

Optičko kabliranje

Nemanja Andrić
Fakultet tehničkih nauka, Čačak
Informacione tehnologije, Inženjer IT, 2016
andric91@hotmail.com
Prof. dr Risto Bojović

SAŽETAK

Optičke telekomunikacione mreže, zbog sve većih zahteva za informacionim kapacitetom, danas su u velikoj meri poprimile širokopojasni karakter, kako u svom transportnom tako i u pristupnom delu. Ogromna većina telekomunikacionog saobraćaja u transportnim mrežama realizuje se preko optičkih vlakana, a dominantni standardi su SDH/SONET i Carrier Ethernet paketski prenos. Podrška na optičkom nivou obezbeđena je primenom WDM tehnologije multipleksiranja. WDM sistemi se pod određenim uslovima mogu koristiti i za direktan prenos IP-a, što vodi ka razvoju savremenih potpuno optičkih mreža. Zbog visokih bitskih brzina kao i brojnih pretnji i napada na ove mreže, bez obzira na primenjene tehnologije, razvoj i implementacija sistema zaštite podataka u njima zahteva posebnu pažnju. U ovom radu dat je akcenat na optičko kabliranje u optičkim telekomunikacionim mrežama. Opisani su optički kablovi navedeni tipovi i vrste optičkih vlakana, osnovne prednosti i mane optičkih kablova, karakteristike prenosa signala optičkim kablovima, kako i slabljenje signala u samom optičkom kablju. Izneta su neka dostupna komercijalna rešenja u vidu projekta za kabliranje jednog objekta, izvršeno poređenje stranih i domaćih rešenja i predložen mogući načini implementacije u konkretan telekomunikacioni sistem.

Ključne reči: telekomunikacioni sistem, optika, optička vlakna, optički kablovi, optičko kabliranje.

ABSTRACT

Optical telecommunication networks, due to increasing demands for information capacity, are now largely assumed the character of broadband, both in its transport and in the access part. The vast majority of telecommunications traffic in transportation networks is realized through optical fibers, and the dominant standards are SDH/SONET and Carrier Ethernet packet. Support on the optical level is provided using WDM multiplexing technology. WDM systems, under certain conditions may be used for direct transmission of IP, which leads to the development of modern fully optical networks. Due to the high bit rates as well as numerous threats and attacks on the network, regardless of the applied technology, development and implementation of data protection in them require special attention. In this paper, the focus is on optical cabling in optical telecommunications networks. Specified types and kinds of optical fiber, the basic advantages and disadvantages of optical fiber, optical signal transmission characteristics cables, as well as signal attenuation in optical cables. This paper expressed some available commercial solutions in the form of a project for the wiring of the building, made comparison of foreign and domestic solutions and suggested possible ways of implementing the specific telecommunication system.

Keywords: telecommunications system, optics, optical fibers, optical cables, optical cabling.

1 Uvod

Potreba za prenosom podataka stara je koliko i sami podaci. Još od pojave prvih informacija ljudi su imali određena sredstva prenosa informacija koja su se vremenom usavršavala, uzmimo na primer pisanu pošiljku koju pratimo kroz prostor i vreme. U početku se između plemena za prenos poruke koristio čovek kao najsigurnije sredstvo, kasnije je usavršavanjem prenosa podataka čovek koristio konja kao prevozno sredstvo, pa je pored sigurnosti dobijena i brzina, daljim usavršavanjem povećavaju se daljine, brzine i veličine tih podataka, pa tako od kočija, pa preko goluba pismoša, do modernog doba od automobila, do aviona i satelita.

Sa razvojem informacionih tehnologija i sve većim zahtevima za velikom brzinom i propusnim opsegom za prenos digitalnih signala postavlja se pitanje da li će postojaća komunikaciona infrastruktura zadovoljiti potrebe ne tako daleke budućnosti. Ekspanzija interneta dovela je do težnje ka integraciji raznih komunikacionih servisa kao što su npr. telefoniranje i video konferencije preko interneta, radio, TV, HDTV kao i mnogi drugi servisi koji često zahtevaju komunikaciju u realnom vremenu. Zbog toga je neophodno utvrditi da li postojeći standardi i načini povezivanja – kabliranja mogu da podrže neophodnu stabilnost prilikom prenosa govora, videa, i masovne količine podataka.

