Optické systémy - prenosové rýchlosti 40 Gbps a 100 Gbps

Normy IEEE a TIA ISO/IEC

IEEE 802.3 je pracovnou skupinou v rámci profesnej organizácie Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE). Zároveň sa pod týmto označením skrýva aj súbor noriem vypracovaných touto pracovnou skupinou týkajúcich sa fyzickej vrstvy a prístupovej vrstvy Ethernetu (existujú aj ďalšie skupiny, zodpovedné napr. pre Wi-Fi). V normách sú definované technológie používané v lokálnych sieťach (LAN), výnimočne aj v globálnych sieťach (WAN). Normy hovoria o fyzických prepojoch medzi nodmi, ako aj o zariadeniach ako huby, switche, routre ako aj o rôznych typoch metalických a optických káblov.

Telecommunications Industry Association (TIA) a podvýbor SC25 organizácie ISO/IEC štandardizuje prenosové charakteristiky komponentov, Permanent linku i celého prenosového kanálu na podporu funkčnosť aplikácií na určitú vzdialenosť. Niekedy je pre podporu nových aplikáciií nutné vyvinúť aj nové kategórie.

Cieľom noriem je poskytnúť minimálne požiadavky, ktoré je nutné splniť, aby bol prenos aplikácie garantovaný na zariadeniach od rôznych výrobcov. Použitím komponentov štrukúrovanej kabeláže v súlade TIA alebo ISO/IEC je táto interoperabilita zaručená.

Prenos rýchlosťou 40/100 Gbps

V roku 2010 bola ratifikovaná norma IEEE 802.3b, ktorá štandardizovala prenos 40 Gbps a 100 Gbps primárne po optických vláknach. Ako základ poslúžila norma IEEE 802.3ae pre prenos 10 GbE ratifikovaná v roku 2002, čo vývoj novej normy značne uľahčilo. IEEE nevyvinula úplne nový spôsob prenosu pre 40 GbE a 100 GbE, ako tomu boli pri vývoji 10 GbE protokolu po 2 vláknach. Obe nové protokoly, 40 GbE aj 100 GbE využili paralelnú komunikáciu založenú na 10 GbE. 40 GbE využíva 4 takéto prenosové kanály, 100 GbE 10 takýchto kanálov. Týmto sa nové protokoly značne odlíšili od prechádzajúcich.

V roku 2015 IEEE vydala novú normu, 802.3bm, ktorá priniesla novú, nákladovo efektívnejšiu, verziu 100 GbE. Počet prenosových kanálov poklesol z 10 na 4 vďaka zvýšeniu modulácie z 10 Gbps na 25 Gbps pre každý kanál. Táto zmena výrazne uľahčuje prechod z 40 GbE na 100 GbE, keďže pre prenos oboch sa využíva rovnaký počet vlákien.

Každá aplikácie štandardizovaná IEEE802.3 obsahuje aj definíciu podvrstvy fyzickej vyrstvy závislej od fyzického média (Physical Medium Dependent - PMD). V podvrstve PMD sa definujú podrobnosti prenosu individuálnych bitov po fyzickom médiu. V Tabuľke č. 1 sú vymenované najčastejšie používané PMD pre 40 GbE. Názvy PMD sa často používaju pre označovanie vysielačov-príjmačov (transceiver).

Tabuľka č. 1: Ciele IEEE pre 40-Gigabit Ethernet

Požadovaná podpora	Navrhnutá PMD	Popis PMD
100m po OM3[1] MMF[2] (850nm) 150m po OM4[3] MMF[2] (850nm)	40GBASE-SR4	40 Gbps PHY s kódovaním 40GBASE-R pre 4 prenosové kanály po multimode vláknach na min. vzdialenosť 100 m (prenos na min. 150 m po vláknach OM4)
10km po SMF[4] (1310nm)	40GBASE-LR4	40 Gbps PHY s kódovaním 40GBASE-R pre 4 prenosové kanály s použitím vlnového multiplexingu (WDM) po singlemode vláknach na min. vzdialenosť 10 km
40km po SMF[4] (1310nm)	40GBASE-ER4	40 Gbps PHY s kódovaním 40GBASE-R pre 4 prenosové kanály s použitím vlnového multiplexingu (WDM) po singlemode vláknach na min. vzdialenosť 40 km
7m po metalike	40GBASE-CR4	40 Gbps PHY s kódovaním 40GBASE-R pre 4 prenosové kanály po metalických tienených kábloch na min. vzdialenosť 7 m
1m po backplane	40GBASE-KR4	40 Gbps PHY s kódovaním 40GBASE-R pre 4 prenosové kanály na prepojovacej rovine (backplane) na min. vzdialenosť 1 m

1. OM3 sú 50 mikrónové, multimode vlákna optimalizované pre prenos laserom
2. MMF je skratka pre Multimode Fiber - multimode vlákna
3. OM4 sú 50 mikrónové, multimode vlákna optimalizované pre prenos laserom s väčšou šírkou pásma ako OM3
4. SMF je skratka pre Singlemode Fiber - singlemode vlákna
5. S použitím káblov Twinax

Pôvodné ciele boli definované tak, aby bola umožnená podpora na aspoň 100 metrov po multimode, aspoň 10 km po sindlemode a aspoň 7 metrov po tienených metalických kábloch (Twinax). S príchodom vlákien OM4 je možný prenos až na 150 metrov po multimode vláknach. Ďalšia PMD, pridaná v roku 2015, umožnila prenos 40 GbE na vzdialenosť 40 km po singlemode vláknach. Rovnako, existuje aj PMD pre prenos 40 GbE po elektrickej prepojovacej rovine (backplane).

