

IEEE802.3av 10G-EPON标准的进展

林如俭

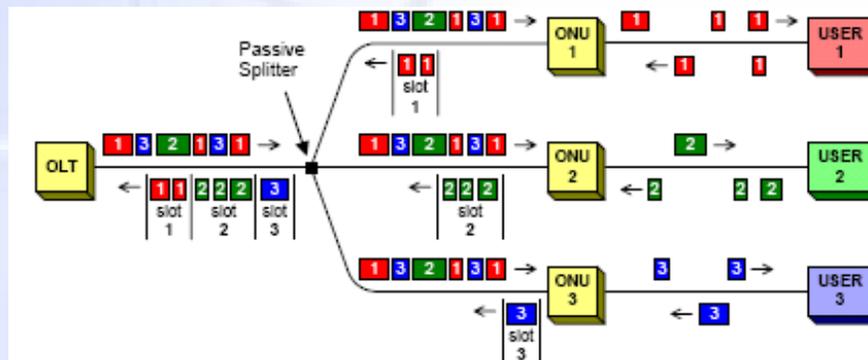
上海凌云天博光电科技有限公司
上海大学特种光纤与光接入网重点实验室
2008.9.7

大纲

1. 前言
2. 10G-EPON的市场驱动力
3. IEEE802.3av 10G-EPON标准的历程
4. 10G-EPON标准的指导思想
5. 10G-EPON标准的协议栈
6. 10G-EPON标准的物理层
7. 10G-EPON标准的MAC控制子层
8. 10G-EPON的应用模式
9. 结语

1. 前言

- **FTTx**是光泡沫破裂后世界信息产业复苏的原动力。无源光网(**PON**)形式的光纤接入网是打通信息高速公路瓶颈的根本手段。
- **Ethernet-PON**是**TDM-PON**的优选品种。



- **TDM-PON**的巨大成功，激起了对“下一代PON”的热烈讨论。

什么是下一代PON？

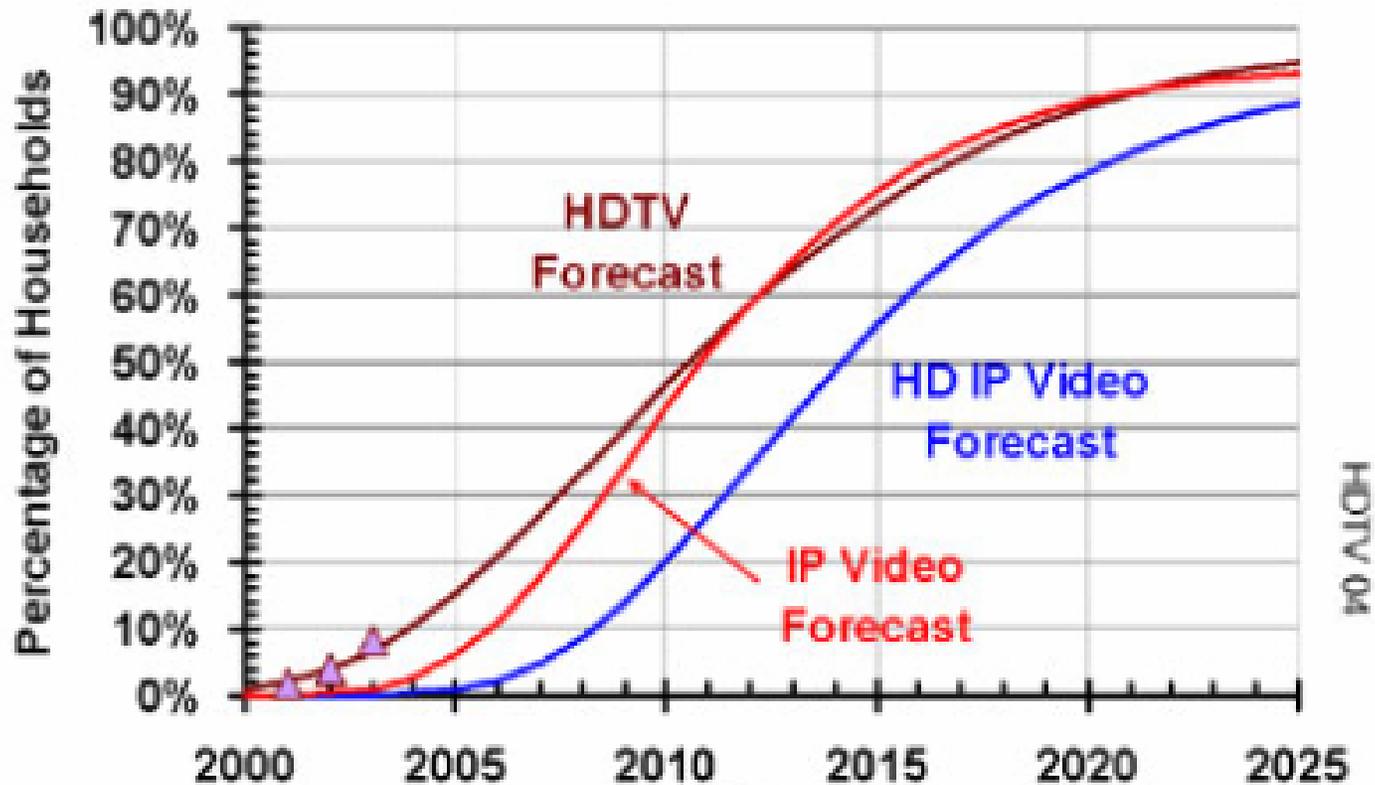
- 下一代PON应满足如下要求：
 - 1) 带宽大，易于按需升级；
 - 2) 能连接大量用户，每户成本低；
 - 3) 可靠性高，不需外场管理；
 - 4) 三网融合，支持各种业务，特别是先进的视频业务；
 - 5) 标准性和互通性好；
 - 6) 升级时外线路（OSP）不需改造。
- 下一代PON的发展方向有**10G-EPON**，**WDM-PON**，**Hybrid WDM/TDM-PON**和**Long-reach PON**。其中**10G-EPON**是最优秀的品种。

2. 10G-EPON的市场驱动力

2.1 先进的视频业务

- 视频广播和VoD从DTV 转换为 HDTV, 需要每节目带宽20 Mbps (MPEG-2) 或10 Mbps (H.264);
- 电视节目的数目从今天的30~100 套增加到不久将来的1000套或更多。大部分电视节目是HDTV, 一部分是点播的或时移的;
- 到2010年, 每个家庭有3-5 个机顶盒, 内嵌数字录像功能;
- 千兆UNI接口和AV桥在家庭网络中普及, 住宅网关要求大得多的带宽;
- 到2010年新业务有:
 - Large Screen Digital Imagery (LSDI), 每频道40~160 Mbps(ITU-T J.601) ;
 - 时移窄播(time-shifted narrowcast) ; 全频道个人视频记录;
 - 多画面分割 (split screen); 数字影院分配;
 - 个人多媒体出版; 住宅和企业数字视频监视。
- 先进的视频业务要求接入网的容量必须超过 1 Gbps。

Forecast of US Households Using HDTV



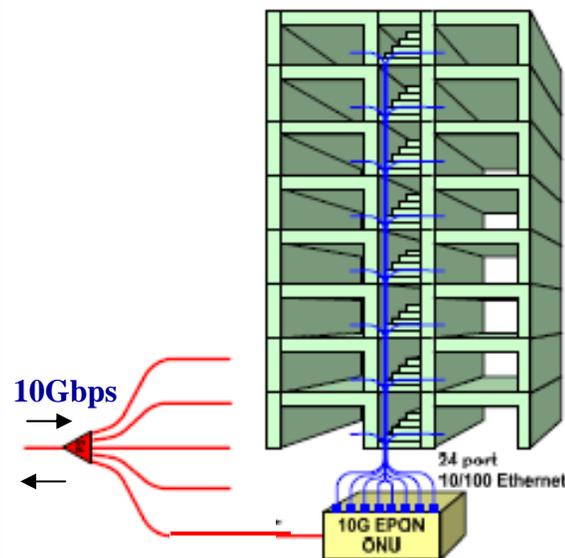
Reproduced with permission from Technology Futures, Inc.

2.2 公寓楼接入

在亚洲和很多发展中国家，居民多数住公寓楼。

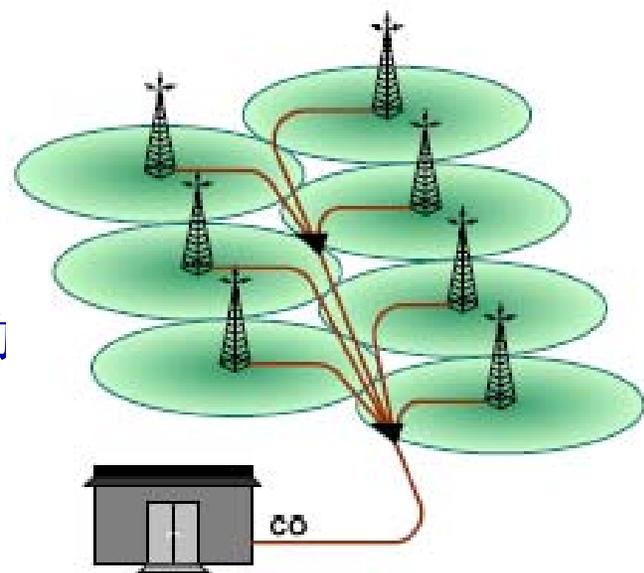
各种业务的接入速率要求（24户）

业务类型	数据速率	总数据速率
视频广播	$100\text{channel} \times 10\text{Mbps/channel}$	1.0 Gbps
视频点播	$10\text{ Mbps/channel} \times$ $2\text{ channels/user} \times$ $24\text{ users/ONU} \times 32\text{ ONUs/PON} \times$ $30\% \text{ take rate}$	4.6 Gbps
视频会议 和监视	$10\text{ Mbps/user} \times 24\text{ sers/ONU} \times$ $32\text{ ONUs/PON} \times 5\% \text{ take rate}$	0.4 Gbps
互联网	$5\text{ Mbps/user} \times 24\text{ users/ONU} \times$ $32\text{ ONUs/PON} \times 55\% \text{ take rate}$	2.1 Gbps
游戏	$10\text{ Mbps/user} \times 24\text{ users/ONU} \times$ $32\text{ ONUs/PON} \times 25\% \text{ take rate}$	1.9 Gbps
PON带宽		10.0 Gbps



2.3 无线网络的back haul

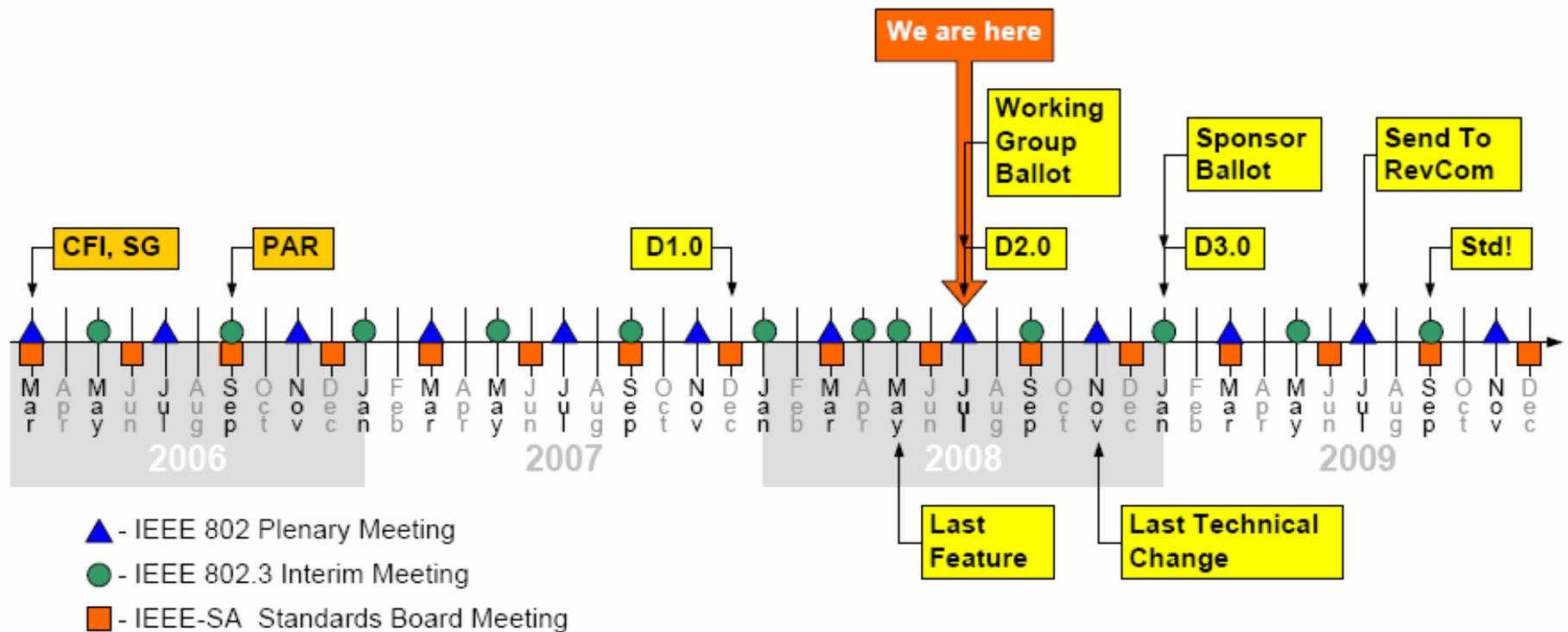
- 快速发展的无线网络需要一点到多点的PON作基站连接。
- **第四代移动通信**
每用户~30Mbps; 每接入点100~1,000 Mbps, 由于每个接入点(蜂窝)的覆盖范围缩小, 接入点的数量大大增多, EPON自然成为第四代移动通信的基站连接的最佳解决方案, 并要求有足够的带宽。
- **无线局域网(WiFi)和无线宽带接入网(WiMAX)**
IEEE802.11n 每设备带宽高达~100Mbps
802.16e 每接入点带宽高达~70Mbps。
- EPON的带宽必须超过1 Gbps。



3. 10GEPON的标准制定的历程

- **IEEE802.3以太网委员会10GEPON Study Group**于2005年11月成立。
- **IEEE 802.3av 10GEPON Task Force** 于2006年9月成立。每两个月举行一次会议。这一次为**IEEE 802.3 Interim Meeting**, 下一次就是**IEEE802 LAN/MAN Standards Committee**的**Plenary Session**。
- **IEEE of 802.3av 10GEPON** 标准预定在2009年9月完成。

TF Approved Project Timeline

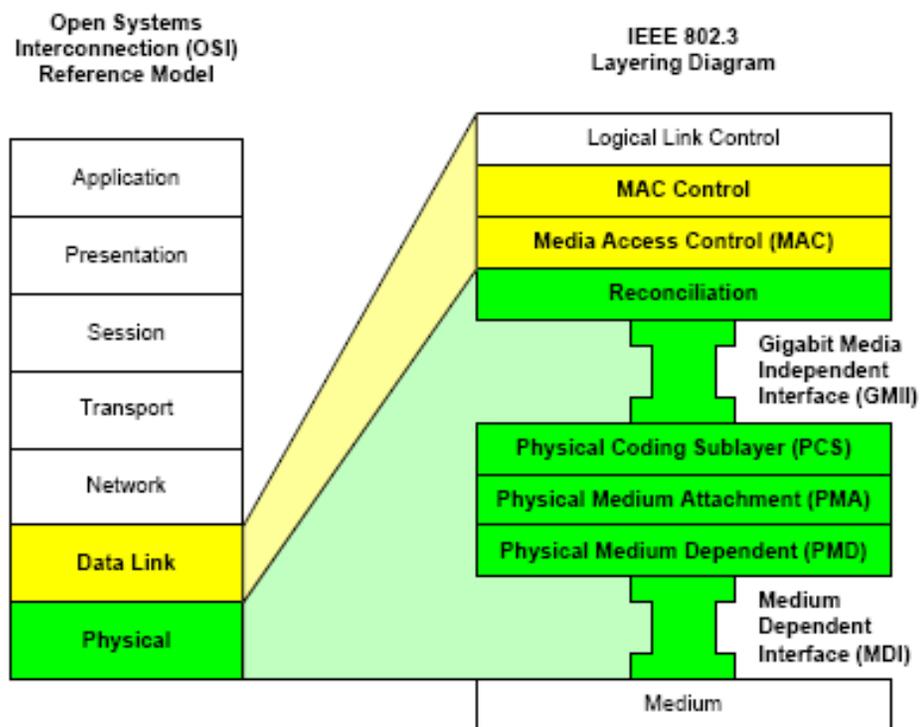


4. 10G-EPON标准的指导思想

➤ 范围

Study Group认为10GEAPON 协议栈与EPON协议栈的区别主要在物理层和部分数据链路层

- 10GEAPON 在技术上并不困难，因为下行运行于连续模式，而10 Gbps连续光纤传输技术在SDH年代已经成熟
- 技术上的挑战主要来自上行突发光收发技术。

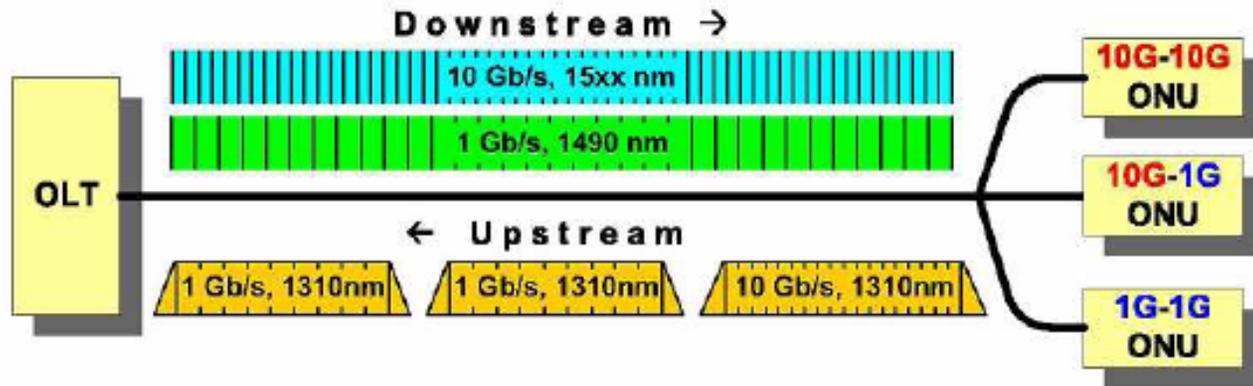


➤ 目标

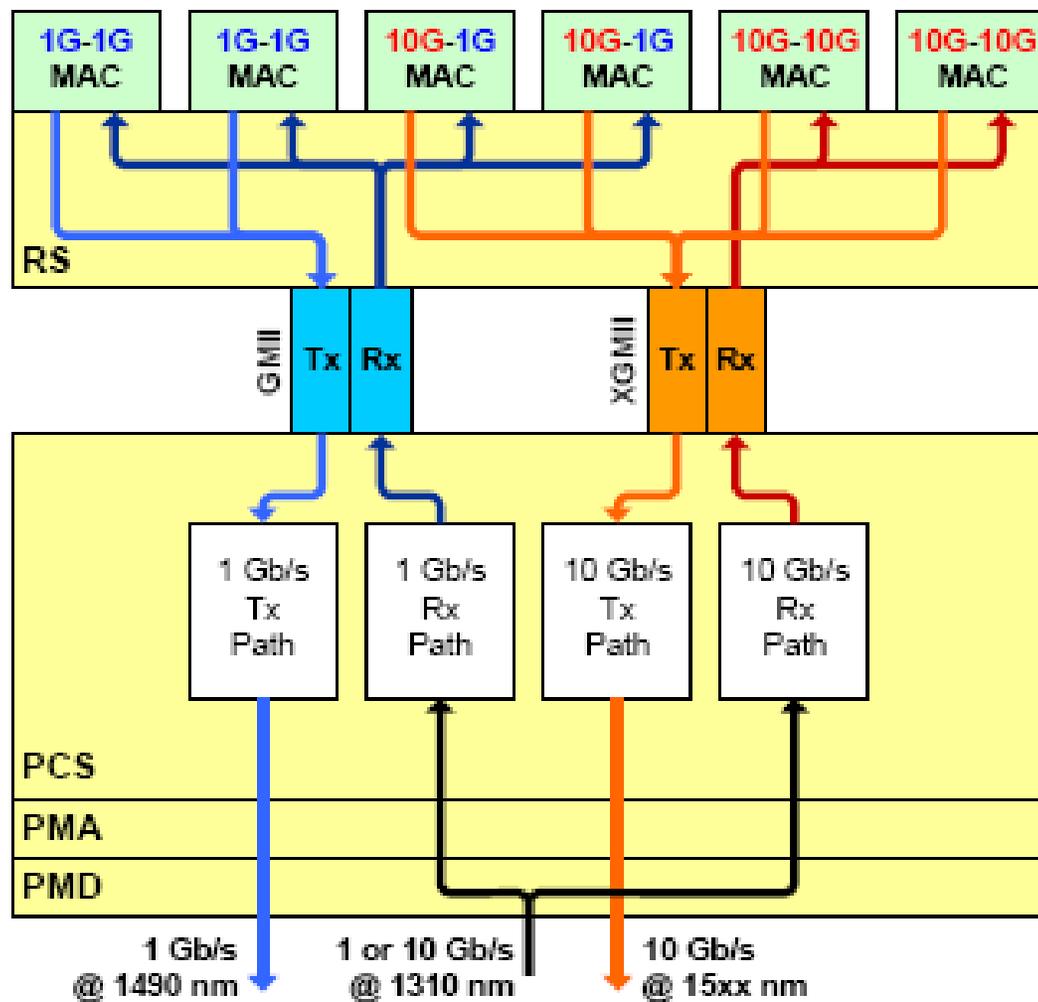
- 采用光纤的点到多点拓扑支持用户接入网
- 在物理层服务接口有等于或优于 10^{-12} 的误码率
- 有不对称10Gb/s下行/1Gb/s上行和对称10Gb/s下行/10Gb/s上行两种物理层
- 定义三种光功率预算支持1:16, 1:32两种最大分支数和10km, 20km两种最长传输距离

Coexistence

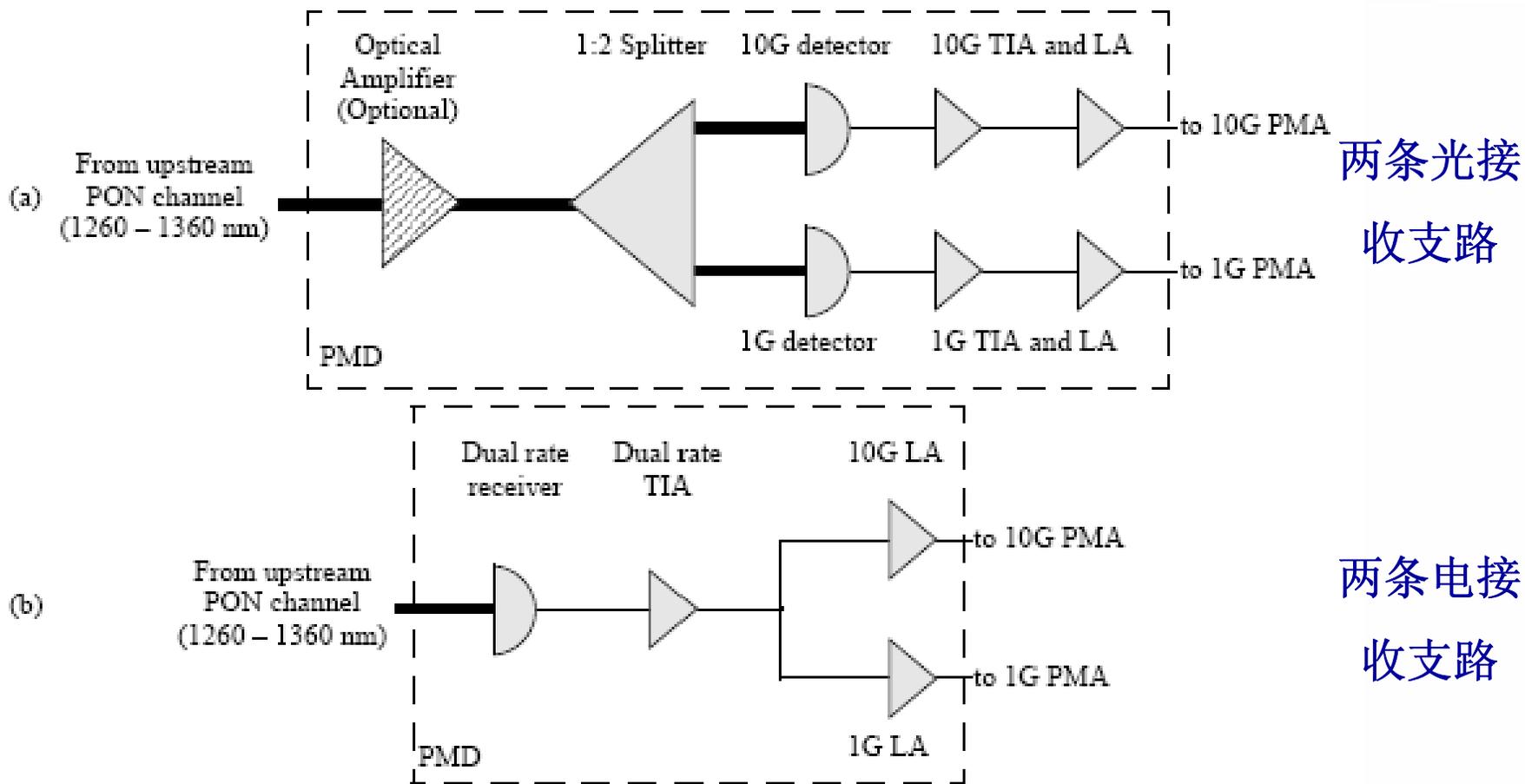
- **10G-EPON** 的发展战略是与**EPON**的共存。
因为从**EPON**到**10G-EPON**的升级是逐步发生的，必须允许一部分用户转到了**10G-EPON**上，而其余用户仍旧滞留于**EPON**。
从**EPON**到**10GEPON**的转移可能首先发生在下行，然后扩展到上行。



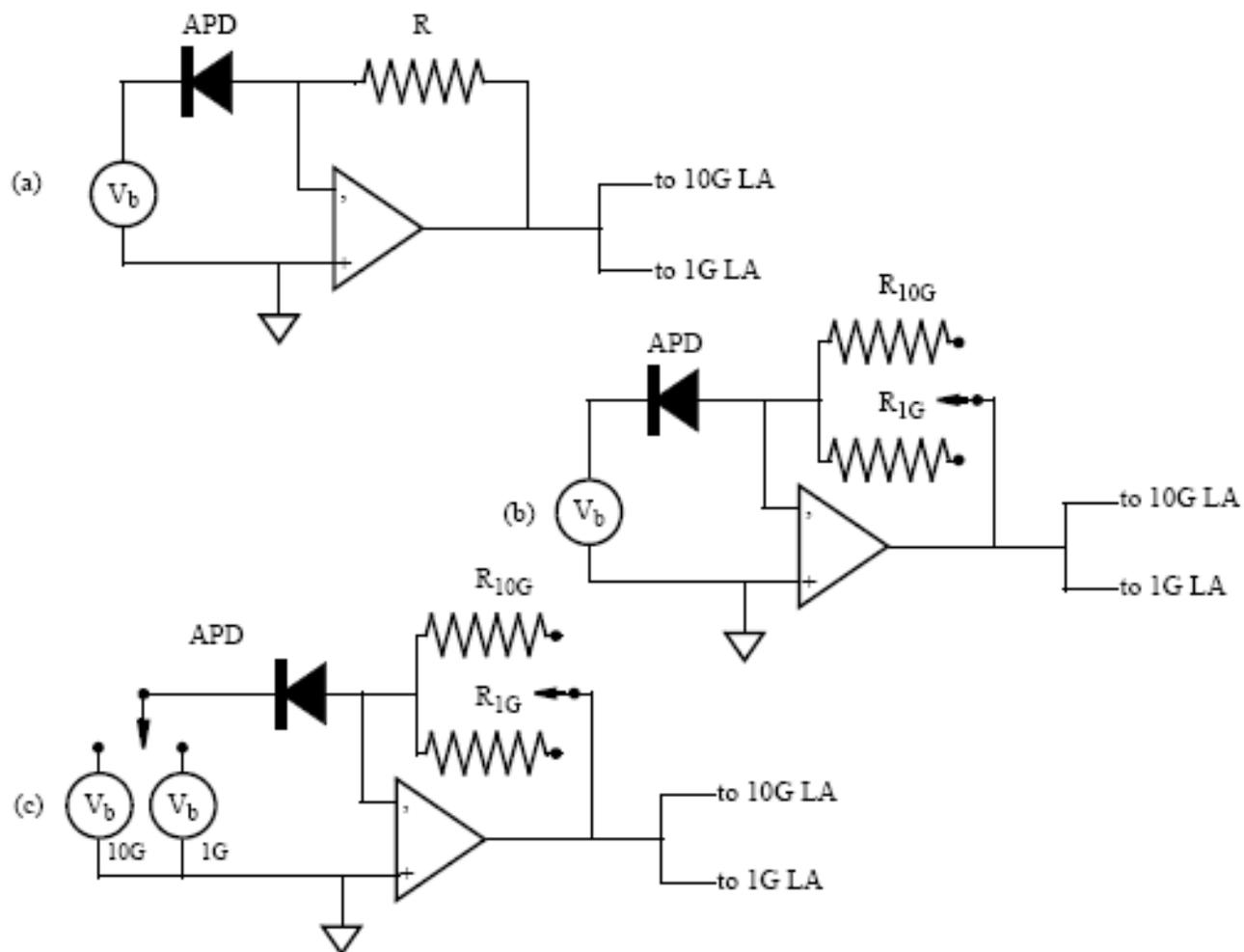
混合运行模式



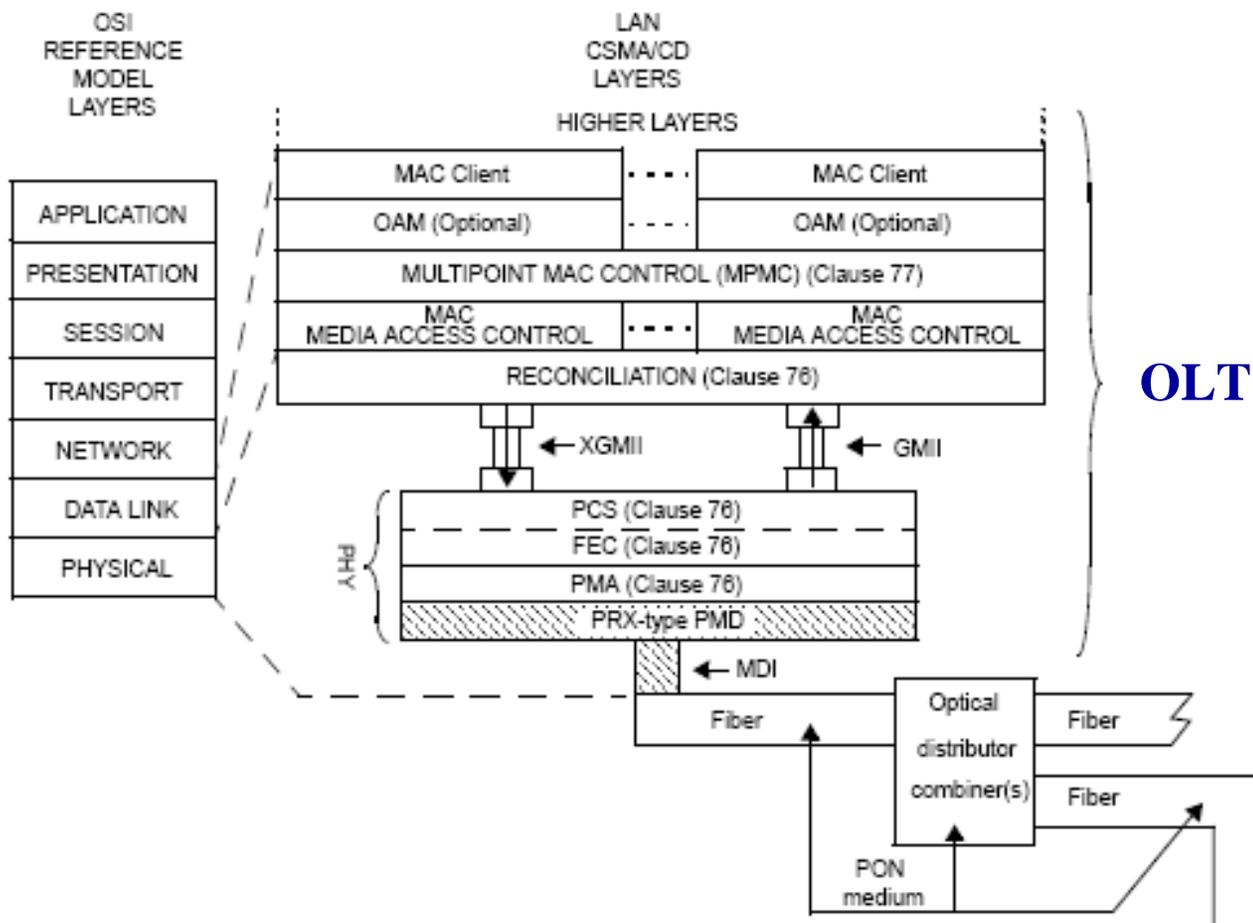
OLT支持双速率接收

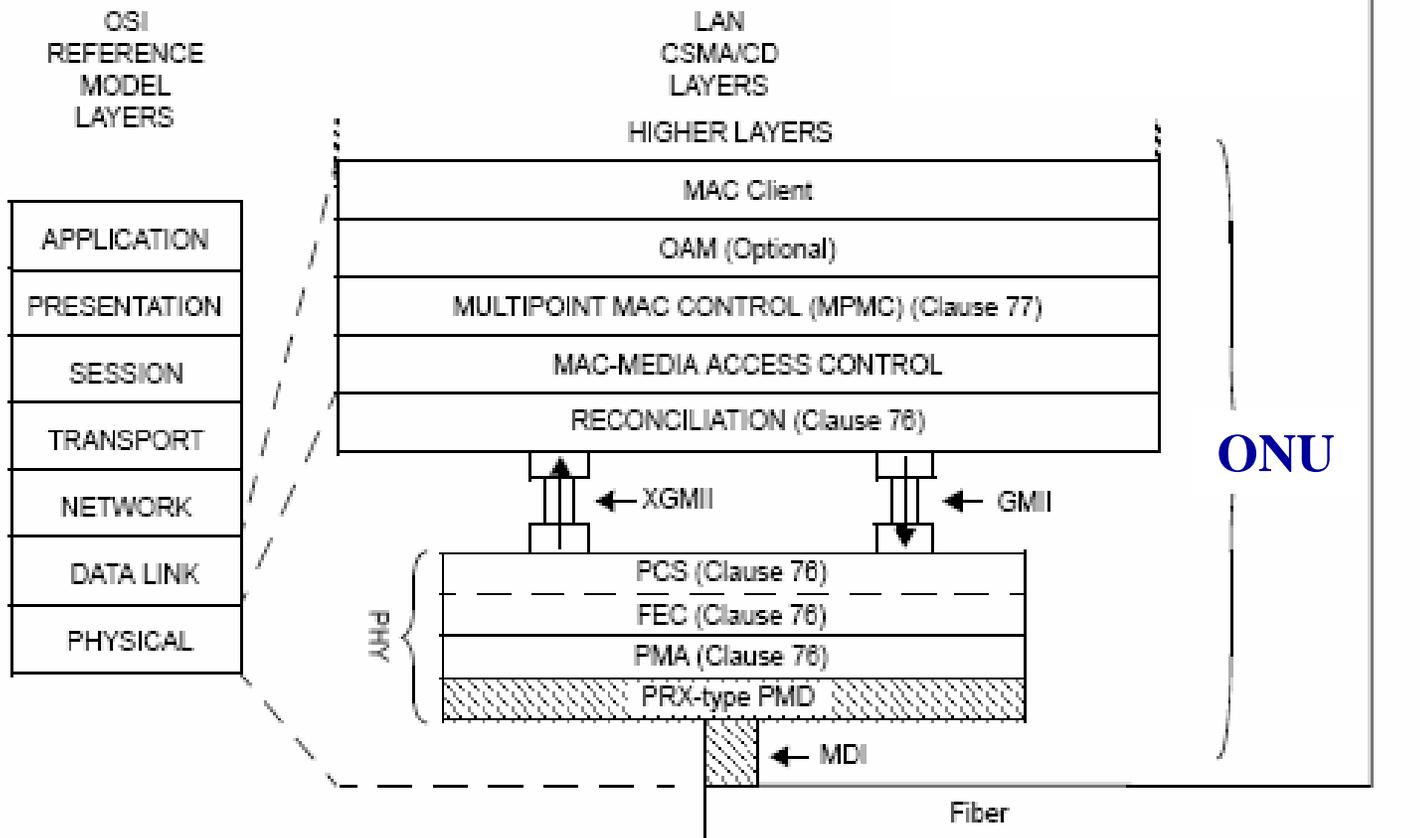


OLT双速光接收机



5. 10G-EPON标准的协议栈

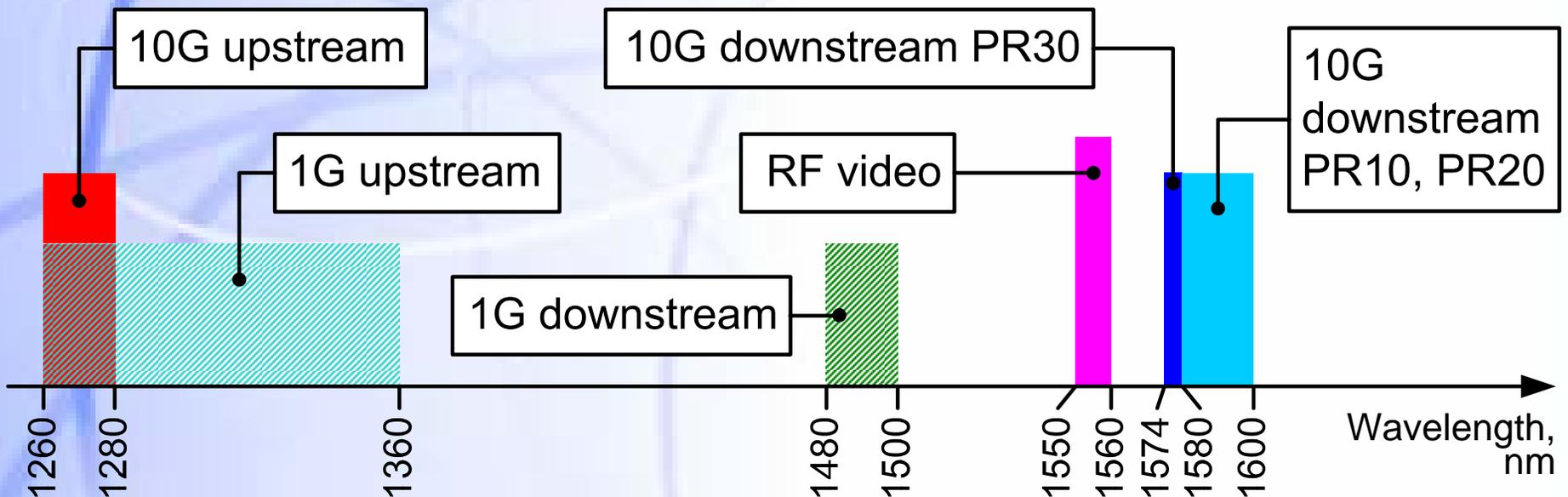




6. 10G-EPON标准的物理层

➤ 10GEPON的物理层的四个方面:

波长配置; 功率预算; 线路编码; 纠错编码



➤ **10G-EPON**的物理层的四个方面：
 波长配置； **功率预算**； 线路编码； 纠错编码

	距离 (km)	分光比	最大通道 插入损耗 (dB)	功率预算 (dB)
PR10	10	1:16	~ 20	~22
PR20	20	1:16	~24	~26
	10	1:32	~24	~26
PR30	20	1:32	~29	~31

- 下行光发送器件：**DFB激光器 w/o 光放大器（EDFA或SOA）**，发送光功率尽量低，以减轻数据通道对视频通道的**Raman**干扰。
- 上行光发送器件：**FP激光器（不制冷）**
- 光接收器件：**APD**

非对称PRX型 PMD

		OLT PMDs		
		10/1GBASE-PRX-D1	10/1GBASE-PRX-D2	10/1GBASE-PRX-D3
ONU PMDs	10/1GBASE-PRX-U1	PRX10	N/A	N/A
	10/1GBASE-PRX-U2	N/A	PRX20	N/A
	10/1GBASE-PRX-U3	N/A	N/A	PRX30

对称PR型 PMD

		OLT PMDs		
		10GBASE-PR-D1	10GBASE-PR-D2	10GBASE-PR-D3
ONU PMDs	10GBASE-PR-U1	PR10	PR20	N/A
	10GBASE-PR-U3	N/A	N/A	PR30

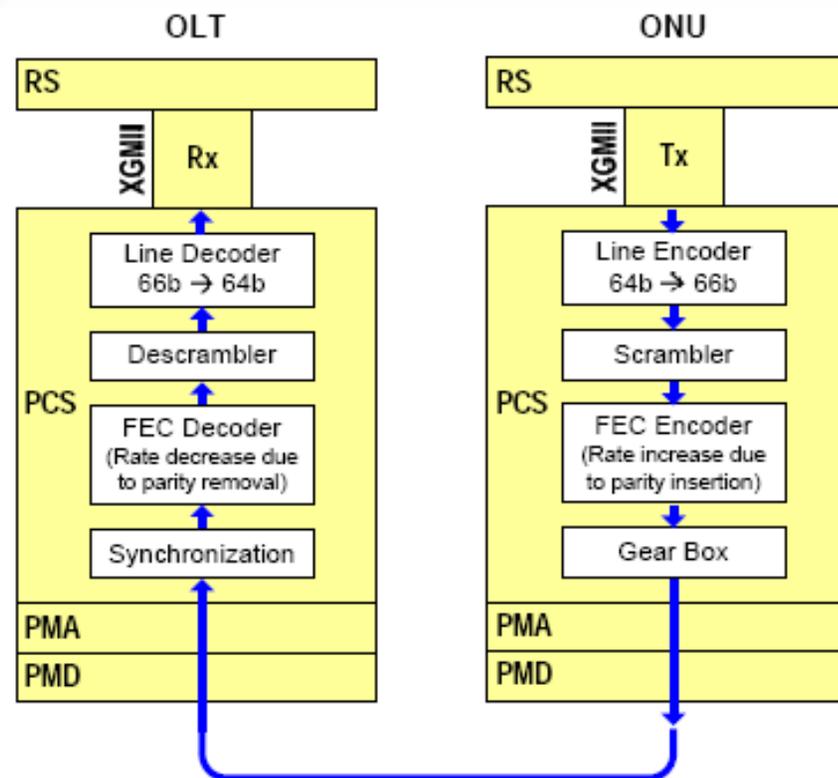
OLT光发送指标

Description	10GBASE-PR-D1 and 10/1GBASE-PRX-D1	10GBASE-PR-D2 and 10/1GBASE-PRX-D2	10GBASE-PR-D3 and 10/1GBASE-PRX-D3	Unit
Signaling speed (range)	10.3125 ± 100 ppm	10.3125 ± 100 ppm	10.3125 ± 100 ppm	GBd
Wavelength (range)	1580 to 1600	1580 to 1600	1574 to 1580	nm
Side Mode Suppression Ratio (min) ^a	30	30	30	dB
Average launch power (max)	4	9	5	dBm
Average launch power (min) ^b	1	5	2	dBm
Average launch power of OFF transmitter (max)	-39	-39	-39	dBm
Extinction ratio (min)	6	6	6	dB
RIN ₁₅ OMA (max)	-128	-128	-128	dB/Hz
Launch OMA (min) ^b	2.91 (1.95)	6.91 (4.91)	3.91 (2.46)	dBm (mW)
Transmitter eye mask definition {X1, X2, X3, Y1, Y2, Y3}	{0.25, 0.40, 0.45, 0.25, 0.28, 0.40}	{0.25, 0.40, 0.45, 0.25, 0.28, 0.40}	{0.25, 0.40, 0.45, 0.25, 0.28, 0.40}	UI
Optical return loss tolerance (max)	15	15	15	dB
Transmitter reflectance (max)	-10	-10	-10	dB
Transmitter and dispersion penalty (max)	1.5	1.5	1.5	dB
Decision timing offset for transmitter and dispersion penalty	±0.05	±0.05	±0.05	UI

OLT光接收指标

Description	10GBASE-PR-D1	10GBASE-PR-D2	10GBASE-PR-D3	Unit
Signaling speed (range)	10.3125 ± 100 ppm	10.3125 ± 100 ppm	10.3125 ± 100 ppm	GBd
Wavelength (range)	1260 to 1280	1260 to 1280	1260 to 1280	nm
Bit error ratio (max) ^a	10 ⁻³	10 ⁻³	10 ⁻³	-
Average receive power (max)	-1	-6	-6	dBm
Damage threshold (max) ^b	0	-5	-5	dBm
Receiver sensitivity (max)	-24	-28	-28	dBm
Receiver sensitivity OMA (max)	-23.22 (4.77)	-27.22 (1.90)	-27.22 (1.90)	dBm (μW)
Signal detect threshold (min)	-45	-45	-45	dBm
Receiver reflectance (max)	-12	-12	-12	dB
Stressed receive sensitivity (max) ^c	-21	-25	-25	dBm
Stressed receive sensitivity OMA (max)	-20.22 (9.51)	-24.22 (3.79)	-24.22 (3.79)	dBm (μW)
Vertical eye-closure penalty ^d	2.99	2.99	2.99	dB
T _{receiver_settling} (max) ^e	800	800	800	ns
Stressed eye jitter	0.3	0.3	0.3	UI pk to pk
Jitter corner frequency for a sinusoidal jitter	4	4	4	MHz
Sinusoidal jitter limits for stressed receiver conformance test (min, max)	(0.05, 0.15)	(0.05, 0.15)	(0.05, 0.15)	UI

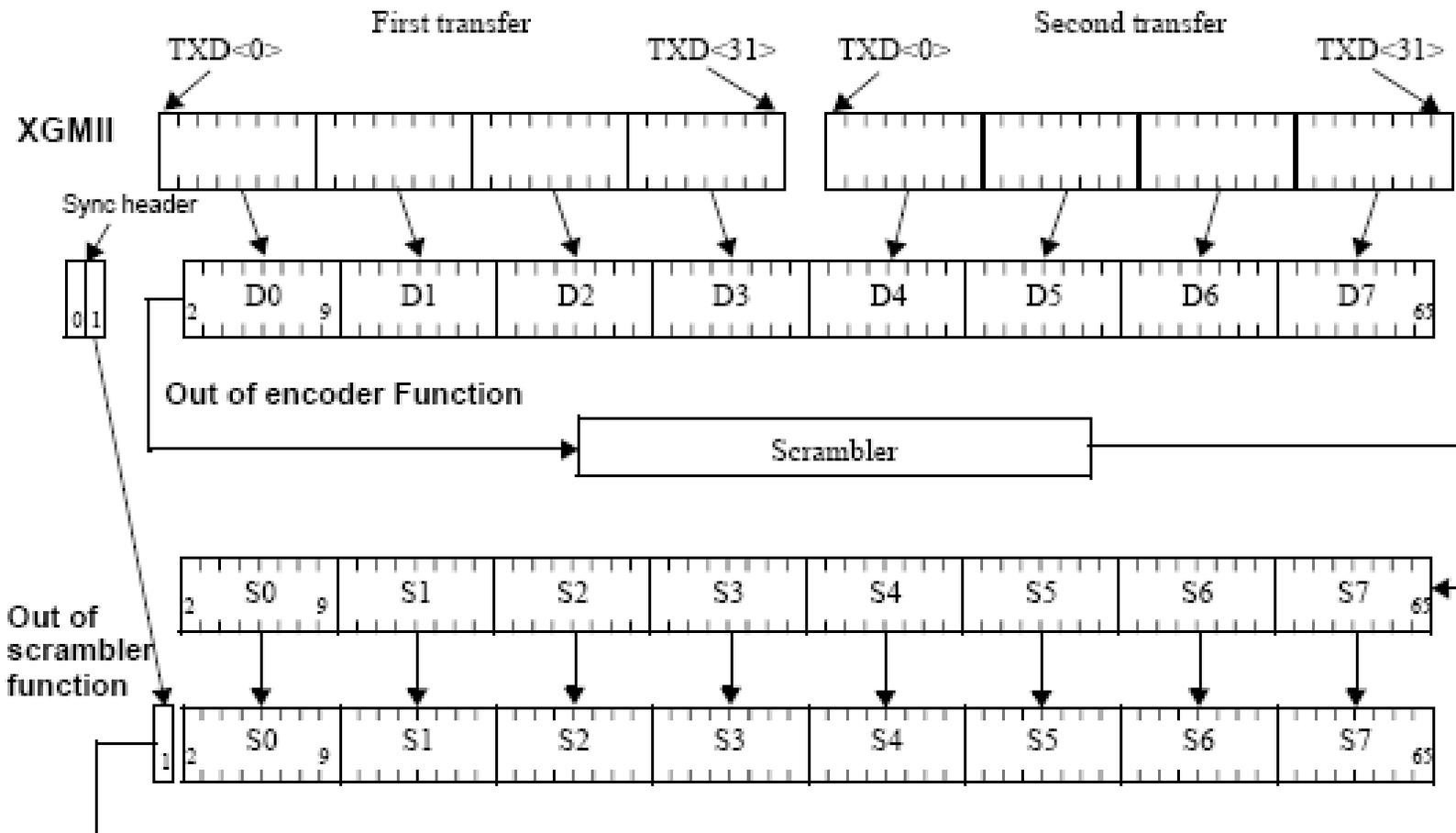
- **10GEPON**的物理层的四个方面：
波长配置；功率预算；**线路编码；纠错编码**
- 采用 **64B/66B** 线路码，
与**IEEE802.3ae**相符。
- 在**IEEE802.3av**的 **PCS** 子层，
FEC 在对线路码加扰后进行。
- 编码增益为**7.2 dB**，加**FEC**后
确保误码率为 **10^{-12}** 。
- **FEC**格式为**RS(255,223)**



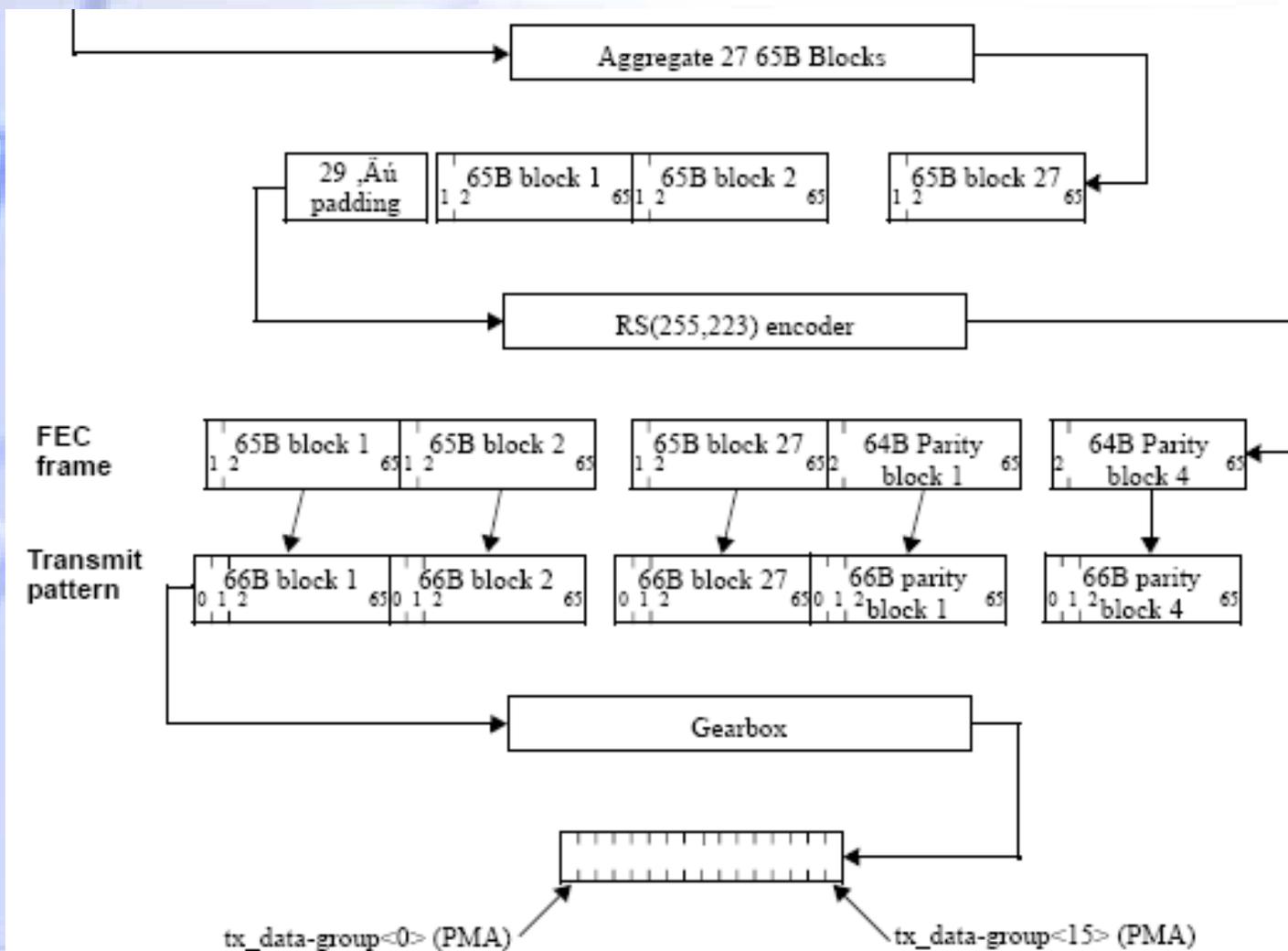
64B/66B码块格式

Input Data	S y n c	Block Payload										
Bit Position:	0 1 2											65
Data Block Format:												
D ₀ D ₁ D ₂ D ₃ /D ₄ D ₅ D ₆ D ₇	01	D ₀	D ₁	D ₂	D ₃	D ₄	D ₅	D ₆	D ₇			
Control Block Formats:		Block Type Field										
C ₀ C ₁ C ₂ C ₃ /C ₄ C ₅ C ₆ C ₇	10	0x1e	C ₀	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	C ₅	C ₆	C ₇		
C ₀ C ₁ C ₂ C ₃ /O ₄ D ₅ D ₆ D ₇	10	0x2d	C ₀	C ₁	C ₂	C ₃	O ₄	D ₅	D ₆	D ₇		
C ₀ C ₁ C ₂ C ₃ /S ₄ D ₅ D ₆ D ₇	10	0x33	C ₀	C ₁	C ₂	C ₃			D ₅	D ₆	D ₇	
O ₀ D ₁ D ₂ D ₃ /S ₄ D ₅ D ₆ D ₇	10	0x66	D ₁	D ₂	D ₃	O ₀			D ₅	D ₆	D ₇	
O ₀ D ₁ D ₂ D ₃ /O ₄ D ₅ D ₆ D ₇	10	0x55	D ₁	D ₂	D ₃	O ₀	O ₄	D ₅	D ₆	D ₇		
S ₀ D ₁ D ₂ D ₃ /D ₄ D ₅ D ₆ D ₇	10	0x78	D ₁	D ₂	D ₃	D ₄		D ₅	D ₆	D ₇		
O ₀ D ₁ D ₂ D ₃ /C ₄ C ₅ C ₆ C ₇	10	0x4b	D ₁	D ₂	D ₃	O ₀	C ₄	C ₅	C ₆	C ₇		
T ₀ C ₁ C ₂ C ₃ /C ₄ C ₅ C ₆ C ₇	10	0x87			C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	C ₅	C ₆	C ₇	
D ₀ T ₁ C ₂ C ₃ /C ₄ C ₅ C ₆ C ₇	10	0x99	D ₀			C ₂	C ₃	C ₄	C ₅	C ₆	C ₇	
D ₀ D ₁ T ₂ C ₃ /C ₄ C ₅ C ₆ C ₇	10	0xaa	D ₀	D ₁			C ₃	C ₄	C ₅	C ₆	C ₇	
D ₀ D ₁ D ₂ T ₃ /C ₄ C ₅ C ₆ C ₇	10	0xb4	D ₀	D ₁	D ₂			C ₄	C ₅	C ₆	C ₇	
D ₀ D ₁ D ₂ D ₃ /T ₄ C ₅ C ₆ C ₇	10	0xc0c	D ₀	D ₁	D ₂	D ₃			C ₅	C ₆	C ₇	
D ₀ D ₁ D ₂ D ₃ /D ₄ T ₅ C ₆ C ₇	10	0xd2	D ₀	D ₁	D ₂	D ₃	D ₄			C ₆	C ₇	
D ₀ D ₁ D ₂ D ₃ /D ₄ D ₅ T ₆ C ₇	10	0xe1	D ₀	D ₁	D ₂	D ₃	D ₄	D ₅			C ₇	
D ₀ D ₁ D ₂ D ₃ /D ₄ D ₅ D ₆ T ₇	10	0xff	D ₀	D ₁	D ₂	D ₃	D ₄	D ₅	D ₆			

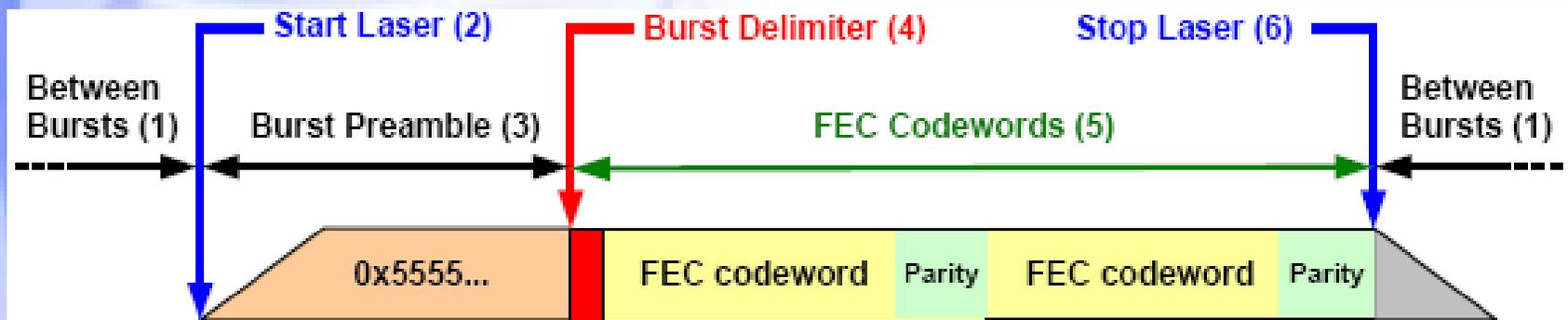
64B/66B Line Coding



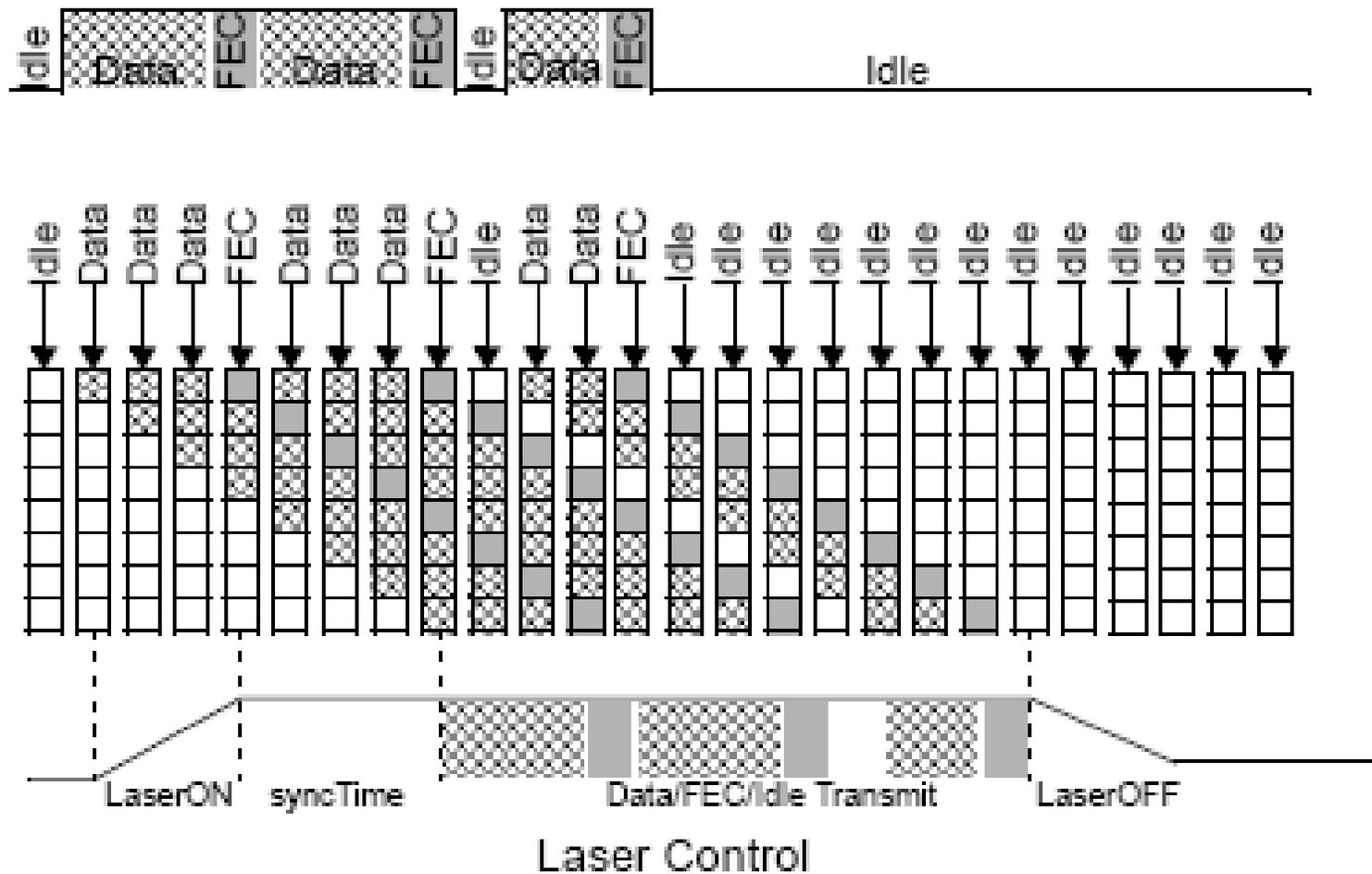
RS(255,223) FEC



- 在10GE PON的上行, 从ONU出发的突发光包由突发前导 (burst preamble), 突发定界 (burst delimiter), FEC 码字序列与校验 (Parity) 组成。burst preamble 包含数据图案010101....., 用于光接收机同步。



ONU激光器的突发控制



10G-EPON的突发参量

- 激光器开启时间上限 $T_{on}=512ns$
- 激光器关闭时间上限 $T_{on}=512ns$
- 光接收机设定时间上限 $T_{receiver_settling}=800ns$
- 时钟数据恢复时间上限 $T_{cdr}=400ns$

7. 10G-EPON的多点MAC控制子层

多点控制协议(MPCP) 功能：注册（发现）、测距、带宽分配
实现：MAC控制帧

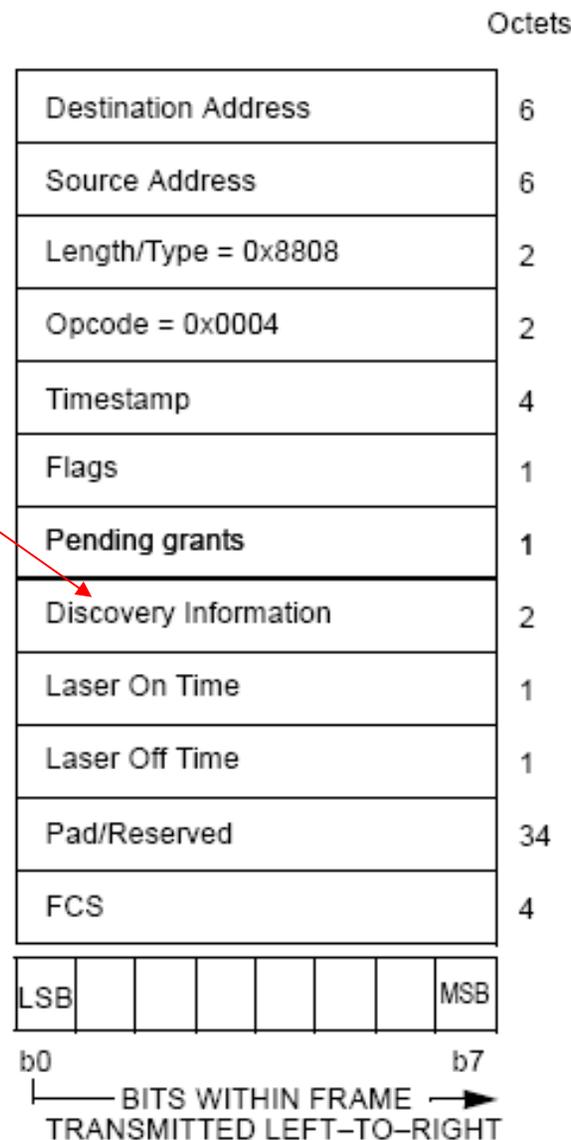
DA	SA	长度/ 类型	运行码	时间标签	MAC控制消息	FCS
6字节	6字节	2字节	2字节	4字节	40字节	4字节

00-01	PAUSE	暂停
00-02	GATE	带宽授权
00-03	REPORT	带宽申请
00-04	REGISTER_REQ	注册请求
00-05	REGUSTER	注册
00-06	REGISTER_ACK	注册应答

在REGISATER_REQ 控制帧中增加**Discovery Information** 字节来告知OLT:

- ONU支持1G或10G上行;
- 1G或10G ONU试图注册。

Bit	Flag Field	Values
0	ONU is 1G upstream capable	0 – ONU transmitter is capable of 1 Gb/s 1 – ONU transmitter is not capable of 1 Gb/s
1	ONU is 10G upstream capable	0 – ONU transmitter is not capable of 10 Gb/s 1 – ONU transmitter is capable of 10 Gb/s
2 – 3	reserved	Ignored on reception.
4	1G registration attempt	0 – 1 G registration is attempted 1 – 1 G registration is not attempted
5	10 G registration attempt	0 – 10 G registration is not attempted 1 – 10 G registration is attempted
6 – 15	reserved	Ignored on reception.



8. 10G-EPON的应用模式

Emerging Solutions

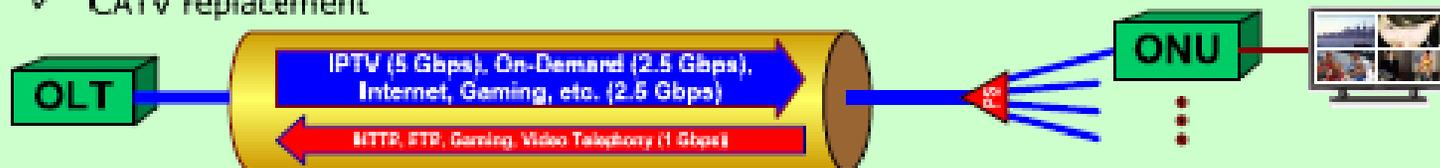
802.3ah: 1 Gbps downstream / 1 Gbps upstream

- ✓ The first commercial FTTH technology with Gigabit bandwidth deployed in the world
- ✓ Currently specified in IEEE Std. 802.3-2005



Option 1: 10 Gbps downstream / 1 Gbps upstream

- ✓ Providing more downstream bandwidth to support advanced digital TV services
- ✓ CATV replacement



Option 2: 10 Gbps downstream / 10 Gbps upstream

- ✓ Support for advanced, bandwidth-intensive upstream and downstream services
- ✓ Support for more subscribers / dense deployments / MDU markets



Video Delivery Options

802.3ah: 1 Gbps downstream / 1 Gbps upstream



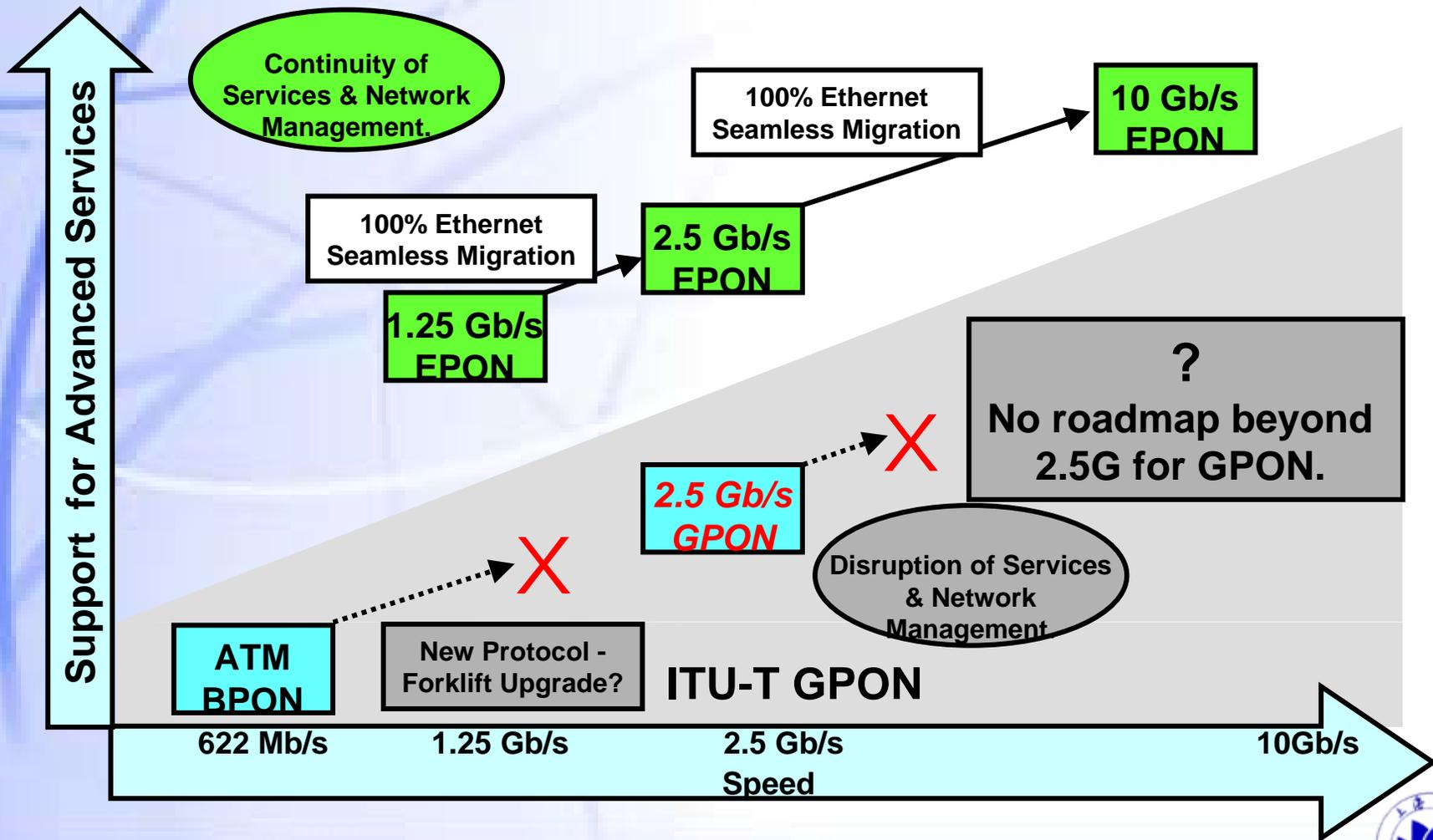
Option 1: 10 Gbps downstream / 1 Gbps upstream



- 10G EPON eliminates the bandwidth need to provision a third wavelength for video
- 10G EPON simplifies architecture for video delivery
- 10G EPON facilitates IP convergence

9. 结语

- 在下一代PON中，**10G-EPON**将是最优秀的。因为：
 - 1) 它继承了以太网的简单性，又提供最高的数据速率和传输效率，使**GPON**相形见绌；
 - 2) 它的价格将是低廉的。因为集成电路的速率提高**10**倍，价格可能只提高**3**倍，而光器件的数量增加**10**倍，则总价格可能提高**8-10**倍，这样，同样使**PON**的容量提高**10**倍，**10G-EPON**的价格会大大低于**10**波长**1G WDM-PON**的价格；
 - 3) 用**10G-EPON**来取代**EPON**实现**FTTB**，在不增加分光比的条件下，可以使用户的使用速率提高**10**倍；而在增加分光比的前提下，可以使更多的用户来分担**OLT**的投资，所以网络的每用户每单位带宽的造价将达到最小化，这特别适合中国宽带接入网市场的需要；



- 4) **10G**的信道容量能够支持更多的业务,更适于三网融合。速率的提高更容易满足对不同业务**QoS**的要求,使**GPON**存在的必要性大大降低。
- 5) **10G-EPON**的标准化是一切可能的**10G PON**中最快的。**IEEE802.3av**标准化工作进展迅速、顺利,将于**2009年9月**完成,光模块和集成电路制造商已开始配合行动。非对称**PRX**型**10G/1G**光模块的样品已经出现, **FPGA**型的**10G-EPON ONU MAC**控制器已经诞生。可以预期,到**2009年第四季度****10G-EPON**的成套解决方案将会出现。**2010年10G-EPON**设备将会进入市场。一场光接入网的建设新高潮将要席卷全球。
- 在这样的形势下,中国的信息产业界应当密切注意**10G-EPON**标准的进展,并且与**IEEE802.3HSE (40G/100G**高速以太)标准化进程联系起来,研究下一代网络(**NGN**)的发展动向。为迎接光接入网在中国的建设高潮做好准备。

谢谢

欢迎指教

rujianlin@hotmail.com