U poslednje vreme optička vlakna su izuzetno korisna zbog činjenice da omogućavaju transfer podataka po ekstremno velikim protocima, odnosno velikoj količini bitova po sekundi. Takav transfer funkcioniše slanjem impulsa svetlosti kroz samo optičko vlakno, a svetlo formira elektromagnetni talas koje se modulira da prenosi informacije. Optička vlakna prenose digitalne signale u obliku moduliranih svetlosnih impulsa. Ovo je relativno bezbedan način prenošenja podataka jer optički kablovi ne mogu da prenose električne impulse pa se i ne mogu prislušivati, a podaci su bezbedni od krađe. Takođe, kablovi od optičkih vlakana ne podležu električnim smetnjama, imaju najmanje slabljenje signala duž kabla i podržavaju izuzetno velike brzine prenosa podataka na velikim udaljenostima. Najčešće čine osnovu tj. kičmu (backbone) bilo koje ozbiljnije telekomunikacione mreže.

2 Optički kablovi

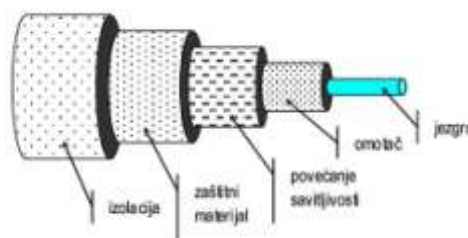
Kod ove vrste kablova, optička vlakna prenose digitalne signale u obliku moduliranih svetlosnih impulsa. Ovo je relativno bezbedan način prenošenja podataka jer optički kablovi ne mogu da prenose električne impulse pa se i ne mogu prislušivati, a podaci su bezbedni od krađe. Takođe, kablovi od optičkih vlakana ne podležu električnim smetnjama, imaju najmanje slabljenje signala duž kabla i podržavaju izuzetno velike brzine prenosa podataka na velikim udaljenostima. Najčešće čine osnovu tj. kičmu (backbone) bilo koje ozbiljnije telekomunikacione mreže.

Optički kablovi se koriste i u slučajevima umrežavanja više objekata, gde se sa bakarnim kablovima mogu očekivati problemi sa uzemljenjem i atmosferskim prašnjenjima. Optičke veze osim velike brzine prenosa obezbeđuju i potrebno razdvajanje instalacija. Često se postavljaju u objektima, u slučajevima kada se predviđa veliki mrežni saobraćaj između spratnih (vertikalnih) razvoda u odnosu na centar mreže. Prilikom postavljanja ovih kablova potrebno je poštovati pravila o savijanju jer isuviše veliki ugao savijanja može sprečiti prostiranje svetlosti.

Sistemi prenosa sa optičkim kablovima se sastoje iz tri osnovna funkcionalna dela, a to su predajnik (izvor svetlosti: LED ili laserska dioda), optičko vlakno i prijemnik (foto senzor). Standardni električni signal se dovodi na lasersku ili LED diodu koje vrše konverziju u svetlost, zatim se svetlost ubacuje u optičko vlakno na čijem drugom kraju je prijemnik koji vrši opto-električnu konverziju posle koje se dobija standardni električni

signal. Princip po kome se informacija prenosi po optičkom vlaknu bazira se na fizičkom fenomenu pod nazivom totalna refleksija.

Svako optičko vlakno se sastoji iz jezgra koga čini staklo određenog indeksa prelamanja i omotača presvučenog preko jezgra. Ovaj omotač je takođe od stakla, ali ono ima drugu vrednost indeksa prelamanja. Svetlost se ubacuje u jezgro pod određenim uglom potrebnim da dođe do totalne refleksije, zbog koje se svetlosni zrak neprestalno odbija od granične površine jezgro/omotač putujući tako kroz vlakno do prijemnika. Ponekad vlakna mogu biti napravljena i od plastike. Sa plastikom se lakše radi, ali ona ne može da prenese svetlosne impulse na razdaljine na koje to mogu staklena vlakna.



