



...umění optické komunikace
...umění optické komunikace

Měření 40G/100G DWDM přenosů

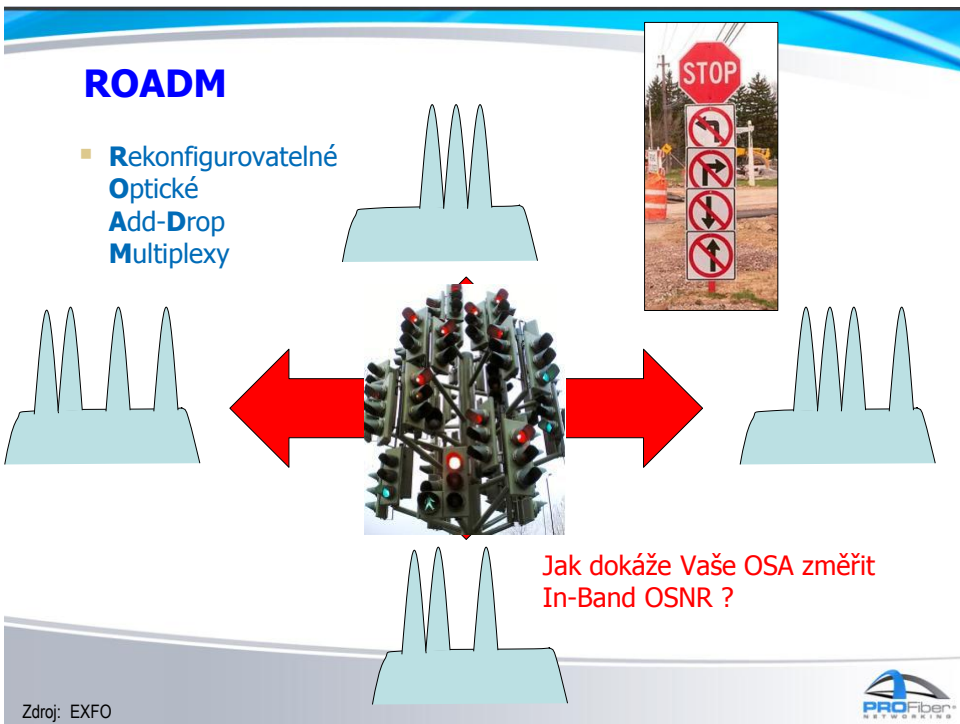
Ing. Jan Brouček, CSc., Ing. Josef Beran

josef.beran@profiber.cz | www.profiber.eu




ROADM

- Rekonfigurovatelné Optické Add-Drop Multiplexy



Jak dokáže Vaše OSA změřit In-Band OSNR ?

Zdroj: EXFO



Moderní přenosy DWDM (ROADM, 40/100 Gbit/s)

Problémy přenosu = nárůst chybovosti BER:

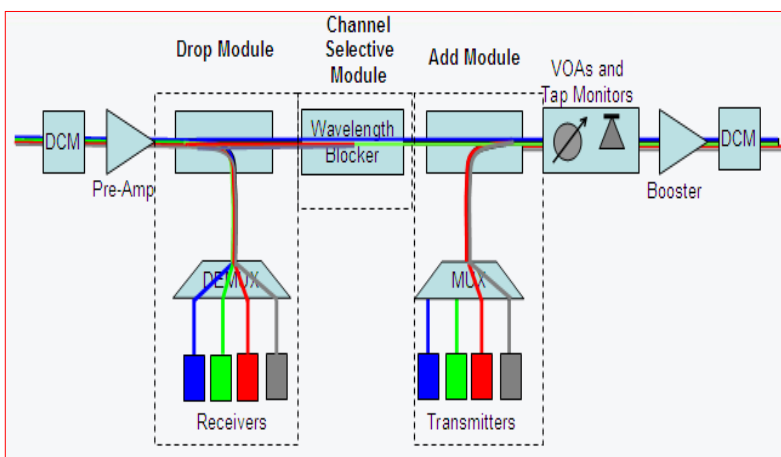
1. souvisí s **OSNR** (např. pokles výkonu v kanálu, rozladění kanálu, nárůst šumu v kanálu, přeslech ze sousedních kanálů)
 - diagnostika signálu a přenosové cesty pomocí **OSA**
2. souvisí s parametry trasy (disperze CD, PMD, útlum, odrazy,)
 - diagnostika přenosové cesty pomocí **PMD a CD**
 - diagnostika trasy pomocí **OTDR**

Některé defekty trasy dle 2. se projeví zhoršením OSNR viz 1.

OSA je proto hlavní nástroj pro diagnostiku/lokalizaci, zda porucha je na aktivních prvcích (TX, EDFA, RX), nebo na pasivních prvcích (optické muxy/demuxy, add/drop porty), nebo na kabelové trase.



