

# 100G 技术海报

convergence mobile backhaul IMS triple play service assurance 4G/LTE FTTx fixed-mobile convergence UMS FTTx IP convergence 100G 3G Ethernet



## EXFO公司总部

400 Godin Avenue, Quebec City (Quebec) G1M 2K2 CANADA  
电话: +1 418 683-0211 传真: +1 418 683-2170  
免费电话 (美国和加拿大) info@EXFO.com  
+1 800 663-3936 www.EXFO.com



# 100 Gbit/s线路侧——色散和OSNR

## 偏振模色散 (PMD)

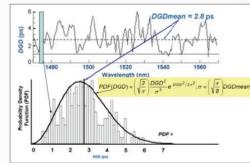
- 相干系统有望能够补偿PMD, 但它们是否真正做到这一点?
- PMD补偿由位于接收器内的数字信号处理器完成
- PMD会随着光纤的温度和机械应力等的变化(风、震动、安装质量较差)而改变

### 理想PMD补偿器的特性

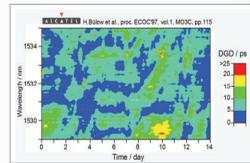
PMD特征	理想PMD补偿器 (PMDC) 的特征
PMD范围	PMDC必须能够提供大范围的PMD补偿
PMD/SOP会随时间变化	PMDC必须是动态的(实时补偿)
PMD/SOP变化速度较高	PMDC必须具有快速/不需要重置的跟踪算法/电路
PMD方程扩展	PMDC必须至少补偿1阶和2阶PMD

### 差分群延迟 (DGD) 定义

- Alcatel 文章: 在长达14天中测量DGD。
- 图中靠右的黄色/红色区域: 高DGD。
- 蓝色/绿色区域: 低DGD。
- 虽然DGD多数时候较低(蓝色/绿色), 但有时会遇到极大值(黄色/红色)。
- 因此, DGD值会随着时间和波长而变得很大。

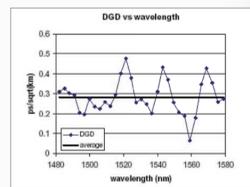


差分群延迟 (DGD) 值的概率分布曲线。PMD是所有波长的DGD平均值。



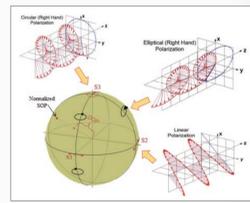
### PMD和DGD

- DGD会随时间相应变化, 并取决于波长。
- DGD: 特定于每条波长。
- PMD: 所有波长的DGD平均值。



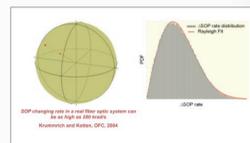
### 偏振模定义

- SOP描述了光在光纤内传输时, 偏振如何变化。
- 可在添加果球上显示SOP: 球上的每一点代表一个不同的SOP。
- SOP类型包括椭圆、圆形、线形等。



### SOP会在真实的光纤内随机变化

- SOP的变化速度呈瑞利概率分布。



### PMD补偿失效的后果

- 误码突发, 造成误码率 (BER) 增加
- 跟踪丢失和恢复时间较长, 有时长达20秒

### PMD补偿在相干系统内可能失效的7个原因:

- SOP变化很快
- SOP攀升
- SOP正交性丢失
- PMD变化很快
- PMD突然变化
- PMD值较大
- 存在PDL

### 如何降低光纤内PMD补偿失效的风险

可以测量每段光纤的PMD并避免使用PMD高的光纤来减少PMD补偿失效。这是因为当光纤PMD较高时, 所有七个可能导致PMD补偿失效的风险都会增加。

### 实时信号上的PMD测量 (使用WDM检测器)

- 发现活跃的非相干通道上的PMD问题
- 在将光纤升级到100G前进行PMD评估的理想工具



## 挑战: 在网络日益复杂的情况下降低OPEX

### 挑战

- 网络比较复杂
- ROADM
- 相干
- 各种调制格式
- 各种带宽
- 暗光纤测试较少

### 结果: 网络损伤

- PMD脉冲展宽
- 串扰
- 非线性效应 (NLE)
- 载波泄漏 (CL)