Slika 2.1 – Sastav optičkog kabla

2.1 Tipovi optičkih kablova

U zavisnosti od namene kablova, gde se oni postavljaju, koliki broj vlakana sadrže razlikujemo sledeće kablove:

- Instalacione kablove - Sam naziv nam kaže da se oni služe za instalaciju unutar objekata.
- Uvlačni - Postavljaju se unutar cevi u TK¹ kanalizaciji.
- Armirani - Nešto jače sekundarne zaštite, armirane; od ostalih kablova; jer se postavlja direktno u zemlju gde se mora obratiti pažnja na spoljašnje uticaje.
- Samonosivi - Imaju čeličnu žicu koja pomaže kablju da se ne istegne više nego što je dozvoljeno pri čemu bi se slabljenje povećalo, a prenos informacije bio loš. Postavljaju se na uporišta iznad zemlje. Podsećaju na osmicu.
- Podvodni - Imaju ojačanu zaštitu protiv vode i vlage. Postavljaju se u reke i jezera.
- Podmorski - Specijalizovani za morske uslove i moguće "probleme", postavljaju se po dnu mora i okeana.
- Kao što je već pomenuto osim manjih delova koje čine jedan optički kabal imamo i dva glavna dela, to su:
 - Jezgro - može sadržati jedno ili više optičkih vlakana, ima primarnu i sekundarnu zaštitu.
 - Omotač - može imati jedan ili više zaštitnih slojeva

2.2 Tipovi i karakteristike optičkih kablova prema nameni

Bez obzira koji je kabal u pitanju i koja je funkcija kabla, karakteristike su veoma su bitne, a to su:

- Dimenzija.
- Broj i tip vlakna koje kabl sadrži.
- Težina i pakovanje kablova.
- Dozvoljeni radijus savijanja.
- Vučna sila.
- Temperaturni opseg.
- I obavezni sistem obeležavanja.

Da bi instalater znao koji kabal je u pitanju i kojih karakteristika, proizvođač mora da naznači na kابلu sve potrebno. Sve ove kablove možemo svrstati u tri grupe:

- Indoor (Postavljanje unutar objekata)
- Outdoor (Postavljanje u spoljašnjoj sredini)
- Optičke kablove specijalne namene

U prvu grupu spadaju Tight-buffered kablovi koji se prave i u drugim verzijama, Fun-out (Break-out), Zip-cord, Twin, Patch-cord, Pig-tail, Riser, Simplex... Oni imaju primenu u različitim instalacijama unutar nekog objekta.

U drugu grupu spadaju Loose-tube, Ribbon, Slotted-core, Aerial Figure 8 cable, Armored cable. Oni imaju primenu u spoljašnjoj instalaciji, na primer od jedne korisničke centrale do korisnika...

Imamo kablove čija se primena može upotrebiti i u spoljašnjim i u unutrašnjim instalacijama (postavljanju).

U treću grupu spada OPGWⁱⁱ, ADSSⁱⁱⁱ (samonosivi kabal nemetalne konstrukcije), podvodni i podmosrki kablovi. Oni imaju specifičnu strukturu zbog mesta na kome se postavljaju i zato spadaju u zasebnu vrstu.

