

Contents

- 接入网发展趋势和xPON

- 接入网发展趋势
- 宽带光接入方式
- PON系统介绍

- EPON原理介绍

- 基本原理
- 协议
- 关键技术

- EPON解决方案

- Triply-play解决方案
- CATV解决方案
- 数据安全解决方案





接入网发展趋势和xPON

- 接入网发展趋势
- 宽带光接入方式
- PON系统介绍



高带宽、全业务—未来接入网趋势

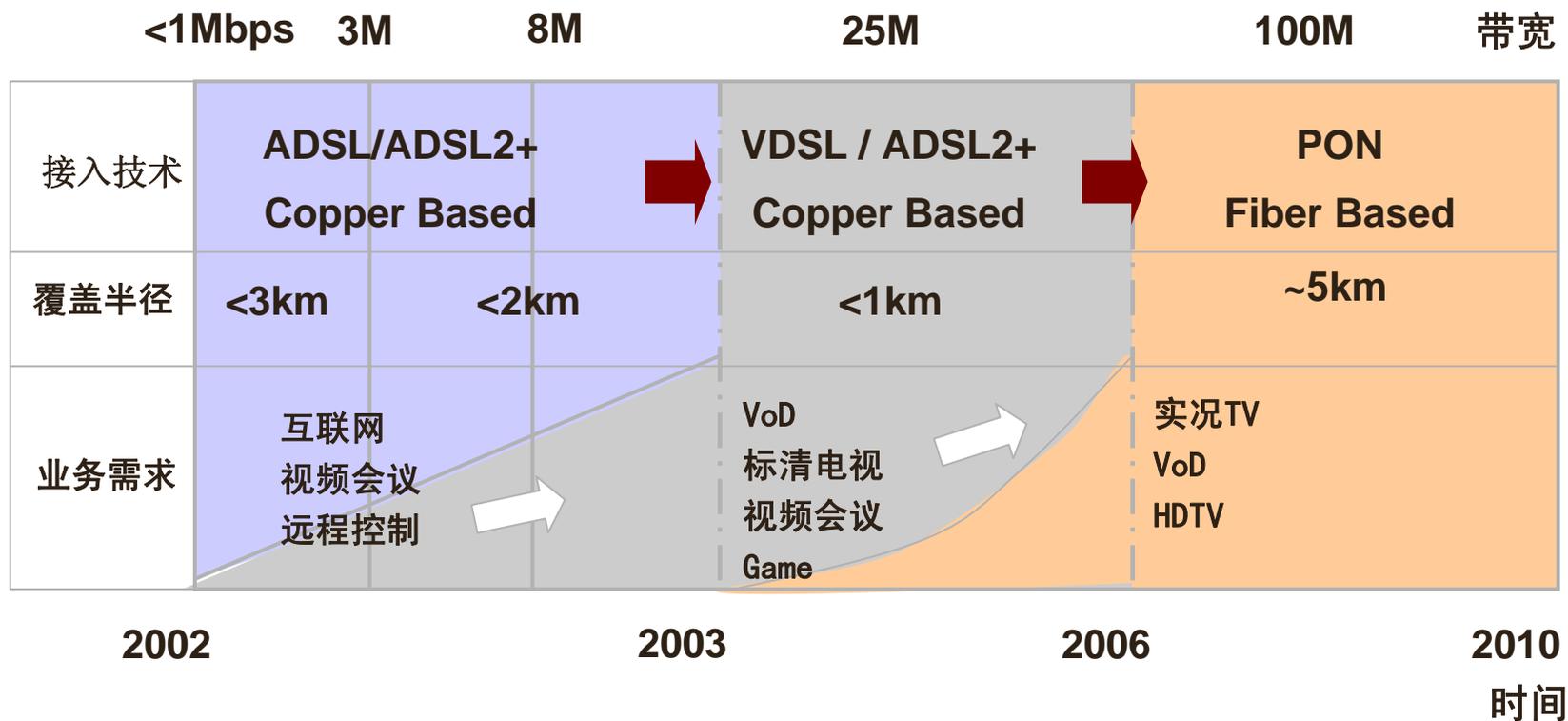
业务		带宽需求
数据下载		2 Mbps
VoIP, videotelephony and videoconference		1 Mbps
Music on demand, multimedia contents		2 Mbps
On-line Gaming		1 Mbps
SD Digital TV (标清电视)		3 Mbps
HD Digital TV (高清电视) Additional TV channels (i.e. 2 HD DTV)		10 Mbps 20 Mbps