V Tabuľke č.2 je vymenovaný zoznam cieľov pre podporu 100 GbE.

Tabuľka č. 2: Ciele IEEE pre 100-Gigabit Ethernet

Požadovaná podpora	Navrhnutá PMD	Popis PMD
100m po OM3 MMF[1] (850nm) 150m po OM4 MMF[1] (850nm)	100GBASE-SR10	100 Gbps PHY s kódovaním 100GBASE-R pre 10 prenosových kanálov po multimode vláknach na min. vzdialenosť 100m (prenos na min. 150m po vláknach OM4)
70m po OM3 MMF[1] (850nm) 100m po OM4 MMF[1] (850nm)	100GBASE-SR4	100 Gbps PHY s 25 gbps kódovania pre 4 prenosové kanály po multimode vláknach na min. vzdialenosť 100m (prenos na min. 100m po vláknach OM4, 70m po vláknach OM3)
10km po SMF[2] (1310nm)	100GBASE-LR4	100 Gbps PHY s kódovaním 100GBASE-R pre 4 prenosové kanály s použitím vlnového multiplexingu (WDM) po singlemode vláknach na min. vzdialenosť 10 km
40km po SMF[2] (1310nm)	100GBASE-ER4	100 Gbps PHY s kódovaním 100GBASE-R pre 10 prenosových kanáloch po metalických tienených kábloch na min. vzdialenosť 7 m
7m po metalike	100GBASE-CR10	100 Gbps PHY s kódovaním 100GBASE-R pre 10 prenosových kanálov na prepojovacej rovine (backplane) na min. vzdialenosť 7 m

1. MMF je skratka pre Multimode Fiber - multimode vlákna
2. SMF je skratka pre Singlemode Fiber - singlemode vlákna
3. S použitím káblov Twinax

Cieľ oboch aplikáciií 40 aj 100 GbE je rovnaký, prenos po multimode kábloch aspoň na 100 m, prenos po singlemode kábloch aspoň na 10 km prípadne na 40 km a prenos po metalickej kabeláži na 7 m. Pripomenúť treba ešte fakt, že prenos 100GBASE-SR na vzdielenosť 100 m je možný iba po OM4 vláknach. Pri OM3 je to iba 70 m.

PMD sú zosumarizované v Tabuľke č. 3 pre 40 GbE a Tabuľke č. 4 pre 100 GbE. Zosumarizovaný je spôsob signalizácie, prenosového média a vzdialenosti pre 40 Gigabit Ethernet i 100 Gigabit Ethernet.

Tabuľka č. 3: Signalizácia, prenosové médium a vzdialenosti pre 40-Gigabit Ethernet PMD

40 Gigabit Ethernet				
Názov PMD	40GBASE-SR4	40GBASE-LR4	40GBASE-ER4	40GBASE-CR4
Signalizácia	4 x 10 Gbps	4 x 10 Gbps	4 x 10 Gbps	4 x 10 Gbps
Médium	Parallel MMF	Duplex SMF	Duplex SMF	Twinax
Vzdialenosť	0.5 – 100m OM3 / 150m OM4	10km SMF	40km SMF	7m Twinax

Tabuľka č. 4: Signalizácia, prenosové médium a vzdialenosti pre 100-Gigabit Ethernet PMD

100 Gigabit Ethernet					
Názov PMD	100GBASE-SR4	100GBASE-SR10	100GBASE-LR4	100GBASE-ER4	100GBASE-CR10
Signalizácia	4 x 25 Gbps	10 x 10 Gbps	4 x 25 Gbps	4 x 25 Gbps	10 x 10 Gbps
Médium	Parallel MMF	Parallel MMF	Duplex SMF	Duplex SMF	Twinax
Vzdialenosť	100m OM4/ 70m OM3	100m OM3 / 150m OM4	10km SMF	40km SMF	7m Twinax

Je potrebné si zapamätať, že pre 40 GbE a 100 GbE je potrebné použiť viac ako 2 vlákna pre prenos po multimode kábloch. Pri 40 GbE je signál vysielaný po 4 vláknach a príjmaný po 4 vláknach. Spolu je teda pre 1 prenosový kanál využívaných 8 vlákien.

Nový 100 GbE PMD, 100GBASE-SR4, využíva rovnaký počet vlákien ako 40 GbE, vďaka čomu je migrácia bezproblémová. Pri variatnoch 40 GbE a 100 GbE po singlemode kábloch je rovnako potrebné použiť viackanálový prenos. Pre 40-Gigabit Ethernet po singlemode káblov sa využívajú 4 vlákna na vysielanie a 4 na príjmanie, každé s rýchlosťou 10 Gbps. Pri 100 GbE po singlemode kábloch opať využívame 4 + 4 vlákna, avšak každé s rýchlosťou 25 Gbps. Norma IEEE 802.3ba, teda norma definujúca prenosové parametre 40 Gbps a 100 Gbps, zavádza signalizáciu po singlemode kábloch s využitím WDM. Znamená to, že pre 40 GbE a 100 GbE, každý prenosový kanál využíva inú vlnovú dĺžku.