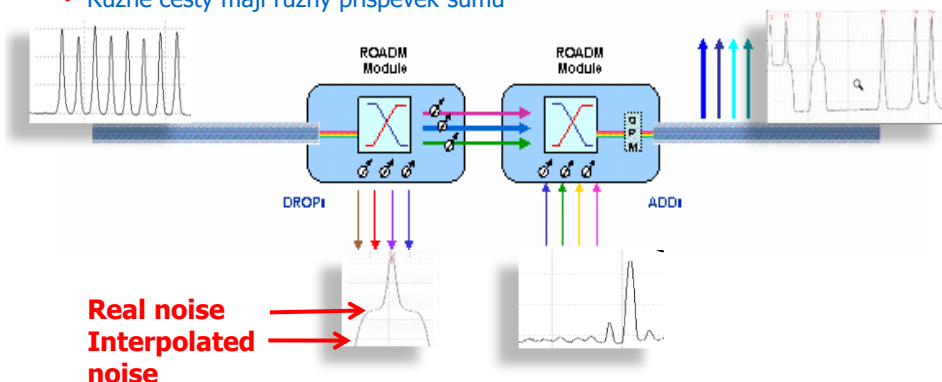
Vydělování a začleňování signálů ROADM



Měření OSNR add/drop signálů

Filtrované signály (dropped or passing through ROADMs)

- Použitím interpolační metody dochází k podhodnocení úrovně šumu
- Šum je společně se signálem oříznut dle filtru
- Různé cesty mají různý příspěvek šumu



OSNR je v tomto případě třeba měřit metodou In-Band.

Zdroj: EXFO



OSA hlavní servisní a diagnostický nástroj DWDM

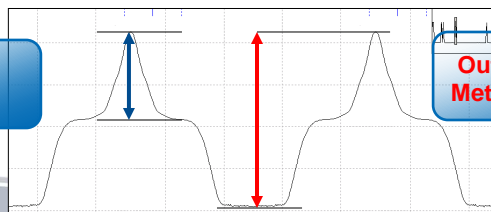
- Aktivace WDM, nasazení na trasu.
- Diagnostika a kvalifikace součástek, bloků a dílů WDM řetězce.
- Servisní a poruchová měření signálu a přenosu WDM

Požadavky na moderní OSA:

- ✓ CWDM
- ✓ DWDM do 50 GHz
- ✓ 40Gbps a 100 Gbps signal analysis ready
- ✓ Ready pro InBand měření OSNR – ROADM



In-Band OSNR

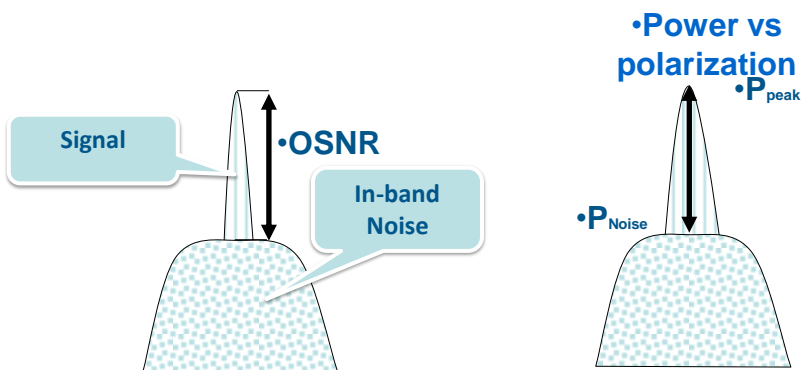


Out-of-Band OSNR
Metoda IEC 61280-2-9



OSA – měření 40 Gbit/s a 100 Gbit/s

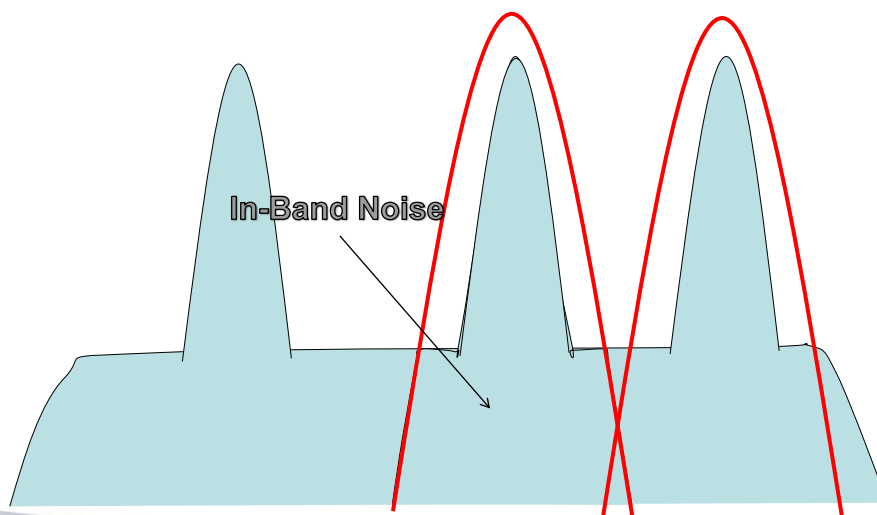
- Teorie: Signal je polarizován a šum je nepolarizovaný