需要找出多个噪声源并减少噪声。

$$Noise = N_{ASE} + N_{NLE} + N_{x-talk} + N_{CL}$$

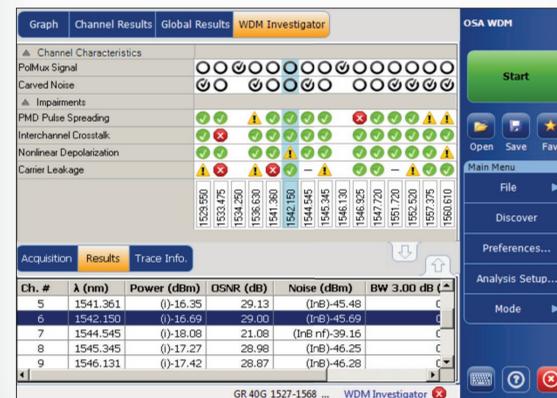
光纤类型	100G网络	40G和100G网络
噪声类型	ASE	ASE, 偏时PMD, NLE, 串扰和CL
噪声源	光放大器	放大器, 光纤特性、相邻通道、滤波器和发射器
诊断噪声问题	更容易	更复杂、费时和费钱
噪声问题诊断流程	检查放大器的噪声图	检查放大器、通道功率 (NLE)、通道间串扰 (串扰 + NLE)、发射器 CL、色度色散和PMD值 (NLE) 以及带宽 (OSNR)
需要的测试工具	光谱分析仪	WDM检测器

### 解决方案: WDM检测器

- 找出新的噪声源, 如通道间串扰、非线性效应和载波泄漏。
- 在实时信号上测量PMD (PMD测量不再需要暗光纤)

### 优势

- 使您能够诊断自己的网络
- 帮助您找出更多可能造成噪声的原因
- 加快故障诊断
- 减少重返现场
- 帮助您重新控制自己的OPEX



## FTB-5245光谱分析仪

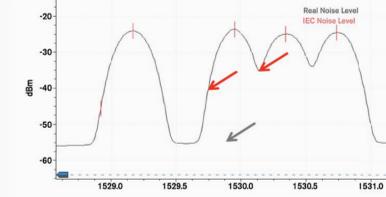
- 市场上首款第三方40G/100G/200G PoI-Mux OSNR分析仪
- 为40 Gbit/s和ROADM部署提供智能的带内OSNR测量
- 自动发现损伤, 用于加快故障诊断
- 提供快速、经济高效的服务中PMD分析选项



## 相干的40G/100G信号OSNR测量

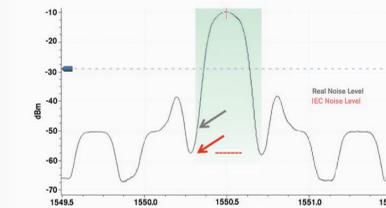
### IEC法为何会在相干网络中失效

- 案例1: 速率为40 Gbit/s或100 Gbit/s的网络
- 相干的40G和100G信号相距很近, 因此会出现彼此重叠的现象
- IEC插值法会导致高估噪声水平
- 这会导致对问题形成错误的印象



### 案例2: 网络内存在ROADM

- ROADM包括减少通道间噪声的滤波器
- 传统的插值法会导致低估噪声水平
- 这会造成安全隐患



### 带内OSNR法为何会在相干网络中失效

基于偏振的带内OSNR法不起作用, 因为信号看起来未经过偏振(双正交偏振)。

- WDM感知技术不起作用
- 偏振光法不起作用

### OSNR测量标准

- 已发布了100G+ OSNR测量新标准

#### IEC 61282-12标准

· OSNR = 10log(R)

$$R = \frac{1}{B_r} \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} \frac{s(\lambda)}{\rho(\lambda)} d\lambda$$

- s(λ): 信号的时间平均功率谱密度, 不包括ASE, 单位为W/m;
- ρ(λ): ASE的功率谱密度, 不受偏振影响, 单位为W/m;
- B<sub>r</sub>: 参考带宽, 单位为nm (通常为0.1 nm)
- λ<sub>1</sub>至λ<sub>2</sub>: 信号频谱范围。

#### 中国通信标准化协会 (CCSA) YD/T 2147-2010标准

$$Pol Mux OSNR = 10 \log_{10} \left( \frac{P-s}{n/2} \right)$$

- 其中, 对于50 GHz通道
- P = 0.4 nm通道带宽上的综合功率 (信号 + 噪声)
- N = 0.4 nm通道带宽上的综合功率 (噪声)
- n = 0.2 nm通道带宽内的综合功率 (噪声), 然后归一化到0.1 nm

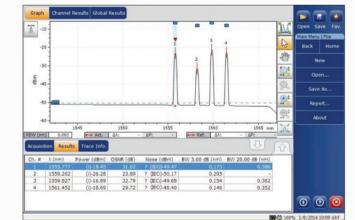
## FTB-5500B PMD分析仪

- 可在不到5秒的时间内测试任何范围的PMD
- 符合TIA-FOTP-124A标准要求
- 设计荣获专利: 通过EDFA进行测试
- 适用于100 Gbit/s