Prenos 40GBASE-LR4 je definovaný stredovou vlnovou dĺžkou a pásmom vlnových dĺžok pre každý kanál. Stredové vlnové dĺžky sú súčasťou multiplexu deleného „hrubou" vlnovou dĺžkou (CWDM - Conventional/Course Wavelength Division Multiplexing) definovaného normou ITU-T G.694.2. Táto norma definuje rozstup medzi jednotlivými kanálmi pomocou vlnových dĺžok 1271 až 1611 nm. Rozstup medzi nimi je len 20nm. Tabuľka č. 5 zobrazuje stredové vlnové dĺžky a pásma pre každý prenosový kanál 40GBASE-LR4.

Konektory a káble pre 40/100-Gigabit Ethernet

Prenosy 100GBASE-LR4 a 100GBASE-ER4 sú rovnako definované pásmom vlnových dĺžok pre každý kanál. Pásma sú rovnaké pre obe 100GBASE PMD a sú uvedené v Tabuľke č.5. Stredove vlnové dĺžky sú definované normou ITU-T G.694.1. Táto norma definuje vlnové spektrá pre vysokohustotný multiplexing (DWDM - Dense Wavelength Division Multiplexing). Umožňuje rôzne možnosti odstupu kanálov od 12,5 GHZ až po 100 GHz resp. širšie, začínajúce na 193,1 THz. 100GBASE-LR4 a 100GBASE-ER4 využívajú kanály s frekvenciami od 229 THz po 231,4 THz s odstupom 800 GHz.

Tabuľka č.5 zobrazuje stredovú frekvenciu, zodpovedajúcu stredovú vlnovú dĺžku a vlnové spektrum pre oba kanály, 100GBASE-LR4 aj 100GBASE-ER4.

Tabuľka č.5: Priradenie kanálov pre WDM

	40GBASE-LR4		100GBASE-LR4 a 100GBASE-ER4		
Kanál	Stredová vlnová dĺžka	Pásmo vlnových dĺžok	Stredná frekvencia	Stredová vlnová dĺžka	Pásmo vlnových dĺžok
L_0	1271 nm	1264.5 po 1277.5 nm	231.4 THz	1295.56 nm	1294.53 po 1296.59 nm
L_1	1291 nm	1284.5 po 1297.5 nm	230.6 THz	1300.05 nm	1299.02 po 1301.09 nm
L_2	1311 nm	1304.5 po 1317.5 nm	229.8 THz	1304.58 nm	1303.54 po 1305.63 nm
L_3	1331 nm	1324.5 po 1337.5 nm	229 THz	1309.14 nm	1308.09 po 1310.19 nm

Keďže sa vlnové dĺžky v jednom vlákne neprekrývajú, je v ňom možné vysielať pomocou všetkých 4 dĺžok naraz. Ak je nutné vo všetkých 4 kanáloch vysielať pomocou rovnakej vlnovej dĺžky, je nutné použiť paralelný prenos po 4 vláknach. Pre príjem 40 GbE a 100 GbE s WDM sa využívajú rovnako 4 kanály v 1 vlákne, čiže pre ich prenos po singlemode stačia dokopy 2 vlákna. Takéto káble sú typicky ukončené 2 konektormi LC.

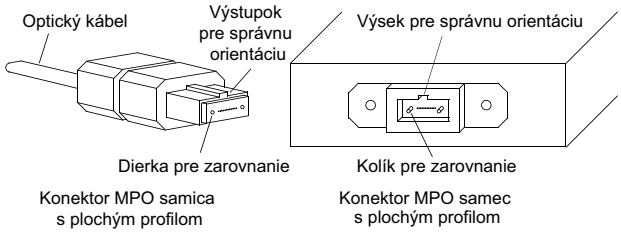
Pre prenos oboch protokoly 40 GbE aj 100 GbE na max. 7 metrov je možné využiť aj metalickú kabeláž vo formáte Twinax. 802.3a neumožňuje využiť krútenú dvojlinku.

Poznámka: MTP® je registrovanou ochrannou známkou spoločnosti US Conec, Ltd.

Na základe spomenutých noriem, všetky 40/100 Gigabit Ethernet protokoly využívajúce paralelný prenos potrebujú viac ako 2 vlákna pre 1 prenosový kanál. Tým pádom je nutné použiť konektory s viac ako 2 vláknami. Znamená to ústup od klasických riešení pre prenosy do 10 Gigabit Ethernet, ktoré využívajú iba 2 vlákna pre 1 prenosový kanál. Najpoužívanejším konektorom je v tomto prípade LC. Je jediný konektor, ktorý odporúčajú najnovšie normy pre dátové centrá ako ANSI/TIA-942 a ISO/IEC 11801 3rd Edition, najmä ISO/IEC 11801-5. Tento konektor je využívaný pre prenos 10 GbE a nižších rýchlostí po multimode, ako aj pre prenos 40/100 GbE po singlemode.

S potrebou prenosou po viacerých vláknach naraz, norma IEEE 802.3ba pre prenos 40 GbE a 100 GbE bez multiplexingu zavádza ako nutný interface (Media Dependent Interface - MDI) konektor typu MPO. Rovnaký konektor odporúča aj norma pre dátové centrá ANSI/TIA-942 ako aj ISO/IEC 11801 3rd, a jej časť pre dátové centrá ISO/IEC 11801-5. Označenia "MPO" a "MTPR" sa ľubovoľné zameniteľné. MPO je skratkou všeobecného označenia pre Multi-Fibre Push On konektory. MTP je verziou konektora MPO a je registrovanou ochrannou známkou spoločnosti US Conec, Ltd. V odvetví je považovaný za konektor s najnižším vstupným útlmom.