Zdroj: EXFO



ROADM - Měření OSNR

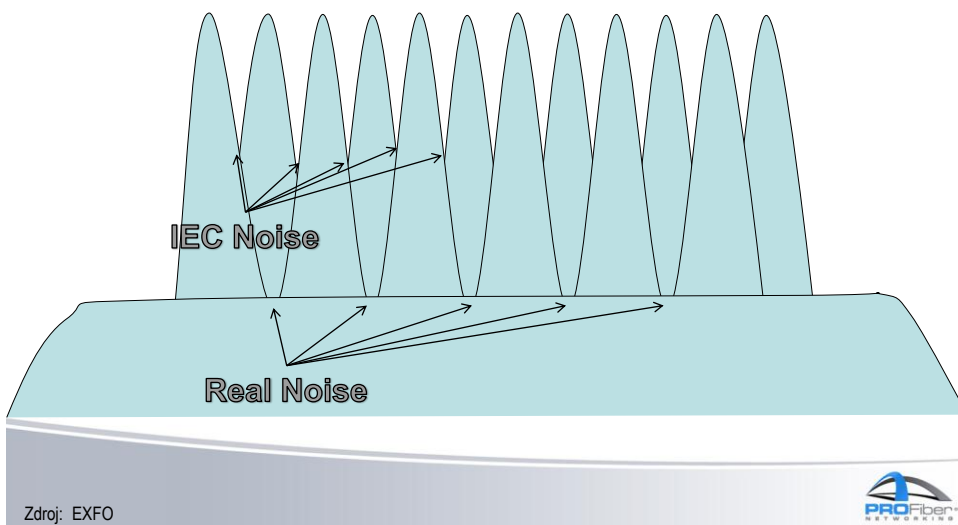


Zdroj: EXFO



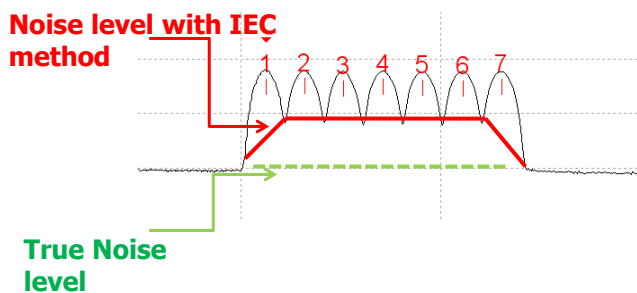
ROADM - Měření OSNR

- 40 Gbps on 50GHz and below



Měření OSNR signálů blízko u sebe

U signálů se spacingem 33GHz a blíže u sebe dochází použitím interpolační metody k nadhodnocení úrovně šumu.



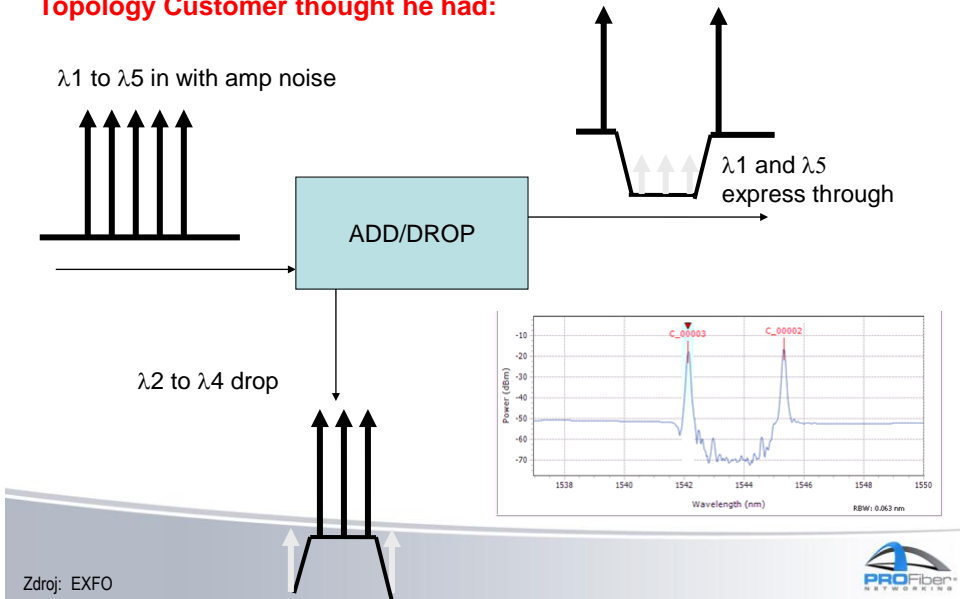
OSNR je v tomto případě třeba měřit metodou In-Band.

Zdroj: EXFO



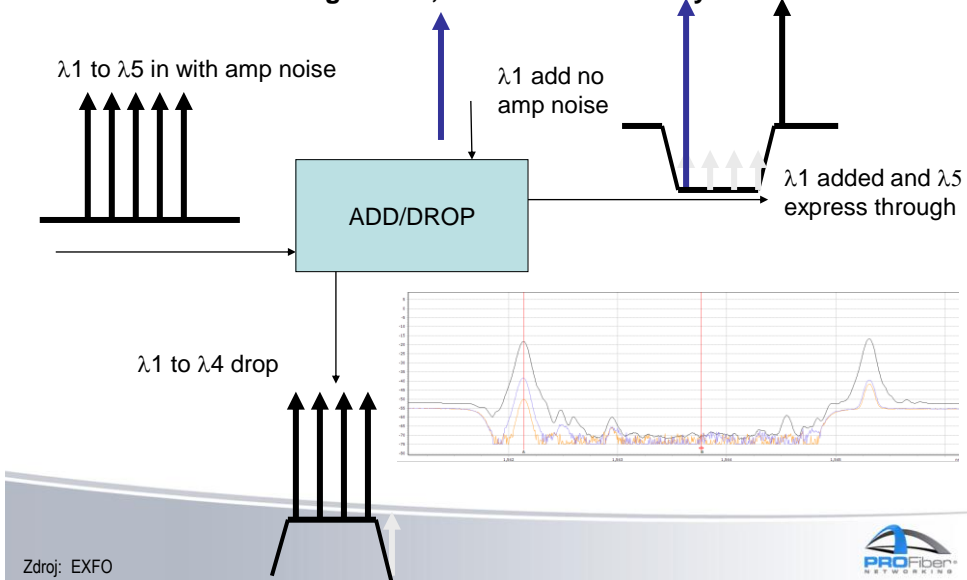
Měření OSNR add/drop signálů

Topology Customer thought he had:

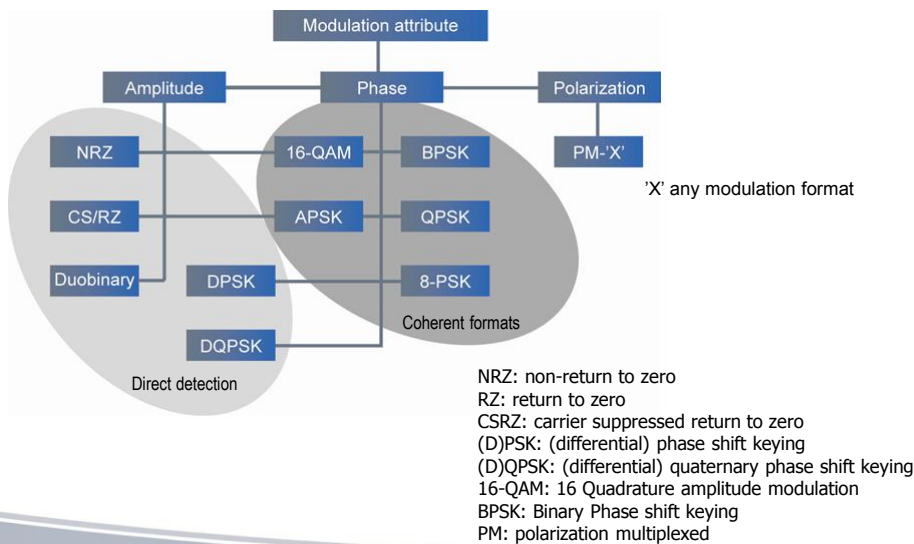


Měření OSNR add/drop signálů

Telco re-checked configuration, and this is what they found:



Nové modulační formáty



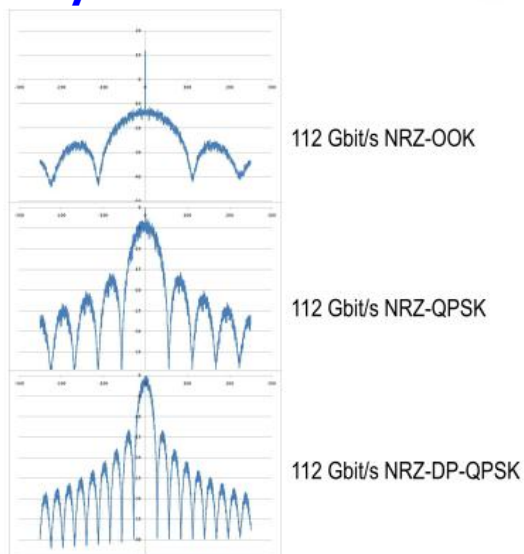
Zdroj: EXFO



Nové modulační formáty

➤ Použití polarizačního multiplexování v kombinaci s QPSK modulací umožňuje přenos rychlostí 112 Gbit/s na kanálech s 50 GHz ROADMs.

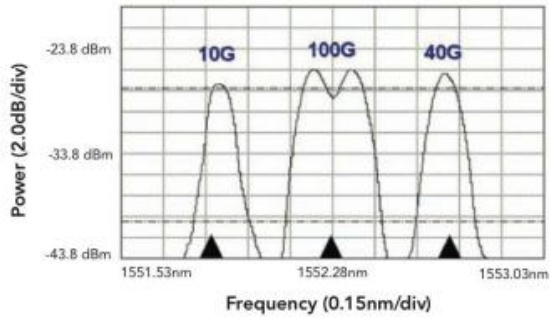
➤ Díky DP-QPSK je možné zaslání 4 bitů za symbol → 112 Gbit/s vyžaduje 28 GBaud modulaci.



Zdroj: EXFO



10 Gbit/s vs. 100 Gbit/s

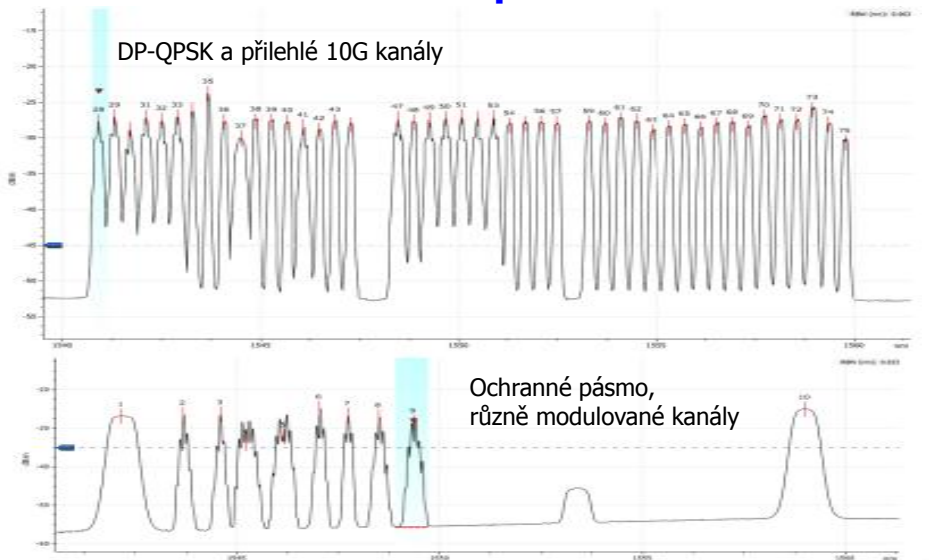


Parametr	100G vs. 10G	Poznámka
OSNR při stejném BER	10x vyšší	Větší šířkou pásma projde více šumu
CD tolerance	100x nižší	Odpovídá odmocnině z rychlosti přenosu dat
PMD tolerance	10x nižší	Odpovídá rychlosti dat

Zdroj: EXFO



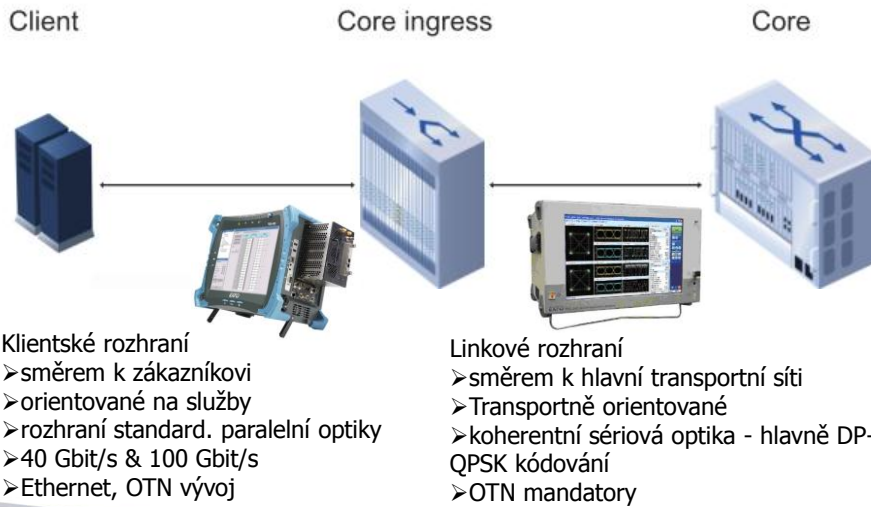
Ochranné pásmo



Zdroj: EXFO



Testování 100G na síti



Zdroj: EXFO

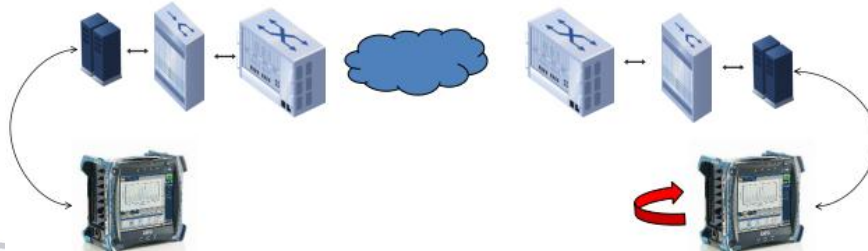


100G v síti – L2 a L3/L4 testování

100G L2 Network Testing



100G L3/L4 Network Testing



Zdroj: EXFO



Klíčové otázky 40G/100G

Klientské rozhraní

- Jaký interface hodláte použít?
 - CFP 4x25G like Opnext or Finisar
 - CFP 10x10G Santur?
 - Other like QSFP, CXP
- Kde si myslíte, že jsou největší úskalí?
 - Layer 1&2 or 3
 - Higher Layers, like L4 and above?
- Jaká linková rychlost se bude testovat?
 - 100GigE or OTU4 (112G)?
 - 40GigE or OTU3(43G)
- Jaký multiplex a mapování vás zajímá?
 - ODU2 or ODU0 into ODU4
 - EoOTN

Linkové rozhraní

- Co je skutečně to, co chceme testovat?
 - Optický výkon přenosových zařízení?
 - BER test přenosových zařízení?
- Jaký modulační formát hodláte použít?
 - DP-QPSK
 - 16QAM nebo DP-16QAM
 - Single Carrier, Dual Carrier, Super-Channel
- Jak bude signál detekován na straně RX?
 - Přímá detekce?
 - Koherentní detekce?
- Jakou přenosovou rychlost použijeme?
- Nějaké plány pro 400G nebo 1T?

Zdroj: EXFO



Testování fyzické vrstvy



PCS Lane	Map	PCS Lane	Map	PCS Lane	Map	PCS Lane	Map	PCS Lane	Map	PCS Lane	Map	PCS Lane	Map
0	0	1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6
7	7	8	8	9	9	10	10	11	11	12	12	13	13
14	14	15	15	16	16	17	17	18	18	19	19	20	20
21	21	22	22	23	23	24	24	25	25	26	26	27	27
28	28	29	29	30	30	31	31	32	32	33	33	34	34
35	35	36	36	37	37	38	38	39	39	40	40	41	41
42	42	43	43	44	44	45	45	46	46	47	47	48	48
49	49	50	50	51	51	52	52	53	53	54	54	55	55
56	56	57	57	58	58	59	59	60	60	61	61	62	62
63	63	64	64	65	65	66	66	67	67	68	68	69	69
70	70	71	71	72	72	73	73	74	74	75	75	76	76
77	77	78	78	79	79	80	80	81	81	82	82	83	83
84	84	85	85	86	86	87	87	88	88	89	89	90	90
91	91	92	92	93	93	94	94	95	95	96	96	97	97
98	98	99	99										

Testování PCS

- Testing 100G CAUI
- Mapování PCS lane
- Generace/analýza Per-lane PCS
- čtení/zápis MDIO

BERT per lane

- Nastavitelné vzorky PRBS
- Identifikace přeslechnů pomocí oka rozhodnutí jednotlivých CAUI lanes

Měření výkonu

- Měření přijatého optického výkonu
- Kontrola úrovně výkonu jednotlivých λ a Laser ON/OFF

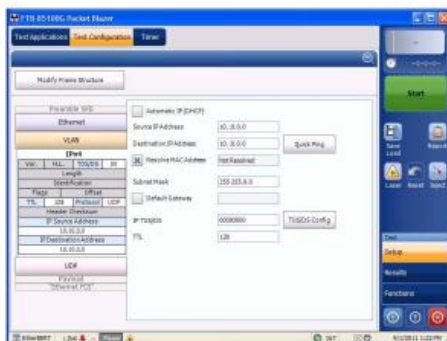
Signal Conditioning

- Slouží k charakterizaci CAUI
- Troubleshooting for electrical-level issues on standard optical interface

Zdroj: EXFO



Testování Ethernetu



EtherBERT

- 100GE BERT
- 100G L2/L3
- Alarmy a chyby
- Statistiky

RFC 2544

- Propustnost, B2B, zpoždění, ztrátovost
- Standardní a volitelné velikosti rámců
- RFC 2544 na plně zatížené lince

Smart Loopback

- Na jedno kliknutí
- Vrací provoz záměnou záhlaví
- Flexibilní režimy pro jednoduché testy

Packet capture

- Full line-rate
- Filtry a nulování událostí v síti
- Zachycení v PCAP a analýza ve WireSharku

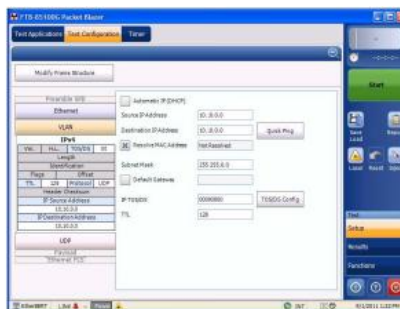
Filtrování

- 10 uživatelsky nastavitelných filtrů
- Detailní statistika nad všemi filtry

Zdroj: EXFO

PROFiber

Testování OTN



OTN BERT

- OTU4 BERT
- Testování FEC
- Generování/anal. OTN hlaviček
- Obousměrné OTN zpoždění

EoOTN

- mapování 100GE na OTU4
- Analýza GMP
- Konfigurovatelný klient

Testování OTL

- OTL4.4 a 4.10
- Alarmy a chyby
- mapování a testování OTL lane

ODU Muxing

- Jedno a více-
stupňový multiplex
ODU4
- ODU0 a ODU2
multiplex pro GigE
a 10GigE služby

ODU0

- Podpora kontejneru 1.25Gbit/s
- Přímé a nepřímé mapování ODU0 do ODU4

Zdroj: EXFO

PROFiber

Testování na straně linkového rozhraní

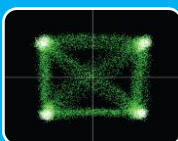
- Kompletní charakteristika vysokorychlostních fázově modulovaných signálů 40G, 100G, 400G, 1Tbits/s a dále
- Technologie optického koherentního vzorkování
- Konstelační diagramy a oka rozhodnutí
- Podpora modulačních formátů OOK, BPSK, PSK, QPSK, DPSK, DQPSK, APSK, 16-QAM
- Kompatibilní s Dual Polarization přenosy
- Šířka pásma ≥ 65 GHz



Zdroj: EXFO

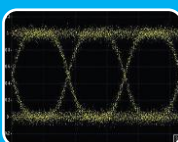


Testování na straně linkového rozhraní



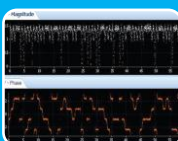
Optický konstelační diagram

- Single and dual polarization



Oko rozhodnutí

- Single and dual polarization
- For I and Q signals



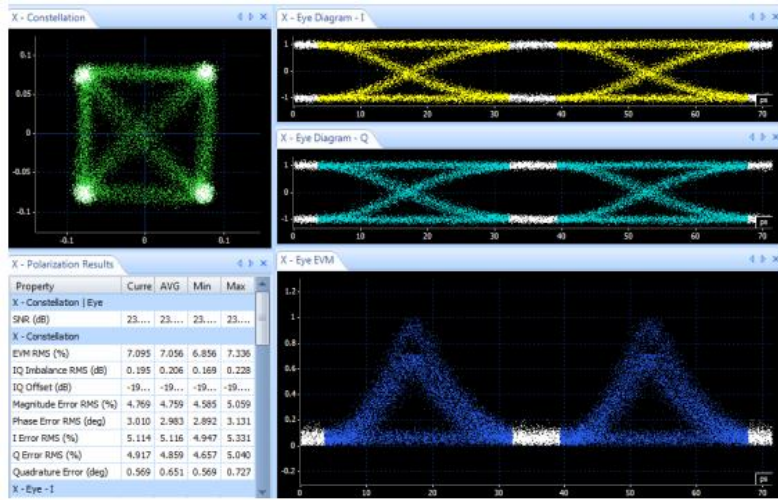
Diagramy časové oblasti

- For I, Q, single and dual polarization
- Intensity, Magnitude, Phase, EVM and Bit Pattern

Zdroj: EXFO



QPSK časové rozložení EVM



Measurement of 28GBd QPSK

Zdroj: EXFO



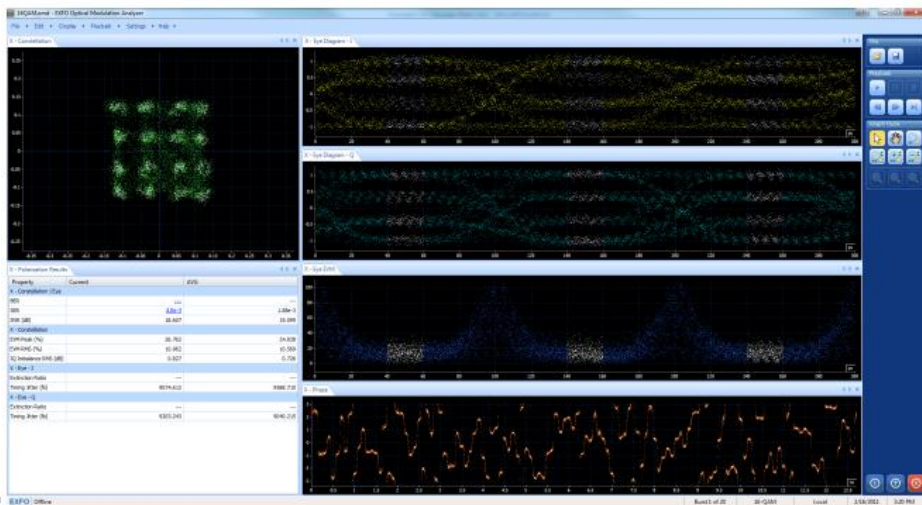
Detailní analýza BER



Zdroj: EXFO



16QAM 56Gb/s signál

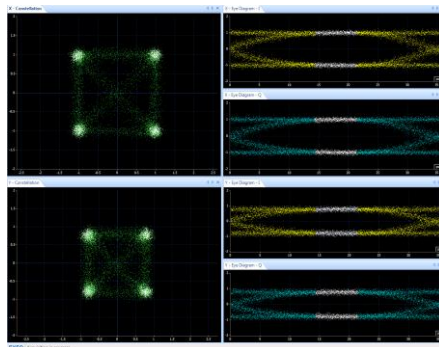


Zdroj: EXFO



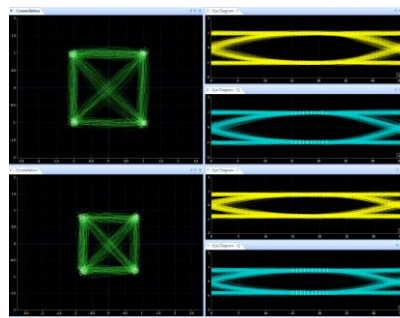
Průměrováním k menšímu šumu

- Detekovaný signál s velkým zastoupením šumu ztěžuje analýzu.
- Průměrování signálu může pomoci odstranit šum.
- Nastavitelné rozlišení.



28G DP-QPSK w/o averaging

28G DP-QPSK w/ averaging

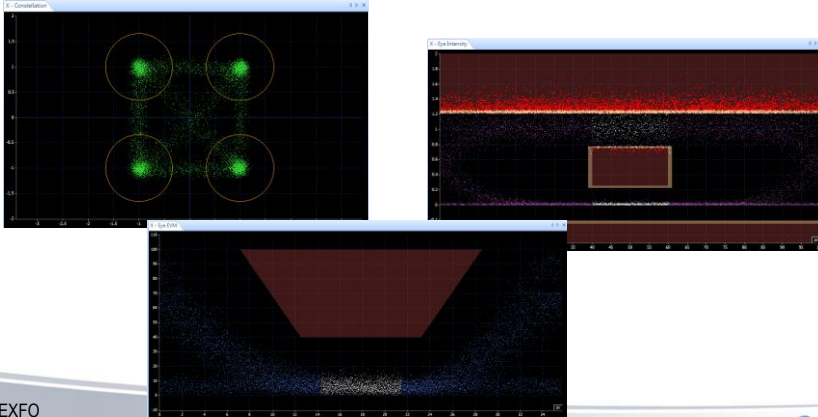


Zdroj: EXFO



Masky

- Perfektní doplněk pro rychlé a efektivní testování shody vysílačů ve výrobě.
- Jsou k dispozici masky Konstelčního diagramu, oka rozhodnutí a EVM:
 - 1G, 10G, 25G a 40G ITU-T a IEEE OOK masky
 - Všechny masky může být editován uživatelem pro přizpůsobení

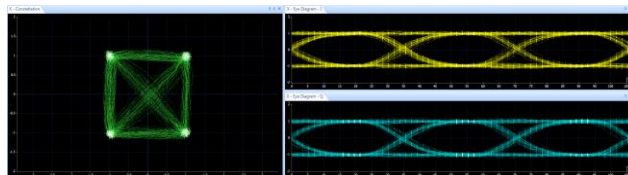


Zdroj: EXFO

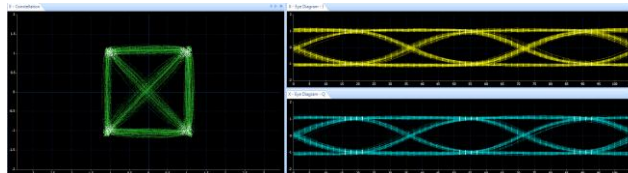


Digitální filtrace

Může být použita pro vyhodnocení vlivu síťových prvků na omezení šířky pásma sítě.



Unfiltered 28G DP-QPSK



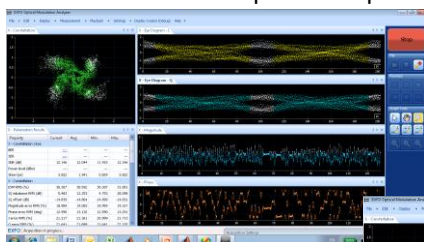
Filtered 28G DP-QPSK – Bessel 20GHz 3rd order

Zdroj: EXFO



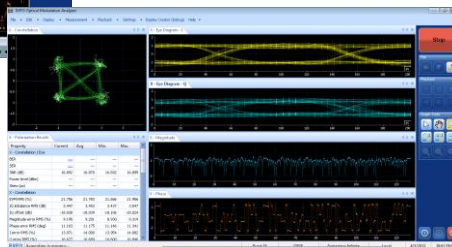
Chromatic Dispersion Unwrapping

- CD unwrapping dosahuje standardními algoritmy až $\pm 500\text{ps/nm}$
 - Dostatečné pro 10G kompenzovaných propojení
 - Nestačí však pro nekompenzované trasy a nekompenzované PMD



26km, 28G QPSK, no unwrapping

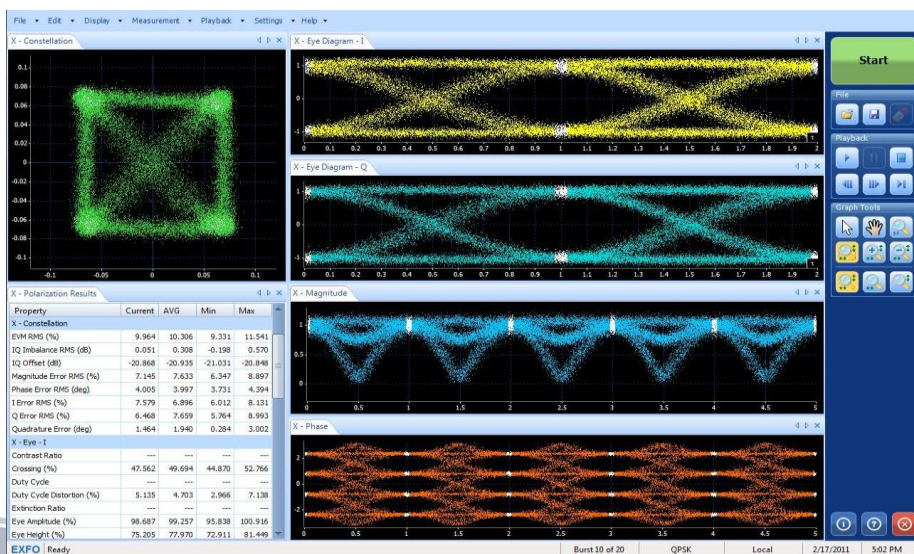
26km, 28G QPSK, 400ps unwrapping
With Bessel filtering



Zdroj: EXFO



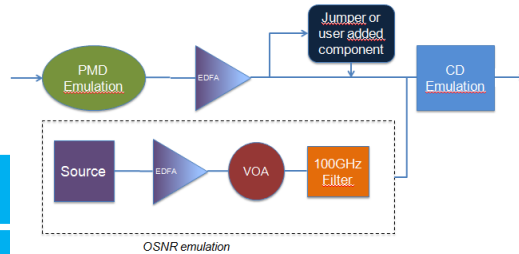
66GBd QPSK signál



Zdroj: EXFO



ONE Optical Network Emulator



Emulace CD: ± 700 ps/nm

Emulace PMD 1. řádu: 0 až 90 ps

Vestavěný polarizační scrambler pro změnu hodnoty gama korekce.

Emulace OSNR: 10 až 28 dB

Šumová šířka pásma: 100GHz

Zdroj: EXFO



Závěr

- Zkušenosti ?
- Upgrade stávajících OSA ?
- Odborný základ ? Nechte se proškolit
- Máte ROADM ? Máte pochybnosti ?
 - OSA si nechte předvést, otestujte si ho
 - OSA zkušební jízda zdarma
- Hodně štěstí a trpělivosti !

AKADEMIE VLÁKNOVÉ OPTIKY A OPTICKÝCH KOMUNIKACÍ[®]

FO-14 **Disperze CD a PMD a její měření**, Praha

FO-15 **Optické vlnové multiplexy CWDM/DWDM a jejich měření**,
Praha, Trnava

FO-17 **Optické přístupové sítě WDM-PON**, VŠB Ostrava



Otázky?

...umění optické komunikace
...umění optické komunikace
...umění optické komunikace

Děkujeme za pozornost.

