze projektovanja su predoslov za kvalitetno izgrađenu optičku mrežu zahtevanih karakteristika.

7. LITERATURA

- [1] <https://www.automatika.rs/baza-znanja/obrada-signala/karakteristike-i-upotreba-mreza-saoptickim-vlaknima.html>, (pristupljeno u decembru 2019.)
- [2] M. Popović, D. Vukobratović, K. Kasaš-Lažetić, M. Despotović, Optički komunikacioni sistemi, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, 2004.
- [3] https://sr.wikipedia.org/src/Mre%C5%BEa_putem_opti%C4%8Dkih_kablova#Gubici_usled_savijanja, (pristupljeno u decembru 2019.)
- [4] <http://postel.sf.bg.ac.rs/simpozijumi/POSTEL2012/RADOVI%20PDF/Telekomunikacioni%20Osaobracaj,%20mreze%20i%20servisi/17.%20M.%20Krsmanovic,%20M.%20Jovanovic.pdf>, (pristupljeno u decembru 2019.)
- [5] Elmedin Biberović, Upotreba FTTH mreže i njena ekonomska opravdanost, INFOTEH-JAHORINA Vol. 13, March 2014.

Kratka biografija:



Nemanja Gligorić rođen je u Vrbasu 1994. god. Master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Telekomunikacija, 2019.god.



Željko Trpovski rođen je u Rijeci 1957. godine. Doktorirao je na Fakultetu tehničkih nauka 1998. god. Oblast interesovanja su telekomunikacije i obrada signala.



Dejan Nemeč rođen je 1972. god. Diplomirao, specijalizirao i magistrirao je na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Elektrotehnike i računarstva. Oblast interesovanja su telekomunikacije i obrada signala.