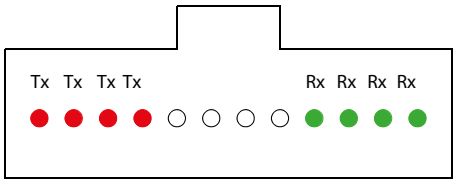
MPO konektor



V MPO konektore je zvyčajne ukončených 12 vlákien. Môže však obsahovať až 24 vlákien. Obsahuje výstupok pre zabezpečenie správnej polarity. (polarita je podrobnejšie vysvetlená v ďalšej časti článku "Čo zvážiť pred migráciou na 40/100-Gigabit Ethernet po optike"). Konektor obsahuje 2 kolíky pre presné prekrytie vlákien v samcovi a samici. Typ komponentu (napr. kazeta, spojky vo vani, trunkový kábel) zvyčajne určuje, či má konektor dierky alebo kolíky. Kolíky majú zvyčajne fixné komponenty ako kazety. Ak nie sú konektory správne očistené, okolo kolíkov sa nahromadí prach a spojenie konektorov nebude dostatočne presné.

IEEE 802.3ba určuje presné pozície v konektore MPO využívané na vysielanie a príjem. 4 pozície pre vysielanie a 4 pre príjem slúžiace na prenos 40GBASE-SR4 (40 GbE po multimode) sú nemenné (viď obrázok nižšie).
Pri čelnom pohľade na konektor MPO s výstupkom na vrchnej strane, 4 pozície pre vysielanie sú na ľavo, 4 pre príjem sú na pravo. Využíva sa teda 8 poziícií z celkového počtu 12. Štyri stredové nie sú využívané.

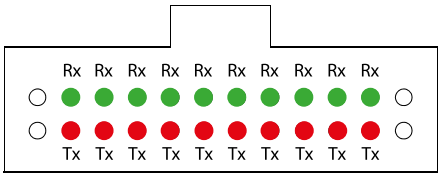
Prenosové kanály pre 40G-BASE-SR4



Protokol 100GBASE-SR10 (100 GbE po multimode) celkovo využíva 20 vlákien, 10 pre vysielanie, 10 pre príjem.. Jednotlivé pozícia sú zobrazené nižšie. Existujú 3 možnosti pre prenos. Prvou je využitie 1 konektoru. Túto variantu odporúča IEEE. Ďalšie 2 možnosti B a C, uvádzame len ako alternatívu.

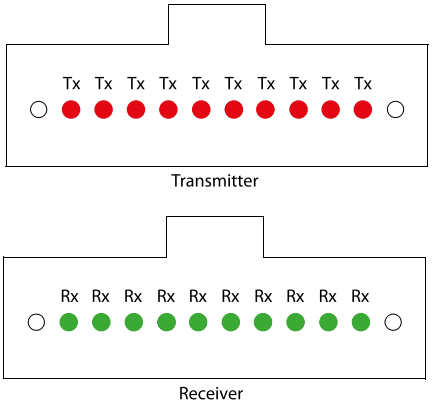
Varianta A využíva MPO konektor s 24 vláknami, pričom 10 vrchných pozícií je využívaných pre vysielanie a 10 spodných pre príjem. Viď obrázok nižšie.

Prenosové kanály pre 100G-BASE-SR10 - variant A:
1 konektor (odporúčané)



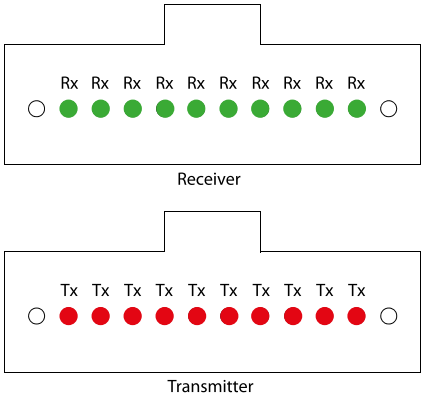
Varianty B a C využívajú 2 12-vláknové MPO konektory vedľa seba. 10 stredných pozícií v pravom konektore sa využíva pre príjem, 10 v ľavom pre vysielanie.

Prenosové kanály pre 100G-BASE-SR10 - variant B:
2 konektory vedľa seba (alternatíva)



Variant C je rovnaký ako B, akurát sú konektory umiestnené nad sebou. 10 stredných pozícií vo vrchnom konektore sa využíva pre príjem, 10 v spodnom pre vysielanie.

Prenosové kanály pre 100G-BASE-SR10 - variant C:
2 konektory nad sebou (alternatíva)



Výrobcovia aktívnych zariadení zvyčajne hrajú kľúčovú úlohu pri presadení sa konkrétneho interface (MDI - Media Dependent Interface). Napríklad, Variant A, 24-vláknový MPO konektor využíva viac pripojení na menšej ploche, preto je drahší na výrobu. Variant B, dva 12-vláknové MPO konektory vedľa seba, si vyžaduje dvojnásobnú šírku. Variant C, dva 12-vláknové konektory umiestnené nad sebou, zaberá rovnakú šírku, ale potrebuje dvojnásobnú výšku a tým zaberá viac U v rozvádzači.

Čo zvážiť pred migráciou na 40/100-Gigabit Ethernet po optike

Optické systémy pre dátové centrách založené na multimode vláknach sú výhodné z cenového hľadiska, najmä vďaka nižším cenám vysielačov/príjmačov oproti singlemode verziám. Multimode vysielače / príjmače využívaju ako zdroj svetla diódové lasery VCSEL (vertical cavity surface emitting laser), ktoré sú jednoduché na výrobu a integráciu do zariadení. Fungujú na kratšie vzdialenosti ako singlemode vysielače, ale väčšinou sú vzdialenosti kratšie ako 150 m. Prieskumy dokonca ukázali, že 80% dátových centier využíva prepoje kratšie ako 100 m. Napriekt tomu, že káble singlemode sú lacnejšie, po započítaní všetkých súvisiacich nákladov, multimode riešenie stále vychádza výrazne lacnejšie.

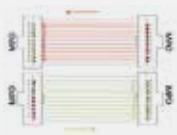
Niektoré z typických architektúr sú vymenované v Tabuľke č. 6 nižšie. V každej sa uvažuje s použitím krátkych vlnových cĺžok (850 nm) po multimode vláknach.

Ak uvažujeme s nasadením aplikácií rýchlejších ako 10 Gbps, je nutné systém postaviť na vláknach OM3 resp. OM4. OM3 podporujú 10 Gigabit na 300 m, avšak 40 Gigabit iba do 100 metrov. OM3 podporujú PMD 100GBASE-SR10 do vzdialenosti 100 m, ale 100GBASE-SR4 iba do 70 m. S vláknami OM4 prenesieme 10 Gigabit na 400 m, ale 40 Gigabit iba na 150 m. OM4 podporujú PMD 100GBASE-SR10 do vzdialenosti 150 m, ale 100GBASE-SR4 iba do 100 m.

Ak teda plánujeme v budúcnosti nasadiť 40 GbE a/alebo 100 GbE, prenosový kanál nemôže byť navrhnutý rovnako ako pre podporu 10 GbE. Ak sa v dátovom centre uvažuje so vzdialenosťami dlhšími ako 70 m, je vhodné použiť vlákna OM4, keďže podporujú prenos 100 GbE minimálne na 100 m. Vždy navrhnite systém tak, aby umožňoval podporu najrýchlejších existujúcich protokolov. Skôr či neskor určite príde k ich nasadeniu.

Okrem typov v vlákien, je pri výbere optického systému nutné uvažovať aj o ďalších dôležitých parametroch. Najmä o celkovom útlme prenosového kanála, polarite a zarovnaní kolíkov.

Tabuľka č. 6: Najbežnejsie architektúry v dátových centrách založené na krátkovlnnom prenose

	10G	40G	100G (-SR10)	100G (-SR4)
Signalizácia	10Gb	10Gb x 4	10Gb x 10	25 Gb x 4
Druh laseru	VCSEL	VCSEL Array	VCSEL Array	VCSEL Array
Druh vlákna	OM3/OM4	OM3/OM4	OM3/OM4	OM3/OM4
Konektory	2 LCs	12-vláknové MPO	2x 12-vláknový MPO alebo 24-vláknový MPO	12-vláknové MPO
Potrebný počet vlákien	2 vlákna 	8 vlákien 	20 vlákien 	8 vlákien 
Maximálna vzdialenosť	OM3: 300 m OM4: 400 m	OM3: 100 m OM4: 150 m[1]	OM3: 100 m OM4: 150 m[1]	OM3: 70 m OM4: 100 m

1. Na 150 m po OM4 potrebujeme použiť optický konektor s extra nízkym útlpmom. Problematika je bližšie vysvetlená v ďalších odsekoch.

Vložný útlm prenosového kanála a potrebné rezervy

Vstupný útlm prenosového kanála sa skladá z vložného útlmu (IL - Insertion Loss) optického káblu, definovaného ako decibel na kilometer (db/km), vložného útlmu všetkých spojol a vložného útlmu zvarov. Ako ukazuje tabuľka nižšie, so zvyšovaním prenosovej rýchlosti z 10 Gbps and 40/100 Gbps, výrazne klesá celkový vložnú útlm prenosového kanála i dostupná rezerva.

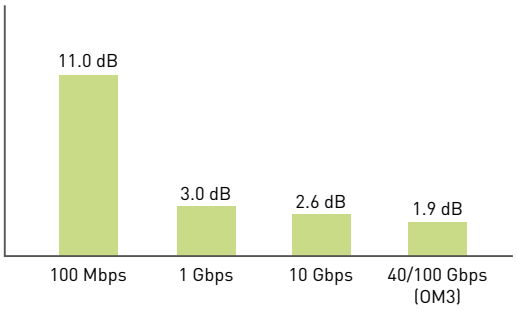
Tabuľka č. 7: Maximálny vložný útlm prenosového kanála

	Názov PMD	Typ vlákna	Celkový počet vlákien	Max. vzdialenosť prepoja (m)	Max. vložný útlm kanála (dB)
10 GbE	10GBASE-SR	OM3	2	300	2.6
40 GbE	40GBASE-SR4	OM3	8	100	1.9
40 GbE	40GBASE-SR4	OM4	8	150	1.5
100 GbE	100GBASE-SR4	OM3	8	70	1.9
100 GbE	100GBASE-SR4	OM4	8	100	1.9
100 GbE	100GBASE-SR10	OM3	20	100	1.9
100 GbE	100GBASE-SR10	OM4	20	150	1.5

Pri výbere káblov a konektorov je dôležité pochopiť vplyv každého komponentu na dostupnú rezervu útlmu. Pri návrhu sa zvykne dbať najmä na parametre optického káblu. Avšak, adaptéry môžu rovnako významne ovplyvňovať vlastnosti celého prenosového kanálu .

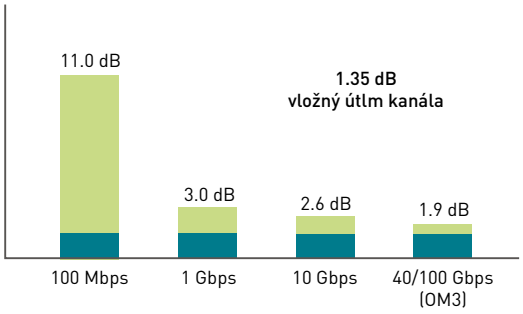
V tabuľke nižšie sú zobrazené dostupné rezervy pre 100 m kanály pre rôzne rýchlosti prenosu dát. S nárastom rýchlosti z 100 Mbps na dnešných 10 Gbps výrazne klesli rezervy útlmu z 11 dB na 2,6 dB. 40/100 Gbps Ethernet systémy majú túto rezervu ešte menšiu, iba 1,9 dB pri použití OM3 vlákien a 1,5 dB s vláknami OM4.

Celkový vložný útlm kanála v závislosti od aplikácie



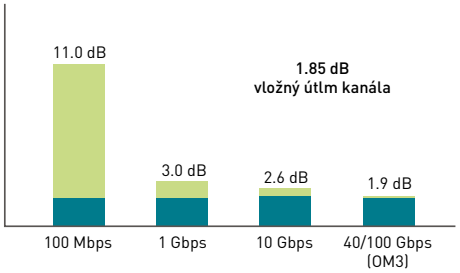
Pozrieme na dva príklady rezervy vložného útlmu kanálu. Pri 100 m kanáloch s 2 a 3 spojmi pri 850 nm je očividná dôležitosť nízkeho útlmu spojky. V prípade použitia bežného káblu (OM3/OM4, 850 nm) s útlmom 3 dB/km (ISO/IEC 11801 3. vydanie) a bežného adaptéru s útlmom 0,5 dB (normy TIA povoľujú útlm 0,75 dB a max. 4 spojky sa sebou) je celkový útlm 100 m kanálu s 2 spojkami 1,35 dB ((3.5db/km * 0.1km) + (0.5 *2)). Ak sa pozrieme na graf nižšie, tento útlm nie je pri systémoch 100 Mbps dôležitý. Avšak, pri systémoch 10 Gbps tvorí viac ako polovicu celkovej rezervy. V prípade systémov 40/100 Gbps tvorí viac ako tri štvrtiny celej rezervy!

Vložný útlm 100 m prenosového kanála s 3 adaptérmi



Ak sa pozrieme na kanál s 3 adaptérmi, útlm sa zvýši na 1,85 dB (3,5db/km * 0.1km) + (0,5 * 3)), viď graf nižšie. Útlm teda predstavuje 70% z celkovej rezervy pre 10 Gbps a skoro celú rezervu pre 40/100 Gbps. V prípade OM4 by sme dokonca ani nedosiahli normovanú vzdialenosť 150 m, lebo dostupná rezerva je iba 1,5 dB. Uvedené jednoduché výpočty jasne dokazujú, že vplyv adaptérov je nezanedbateľný.

Celkový vložný útlm 100m kanála s 3 spojkami



Dôležité je myslieť na celkovú súhru komponentov. Ak viem znížiť útlm jedného z komponentov, zvýšim tak rezervu pre ďalší komponent. Napríklad, ak pri 100 m vzdialenosti použijem vlákna OM4 namiesto OM3, znížim tak útlm káblu, ktorý viem vyžiť pre útlm adaptérov. Samozrejme, o túto rezervu veľmi rýchlo prídem ak použijem neznačkové adaptéry.

Polarita

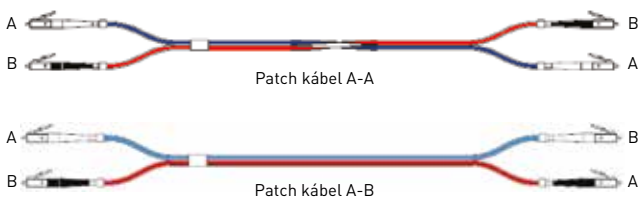
Rovnako netreba zabudnúť na správnu polaritu. Dodržaním správnej polarity garantujeme optický kanál z portu na zariadení A, ktorý signál vysiela, na port na zariadení B, ktorý signál príjma. Existuje viacero spôsobov ako zabezpečiť správnu polaritu, avšak navzájom sa nedajú kombinovať. Norma ANSI/TIA-568 ISO/IEC 14763-2 hovorí o 3 spôsoboch "návrhu a inštalácie", tzv. metódach A, B a C. Exitujú aj iné, proprietárne metódy, špecifické pre daných výrobcov.

Každá metóda si pre dodržanie polarity vyžaduje špecifickú kombináciu komponentov. Ak hovoríme o duplexnej signalizácii s použitím chrbticových MPO káblov, kaziet a patch káblov, nasledujúci zoznam ukazuje typy jednotlivých komponentov pre zabezpečenie správnej polarity.

Typy komponentov sú nasledové:

• chrbticové káble MPO-MPO: Typ A, B alebo C • kazety MPO-LC: Metóda A alebo Metóda B • patch káble: Typ A-A alebo Typ A-B

Patch káble A-A a A-B

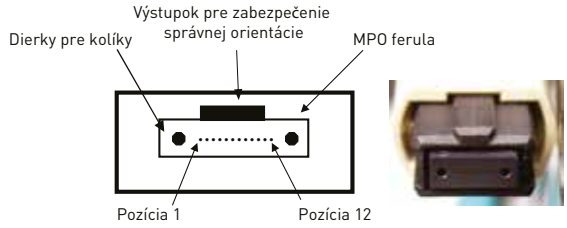


Napríklad, pri duplexnej signalizácii, ak chceme zabezpečiť polaritou pomocou Metódy A, použije kazety Metóda A, trunkový kábel Typ A, na začiatku kanála optický patch kábel Typ A-B a na konci Typ A-A. Zmena polarity z vysielania na príjem prebehne v patch kábli na konci kanála. Pri Metóde B použijem trunkový kábel aj kazety typu B a na oboch koncoch patch káble A-B. Zmena polarity v tomto prípade prebehne v kazete a trunku. Pri Metóde C využívame kazety A, trunky C a patch káble A-B na oboch koncoch. Zmena polarity prebehne iba v trunkovom kábli.

Polarita sa stáva ešte komplikovanejšou pri migrácii na 40/100 GbE keďže paralelná signalizácia nahrádza duplexnú. Pri paralelných optických prepojoch sa viacero vysielačov a príjmačov integruje h do jedného vysielacieho (transmitter) alebo príjmacieho modulu (reciever). Rovnako ich možno integrovať do jedného modulu vysielač/príjmač (transciever).

Tieto tri metódy A, B a C sú v norme ANSI/TIA-568 ISO/IEC 14763-2 rozšírené o paralelnú signalizáciu v 1 rade (24-vláknový MPO). Viacvláknové konektory majú pre dodržanie polarity presne definovanú orientáciu. MPO konektor s výstupkom pre orientáciu je zobrazený nižšie.

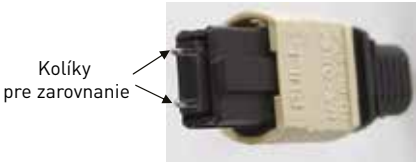
Čelný pohľad na ferulu samec MPO s výstupkom na vrchnej strane



Kolíky (PINy) pre zarovnanie

Pri párovaní konektorov, ktoré využívajú kolíky, ako napríklad konektory MPO, je nutné aby jednej konektor obsahoval kolíky a druhý nie. Keďže všetky existujúce vysielače/príjmače vybavené MPO obsahujú kolíky, je možné ich spojiť iba s MPO bez kolíkov.

Konektor MPO s kolíkmi



Konektor s kolíkmi je zvyčajne osadený v optickej vani. Kolíky sú tak chránené pred poškodením (t.j. fixne osadený konektor je zvyčajne s kolíkmi, konektor s ktorým sa hýbe je bez kolíkov). Čiže, kazety sú zvyčajen s kolíkmi a trunkové káble bez.

Je nutné komunikovať s výrobcom daného kanelážneho systému lebo existujú určité výnimky. Ak nie sú kolíky riadne očistené, prach a iné nečistoty budú bránič dostatočne kvalitnému spoju.

Čo bude nasledovať?

IEEE súbežne pracuje na viacerých projektoch pre nové optické a metalické aplikácie. Kľúčový je najma projekt pre prenos 400 GbE po optike. Cieľom je navrhnúť parametre pre prenos na nasledovné vzdialenosti:

Aspoň 100 m po multimode
Aspoň 500 m po singlemode
Aspoň 2 km po singlemode
Aspoň 10 km po singlemode

Ako prvý bol zadefinovaný 400 GbE po multimode kábloch s využitím 16 kanálov pre vysielanie (t.j. 32 kanálov dokopy), každý s rýchlosťou 25 Gbps. V tejto súvislosti TIA na konci roku 2015 vydala novú normu ANSI/TIA-604-18 (FOCUS 18), v ktorej sú definované vlastnosti 16 a 32-vláknových MPO konektorov.

Aby bola možná jednoduchá a cenovo efektívna migrácia na 400 GbE, IEEE doplnila špecifikácie pre dvojkanálovú 100 Gbps signalizáciu a štvorkanálovú 200 Gbps signalizáciu, niekedy nazývanú aj NGOATH (Next Generation One and

Two Hundred). Obe sú založené na signalizačných kanáloch s rýchlosťou 50 Gbps. Výsledkom týchto aktivít je doplnenie jednokanálovej signalizácie 50 Gbps PHY na maximálnu vzdialenosť 100 m po multimode kábloch a na vzdialenosti 2 a 10 km po singlemode kábloch.

Tento dvojkanálový 100 GbE umožní prenos po multimode kábloch aspoň na 100 m a aspoň na 500 m po kábloch singlemode. Prenos 200 GbE po multimode je plánovaný opäť aspoň na 100 m. Ďalej sa uvažuje s viacerými možnosťami pre singlemode káble s využitím 4 paralelných kanálov (4 paralelných vláknien) do vzdialenosti 500 m a s dvoma vláknami do vzdialenosti 2 km a 10 km.

Norma TIA pre širokopásmový multimode bola publikovaná v polovici roku 2016. Nová norma definuje WDM - vlnový multiplex, alebo inými slovami signalizáciu svetlom v rôznych farbách - po kábloch s priemerom jadra 50µm. Mení sa aj vlnová dĺžka ktorá bude v rozmedzí 850nm až 953 nm a následne aj šírky pásma: 4700 MHz·km pri 850 nm a 2470 MHz·km pri 953 nm. Uvedenú technológiou nebude možné nasadiť na

aktuálne dostupných typoch multimode káblov OM1 až OM4. Uvažovalo sa nad rôznymi označeniami novej kategórie - OM4w, OM5 resp. OM5w. V hlasovanie nakoniec jednoznačne zvíťazilo označenie OM5.

Štandardizovanie WDM pre multimode je dôležitým faktorom, keďže sa jedná o jednu zo štyrom možných ciest zvyšovania prenosovej rýchlosti: WDM, paralelný prenos po viacerých vláknach, zvýšenie frekvencie a viacúrovňové kódovanie. WDM bolo doteraz výhradnou doménou systémov postavených na singlemode kábloch.

Pre porovnanie ako môžu nové protokoly ovlyvniť počty vlákien využívaných v súčasných i pripravovaných Ethernetových štandardoch pozrite si Tabuľku č.8. Súčasný štandard pre 40 GbE (40GBASE-SR4) využívajúci krátke vlnové dĺžky a multimode káble, využíva prenosové kanály so signalizáciou 10 Gbps - 4 pre vysielanie, 4 pre príjem. S použitím vlnového multiplexu (WBMMF) t.j. svetla v 4 farbách, bude pre vysielanie aj príjmanie stačiť 1 vlákno. Namiesto 8 vlákien nám teda budúú stačiť iba 2. Ešte lepším príkladom je 100GbE, pretože v pôvodnom štandarde vydanom v roku 2010 (100GBASE-SR10) bola zadefinované použitie 20 vlákien - 10 pre vysielanie, 10 pre príjem - so signalizáciou 10 Gbps. Nový štandard 100GbE (100GBASE-SR4) vydaný v roku 2015 umožnil zníženie celkového počtu vlákien z 20 na 8, čiže na rovnaký počet aký využíva 40 GbE. Je to pekný príklad ako zvýšenie modulácie znižuje potrebný počet vlákien. Pri kombinácii SWFM a WBMMF je možné znížiť počet vlákien pre prenos 100 GbE na 2 s použitím 25 Gbps signalizácie. Tým pádom je možné prenášať 40 GbE aj 100 GbE iba po 2 vláknach.

Ak už bolo spomenuté, prvá fáza normy 400GbE (IEEE 802.3bs) zadefinuje prenos po multimode pomocou paralelnej signalizácie rýchlosťou 25 Gbps. Celkovo bude potrebných 32 vlákien. S využitím SWFM a WBMMF je možné znížiť počet vlákien na 8, čiže o 75% oproti pôvodnéj špecifikácii v prvej fáze.

Súsledne je vyvýjaných viacero nových optických protokolov pre vysokorýchlostné prenosy využívané najmä v cloudových službách. Špecifikácie pre 32-vláknový optický kanály (GFC) a vysielače/príjmače boli vydaný koncom roku 2016. Cieľom je prenos na 100 m po OM4 a 70 m po OM3. 32 GFC využíva sériovú komunikácie s 2 vláknami a bude využívať vysielače/príjmače osadené klasickými LC adaptérmi. Budú spätne kompatibilné s 8 GFC a 16 GFC. Ďalší projekt sa zaoberá vývojom 128 GFC. Bežne optické kanály využívajú nasobky čisla 2 pre rast rýchlosti - 8 GFC, 16 GFC, 32 GFC - ale 128 GFC bude využívať 4x 32 GFC.

Port aktívne zariadena bude schopny autonegociácie z 128 GFC spať na 32 GFC a 16 GFC bez nutnosti zásahu užívateľa.

Medzitým pokračujú diskusie o využití 64 GFC a 256 GFC. Rovnako sa uvažuje o využití SWDM multimode spolu s WBMMF TIA-492AAAE. Požiadavkou je opať spätná kompatibilita s 32 GFC.

Zhrnutie a záver

Predtým ako sa rozhodnete pre konkrétny produkt pre vaše dátové centrum, zadefinujte si najrýchlejšiu aplikáciu akú má štruktúrovaná kabeláž podporovať. Systémy založené na multimode vláknach sú kvôli nižším celkovým nákladom častejšie využívané ako systémy na singlemode. Rozhodnite sa aspoň pre kategóriu OM3, avšak s pomocou OM4 dosiahnete na väčšiu vzdialenosť. Netreba zabúdať, že prenos niektorých nových aplikácií na 100 m je možný iba po OM4.

Širokopásmový multimode bude mať významný vplyv na počet potrebných vlákien. Ak budú dostupné adektvátne príjmače/vysielače, na prenos 100 GbE budú stačiť iba 2 vlákna. Ak dokáže vysielač/príjmač pracovať na 50 Gbps spolu s SWDM, pre prenos 200 GbE budú takisto stačiť iba 2 vlákna. Vďaka širokopásmovému multimode je možné znížiť počet vlákien potrebných na prenos existujúcich aplikácií o 75%.

Prijímače/vysielače definujú potrebný typ adaptéru - adaptér LC pre duplexný prenos a MPO pre paralelný prenos. Základom návrhu systému je vložný útlm prenosového kanálu, vyberte si teda značkové komponenty s nízkym útlmom.

Takisto je nutné zobrať do úvahy rôzne spôsoby riešenia polarity a následne výber správnych typov komponentov pre ten ktorý spôsob. Ak sa rozhodnete pre viacvláknové konektory, nezabudnite, že jeden v páre musí mať kolíky a druhý nie. Najjednoduchšie bude spojiť sa priamo s výrobcom a požiadať ho o radu.

Nezabudnite na fyzické umiestnenie jednotlivých komponentov. S hustotou portov aktívnych zariadení rastie aj hustota kabeláže. Vyššia hustota kabeláže ovplyvňuje prúdenie vzduchu v rozvádzačoch. Správne vedenie káblov nebude brániť adekvátnemu chladeniu aktívnych zariadení, čo predĺži ich životnosť a zníži náklady na spotrebu elektrickej energie.