住宅业务需求预测

- 由单业务向多业务甚至全业务模式转化
- 要求高带宽、高速率
- 良好的上网体验
- 用户数据安全保证

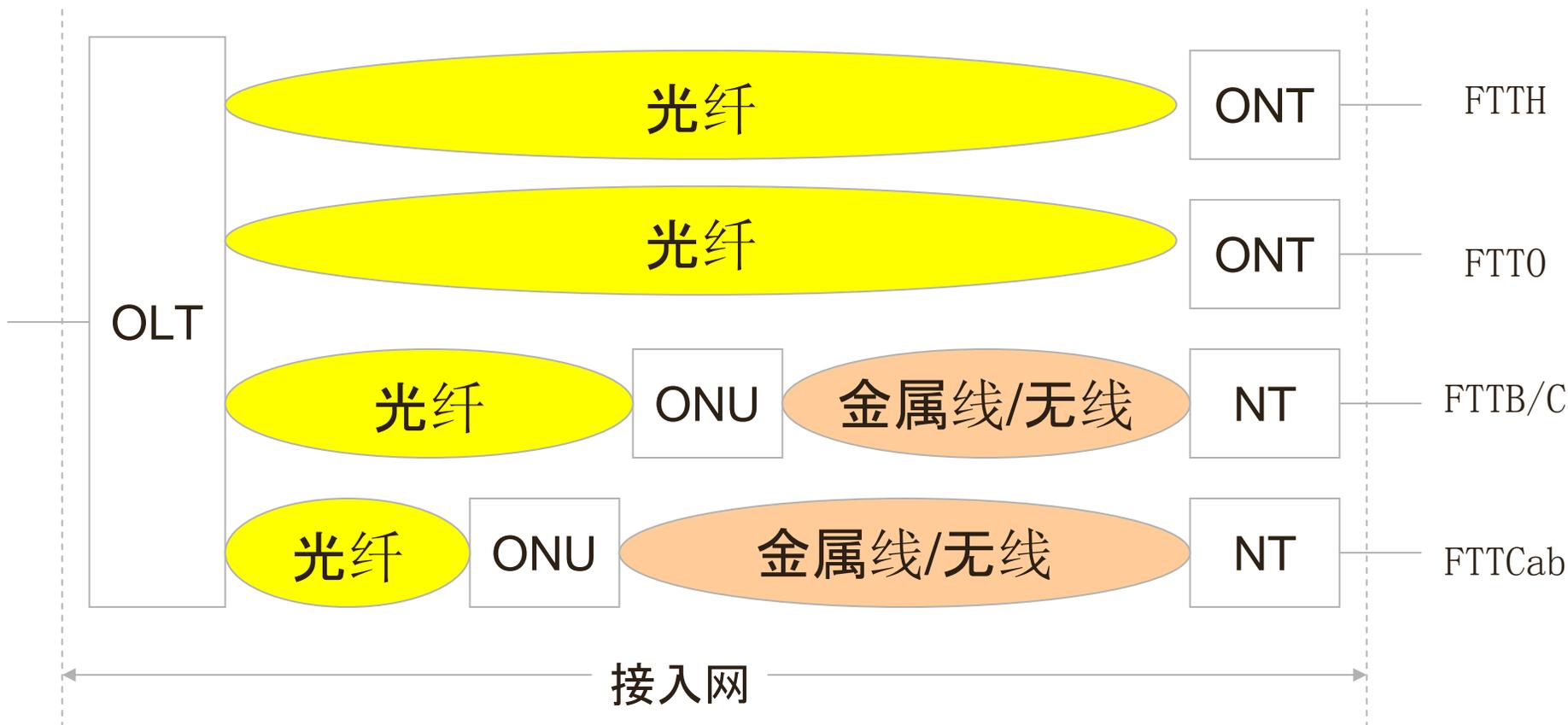
	Downstream	Upstream
1 HDTV, 2 SDTV simultaneously among 200+ channels	16 Mb/s	50 Kb/s
1 Gaming channel	256 Kb/s	256 Kb/s
2 Voice calls & Visio	220 Kb/s	220 Kb/s
High Speed Internet	3 Mb/s	512 Kb/s
Total	20 Mb/s	1 Mb/s