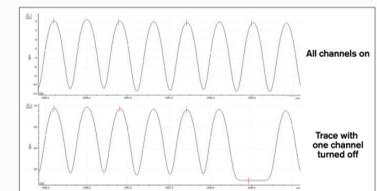
### 解决方案: 采用EXFO的调试助手进行PoI-Mux OSNR测量

调试助手提供根据IEC 61282标准或CCSA YD/T 2147-2010标准测量PoI-Mux OSNR的两种方案供用户选择。



### EXFO的调试助手

- 包括在调试期间采集曲线 (关闭通道)
- 需要n + 1条曲线 (n = 通道数)
- 调试助手接下来会自动计算PoI-Mux OSNR
- 节省时间和资金, 并在通道关闭的情况下减少由人工计算而出现错误的风险



### OSNR方法总结

数据速率	ROADM	调制格式	OSNR方法
< 10 Gbit/s	否	OOK	IEC
< 10 Gbit/s	是	OOK	带内
40 Gbit/s非相干	是或否	DP-QPSK或其它	带内
40 Gbit/s相干	是或否	DP-QPSK, DP-8PSK	PoI-Mux
100 Gbit/s相干	是或否	DP-QPSK	PoI-Mux
200 Gbit/s相干	是或否	DP-16-QAM	PoI-Mux

## FTB-5700色散分析仪

- 可从一位置对多个链路进行单端测试——减少重返现场并降低OPEX
- 符合标准的方法
- 支持单键操作, 第一次测量便可提供准确的结果
- 界面完全自动、高度智能



# 100G/40G以太网 (IEEE 802.3ba)

## 以太网帧格式和速率



以太网接口	线路速率
100G以太网	103.125 Gbit/s
40G以太网	41.25 Gbit/s

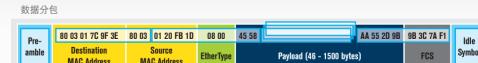
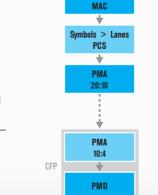
## IEEE 802.3ba特点

- 支持40 Gbit/s和100 Gbit/s MAC数据速率
- 在MAC层提供10-125BER
- 为OTN提供相应的支持

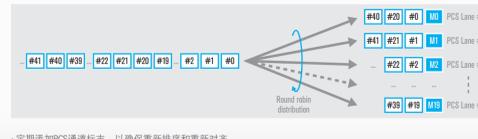
提供物理层规格, 支持:	100G以太网	40G以太网
SMF上40 km	100GBASE-ER4	40GBASE-LR4
SMF上10 km	100GBASE-LR4	40GBASE-LR4
OM3 MMF上100 m	100GBASE-SR10	40GBASE-SR4
铜缆上10 m	100GBASE-CR10	40GBASE-CR4
背板上1 m	40GBASE-KR4	

## 100G以太网分组传输

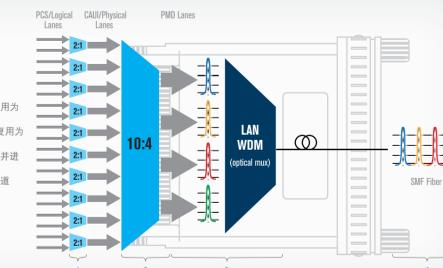
### 简化的802.3堆叠



数据分包



- PCS旁的PMA将20个PCS通道复用为10xCAUI速率
- PMD旁的PMA将10个CAUI通道复用为4个PMD通道
- PMD将每个PMD通道转化为光NRZ, 并进行复用
- 每条单根光纤上承载4个光通道



## PCS通道偏移

- 偏移指信号沿着一个通道传输与沿着其它通道传输所需的时间差
- 数据流上的每个设备都会增加总偏移 (Jitter, 光延迟)

偏移点	最大偏移 (ns)	40GBASE-R PCS通道 (U1) 的最大偏移	100GBASE-R PCS通道 (U1) 的最大偏移
SP1	29	≈ 299	≈ 150
SP2	43	≈ 443	≈ 222
SP3	54	≈ 557	≈ 278
SP4	134	≈ 1382	≈ 691
SP5	145	≈ 1495	≈ 748
SP6	160	≈ 1649	≈ 824
在PCS接收端	180	≈ 1856	≈ 928

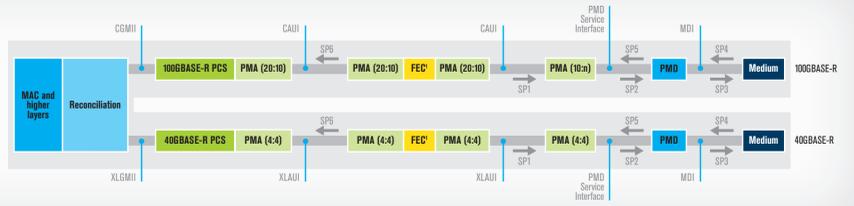
偏移点SP1、SP2和SP3规定了发射方向的物理层接口的最大偏移和偏移变化, 而偏移点SP4、SP5和SP6规定了接收方向的最大偏移和偏移变化。

在发射方向, 偏移点在以下位置进行了定义:

- SP1在XLAIU/CAUI接口上, 位于最近PMD的PMA输入侧;
- SP2在PMD服务接口上, 位于PMD输出侧;
- SP3在XLAIU/CAUI接口上, 位于最接近PCS的PMA输出侧;

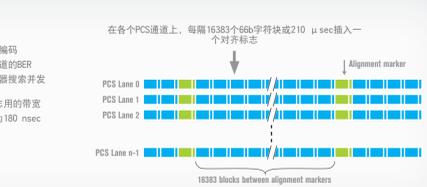
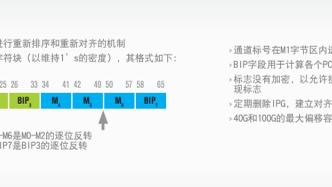
在接收方向, 偏移点在以下位置进行了定义:

- SP4位于PMD输入侧的MDI处;
- SP5在PMD服务接口上, 位于PMD输出侧;
- SP6在XLAIU/CAUI接口上, 位于最接近PCS的PMA输入侧;



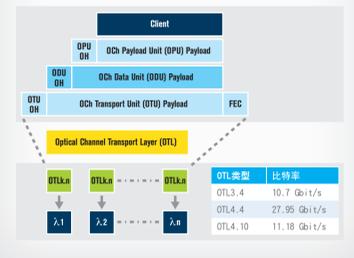
## PCS通道标志

- PCS通道标志是一种用来对PCS通道进行重新排序和重新对齐的机制
- 标志的形状经过特别定义, 为66b-符号块 (以维持1's的密度), 其格式如下:

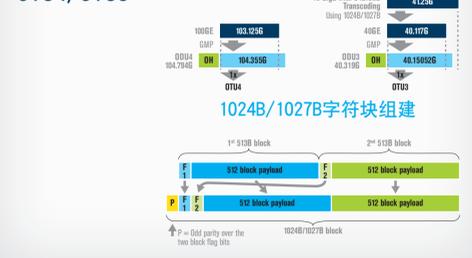


# OTU4/OTU3 (ITU-T G.709)

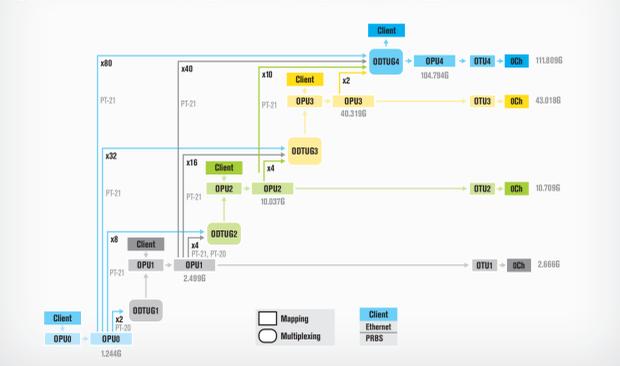
## 在并行光模块上承载OTU4/OTU3



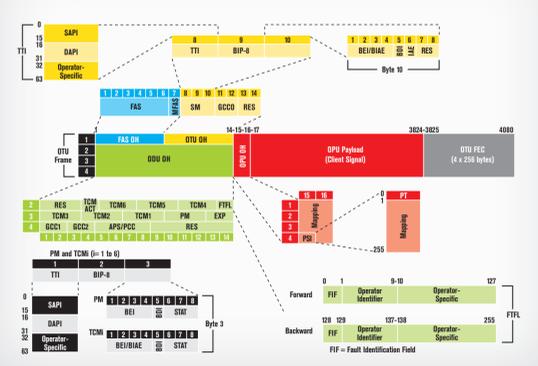
## 将100/40G以太网信号映射到OTU4/OTU3



## 将100/40G以太网信号映射到ODU复用结构



## OTN帧结构



## 帧速率

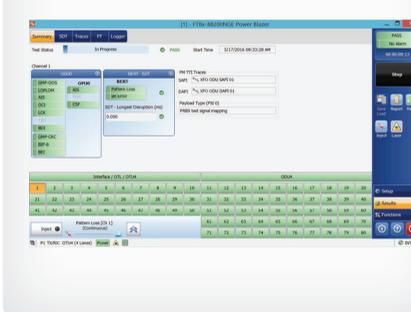
OTN接口	线路速率	相应服务
OTU3	43.018 Gbit/s	OC-768/STM-256 40 GbE
OTU3e1	44.57 Gbit/s	4 x ODU2 (使用1.25 Gbit/s TS; 总共达到16)
OTU3e2	44.58 Gbit/s	4 x ODU2 (使用1.25 Gbit/s TS; 总共达到32)
OTU4	111.81 Gbit/s	100 GbE

## 复用能力

复用	通道数
OTU4/ODU4/ODU1	80
OTU4/ODU4/ODU2	40
OTU4/ODU4/ODU3	10
OTU4/ODU4/ODU3	2

## 多通道OTN BERT

在组成OTU4信号的各个通道上同时监测并验证误码率非常重要, 该信号可包括多个ODU1、ODU2、ODU3和ODU4通道, 最多可有80个ODU3通道。此外, 用户应能够测量各个通道的服务中断时间。



# 100G/40G接口和可插拔收发器

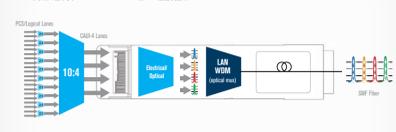
## 40G/100G收发器间的兼容性

下表显示的是不同接口与业内所用多种类型的接口之间的互通性。如果使用适当的连接器, 在端口类型相同的一列里的接口互通。

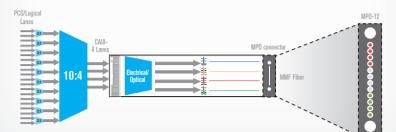
接口	100G Base						40G Base				
	SR4	SR10	LR4	ER4	ER4F	LR10	CWDM	CLR4	SR4	LR4	FR
CFP											
CFP2											
CFP4											
QSFP+											
QSFP28											

## CFP4和QSFP28收发器

CFP4内部结构: 100GBASE-LR4用LC连接器; SMF。



QSFP28内部结构: 100GBASE-SR4用MPO-12连接器; MMF。



## MSA光波长

### 100 Gige/OTU4

通道	中心波长	波长范围
L <sub>1</sub>	1295.56 nm	1294.53至1296.59 nm
L <sub>2</sub>	1300.05 nm	1299.02至1301.09 nm
L <sub>3</sub>	1304.58 nm	1303.54至1305.63 nm
L <sub>4</sub>	1309.14 nm	1308.09至1310.19 nm

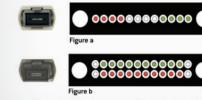
### 100GBASE CLR4/CWDM4

通道	中心波长	波长范围
L <sub>1</sub>	1271 nm	1264.5至1277.5 nm
L <sub>2</sub>	1291 nm	1284.5至1297.5 nm
L <sub>3</sub>	1311 nm	1304.5至1317.5 nm
L <sub>4</sub>	1331 nm	1324.5至1337.5 nm

## 采用MPO连接器的100GBase CFP

- MPO: Multifiber-Push-On或Multi-Fiber-Pull-Off
- MPO-12 (见图a) 和MPO-24 (见图b) 最常见
- CFP、CFP2、CFP4 100G-SR4使用MPO/MTP-12连接器, 4条激光纤位于中间 (见图a)
- CFP、CFP2、CFP、100G-SR10使用MPO/MTP-24连接器, 激光纤位于每行的外边 (频率范围: 840至860 nm) (见图b)

MTP vs. MPO  
MTP: Mechanical-Transfer-Pull-Off  
可与MPO公头和母头连接器互换并兼容这些连接器  
优秀的MPO连接器, 设计有多项改进  
外观相同; 不同之处主要在里面



12纤芯MPO/MTP (a) vs. 24纤芯MPO/MTP (b)  
\* 这是由SiCon设计的MPO品牌。

## iOptics收发器验证

可迅速验证一系列基本测试的新智能测试应用程序。

- 支持各种光模块: QSFP28、QSFP+、CFP+、SFP+、SFP
- 功率监测
- 快速检查 (MDI0/2C、通用状态/控制引脚)
- 温度监测
- 光发射功率范围测试 (对于多通道设备, 每个通道分别测试)
- 光接收信号状态和功率范围测试 (对于多通道设备, 每个通道分别测试)
- 压力BERT
- 成帧的超帧偏移测试 (仅适用于40G/100G设备)



## EXFO解决方案