2.3 Vrste optičkih vlakana

Najčešća podela optičkih vlakana vrši se prema broju modova koji se prostiru kroz jezgro. Na osnovu ove osobine razlikujemo:

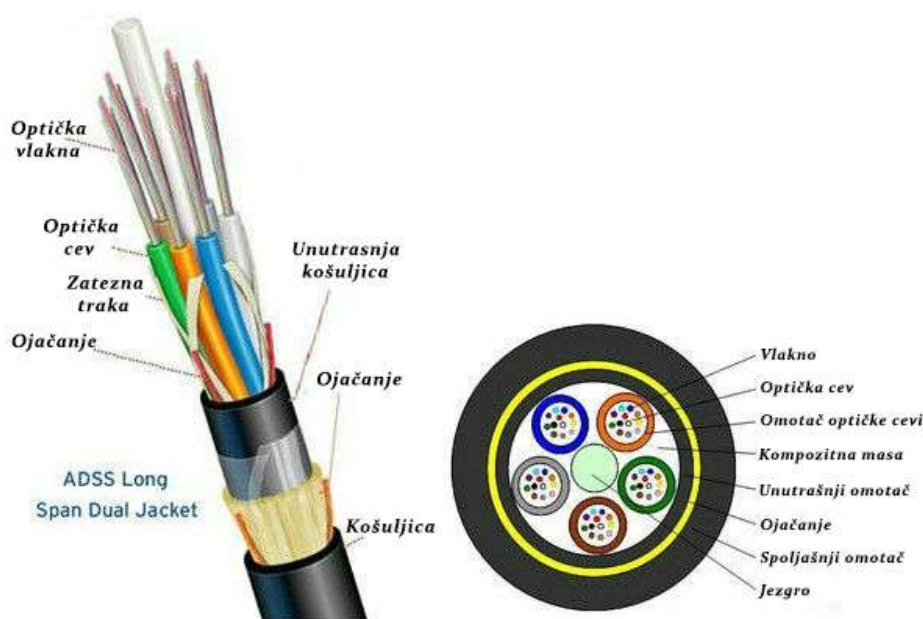
- multimodna (multimode fiber MMF), kroz čije se jezgro prostire više modova (stotine čak i hiljade)
- monomodna (single-mode fiber SMF), kroz čije se jezgro prostire samo jedan mod.

2.3.1 Monomodna (singlemode) vlakna



Slika 2.2 – Monomodni optički kabl

2.3.2 Multimodna (multimode) vlakna



Slika 2.3 – Multimodni optički kabl

3 Karakteristike prenosa optičkim kablovima

Prenos na velike udaljenosti

Zbog njegovog veoma malog slabljenja (Tabela 1-3), pomoću optičkih vlakana može se vršiti prenos na velike udaljenosti bez repetitora i regeneratora. Tipično, optička elektronika može da vrši prenos na 40-80 km (24-48 mi.). Neki telefonski sistemi prenose signal na udaljenosti većoj od 137mi. Rastojanje između ovih regeneratora uveliko premašuje 6 mi., što je tipično rastojanje za bakarne telefonske sisteme.

Upotreba optičkih vlakana produžava daljinu prenosa podataka putem optičkih komunikacionih sistema na najmanje 3 km. Sa ovako povećanim rastojanjem, mreže mogu biti projektovane za velika geografska područja bez potrebe za regeneratorima i repetitorima signala. Bakarni kablovi u prenosu podataka su uglavnom ograničeni na 100m (328 ft.).

Ova sposobnost prenosa na velike udaljenosti mogla bi dovesti do promena korišćenih topologija u korporativnim mrežama. Ta sposobnost će omogućiti izgradnju mreža projektovanih sa jednim centralnim koncentratorom u zgradi, umesto višestrukih, ili srednjedometnih, koncentratora u žičanim ormarima. Ovo će dovesti do smanjenja cena mreža, smanjenja cena održavanja, smanjenja zahteva za cevovodima, i smanjenja zahteva za slobodnim prostorom između spratova.

3.1 Multipleksiranje i demultipleksiranje

Izraz *multipleksing* koristimo za označavanje kombinacije informacionih tokova iz višestrukih izvora za prenos kroz zajednički medij, a *multiplekser* za označavanje mehanizma koji implementira ovu kombinaciju. Slično tome, koristimo izraz demultipleksing za označavanje odvajanje kombinacije nazad u odvojene informacione tokove, a *demultiplekser* za mehanizam koji implementira to odvajanje. Multipleksing i demultipleksing nisu ograničeni na hardver ili individualni tok bita - ideja kombinovanja odvojenih komunikacija formira osnovu koja se koristi u mnogim delovima kompjuterskog umrežavanja. Slika 3.5 ilustruje ovaj koncept.

4 Optičko kabliranje

- Optičko kabliranje objekata je jedinstvena komunikaciono - informatička fizička infrastruktura izgrađena na temelju zahteva korisnika tog standarda, propisa i preporuka
- Cilj standardizacije je da se izgradnja ove skupe i dobrim delom redundantne infrastrukture unificira i integriše, čime se povećava kvalitet i smanjuju troškovi izgradnje i održavanja
- Pored komunikacionih i informatičkih, danas optičko kabliranje mogu koristiti i (svi) drugi servisi:
 - sigurnosni sistem
 - rasvjeta, klima, grejanje i sl
 - video sistem
 - audio sistem
 - sistem nadzora i upravljanja i dr.

4.1 Projekat optičkog kabliranja

4.1.1 Projektni zahtevi

Cilj ovog projekta je prikaz mogućeg rešenja lokalnog kablovskog razvoda mreže u okviru škole *Acacia*¹, koja pripada okrugu škola *Washington School District (Cisco Systems Threaded Case Study)*. Implementacija koja se predlaže treba da obezbedi funkcionalnost za naredni period 5-10 godina, pa se od projektanta zahteva da obezbedi sledeće:

- postojanje dva mrežna segmenta: jedan za studente i jedan za profesore i osoblje škole
- minimum 10Mbps za svaki računar iz studentskog segmenta i 100Mbps za svaki računar iz administrativnog segmenta

¹ *Acacia – Škola koja pripada okrugu škola Washington School District (Cisco Systems Threaded Case Study)*

- postojanje tačke pristupa mreže u određenom broju prostorija, koja treba da opsluži 20 računara iz studentskog i jedan iz administrativnog segmenta po učionici, dok su za ostale prostorije date druge vrednosti. Priključna mesta su data u okviru zahteva. Računari se vezuju na priključnice optičkim kablovima vertikalno i UTP^{iv} kablovima horizontalno.
- postojanje servera koji bi olakšali administraciju mreže i automatizaciju nastavnih funkcija
- minimum 100Mbps za svaki server
- vezu sa WAN^v mrežom koju čine sve ostale škole iz okruga putem T1 interfejsa (nadogradivo na T3)
- mogućnost pristupa Internet-u iz svake tačke u mreži
- implementaciju mera sigurnosti mreže (zaštite od napada iz WAN-a)
- mogućnost budućeg proširenja propusnog, opsega kao posledicu rasta mreže, 100 puta u lokalnoj mreži i 2 puta prema WAN mreži
- implementaciju TCP/IP protokola kao protokola mrežnog i transportnog sloja

Plan školskog kompleksa dat je na slici 4.2 na kojoj je naznačeno mesto u kome je prisutan up-link prema WAN mreži.

5 Zaključak

Široka primena interneta i korišćenje usluga koje zahtevaju visoku propusnost signala i velike brzine prenosa poput video konferencije napravili su pomak sa mreže sa bakarnim kablovima na mreže sa optičkim vlaknima. Upoređujući električne i optičke transmisionne sisteme, vidljive su prednosti optičkih sistema. Možda najvažnija prednost je vremenska isplativost optičkih vlakana. Gotovo je sigurno da će razvojem novih tehnologija optička vlakna postajati sve bolje iskorišćena. Malo slabljenje signala pomerilo je regeneratorske stanice sa rastojanja od 10km za električne sisteme na rastojanja do preko 100 km za optičke sisteme. Vrlo je važna i neosetljivost optičkih vlakana na spoljne elektromagnetske smetnje. Optičke mreže su telekomunikacione mreže velikog kapaciteta zasnovane na optičkim tehnologijama i komponentama koje omogućavaju rutiranje, pripremanja i obnavljanje signala na nivou talasnih dužina, kao i servisa zasnovanih na njima. Danas je svuda zastupljena digitalna tehnika i optički prenos podataka što je uticalo na formiranje novih tehnika prenosa, sa kojim je započela nova faza u evoluciji telekomunikacionih mreža. Ovaj napredak će dovesti do značajnih mogućnosti pružanja novih servisa znatno većih binarnih protoka. To dovodi do razvoja optičkih mreža koje već sada omogućavaju prenos ogromne količine podataka daleko većim brzinama, nego što je to bio slučaj pre deset godina. Optičke mreže, bazirane na pojavljivanju optičkog sloja u transportnim mrežama, obezbeđuju veće kapacitete i smanjuju troškove novim aplikacijama kao sto su internet, video i multimedijalna interakcija i moderni digitalni servisi.

6 Spisak slika

7 Spisak tabela

8 Literatura

Calvert, J.B. The Origin of the Railway Semaphore, Boston University, 15 April 2000, Revised 4 May 2007.

Morgan, Tim J. "The Fiber Optic Backbone", University of North Texas, 2011.

Clint Turner (October 3, 2007). "A 173-mile 2-way all-electronic optical contact". Modulated light web site. Retrieved June 28, 2011.

Jump up ^ Wilson, K. "Recent Development in High-Data Rate Optical Communications at JPL". Jet Propulsion Laboratory. NASA Technical Reports Server. Retrieved 4 October 2011.

Mikac Branko, „Telekomunikacijski sustavi i mreže“, Element, Zagreb 2011. – Dostupno na:

https://www.fer.unizg.hr/download/repository/P7-2_TSM_2011_Drugi_dio.pdf

Andrews S. Tanenbaum, Računarske mreže, Mikro Knjiga, Beograd 2005. – Dostupno na: <http://www.wikipedia.org/http://www.fks.co.rs/fks/nova/tkl/optika/optika.html>

Mladen Veinović, Aleksandar Jevremović „Uvod u računarske mreže“, Beograd 2007. – Dostupno na:

http://www.telekomunikacije.rs/arhiva_brojeva/drugi_broj/prof_dr_d_gvozdic_trendovi_razvoja_optickih_telekomunikacionih_sistema_kopija.193.html

Članak „Optical communication“ – Dostupan na:

http://en.wikipedia.org/wiki/Optical_communication

Članak „UCL DEPARTMENT OF ELECTRONIC & ELECTRICAL ENGINEERING“ – Dostupan na:

http://www.ee.ucl.ac.uk/~ong/publications/papers/PBayvel_RS_Jan2000.pdf

Članak „Telekomunikacioni forum TELFOR 2016“ – Dostupan na:

<http://www.telfor.rs/telfor2003/radovi/81.pdf>

Projekat implementacije računarske mreže u školi „Acacia - Washington School District (Cisco Systems Threaded Case Study) ” preuzet sa sledeće adrese:

<http://staffweb.itsligo.ie/staff/mbarrett/cisco/treaded%20case%20study%20intro.htm>

9 Lista korišćenih skraćenica

ⁱ **TK** – Podzemni vod

ⁱⁱ **OPGW** – eng. Optical ground wire, Optičko uzemljenje (takođe poznato kao OPGV ili, u IEEE standardu, optička kompozitna vlakna iznad) je vrsta kabla koji se koristi u izgradnji elektro prenosa. Takav kabl kombinuje funkcije uzemljenje i komunikacije.

ⁱⁱⁱ **ADSS** – eng. All-Dielectric Self-Supporting, kabl je vrsta optičkog kabla koji je dovoljno jak da omogućava samoodrživost između objekata bez upotrebe konduktivnih metala.

^{iv} **UTP** – eng. Unshielded Twisted Pair, popularan tip kabla koji se sastoji od dva upredena provodnika. Zbog svoje niske cene, UTP kablovi se intenzivno koriste za lokalne mreže (LAN) i telefonske veze.

^v **WAN** – eng. Wide area network, je telekomunikaciona mreža ili računarskih mreža koje se prostiru na velikim geografskim udaljenostima.