光进铜退—接入网发展趋势



- 解决双绞线接入的带宽瓶颈，满足用户对高带宽业务的需求，如高清电视、实况转播等
- 解决双绞线接入长距离覆盖的问题，减少网络节点

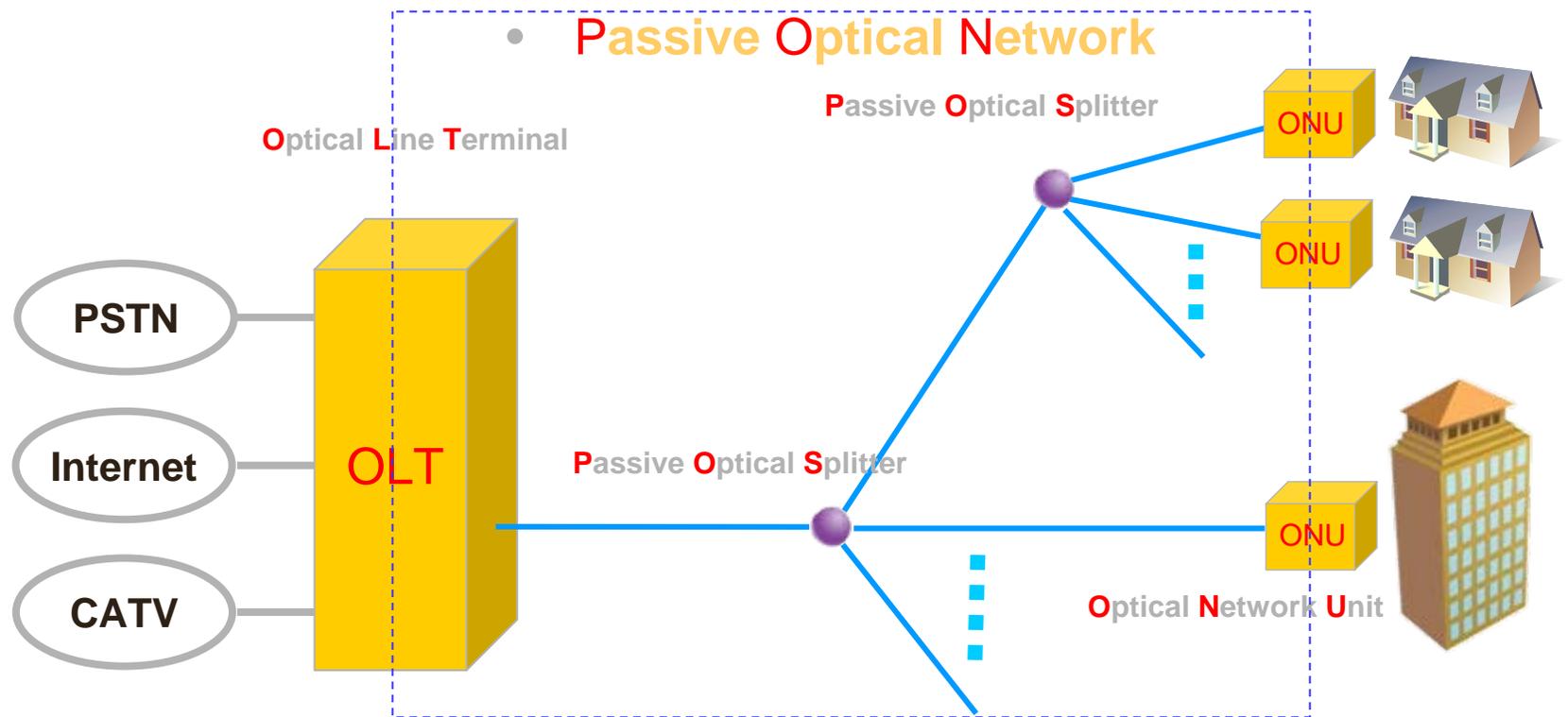
宽带光接入方式



缩略语

- **FTTH: Fiber To The Home** ——光纤到户
- **FTTO : Fiber To The Office** ——光纤到办公室
- **FTTB/C : Fiber To The Building/ Curb** ——光纤到楼宇/分线盒
- **FTTCab : Fiber To The Cabinet** ——光纤到交接箱
- **ONU : Optical Network Unit**——光网络单元
- **ONT: Optical Network Terminal** ——光网络终端
- **MDU: Multi-Dwelling Unit**-多住户单元
- 狭义的**FTTH**指光纤向用户侧的进一步延伸，这时光纤已经进入用户住宅或办公室的室内，接入网内的分支段的光纤只连接一个用户。**ITU**认为**FTTH**从光纤端头的光电转换器到用户桌面不超过**100m**，从而无需再在金属线上安装电子接入系统，但不排除光电转换器和桌面终端之间使用宽带无线系统。狭义的**FTTH**对于商业用户还可以称为**FTTO(fiber to the office)**，当然，最极端的**FTTH**可以是**FTTD(fiber to the desk)**。
- 广义的**FTTH**还可以是**FTTP(fiber to the premise**，光纤到用户所在地)，北美就一直采用这个术语，它包括**FTTB(fiber to the building)**、**FTTC(fiber to the curb)**以及狭义的**FTTH**。

What is PON?

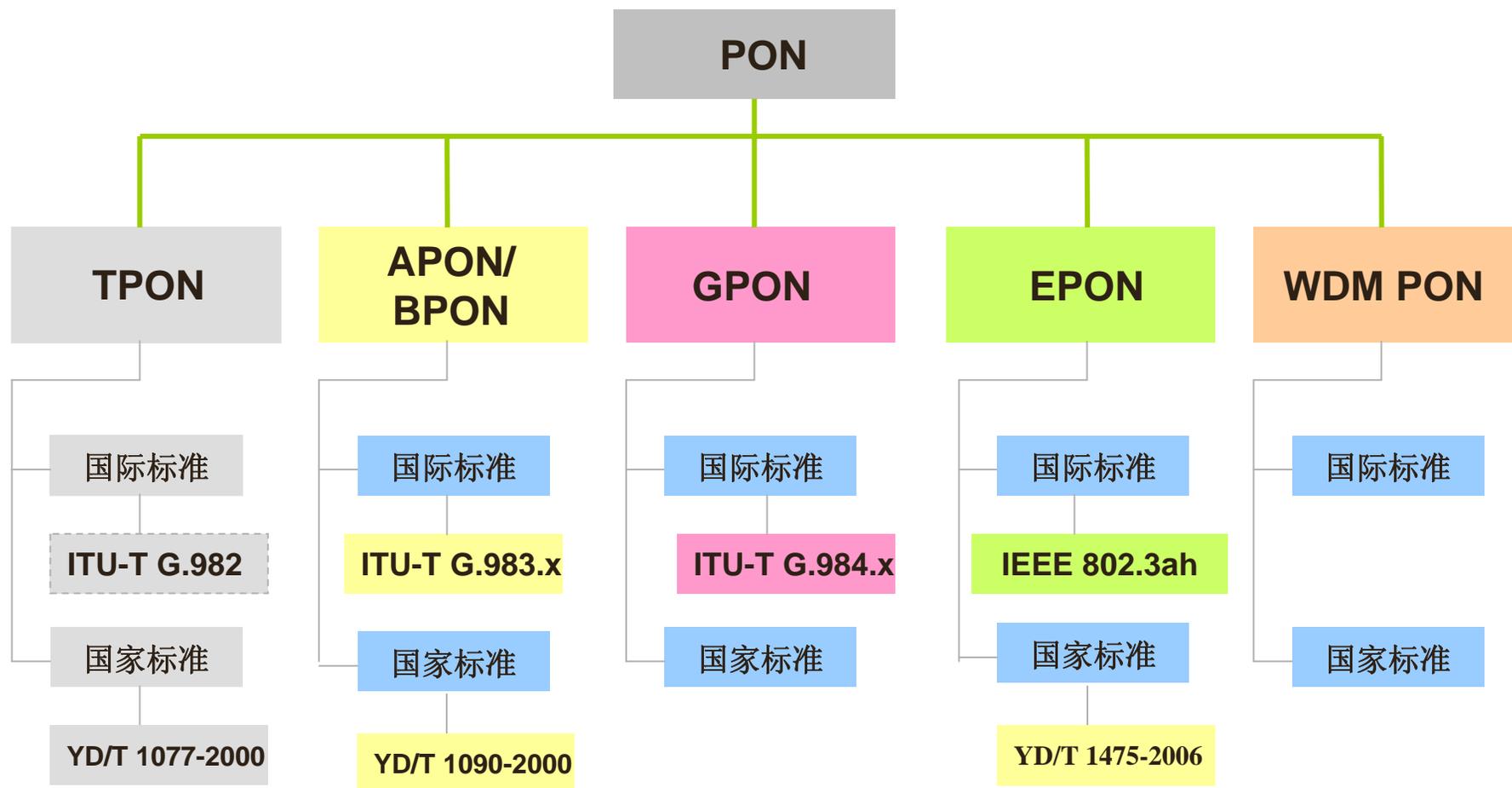


- PON是以点到多点为特征的单纤双向无源光网络；
- PON包括三个组件：Optical Line Terminal (OLT), Optical Network Unit (ONU) 和 Optical Distribution Network (ODN光分配网络)；
- ODN中的无源光分路器可以是一个或多个光分路器的级联。

PON技术比较

Tech.		BPON	EPON	GPON	WDM-PON
Bandwidth/ Wave length (Mbps/nm)	US	155/1310	1250/1310	1244/1310	125~1250/-
	DS	622/1490	1250/1490	2488/1490	125~1250/-
Protocol	Line	NRZ	8B/10B	NRZ	Any
	Link	ATM	Ethernet	ATM/GEM	Any
Service Supporting	Data	AAL5	Transparent Transfer	GFP	Transparent Transfer
	Voice	TDM/VoIP/AAL2	VoIP	TDM/VoIP	Transparent Transfer
	Video	AAL5 -- IPTV	IPTV	GEM -- IPTV	Transparent Transfer
	TDM	AAL1	TDM Over IP (future PWE3)	GEM	Transparent Transfer
Bandwidth Efficiency		稍高	稍低	高	—
Reach/Splitter		20km/16 10km/32	20km/16 10km/32	20km/32 20km/64	Above 20km/32
Standard Committee		ITU-T(FSAN)	IEEE	ITU-T(FSAN)	-

技术标准化情况





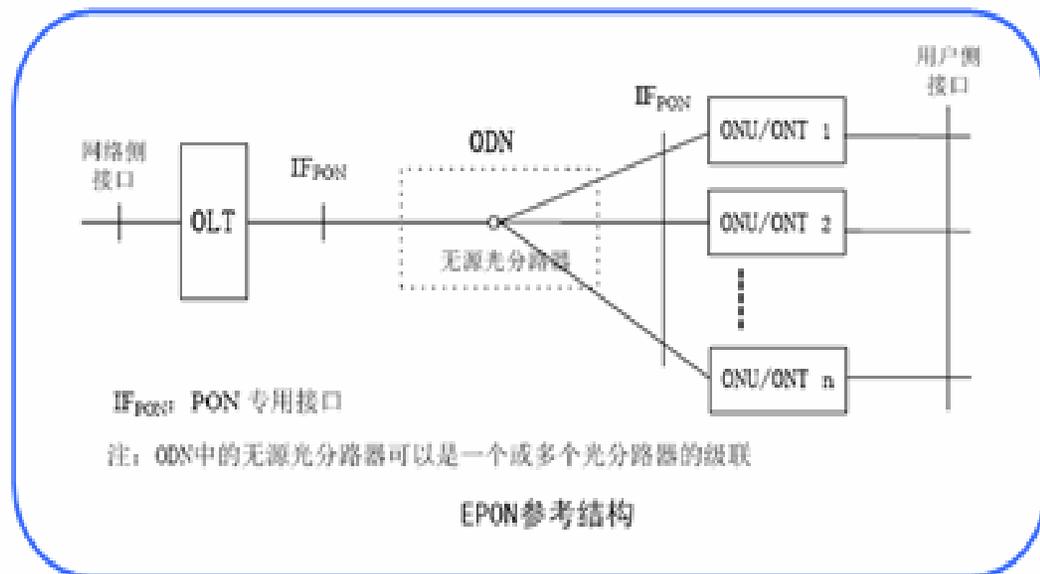
EPON原理介绍

- 基本原理
- 协议
- 关键技术



EPON基本原理

- EPON的标准是IEEE802.3ah，标准中定义了EPON的物理层、MPCP(多点控制协议)、OAM(运行管理维护)等相关内容。IEEE制定EPON标准的基本原则是尽量在802.3体系结构内进行EPON的标准化工作，最小程度地扩充标准以太网的MAC协议。这就最大程度地继承了以太网经过长期、大规模实践检验积累下来的宝贵技术经验。



中国电信CTC 1.3标准

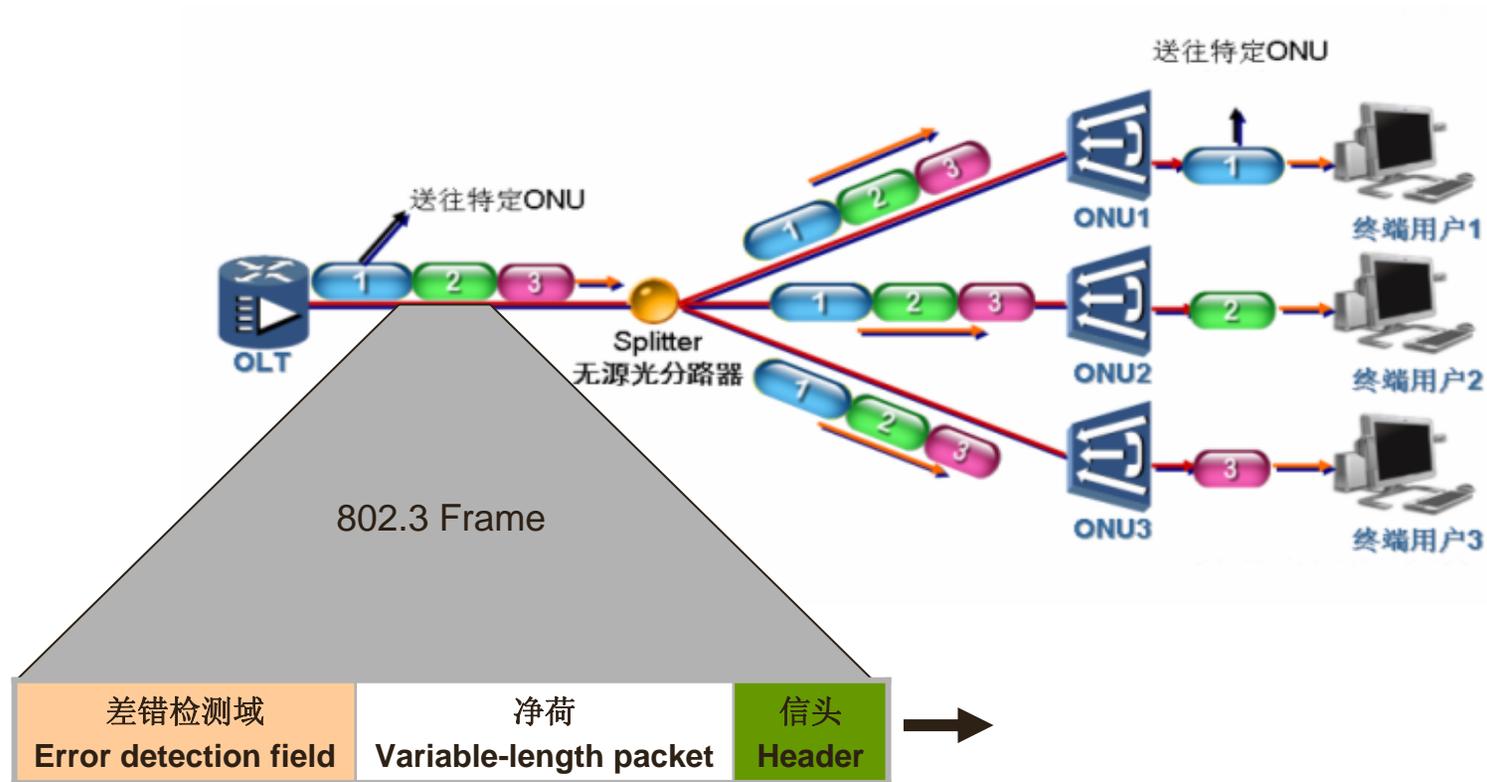
- MPCP补充
- Triple-churning加密算法
- Eth OAM扩展
- 产品的部分特性规格要求

EPON基本指标

- 点到多点的光纤传输；
- 在单模光纤上，以1000Mbps速率，分路比为1:32，传输距离达到10km；
- 在单模光纤上，以1000Mbps速率，分路比为1:16，传输距离达到20km；
- 符合ITU-T G. 652要求的单模光纤；
- 上行应使用1260nm~1360nm波长；
- 下行应使用1480nm~1500nm波长；
- 使用1540nm~1560nm波长实现CATV业务（可选）；

重要指标\接口类型	1000BASE-PX10	1000BASE-PX20
传输距离（km）	10	20
分光比	1:32	1:16
过载光功率（dbm）	4（1000BASE-PX10-D） 2（1000BASE-PX10-U）	4（1000BASE-PX20-D） 7（1000BASE-PX20-U）
接收灵敏度（dbm）	-24（1000BASE-PX10-D） -24（1000BASE-PX10-U）	-27（1000BASE-PX20-D） -24（1000BASE-PX20-U）

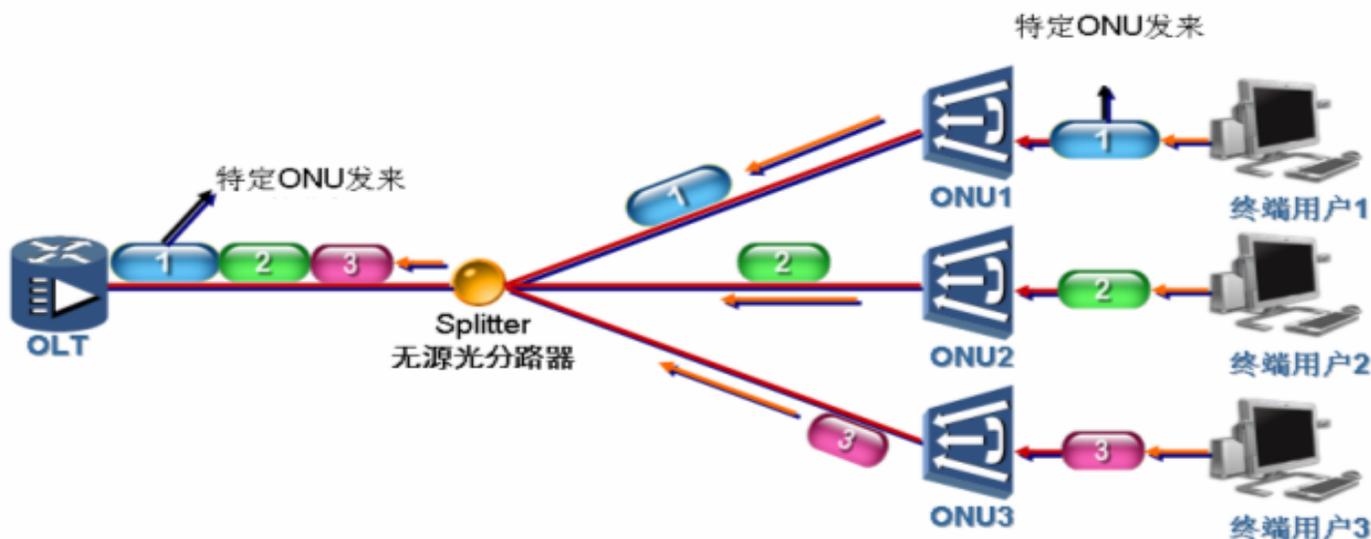
PON基本技术一下行



OLT连续广播发送，ONU选择性接收：

- GPON根据VPI/VCI (ATM) 或者GEM PORTID (GEM)
- EPON根据LLID

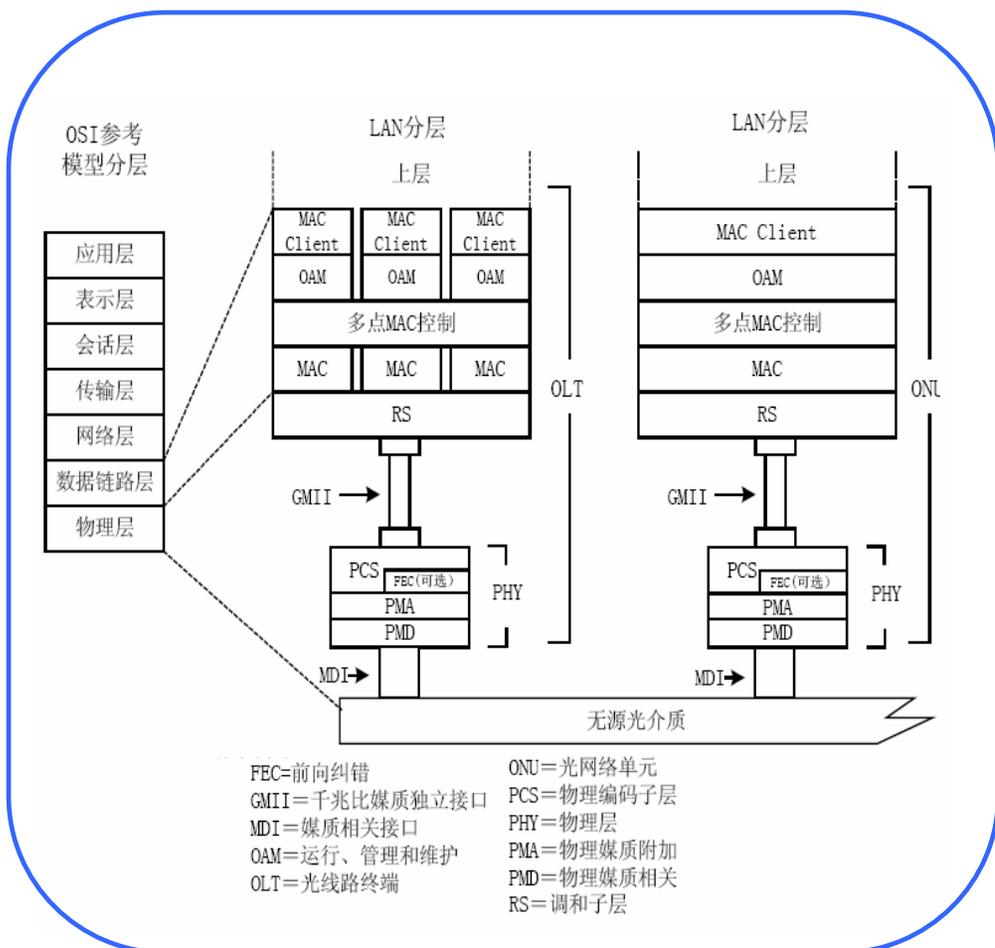
PON基本技术—上行



上行信号：分时突发发送，采用测距技术保证上行数据不发生冲突

- EPON上行帧以时分复用的形式由各个ONU发送的数据包组成。
- 各个ONU发送的上行数据流通过光分路器耦合进共用光纤，以TDM的方式复合成一个连续的数据流。
- 每个ONU有一个TDM控制器，它与OLT的定时信息一起控制上行数据包的发送时刻，避免复合时数据发生碰撞和冲突。
- 当ONU没有数据发送时，也需要填充OLT分配给自己的时隙

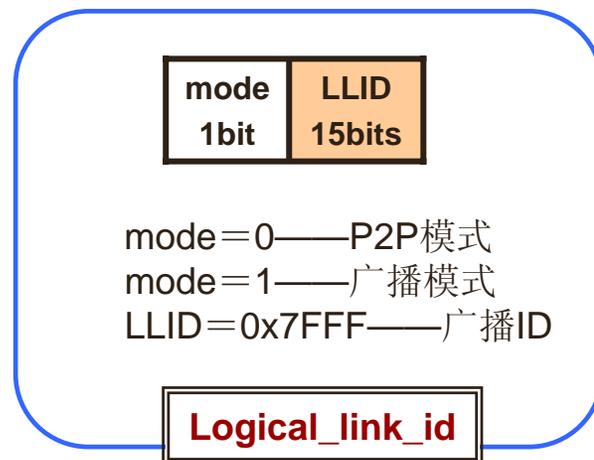
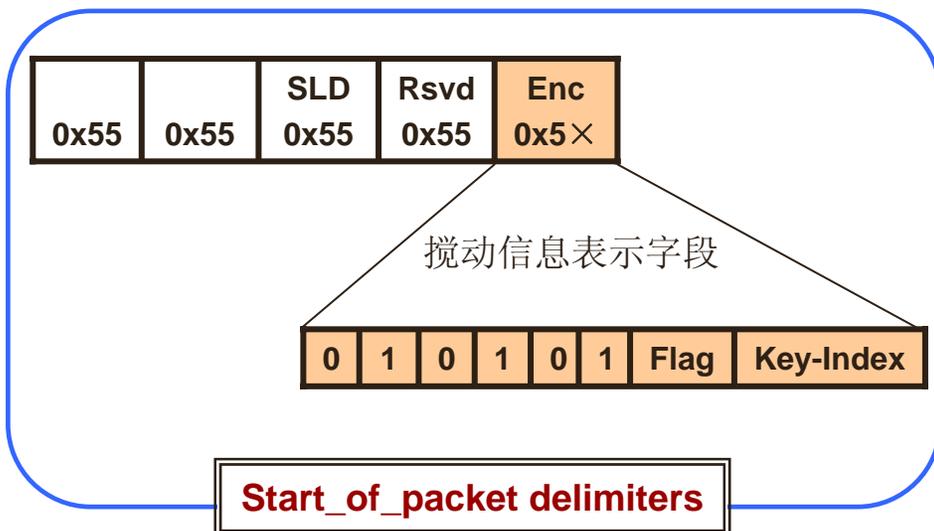
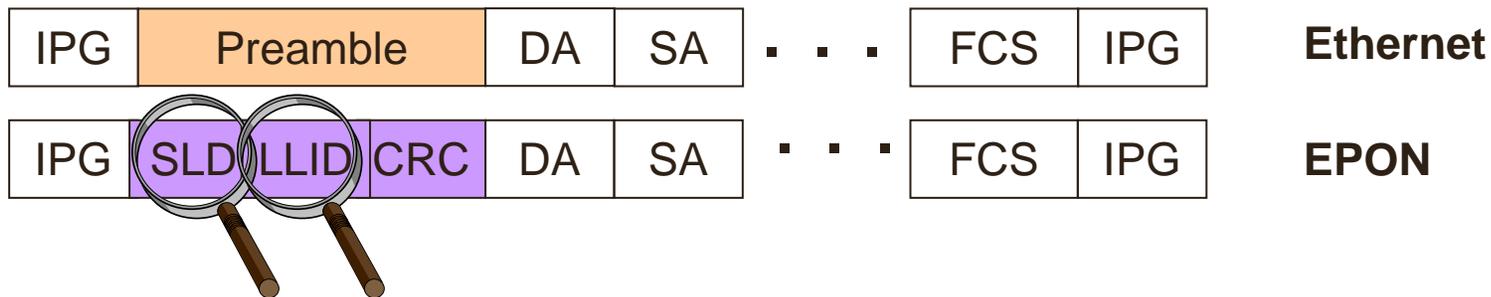
EPON协议栈



- **OAM层:** 使用OAM协议数据单元，管理、测试和诊断已激活OAM功能的链路；定义了EPON各种告警事件和控制处理
- **多点MAC控制:** 使用MPCP（多点控制协议），实现点对多点的MAC控制；实现在不同的ONU中分配上行资源、在网络中发现和注册ONU、允许DBA调度
- **MAC:** 实现对Media的控制；
- **RS:** 调和子层，为EPON扩展了字节定义，调和多种数据链路层能够使用统一的物理层接口；
- **PCS:** 物理编码子层，支持在点对多点物理介质中的突发模式 + 支持FEC算法；
- **FEC:** 使用二进制运算（例如Galois算法），附加一定的纠错码用于在接收端进行数据校验和纠错；
- **PMA:** 物理媒质附加子层，支持P2MP功能，实现PMD的扩展；
- **PMD:** 物理媒质相关子层（使用1000BASE-PX 接口）PMD子层定义了EPON兼容器件的指标，实现PMD服务接口和MDI接口之间的数据收发功能。

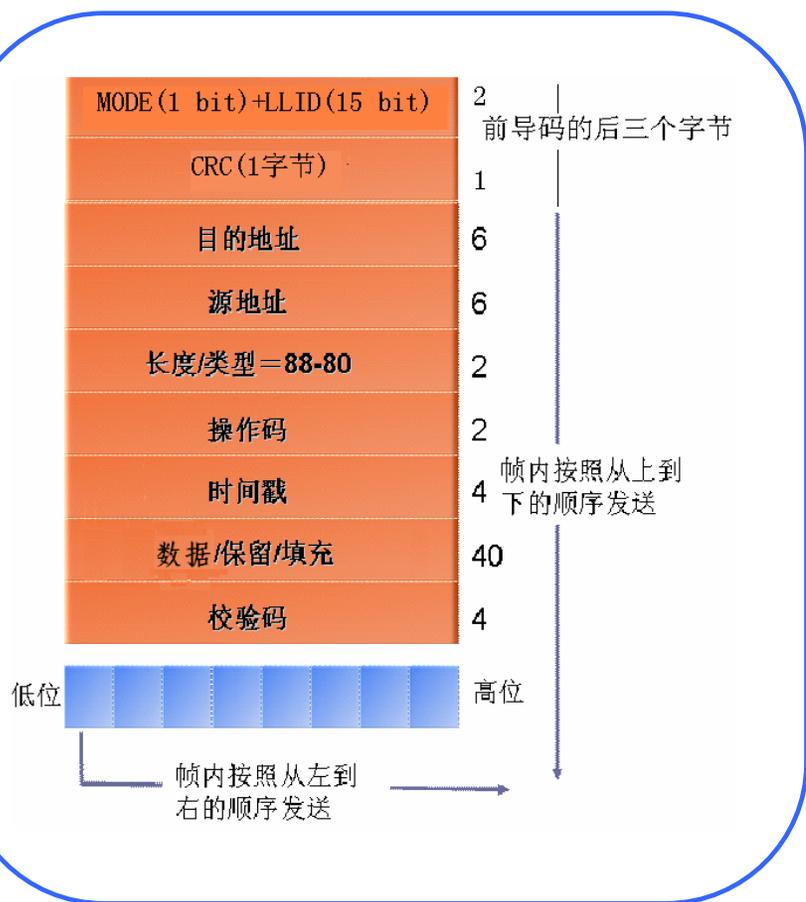
在以太网架构中实现P2MP拓扑结构的机制和控制协议

EPON与Ethernet帧比较



多点MAC控制层

MPCP消息格式



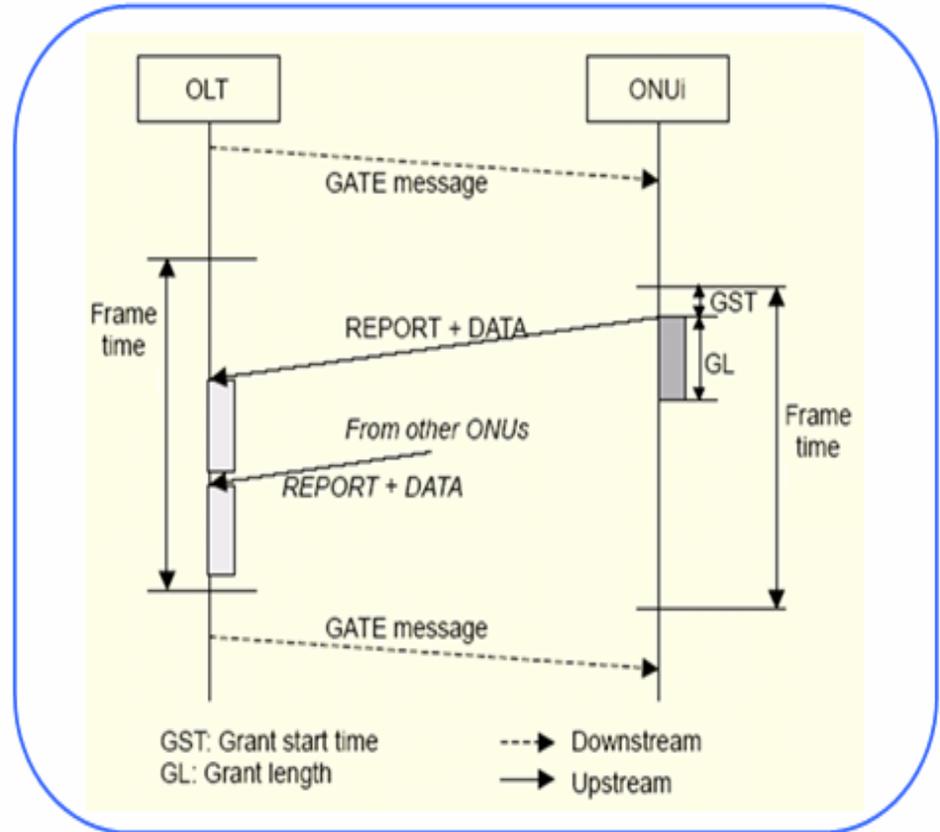
- MODE: 标记是P2P模式还是Broadcast模式;
- LLID: 逻辑链路标记, max num=32767;
- 目的地址 (DA): MPCPDU中的DA为MAC控制组播地址, 或者是MPCPDU的目的端口关联的单独MAC地址;
- 源地址 (SA): MPCPDU中的SA是和发送MPCPDU的端口相关联的单独的MAC地址;
- