

Optické komunikace 2012

40G/40GE/100GE – principy, technologie,
aplikace, důvody použití a způsoby měření

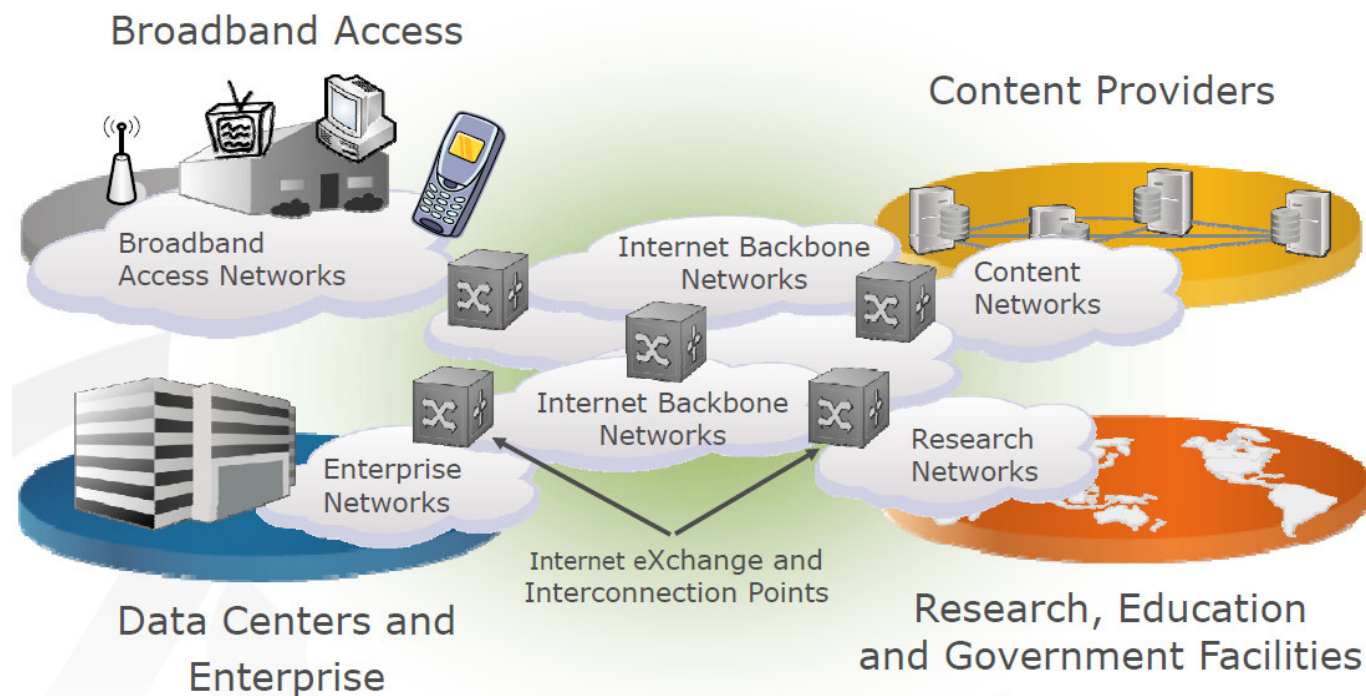
Proč takový rozruch okolo 100G?

- Agenda a náměty k diskusi;
 - 40G/100G – proč se tyto rychlosti objevují
 - Ethernet & OTN
 - Technologie 40G - přehled
 - Tradiční aplikace 40G
 - Úvod do technologií 100GE
 - Úskalí nasazení 100GE
 - Měření v konvergovaných sítích
 - Analyzátor UX400, měření v ČR



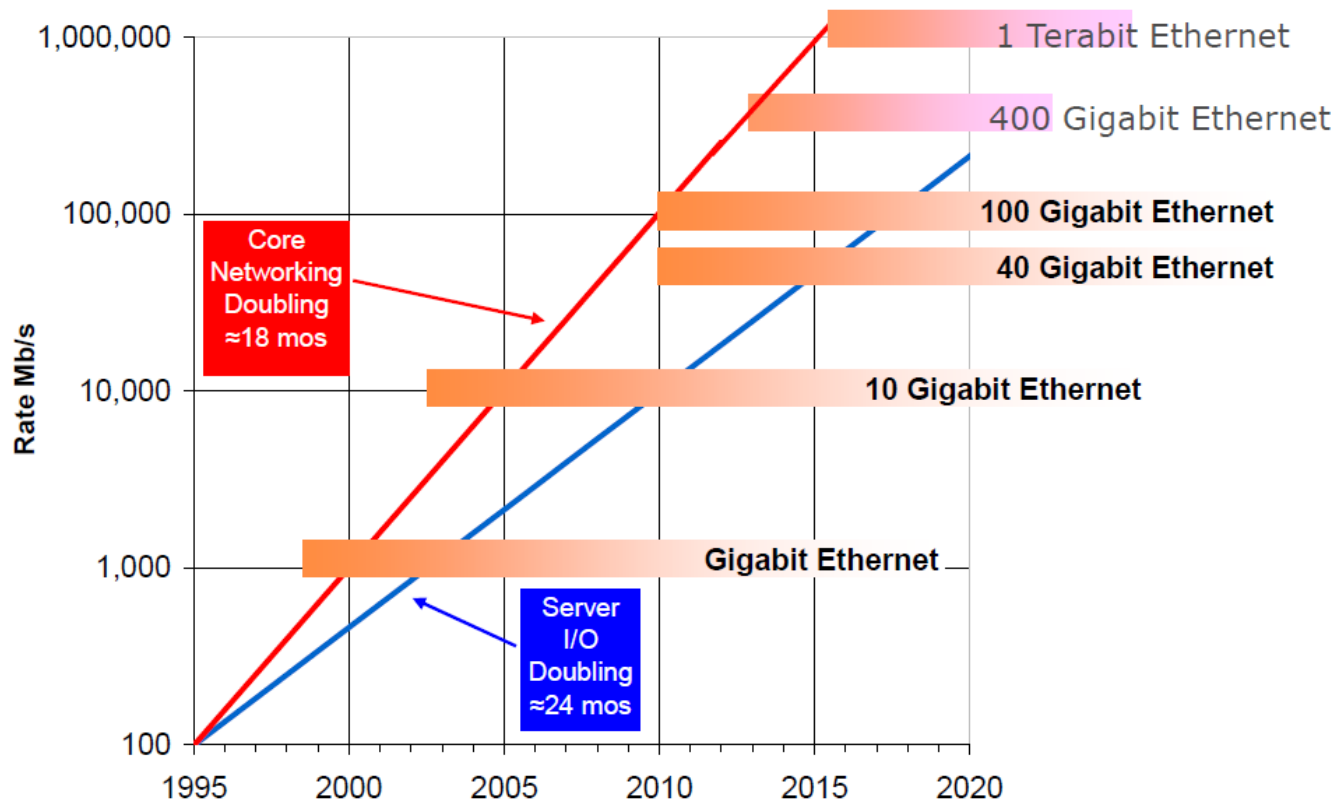
■ Hlavní příčiny zájmu o 40GE/100GE

- Velká datová centra a poskytovatelé služeb vyžadují rychlejší datová připojení, aby mohli zajistit datově orientované služby zákazníkům
- Ethernet se přesouvá i do sítí WAN
 - 40GE pro výpočetní clustery, blade servery a přídružená disková pole SAN
 - 100GE především pro páteřní internetovská propojení ISP a propojení datových center



■ Probíhají reálné testy na úrovni 400G

- Nároky trhu – datová centra, propojení Internetu, Cloud computing
- Požadavky na šířku pásma jsou dány povahou a rozšířením služeb, nikoli technologickými změnami



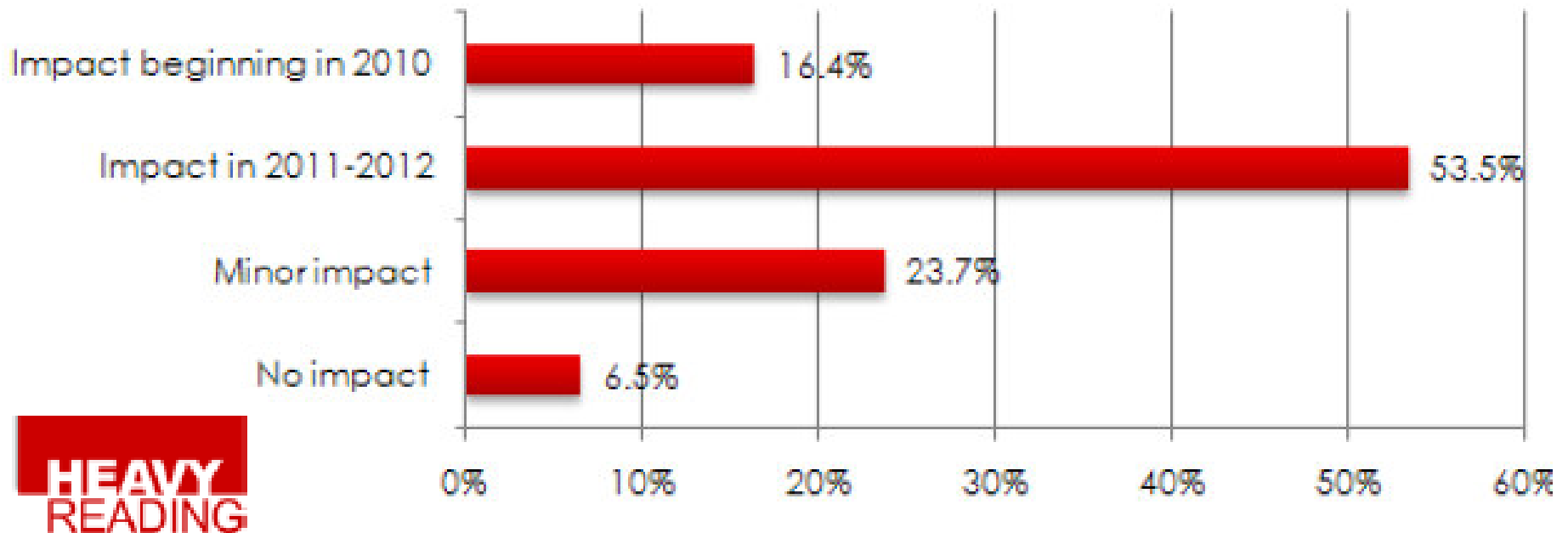
Stačí pokrok v doporučeních Ethernetu sledovat zvýšené nároky

Zdroj: IEEE 802.3 High Speed Study Group

Je skutečně 100G aktuální?

- 100GE pro transportní síť - analýza firmy Ciena již v roce 2010
 - Dotázáno bylo 234 síťových operátorů po celém světě
 - > 54% dotázaných plánovalo nebo očekávalo výdaje CAPEX ve vztahu k technologiím 100G již v letech 2011/12

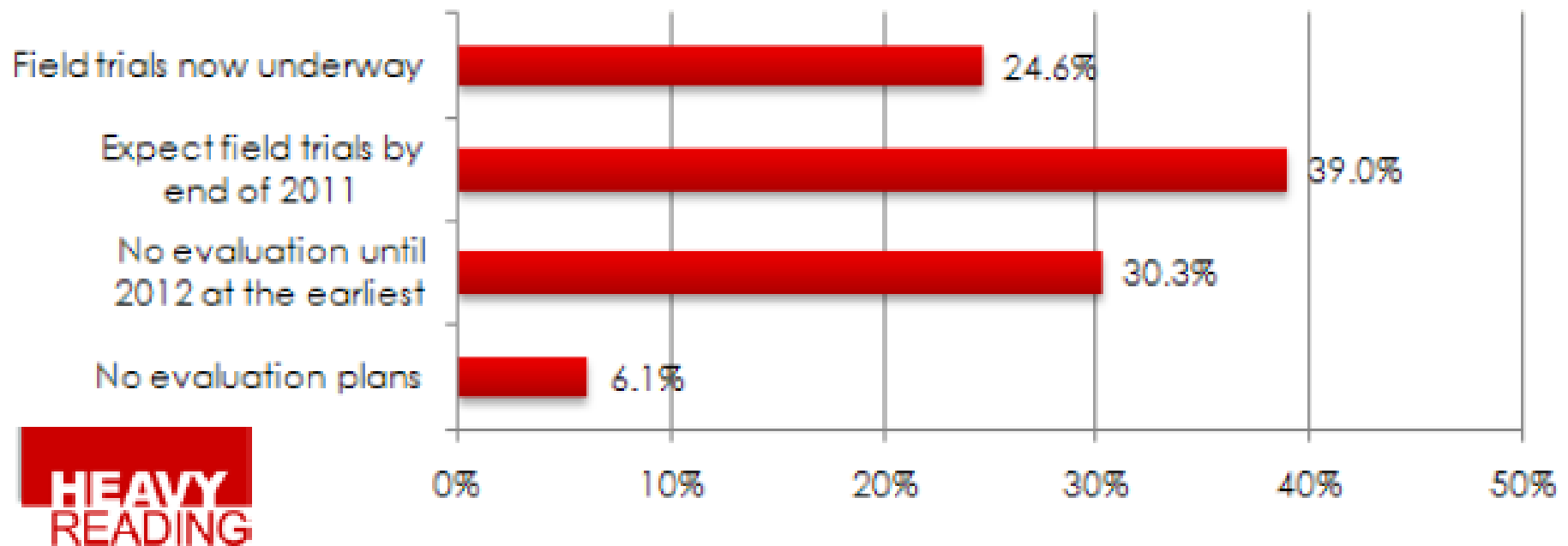
Figure 1: What Impact Will 100G Have on Your Company's Five-Year Capex Plan?



Je skutečně 100G aktuální?

- 100GE pro transportní síť - analýza firmy Ciena
 - ~39% z dotázaných již testovalo 100G technologie nebo trial plánovalo na rok 2011
 - Operátoři předpokládají, že technologie 100GE se stane standardem páteřního datového přenosu

Figure 2: How Far Along Is Your Company in Evaluating Possible 100G Suppliers?



Technologie Ethernet & OTN

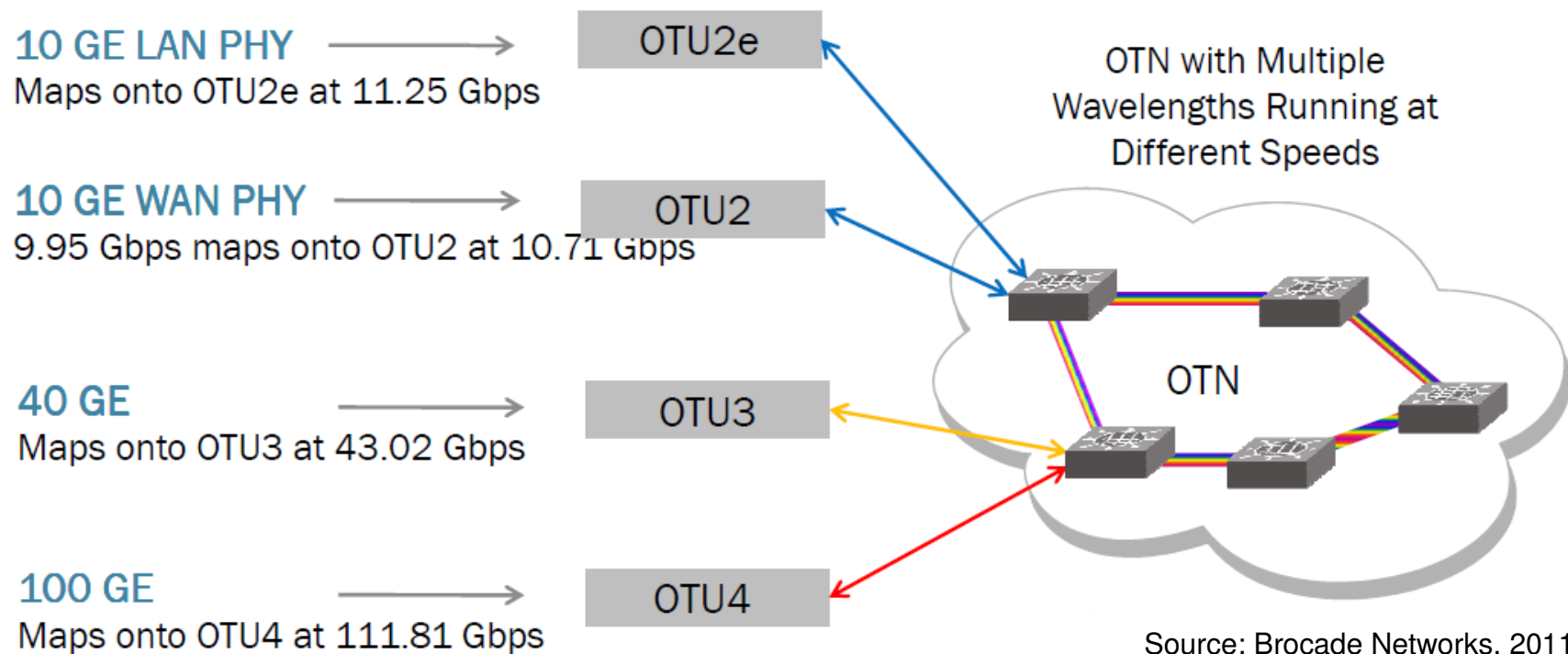
Říjen 2012

HKE - prezentace 100G / 40G

Budou spolu šťastni....

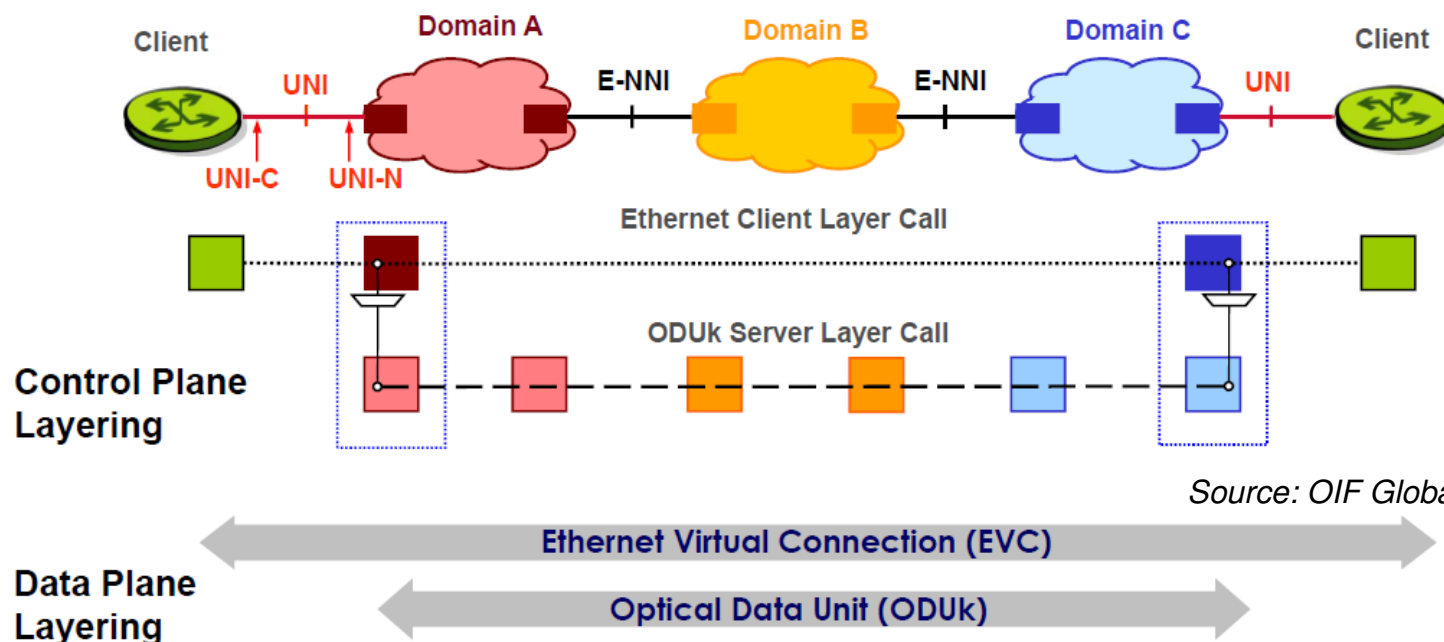
■ Vzájemné propojení optických transportních sítí (OTN) a Ethernetu

- IEEE spolupracuje úzce s ITU-T SG15 na definici a vymezení interoperability Ethernetu a OTN. Vznikají nové standardy.
- Přenos 40GE a 100GE je definován v doporučení ITU-T G.709 (Amendment 3, říjen 2009)



■ OTN – přenos a směrování

- Operátoři shledávají OTN jako univerzální transportní protokol pro všechny typy klientských služeb
- Může transparentně přenášet 1GE, 10GE, 40GE, a 100GE
- Nové standardy (ODU0 & ODUflex) nabízejí i jemnější členění (granularitu) pro datové toky úrovně GigE, 4GFC, 5G Infiniband apod.
- Podporuje a využívá technologii FEC, která je klíčová pro dálkové přenosy
- Podporuje funkce OAM pro přenos nižších rychlostí 1GE and 10GE na velké vzdálenosti



■ OTN – výhody

- Jediná vrstva pro přenos služeb s podporou OAM&P, bez vztahu k přenášeným protokolům
- Přenosové kanály s možností dohledu a využitím principů Tandem Connection Monitoring
- 100% transparentní přenos (asynchronní, bitově synchronní a obecný mapping)

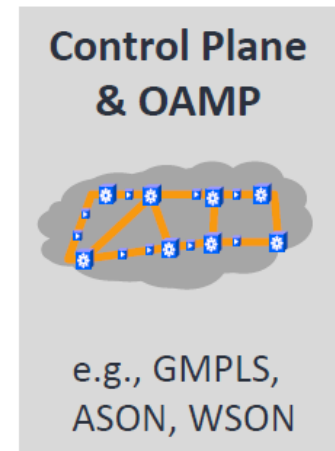
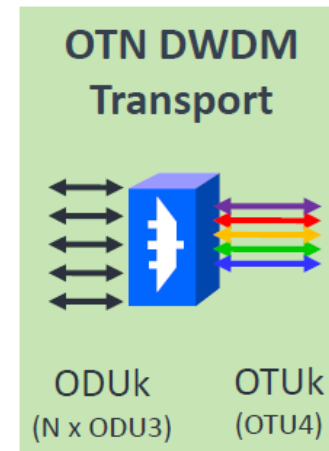
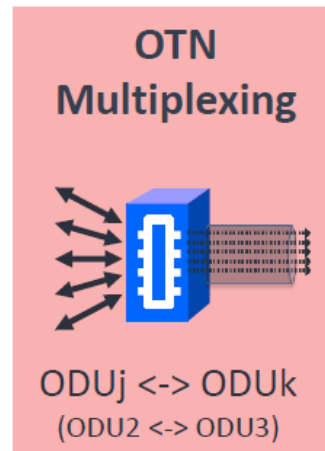
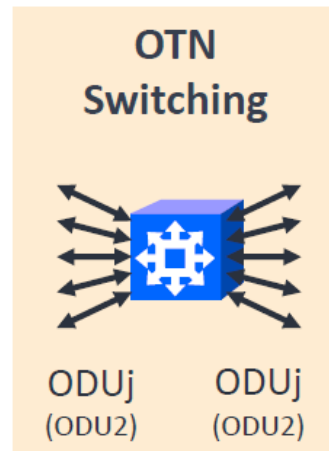
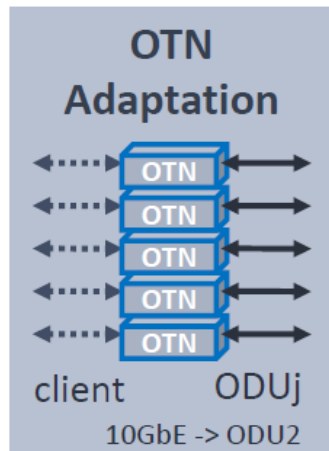
*Standardized
Multi-Service
Platform*

*Efficient
Service
Reconfiguration*

*High
Bandwidth
Inter-Carrier
Hand-Offs*

*Efficient High-
Bandwidth
Transport*

*Multi-Layer
Management
& Automation*



Tradiční technologie 40G

Říjen, 2012

Víc technologií, víc rychlostí...

■ 40G - jednotlivé varianty

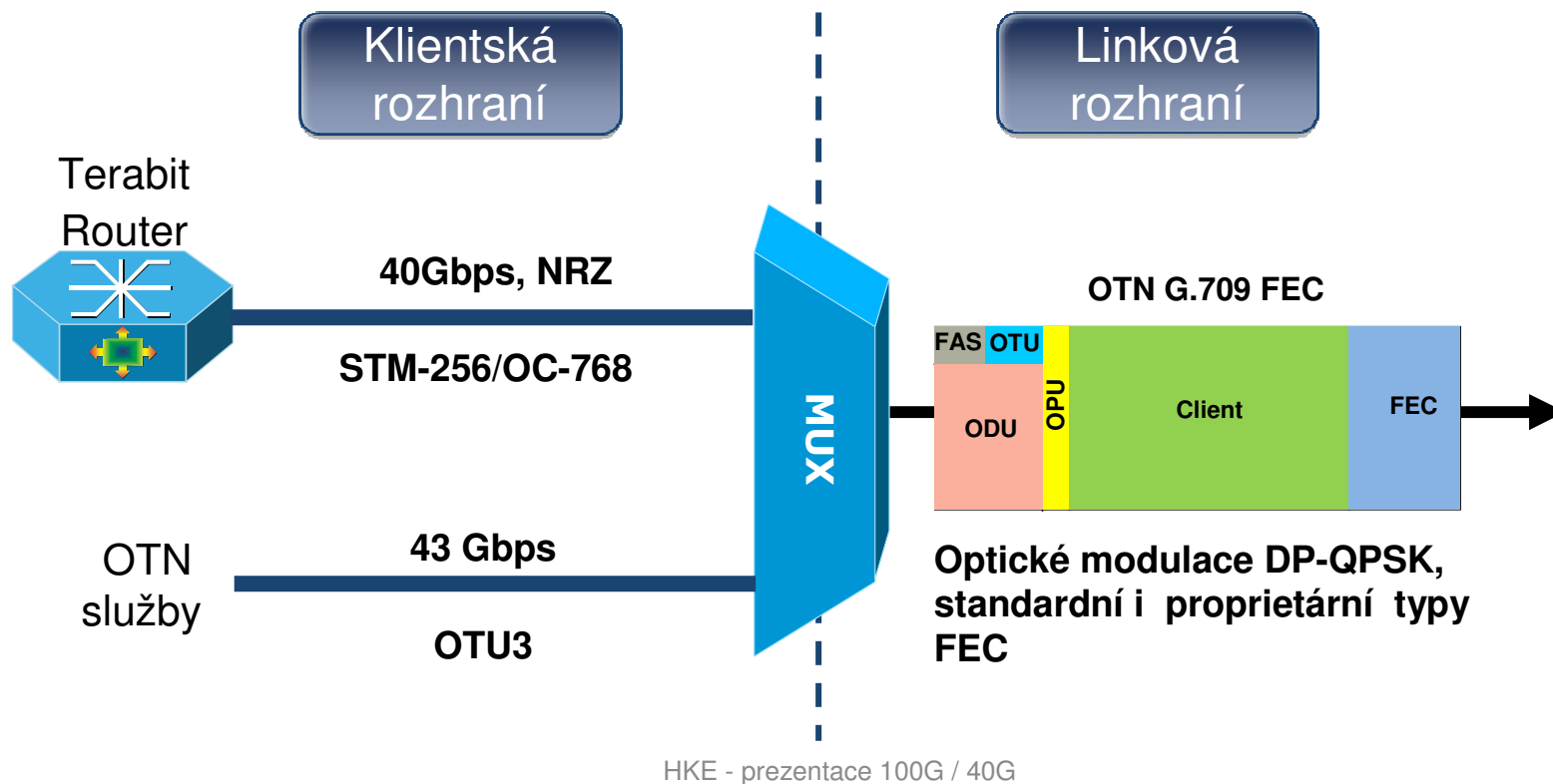
- **STM-256** – definováno v ITU-T G.707, rychlost ~ **39.81 Gbp**
- **OTU3** – definováno v ITU-T G.709, rychlost ~ **43.108Gbps**
- **OTU3e** – definováno v ITU-T Sup.43, rychlost ~ **44.58Gbps**
- **40GE** – definováno v IEEE802.3ba, rychlost ~ **41.25Gbps**



■ Tradiční 40G

- STM-256/OC769 router interface, používají se od roku 2006 mnoha operátory v řadě zemí celého světa
- Často se používá pro intra-POP propojení nebo velmi rychlá uzavřená peer-to-peer propojení
- Méně častá u meziměstských propojení, neboť ne všichni poskytovatelé jsou vybaveni technologií podporující 40Gbps
 - Problémy s CD / PMD, absence 40G zařízení
- V některých případech je nasazení 40Gbps méně výhodné než 10Gb/s (transoceánské přenosové systémy – problematika spektra)
- NRZ modulace je definována v ITU-T G.959.1 a G.693 pro 40G v intra-office aplikacích

- Tradiční 40G
 - Zahrnuje všechna rozhraní SDH/SONET/OTU3
 - 40G – propojení routerů
 - OTU3 propojení
- 40GE je cosi zcela odlišného – nezaměňovat s “tradičním 40G”

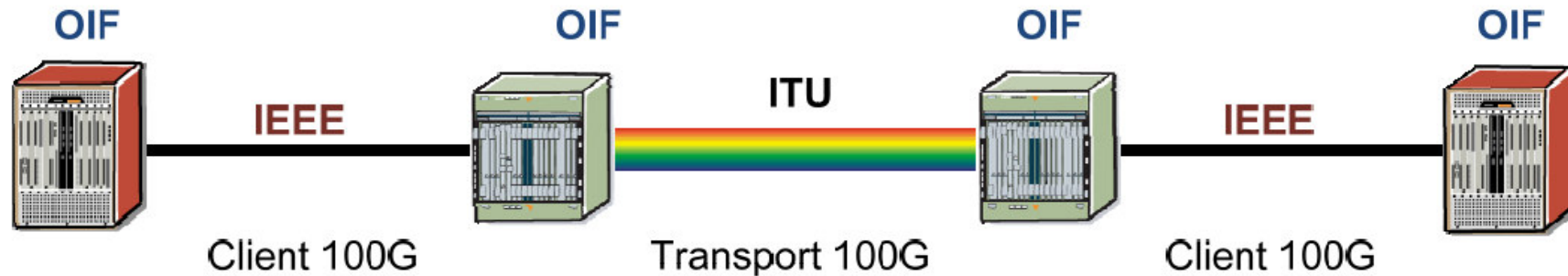


- Posun k přenosům 40G DWDM transport - úskalí
 - **OSNR - citlivost (vyšší nárok o 6dB)**
 - 40G zabere 4x větší šířku pásma než tradiční datové toky 10G. Optický přijímač 40G pracuje se 4x širším pásmem a je tedy zatížen 4x větším šumem než 10G přijímač.
 - **Chromatická disperze (CD) – její vliv roste 16x**
 - 40G signály s kódem NRZ mohou pracovat maximálně do hodnot 60 ps/nm. To vylučuje nasazení na delší vzdálenosti.
 - Kompenzace CD byl problém již při nasazování 10G před 15 lety, to platí i nyní přes dostupnost pokrokových kompenzačních technologií.
 - **Polarizační disperze (PMD)**
 - PMD má vliv na DWDM přenosy, nastává vlivem různých rychlostí šíření obou ortogonálních polarizovaných složek.
 - PMD může vzniknout jak při výrobě tak při instalaci kabelů (vláken) a je způsobena mechanickým napětím. Hodnotu PMD ovlivňují i jednotlivé aktivní součásti systémů,

Standard 100GE

Říjen 2012

IEEE, OIF a ITU (kupodivu) spolupracují



Definice 40GE & 100GE (P802.3ba Task Force)



- Standard odsouhlasen v červnu 2010
- MAC datové rychlosti: 40 Gbit/s (41.25 Gbit/s), 100 Gbit/s (103.125 Gbit/s)
- Transparentní přenos 40GbE & 100GbE přes OTN
- Specifikace fyzické vrstvy



Definice G.709 OTU4 (ITU-T Study Group 15)

- OTU4 rychlost = 111.8 Gbit/s; optimalizováno pro 100GE, velikost 10xOTU2e
- Limity optického výkonu OTU4 v souladu s doporučeními IEEE
- Vkládání 40GBASE-R do OPU3, 100GBASE-R do OPU4 (odsouhlaseno v červnu 2010)



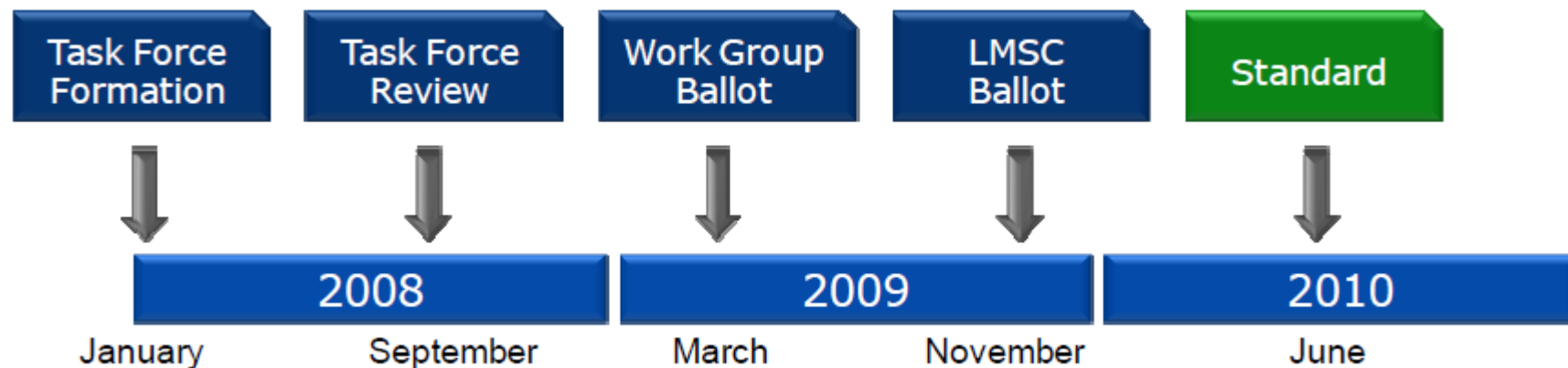
100G Long-Distance DWDM pro páteřní přenosové aplikace

- Cílem je překlenout úseky 1,500km pomocí koherentních technologií DP-QPSK
- Dohody ohledně slučitelnosti Tx a Rx u optických součástí
- Moduly jako CFP, CFP2 včetně definic elektro-mechanických parametrů, popis základních parametrů transceiverů

Úkoly a jejich časový rozvrh

- P802.3ba – klíčové úkoly;
 - Zachovat formát rámce Ethernet 802.3 Ethernet s použitím 802.3 MAC
 - Zachovat velikosti rámce podle současného standardu 802.3
 - Dosáhnout chybovosti BER 10^{-12} na MAC/fyzické vrstvě
 - Podporovat datovou rychlost 40G a 100G
 - Podporovat pouze full-duplexní provoz
 - Spolupracovat s optickými transportními sítěmi (OTN)

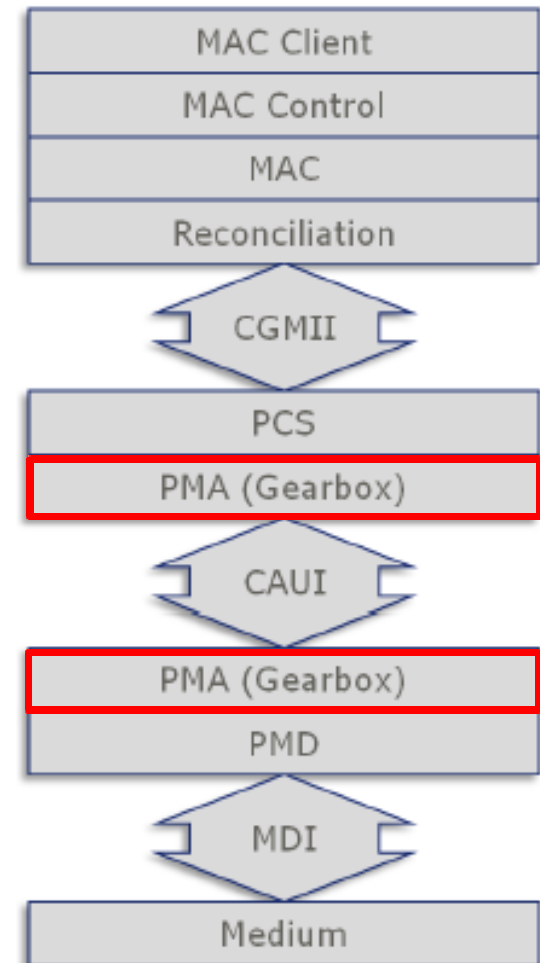
- P802.3ba časový plán jak dosud probíhal



Nový převodní blok – nová funkce

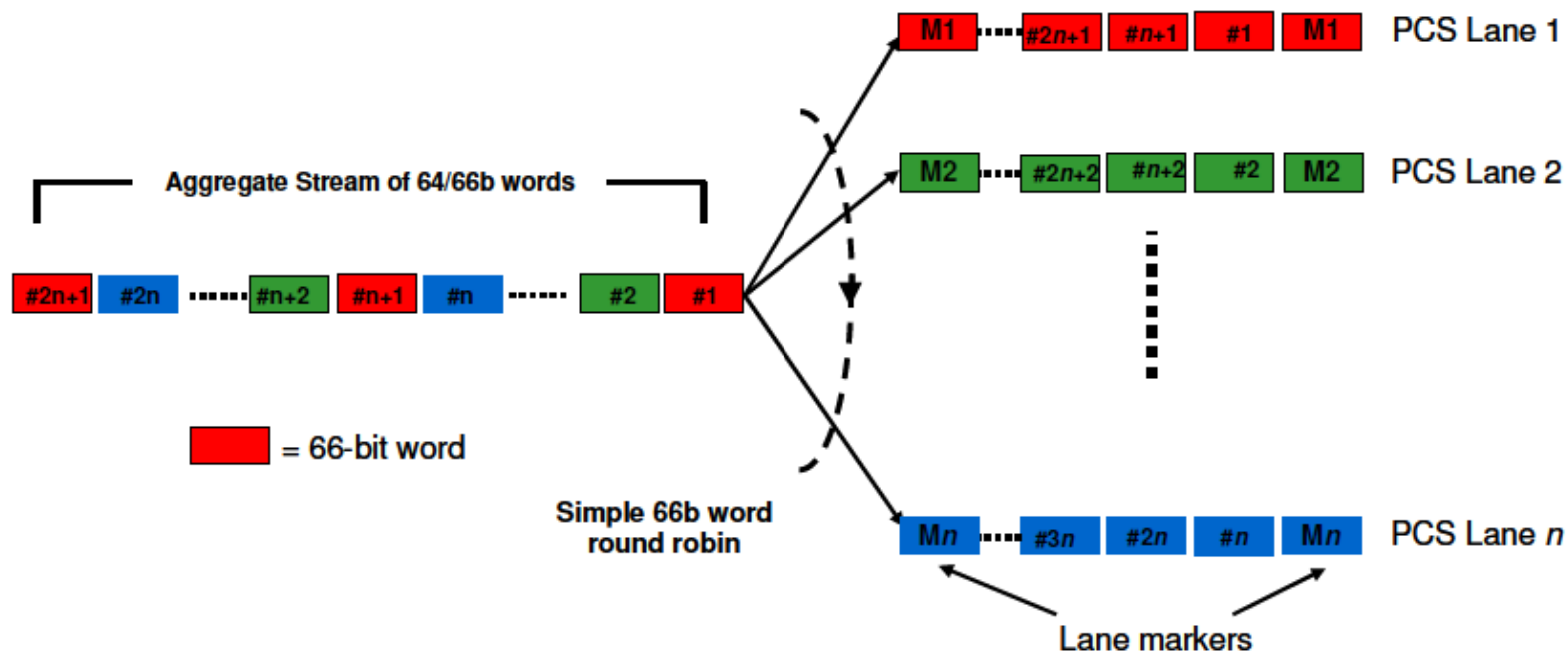
■ 100GE Protocol Stack

- Jediná technologie před 100G využívající paralelní struktury byla linková agregace
- 100GE přidává do přenosového řetězce převodní blok na úrovni podvrstvy PMA. Je to mezivrstva mezi úrovněmi PCS a PMD
- V anglické terminologii se vžila přezdívka “gearbox”, neboť hlavní funkcí této mezivrstvy je multiplexní převod mezi řetězci PCS a PMD v obou směrech.
- Tato multiplexní funkce zajišťuje možnost přenosu datového toku Ethernet v jednotlivých kanálech
 - Zatímco datová vrstva MAC běží na plné rychlosti 100Gbit/s, vlastní přenosové médium může využívat větší počet nezávislých paralelních datových toků bez ztrát a snížení účinnosti.

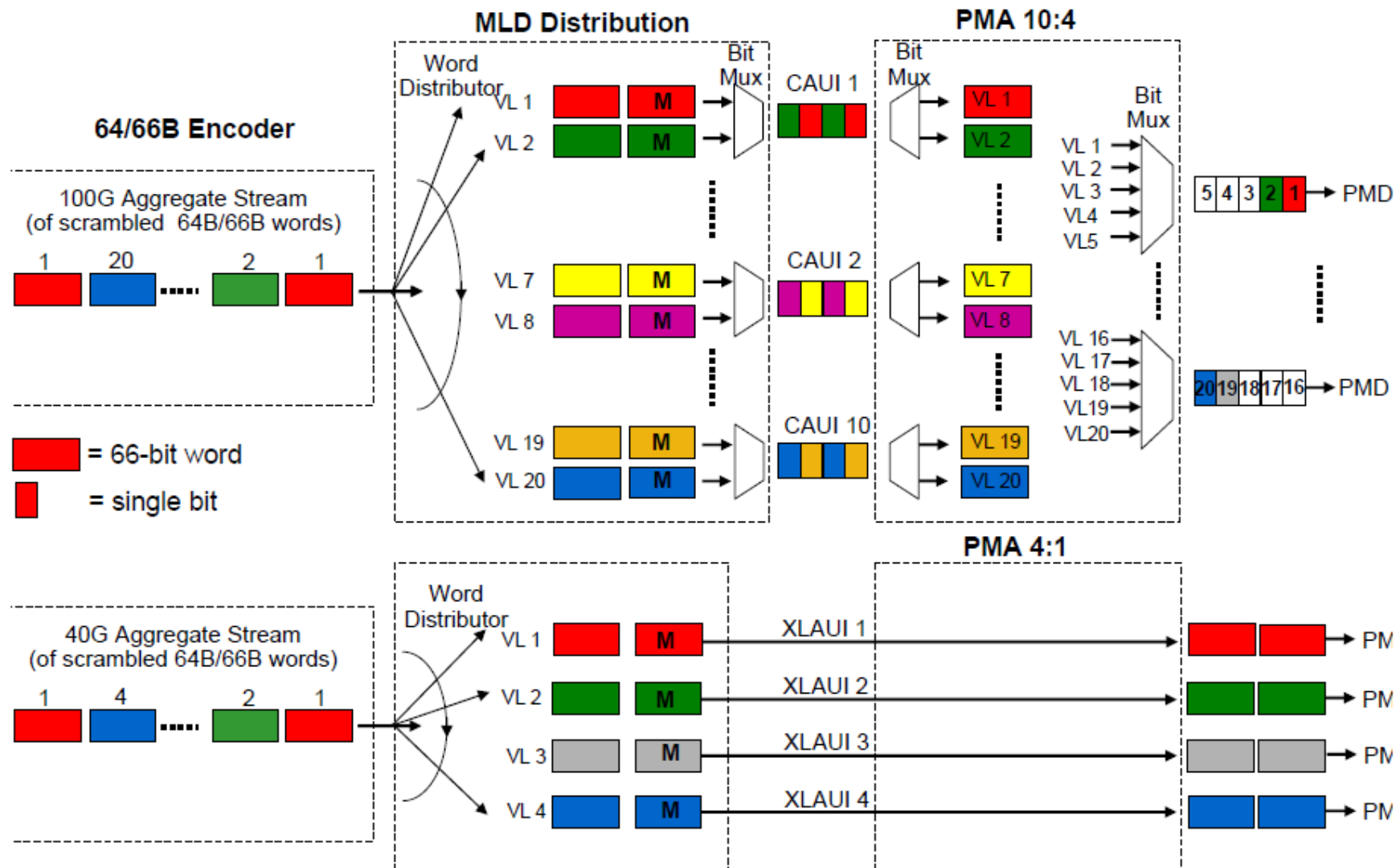


■ Podvrstva Physical Coding Sub-layer (PCS)

- Převádí data z jednotlivých rozhraní Media Independent Interface (MII) na podvrstvu PMA.
- Agregovaný tok z MII je kódován do 64B/66B schematu (stejně jako 10GE)
- Cyklická distribuce 66-bit bloků zajišťuje jejich rozdělení do většího počtu paralelních cest nazvaných “PCS Lanes,” z nichž každá je vždy periodicky označena vlastním markerem
- 40GE využívá čtyři PCS cesty, 100GE pak dvacet PCS cest

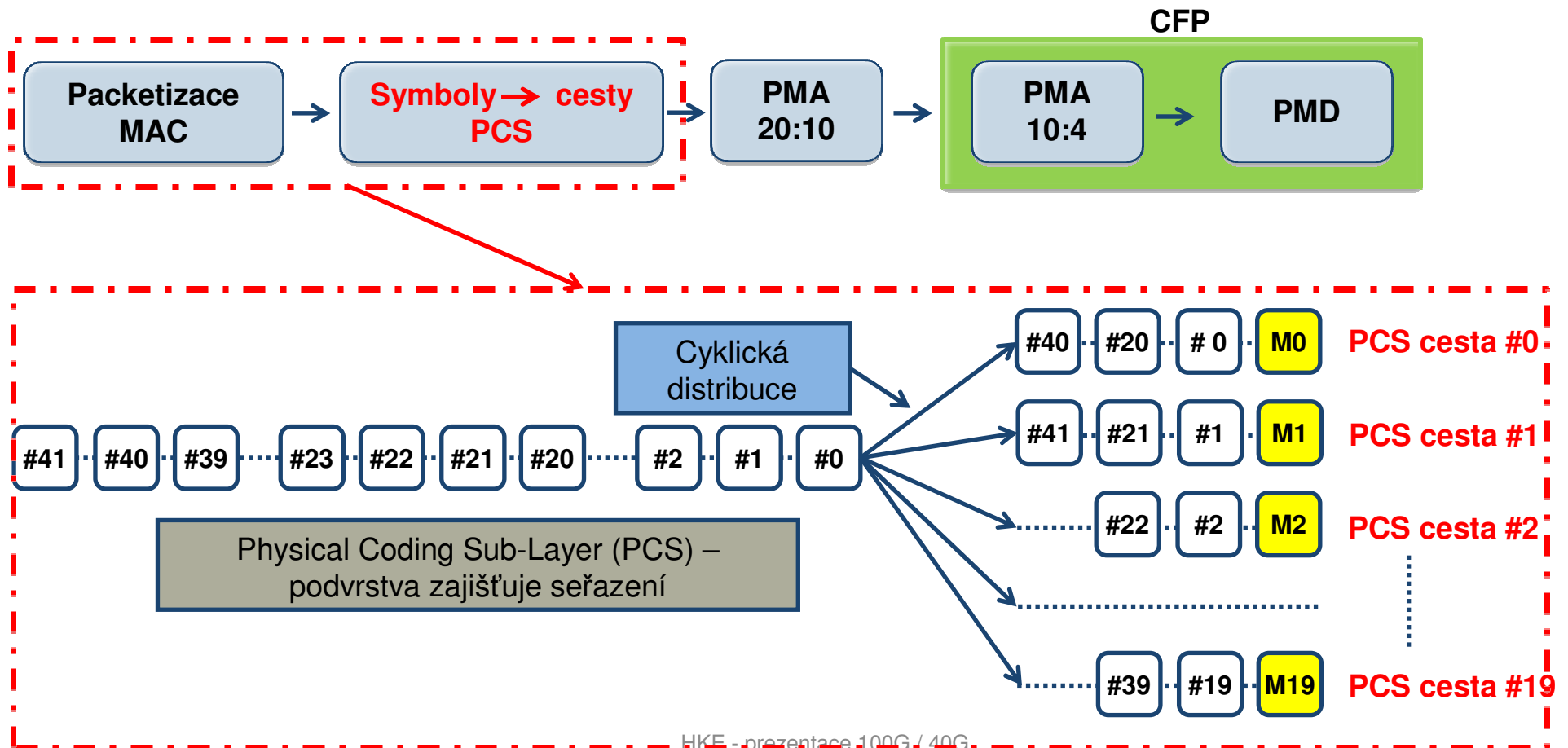


Multiplexní schema



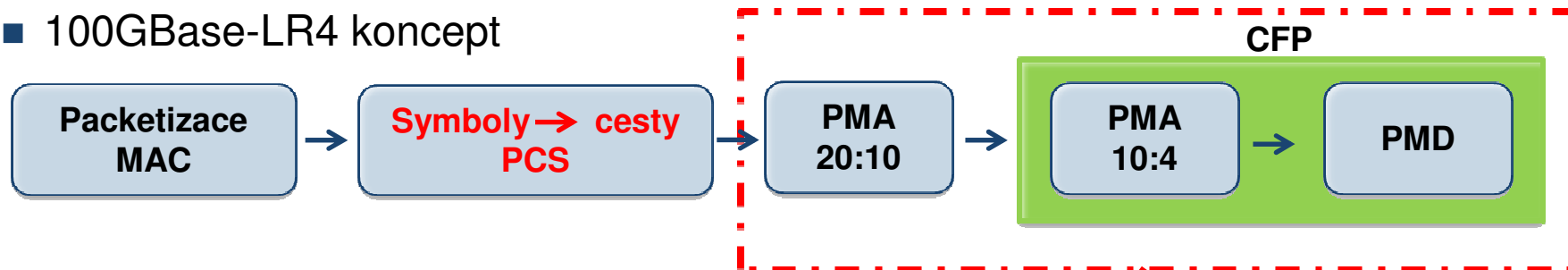
Základní koncept PCS cest

- Přenos 100G využívá paralelních struktur na více úrovních
 - **Krok #1:** přidá se záhlaví MAC a seskupí se vždy skupiny po 8 bytech do 64/66B symbolů
 - **Krok #2:** symboly se cyklicky rozdělují do PCS #0 cest a přidají se značky M0 PCS cest každých 210us, které zajistí správné seřazení

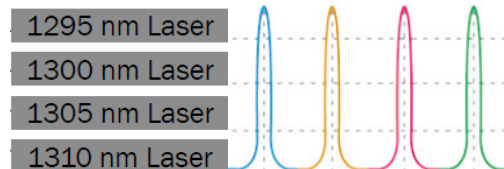
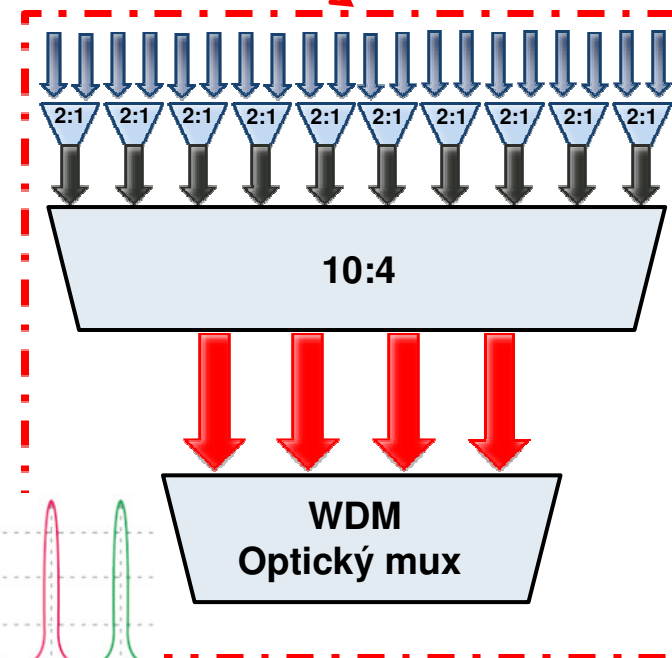


Základní koncept transceiverů CFP

■ 100GBase-LR4 koncept



- **Krok #3:** Multiplex 20 PCS cest do 10 CAUI cest
- **Krok #4:** Multiplex 10 CAUI cest do 4 PMD cest
- **Krok #5:** Převod 4 PMD cest na optické cesty s NRZ kódováním
- **Krok #6:** Multiplex 4 optických cest do WDM signálu



■ Multimodová vlákna

- Umožňují vyšší rychlosti a delší vzdálenosti uvnitř datových center
 - 100BASE-FX – 100Mb/s do 2 kilometrů
 - 1000BASE-SX – 1Gb/s do 550 metrů
 - 10GBASE-SR – 10Gb/s do 300 metrů
 - 40GBASE-SR4 – 40Gb/s do 100 metrů (OM3)
 - 100GBASE-SR10 – 100Gb/s do 100 metrů (OM3)
 - 40GBASE-SR4 – 40Gb/s do 150 metrů (OM4)
 - 100GBASE-SR10 – 100Gb/s do 150 metrů (OM4)

Type	Application	Bandwidth Length Product (MHz*km or GHz*m)	Core / Cladding Diameter (um)
OM1	Obsolete. Used for FDDI.	160-200	62.5/125
OM2	Used for 100BASE-FX to 1000BASE-SX.	400-500	50/125
OM3	Used for 10GBASE-SR and higher speeds.	2000	50/125
OM4	Used for 10GBASE-SR and higher speeds.	4700	50/125

Jednotlivé rychlosti a dosahy

- Singlemodová vlákna
 - Pro velké vzdálenosti a rychlosti – převažující aplikace
 - 100BASE-LX – 100Mb/s do min. 5 kilometrů
 - 1000BASE-LX – 1Gb/s do min 5 kilometrů
 - 10GBASE-LR – 10Gb/s do min 10 kilometrů
 - 10GBASE-ER – 10Gb/s do min 40 kilomerů
 - 40GBASE-FR – 40Gb/s do min. 2 kilometrů
 - 40GBASE-LR – 40Gb/s do min 10 kilometrů
 - 100GBASE-LR – 100Gb/s do min 10 kilometrů
 - 100GBASE-ER – 100Gb/s do min 40 kilometrů

Type	Application	Bandwidth Length Product (MHz*km or GHz*m)	Core / Cladding Diameter (um)
OS1	Standard single-mode fiber.	Nearly infinite	9/125
OS2	Reduced loss fiber not typically used in Ethernet	Nearly infinite	9/125

- Podvrstva závislá na fyzickém mediu (PMD)
 - Čtyři datové cesty dosahující kapacity 40Gbps
 - Čtyři nebo deset datových cest s kapacitou 100Gbps

PHY Type	Data rate	Distance	Media	Technology
100GBASE-ER4	100Gb/s	40km	Single Mode Fibre	4 x 25Gb/s (28.78125GBaud) 1310nm DWDM (5nm), SOA
100GBASE-LR4	100Gb/s	10km		4 x 25Gb/s (28.78125GBaud) 1310nm DWDM (5nm)
40GBASE-LR4	40Gb/s			4 x 10Gb/s (10.3125GBaud) 1310nm CWDM (20nm)
100GBASE-SR10	100Gb/s	100m	OM3 multimode fibre	10 x 10Gb/s (10.3125GBaud) 850nm, 10 pairs of fibres
40GBASE-SR4	40Gb/s			4 x 10Gb/s (10.3125GBaud) 850nm, 4 pairs of fibres
100GBASE-CR10	100Gb/s	7m	Copper cable assembly	10 x 10Gb/s (10.3125GBaud) 10 differential pairs
40GBASE-CR4	40Gb/s			4 x 10Gb/s (10.3125GBaud) 4 differential pairs
40GBASE-KR4	40Gb/s	1m	Backplane	4 x 10Gb/s (10.3125GBaud) 4 10GBASE-KR channels

Problémy spojené s 100GE

Technologie a poskytovatelé (SP-íci)

V čem tkví hlavní problémy...

■ 100G versus 10G přenosy

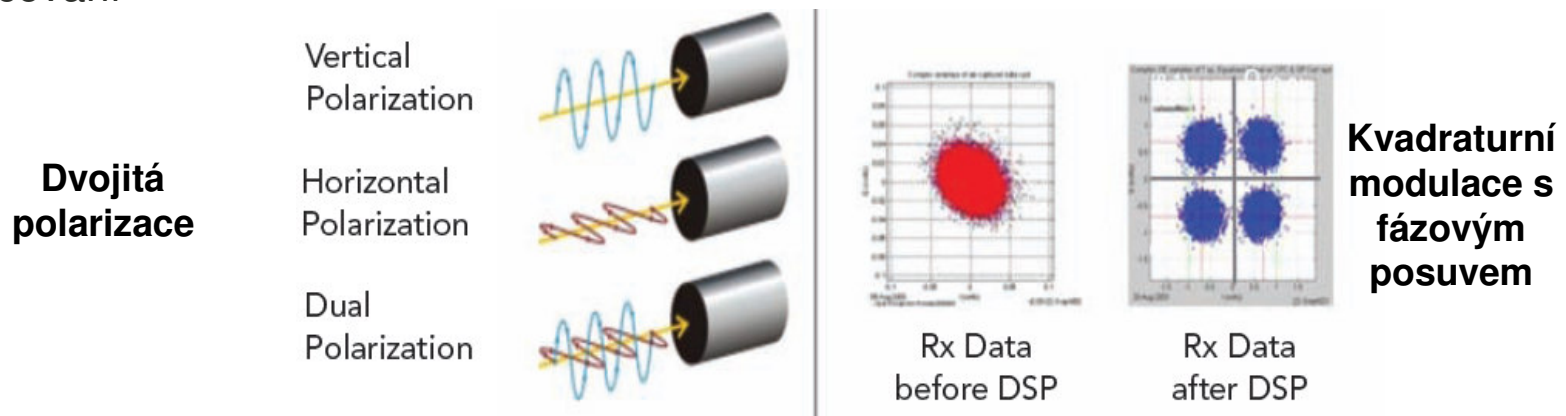
■ Ekonomické a technické aspekty

- Použití tradičních TDM metod pro zvýšení přenosové kapacity a rychlosti datových okruhů je zejména ekonomicky velice nevýhodné – úzké pulsy a jejich velká četnost klade extrémní nároky na optoelektronické součástky. (a to jsou hlavní části transponderů)
- Provozovatelé vynaložili ohromné prostředky do infrastruktury sítí a vyžadují tedy naprostou kompatibilitu technologie 100G s již existujícími strukturami 10G/40G. Využití zesilovačů, žádné další kompenzace CD, stejné nároky na PMD.
- Navíc vyžadují stejný dosah (překlenutelnou vzdálenost) bez náročné regenerace s možnou kompatibilitou se stávajícími instalacemi 50GHz ROADM

Design Parameter	100Gb/s vs 10Gb/s	100Gb/s vs 40Gb/s
OSNR requirement	10dB higher	4dB higher
CD Tolerance	100x smaller	6.25x smaller
DGD Tolerance	10x smaller	2.5x smaller
PMD limited reach	100x shorter	6.25x shorter
Optical Bandwidth	10x larger	2.5x larger

Modulace DP-QPSK

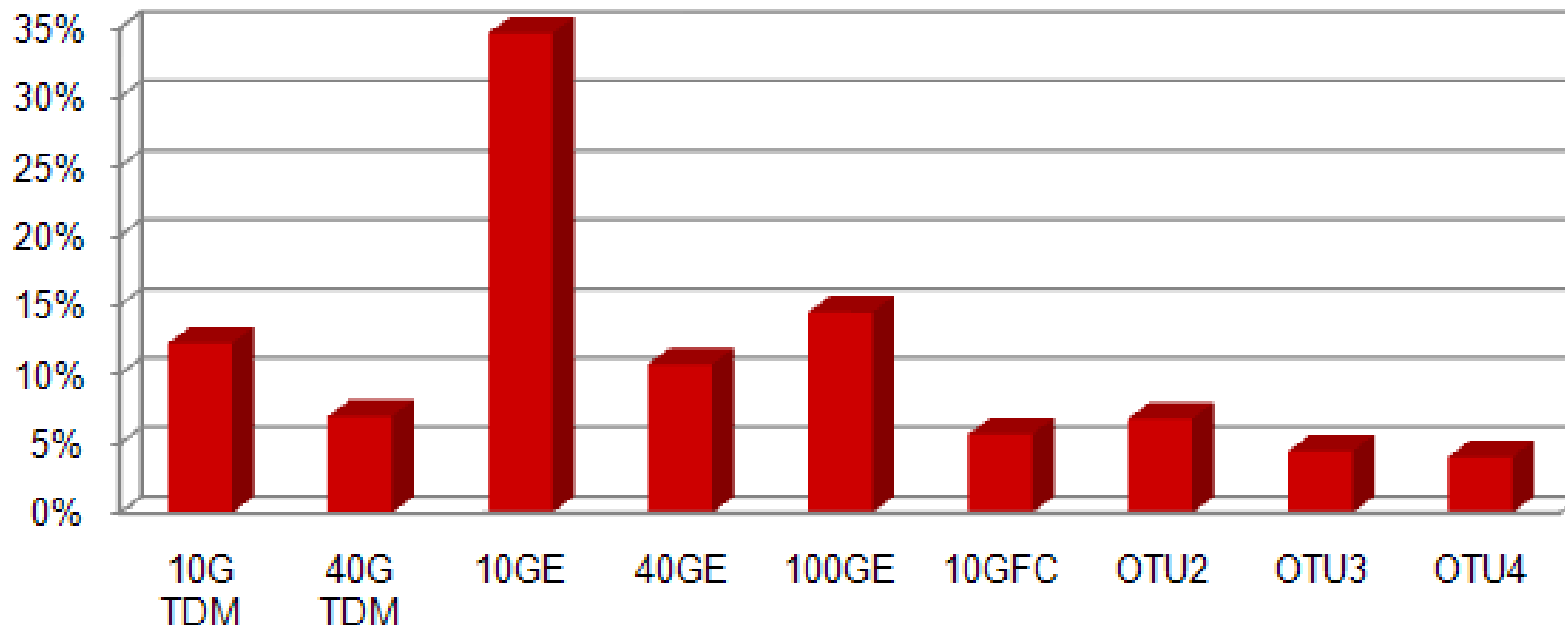
- Dual Polarization QPSK (DP-QPSK) modulace navržená OIF je klíčovou technologií umožňující velké překlenutelné vzdálenosti na linkové straně
 - Dva ortogonální optické signály se shodnou frekvencí
 - Jediný vysílací laser, každá polarizovaná složka nese polovinu datového obsahu
 - Dvě polarizace = nižší řád modulace = menší optická šířka pásma
 - Přenáší 100G užitečného obsahu + záhlaví v 50GHz spektru
- Detekce na koherentním přijímači
 - Frekvence místního oscilátoru přijímače je na stejné frekvenci jako přijímaný signál, Odděluje jednotlivé složky polarizace, detekuje bity QPSK
 - Zachovává informaci o amplitudě a fázi, umožňuje kompenzaci obou disperzí v rámci DSP zpracování



Postupně k metě 100G

■ Kde jsou překážky

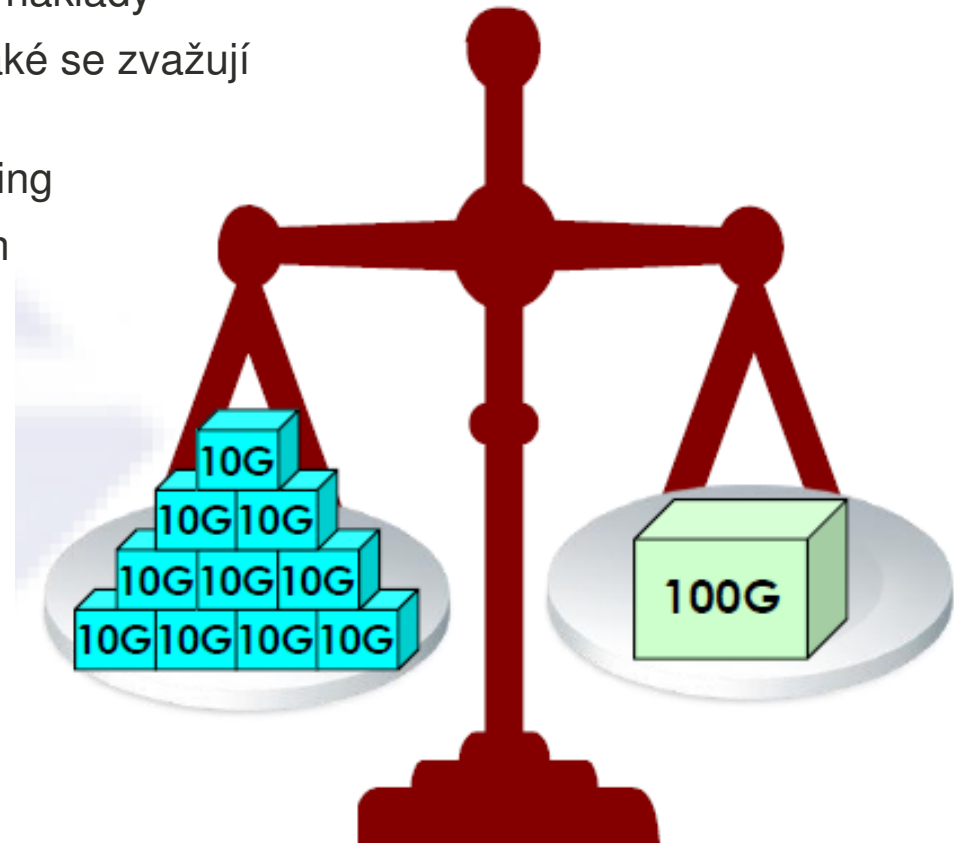
- Každý operátor počítá náklady – systém „vyhod’ staré a nahrad’ novým“ už nelze použít
- Interoperabilita se stávajícími systémy DWDM je klíčovým požadavkem z provozu
 - 100G (i 40G) musí využívat stávající vláknovou infrastrukturu a spolupracovat se současně využívanými sítěmi 10G line
- Předpokládaná struktura klientských rozhraní velkých routerů a serverů v 2012/13



Zdroj: *The Road to 100 Gbit/s Transport Networks: A Heavy Reading Multi-Client Study*, listopad 2011

Co je třeba zvážit...

- Plán impementace 100G zvažuje tyto parametry:
 - Cena za port – je cena za 1 bit přenesený přes 100GE port nižší než přes 10GE?
 - Total Cost of Ownership (TCO) – celkové náklady
 - Zahrnují více než jen cenu per port – také se zvažují omezení 10G systémů
 - 100G snižuje Opex a provozní inženýring
 - Dostupnost interface 100GbE v routerech

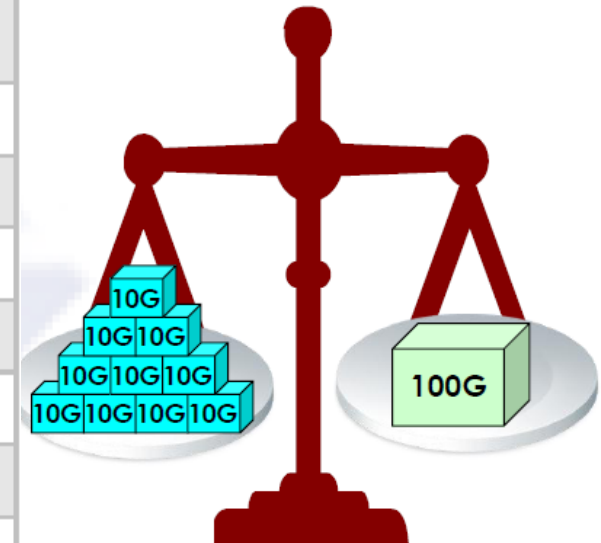


Hlavní motivační prvky

■ Současný stav na trhu

- 10G se stává low-cost technologií, jejímž kladem je stabilita a velké série
- Mnoho operátorů však vidí okamžitou potřebu přechodu na /za 100G
- Hlavní důvody proč nasadit 100G do transportních sítí jsou seřazeny dle významu níže
 - Přetížení sítí (č.2) je indikátorem skutečnosti, že operátoři mají nedostatek kapacity (šířky pásma)

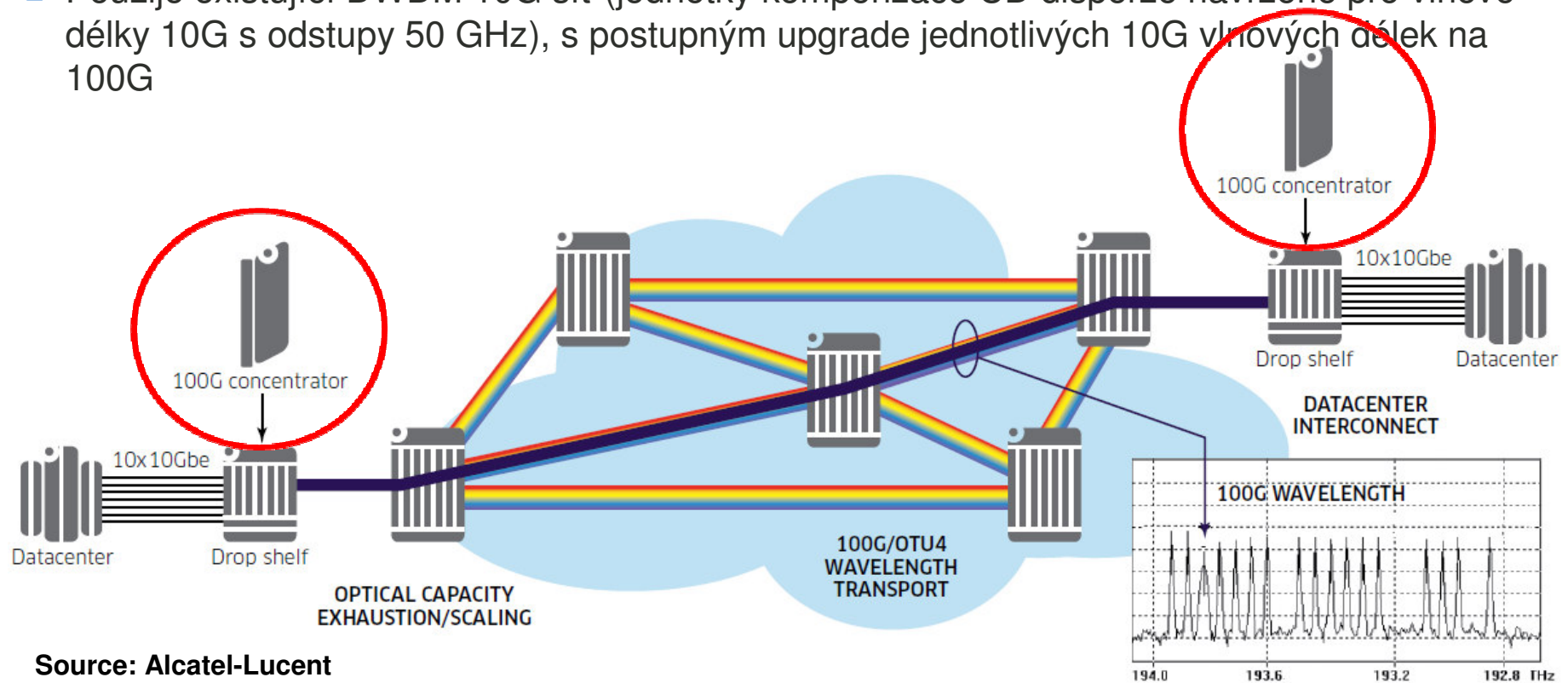
RANK	DRIVER	SCORE
1	Connect 100GE interfaces on core routers	4.02
2	Network capacity exhaust	3.91
3	Better economics compared with 10G	3.90
4	Better economics compared with 40G	3.79
5	Wholesale customer services	3.32
6	Enterprise customer services	3.15
7	OTU4/ODU4 transport services	3.12



Zdroj: *The Road to 100 Gbit/s Transport Networks: A Heavy Reading Multi-Client Study, listopad 2011*

Typické scénáře použití 100G

- Úkol č.1: Propojení datových center s použitím 100G koncentrátorů a zvýšení celkové kapacity
 - 100G zlepšuje efektivitu nákladů (CAPEX/OPEX) v porovnání s 10x10G toky
 - Použije existující DWDM 10G síť (jednotky kompenzace CD disperze navržené pro vlnové délky 10G s odstupy 50 GHz), s postupným upgrade jednotlivých 10G vlnových délek na 100G

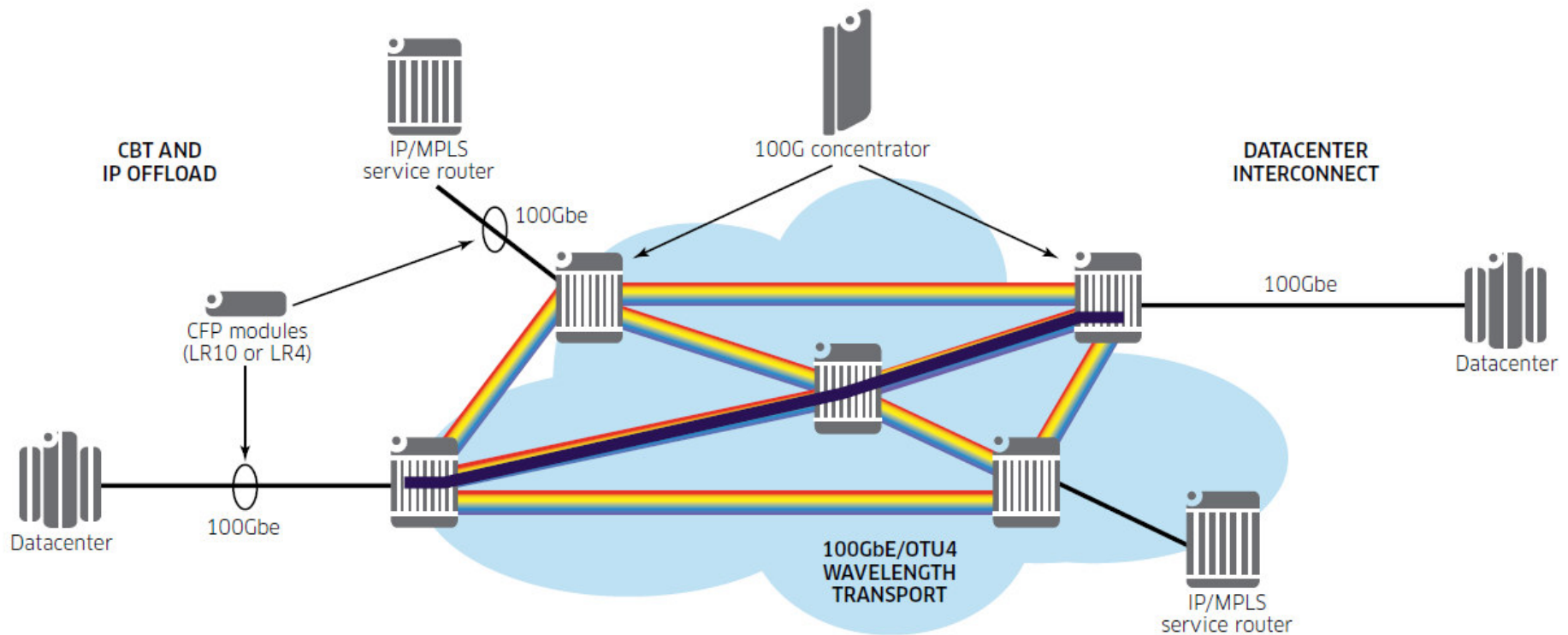


Source: Alcatel-Lucent

Konvergence v páteřní síti

■ Úkol č.2:

- Snižuje transitní provoz datového centra integrací e2e optických a IP technologií
- Snižuje počet core routerů & transponderů nasazením OTN/optických switchů
- Poskytuje větší šířku pásma na úrovni routerů (100GE řeší agregaci datových linek / portů)
- Snižuje provozní CAPEX a OPEX sítě, umožní rychlejší a odolnější zřízení služby e2e



HKE - prezentace 100G / 40G

Měření v konvergovaných sítích

Říjen 2012

HKE - prezentace 100G / 40G

Co vyžadují (a potřebují) zákazníci?

Soustředí se zákazník na klientskou, linovou nebo na obě strany?

Klientská strana(LAN)

- Rychlost přenosu?
 - 40GE nebo OTU3 (43G)
 - 100GE nebo OTU4 (112G)
- Plug-in transcievery (CFP)
 - CFP 4x25G, CFP 10x10G
 - Jiné typy(QSFP, CXP)
- Jaké druhy vkládání (mapping) chce použít?
 - ODU2
 - ODU0 do ODU4
 - 100GE přes OTU4 (EoOTN)
- Kde jsou jeho problémy?
 - Ethernet (L1/2/3 nebo výše?)
 - OTN vrstva
 - PCS / Logické cesty
 - Skew testing

DWDM Linková strana (WAN)

- Co se má měřit?
 - BER - chybovost (OTN, Ethernet)
 - Optické parametry(CD, PMD)
- Jaký typ modulace je použit?
 - DP-QPSK
 - 16QAM nebo DP-16QAM
 - Jedna nebo dvě nosné, Super-Channel
- Metoda detekce na přijímači?
 - Přímá detekce
 - Koherentní detekce



...a nakonec nový nástroj na uvedená měření

Co zákazníci vyžadují

Jaké transcievery převažují - LR4 or LR10?

- LR10 zatím získávají větší popularitu u uživatelů i výrobců
- Podporuje zařízení (a analyzátor) transcievery různých výrobců?
 - Podobně jako u 1G & 10G SFPs/XFP, dodavatelé nabízení certifikované transcievery
 - Ne všechny však zatím jsou plně kompatibilní
- Digital Diagnostic Monitoring (DDM – pro měření optického výkonu)
 - Může ale nemusí být implementováno, zejména ne u no-names
 - Pokud ano, pak výkon může být měřen jako agregovaný, v jednotlivých cestách nebo na obou stranách

Interface	Wavelength	Cost	Fiber Type	Connector	Reach	Link Budget	Comment
100GBase-LR4	4 x 25G WDM lanes 1294.53-1310.19nm	\$\$\$	SMF	SC / LC	10 km	7.3 dB	IEEE Standard [2]
100GBase-LR10	10 x 10G WDM lanes 1521-1597nm	\$\$	SMF	SC / LC	2-10 km*	5.4 dB	non-IEEE standard, no 10:4 gearbox, 10x10 MSA [5]
100GBase-SR10	10 x 10G parallel MMF 840-860nm	\$	parallel MMFs	MPO / MTP	100 / 150 m OM3/OM4 MMF	8.3 dB	IEEE Standard [2]

■ CFP Moduly a interface

- 100GE (100GBase-LR4, 100GBase-LR10)
- 40GE (40GBase-LR4)
- Vstup ext. taktu (BNC)
- Výstup pro měření kvality signálu (Eye diagram) SMA



40GBase-LR4 CFP Module

2 x Single Mode Fiber (SMF) – jeden pro každý směr
4x10G vlnové délky

100GBase-LR4 CFP Module (IEEE standard)

2 x Single Mode Fiber (SMF) – jeden pro každý směr
4x25G vlnové délky/cesty (1294.53-1310.19nm)

100GBase-LR10 CFP module (non IEEE standard)

Single Mode Fiber (SMF)
10x10G WDM vlnových délek/cest (1521-1597nm)



- SDH/SONET testing
 - Generování a vyhodnocení STM-256 signálů dle ITU-T G.707
 - SDH vkládání (Mapping) VC-4-256c, VC-4-64c, VC-4-16c, VC-4-4c, VC-4, to VT1.5/VT2.0
- PDH analýza až na úroveň E3/E1
- Provozní monitoring dle ITU-T, APS testing
- Vysílání testovacích vzorců, generování alarmů a vkládání chyb
- Zobrazení, analýza a editace záhlaví
- Identifikace cesty – trace byte
- Analýza pointerů
- Analýzy TCM



Přehled základních vlastností UX400

- ✓ podpora 40G, 100/40GE, 10G, 1G, PDH bez nutnosti zastavit měření či měnit moduly
- ✓ Dvojité porty pro obousměrný monitoring
 - ✓ PDH/SDH od E1 do 43G
 - ✓ Ethernet od 10-T do 100GE
- ✓ Generuje +/- 150ppm takt jako stress test síťových prvků Ethernet a SDH
- ✓ Jitter a Wander analýza až do úrovně STM-1e
- ✓ SyncE a IEEE 1588v2 měření včetně analýzy Wanderu
- ✓ Zabudovaná GPS a Atomic clock
 - ✓ Poskytuje přesnou časovou referenci pokud není na situ k dispozici (např. na BTS / eNodeB)
 - ✓ Ověření přesnosti a stability referenčního taktu ze sítě
- ✓ Analýza pulsní masky PDH signálů
- ✓ !!!Multi-user / multi-tasking!!! Více uživatelů přistupuje současně k analyzátoru a řeší souběžně různé nezávislé měřicí úlohy
- ✓ Bateriové napájení s inteligentním sledováním zátěže



Měření UPC – NIX v CE Colo