

VLAKNA ZA METROPOLITEN MREŽE

Evolicija metropoliten mreža će značajno uticati na zahtevane performanse vlakna

UVOD

Sutrašnje mreže će biti sasvim drugačije od današnjih. Sadašnje metropoliten mreže bazirane na SDH ili SONET standardima sadrže prstenove u kojima se informacija elektronski menja u čvorovima. U ovim mrežama optički signal se regeneriše u svakom čvoru. Da bi se postiglo uspešnije upravljanje mrežom, buduće metropoliten mreže će uključivati transparente prstenove u kojima će optičke talasne dužine biti izrutirane ili odgranate u čvorovima mreže. Za razliku od SONET i SDH prstenova, u kojima optičke talasne dužine samo prolaze između čvorova, transparentni prstenovi omogućavaju signalima da prolaze celim prstenom. Veća rastojanja, zajedno sa povećanjem bitskih brzina (npr. 10Gbit/s), stvorice novi sistem koji se ne može sresti u današnjim metropoliten mrežama. Izbor optičkog vlakna ima odlučujuću ulogu u razvoju ove mreže kako bi se optimizirale performanse sistema i cena.

POTREBE METROPOLITEN MREŽE

U transparentnim metropoliten mrežama, mora biti omogućen prenos celim prstenom bez značajne degradacije signala. Signal ne može biti više regenerisan svakih 10-40km, ali mora da omogući prenos na udaljenosti preko 200km.

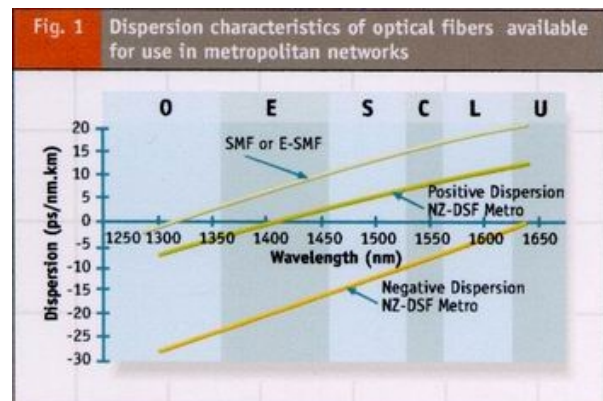
Metropoliten mreže moraju biti sposobne da podrže različite bitske protoke, kao što su 155Mbit/s, 2.5Gbit/s i 10Gbit/s danas, i 40Gbit/s i više u budućnosti. One takođe moraju da podržavaju različite protokole, kao što su Ethernet, Fast (Brzi) Ethernet, Gigabit Ethernet i 10 Gigabit Ethernet kao i multipleksirane servise poput glasa, podataka i videa. Dok vlakna imaju generalno niže slabljenje, i samim tim bolje performanse u trećem optičkom prozoru (1550nm), mnogi postojeći servisi rade u drugom optičkom prozoru (1310nm) gde je manja cena lasera. Optička vlakna koja se koriste u metropoliten mrežama, prema tome moraju podržavati rad u oba optička prozora.

Transparentne mreže sa rutiranjem talasnih dužina zahtevaju kompatibilnost vlakana na svim talasnim dužinama koje se koriste u mreži, i kompatibilnost sa DWDM u trećem optičkom prozoru. Kompatibilnost sa drugim talasnim dužinama je takođe potrebna da bi se obezbedio dodatni kapacitet ili fleksibilnost. Alternativa za mreže sa kraćim rastojanjima bez pojačavača je C(Coarse)WDM tj."grubo multipleksiranje po talasnim dužinama" koje je efektivnije pošto razdvaja talasne dužine na veća rastojanja (oko 20nm), dozvoljavajući korišćenje jeftinijih nehladenih lasera i DWDM filtera. Dakle, CWDM zahteva širi opseg talasnih dužina.

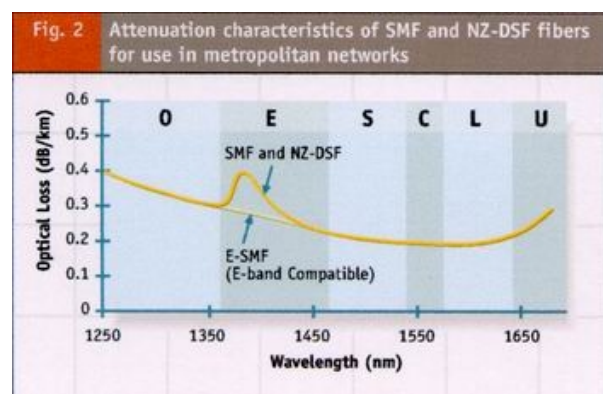
RAZMATRANJE VLAKANA

Mnogi faktori moraju se uzeti u obzir kada se biraju optička vlakna za datu mrežu, a dva ključna parametra – slabljenje i disperzija – su od primarnog značaja. Slabljenje je opadanje snage signala pri prolasku svetlosti kroz vlakno. Disperzija je prirodna tendencija različitih talasnih dužina u svetlosnom impulsu ka proširenju impulsa pri prolasku kroz vlakno. Ova dva parametra će odrediti pogodnost vlakna datoj konfiguraciji i konačnu cenu razvoja mreže.

Vlakna koja se mogu koristiti u metropoliten mrežama su dati na slici 1. Dominantno vlakno koje se koristi u današnjoj metropoliten mreži je SMF (Single Mode Fiber) koje ima minimalnu disperziju na 1310nm i minimalno slabljenje na 1550nm. Kao što je prikazano na slici 1 i slici 2 SMF je kompatibilan sa O-, S-, C- i L- opsezima talasnih dužina. Kao što slika 2 pokazuje, slabljenje je veće na 1383nm (na talasnoj dužini tzv. vodenog pika) i čini SMF manje pogodnim za korišćenje u E- opsegu talasnih dužina.



Slika 1 Disperzione karakteristike optičkih vlakana dostupnih za korišćenje u metropoliten mrežama



Slika 2 Karakteristike slabljenja SMF i NZ-DSF vlakana za korišćenje u metropoliten mrežama

Za korišćenje i E- opsega za prenos, napravljeno je tzv. poboljšano je SMF (E-SMF) što je značajno smanjilo vodeni pik bez uticaja na disperzione karakteristike. Kao posledica toga, E-SMF je kompatibilno duž svih opsega od 1260nm do 1625nm (O-, E-, S-, C- i L-) ostavljajući 30% više talasnih dužina nego što je obično moguće sa običnim SMF. Ovaj E- opseg talasnih dužina, sa E-SMF, postaje idealan za CWDM.

Sa budućim transparentnim mrežama koje rutiraju talasne dužine duž čitavog prstena, mreže će raditi na većim rastojanjima bez regeneracije signala. Uz veću disperziju i SMF i E-SMF, granica disperzije će biti oko 70km. DCM (modul za kompenzaciju disperzije) je potreban za šire prstenove (veća rastojanja); ovi moduli sadrže veće dužine vlakna sa negativnom disperzijom (Dispersion Compensating Fiber, DCF) za smanjivanje akumulirane pozitivne disperzije.

Dok ovi moduli sa jedne strane omogućavaju povećanje rastojanja između čvorova mreže, u isto vreme povećavaju i cenu koštanja mreže i slabljenje. Modul za kompenzaciju disperzije može da ima isti cenu kao i vlakno za koje vrši kompenzaciju disperzije. Veće slabljenje može takođe povećati zahteve za pojačavačima u prstenu. Ove disperzione karakteristike ograničavaju SMF familiju vlakana za primene do 70km. Iako funkcionalna, ova vlakna nisu pogodna za veća rastojanja zbog veće cene koštanja i slabljenja izazvanih korišćenjem DCF.

NZ-DSF (Non-Zero Dispersion Shifted Fiber) je bolja alternativa za rastojanja veća od 70km. Kao što slika 1 pokazuje, tačka nulte disperzije je na većoj talasnoj dužini nego za SMF familiju vlakana. Slika 2 pokazuje da je njegova karakteristika slabljenja slična sa karakteristikom slabljenja SMF.

NZ-DSF je optimizovano za rad u 1550nm oblasti gde su i slabljenje i disperzija optimalni. U početku, NZ-DSF vlakna su bila optimizovana za long-haul primene, ali novije generacije takođe daju idealne performanse u metropoliten mrežama.

Slika 1 prikazuje dva tipa NZ-DSF koja su raspoloživa za metropoliten primene. Jedan sa pozitivnom disperzijom od 8ps/nm*km na 1550nm i drugi, sa negativnom disperzijom od -8ps/nm*km. Oba tipa vlakna određuju nivo disperzije u trećem optičkom prozoru (1550nm), obezbeđujući poboljšanu DWDM kompatibilnost sa manjim prostorom između talasnih dužina. Metro NZ-DSF omogućava DWDM kompatibilnost kroz S-, C- i L- opseg od 1440nm do 1625nm, dodajući korisnu širinu opsega.

Pošto je disperzija metro NZ-DSF iznosi manje od polovine disperzije SMF familije, može više od dva puta produžiti rastojanje između čvorova mreže, pre nego što disperzija postane ograničavajući faktor i zahteva kompenzaciju. U budućim mrežama, ova NZ-DSF vlakna moći će da dosegnu 200km bez potrebe za kompenzacijom, eliminišući DCM i dodatne pojačavače koji su potrebni ako se koristi SMF familija vlakana. Oba NZ-DSF su pogodna za 10Gbit/s sisteme i rastojanja do 200km u C- opsegu. Svejedno, vlakna sa pozitivnom disperzijom su preporučljiva jer omogućavaju rad na većim rastojanjima i rad sa dolazećim 40Gbit/s sistemima kao i kompatibilnost sa svim dosadašnjim sistemima. 10Gbit/s i 40Gbit/s sistemi zahtevaju vlakna koja mogu

biti kompenzovana standardnim uređajima za kompenzaciju disperzije. Pošto današnji DCM sadrže vlakna sa negativnom disperzijom, oni ne kompenzuju negativnu disperziju NZ-DCF.

Namotaji SMF, sa svojom velikom pozitivnom disperzijom moraju se koristiti da bi se negativna disperzija kompenzovala. Nažalost, velike dužine SMF su potrebne; jedan kilometar SMF je potreban da se kompenzuje dva kilometra negativne disperzije NZ-DSF-a. Ovo značajno povećava slabljenje mreže čineći je nepraktičnom. Uz to, dok SMF može da kompenzuje disperziju NZ-DSF-a sa negativnom disperzijom, u isto vreme može dozvoliti nekim talasnim dužinama da pređu prag disperzije sistema povećavajući akumulisane kraj-kraj disperzione razlike između talasnih dužina (dispersion slope).

Pošto budući 40Gbit/s sistemi imaju značajno manji prag disperzije, virtuelno sve akumulisane disperzije vlakana moraju biti kompenzovane. Što se tiče zahteva sistema 40Gbit/s za većom kompenzacijom, NZ-DSF sa negativnom disperzijom se ne smatra kompatibilnim u ovakvim sistemima. Umesto toga, preporučljivo je koristiti NZ-DSF sa pozitivnom disperzijom za metropoliten primene sa srednjom disperzijom od 8ps/nm*km na talasnoj dužini 1550nm.

Slika 1 pokazuje da pošto je tačka nulte disperzije NZ-DSF-a sa negativnom disperzijom iznad 1620nm u L- opsegu, ovo vlakno ima vrlo nisku disperziju u L- opsegu i vrlo veliku disperziju na 1310nm. Niska disperzija u L- opsegu povećava cross-channel nelinearnosti, smanjujući mogućnosti DWDM koje daje NZ-DSF u ovoj oblasti. Visoka disperzija na 1310nm takođe ograničava njegovu kompatibilnost.

Zbog činjenice da metro NZ-DSF ima tačku nulte disperzije na približno 1440nm i disperziju od oko -6ps/nm*km na 1310nm, ovo vlakno je pogodno za sisteme koji rade na 1310nm. Ovo iznosi oko jedne četvrtine disperzije NZ-DSF-a sa negativnom disperzijom čime se učetvorostručuju mogućnosti sistema koji rade na 1310nm u pogledu disperzije. Dok NZ-DSF sa pozitivnom disperzijom nudi dobre performanse na 1310nm, najveći domet se postiže sa E-SMF ili SMF koje ima tačku nulte disperzije na 1310nm.

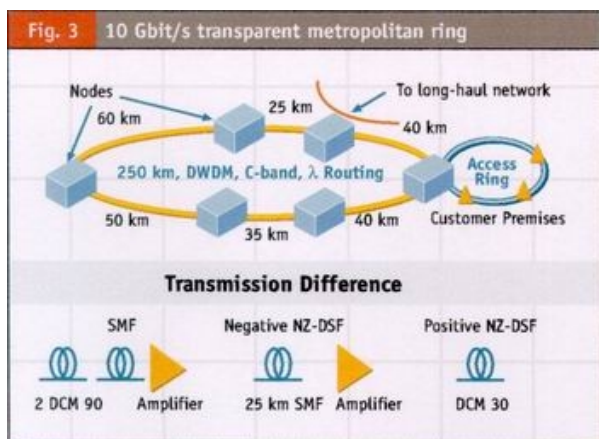
UTICAJ VLAKANA NA CENU KOŠTANJA SISTEMA

Izbor vlakna značajno utiče na cenu sistema i mogućnost nadogradnje. E-SMF pruža optimum kompatibilnosti za primene do 70km za 10Gbit/s sisteme, dok je NZ-DSF sa pozitivnom disperzijom najbolje za veća rastojanja i mogućnost nadogradnje sistema. Sa različitim mogućnostima prenosa, svako vlakno ima različite cene koštanja. Cene koštanja vezane za budući razvoj mreže takođe se razlikuju.

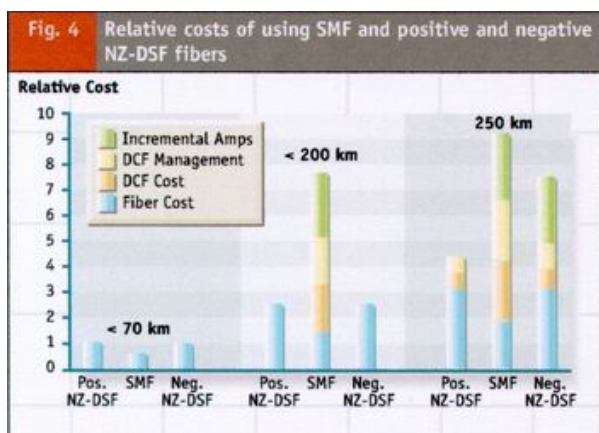
U današnjim primenama gde su udaljenosti na kojima se vrši prenos u metropoliten mreži ograničene na rastojanja između čvorova mreže (prstenasta mreža) ili cross-connect uređaja (mesh mreža), E-SMF ili SMF su najekonomičniji izbor. NZ-DSF metro vlakna su generalno 70% do 80% skuplja od SMF familije. Kako bilo, u budućim mrežama sa transparentnim rutiranjem

talasnih dužina, ograničavajuće disperzije SMF-a i E-SMF-a zahtevaju dodatnu opremu za prenos na 10Gbit/s i udaljenosti veće od 70km.

Primer osetljivosti sistema je pokazan u sistemu do 250km i 10Gbit/s (slika 3). SMF ili E-SMF zahtevaju kompenzaciju disperzije na rastojanjima većim od 70km pa bi ovo zahtevalo značajnu kompenzaciju disperzije za takva rastojanja. Vrednost ekvivalentna dva DCM90s (jedan DCM90 kompenzuje 90km SMF-a) je potrebna za kompenzaciju SMF disperzije. Takođe, slabljenje ovih modula (približno 19dB) će verovatno zahtevati dodatne pojačavače u prstenu. Dok će i NZ-DSF sa pozitivnom i negativnom disperzijom zahtevati kompenzaciju disperzije na oko 200km u slučaju 10Gbit/s sistema, NZ-DSF sa pozitivnom disperzijom bolje odgovara primeni na većim udaljenostima zbog svoje DCM kompatibilnosti. Slika 3 pokazuje da za primenu na 250km NZ-DSF sa negativnom disperzijom zahteva 25km SMF-a za kompenzaciju disperzije. Ipak, ovakvo rešenje unosi dalje slabljenje oko 7dB što može da zahteva dodatno pojačanje, zavisno od konfiguracije mreže. NZ-DSF sa pozitivnom disperzijom zahteva minimalnu kompenzaciju koja može biti dobijena pomoću DCM30, što je jedna od najmanjih vrednosti trenutno raspoloživih. Malo slabljenje ovakvih uređaja verovatno neće zahtevati dodatno pojačanje.



Slika 3 10Gbit/s transparentni metropoliten prsten



Slika 4 Relativne cene koštanja korišćenja SMF i pozitivnih i negativnih NZ-DSF vlakana

Različite cene koštanja vlakana, potrebe za kompenzacijom i pojačanjem značajno utiču na konačnu cenu transparentnih mreža.

Ostale cene takođe nisu zanemarljive je DCM-ovi utiču na ukupnu kompleksnost mreže.

Svaki DCM mora biti pažljivo smešten da obezbedi da talasne dužine koje prelaze različite dužine budu ispravno kompenzovane. Slika 4 pokazuje uporedne troškove za SMF (uključujući E-SMF) i NZ-DSF sa pozitivnom i negativnom disperzijom. Zavisno od razlika u ceni, preporučljivi tip vlakana će varirati u odnosu na prenos ili rastojanje prstena.

- Ispod 70km: SMF i E-SMF su najefektnija pošto imaju najnižu cenu vlakana i ne zahtevaju kompenzaciju disperzije kada se koriste u sistemima 10Gbit/s.

- Prstenovi od 70km-200km: NZ-DSF su do sada najefektnija vlakna pošto ne zahtevaju kompenzaciju. SMF vlakna su više od tri puta skuplja pošto će dodatni pojačavači verovatno biti potrebni za gubitke izazvane značajnim dodavanjem kompenzacione disperzije. NZ-DSF sa pozitivnom disperzijom je preporučljivo pošto NZ-DSF sa negativnom disperzijom ima granice kompenzacije za veće udaljenosti i 40Gbit/s primene.

- Prstenovi preko 200km: NZ-DSF sa pozitivnom disperzijom je najefektnija opcija jer je kompatibilno sa standardima DCM-a. U slučaju prstena od 250km, NZ-DSF sa negativnom disperzijom je skoro dva puta skuplje zbog potrebe za pojačavanjem da bi se kompenzovali gubici vezani za upotrebu SMF-a za kompenzaciju disperzije.

U slučaju budućih primena 40Gbit/s skoro 100% kompenzacija disperzije je potrebna. Zbog svoje jednostavnosti kompenzacije NZ-DSF sa pozitivnom disperzijom se preporučuje. SMF može biti još skuplje za 40Gbit/s, čak i za kraća rastojanja. Slabljenje signala izazvano potrebom SMF-a za dvostruku kompenzaciju disperzije će zahtevati dodatne pojačavače pre nego NZ-DSF sa pozitivnom disperzijom. Takođe, NZ-DSF sa pozitivnom disperzijom nije praktičan za 40Gbit/s primenu u pogledu njegovih ograničenja kompenzacije disperzije.

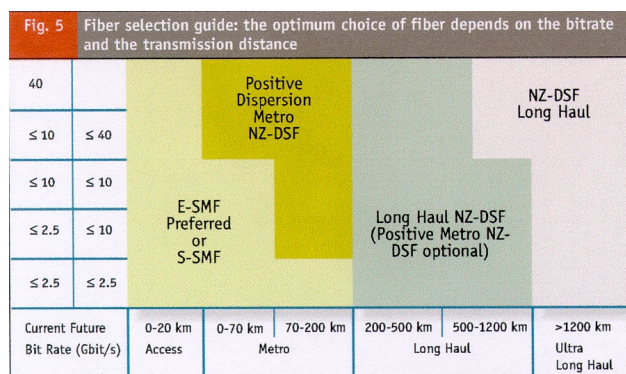
ZAKLJUČAK

Dok regeneracija signala u svakom čvoru čini SMF vlakno izborom za današnje metropoliten mreže, optimalno vlakno će biti drugačije za buduće mreže. Slika 5 pokazuje da će idealno vlakno zavisiti od brzine podataka i/ili rastojanja.

Buduće metropoliten mreže, koristeći transparentno rutiranje talasnih dužina mogu značajno da povećaju rastojanja prenosa. Veće bitske brzine (10Gbit/s ili čak 40Gbit/s) će takođe značajno da skrate mogućnosti prenosa. Ovi faktori postavljaju strožije zahteve za optimalan izbor vlakana u budućnosti.

Za buduće mreže, NZ-DSF sa umerenom, ali pozitivnom disperzijom na 1550nm je najbolji izbor u pogledu cene i performansi prenosa za primene preko 70km. Omogućuje lako nadogradnju sistema do 10Gbit/s ili više. Sa sličnim vlaknima u metropoliten i long-haul mrežama, ista pravila prenosa mogu biti korišćenja čime

bi se značajno pojednostavilo upravljanje i održavanje mreže.



Slika 5 Vodič kroz izbor: optimalan izbor vlakana u zavisnosti od bitske brzine i rastojanja

Za kraće udaljenosti (ispod 70km) E-SMF je preporučljivo jer ima širi transmisioni prozor (1260nm do 1625nm) nego SMF za isti cenu koštanja. Dakle, ono omogućava 30% širi opseg i dozvoljava efikasniju upotrebu CWDM.

Pošto udaljenosti prenosa nisu sigurne sa transparentnim pretenovima ili rutiranjem talasnih dužina, idealno rešenje bi moglo da zahteva E-SMF-a i NZ-DSF-a sa pozitivnom disperzijom u istom kablju za nove instalacije. Ovo omogućuje upotrebu E-SMF-a za današnje primene NZ-DSF-a za veće potrebe sutrašnjice.

Alcatel Telecommunications Review 1.Quarter 2002

Preveo: **Andrija Kunarac**, dipl.ing.
"Telekom Srbija" a.d., Direkcija za mrežu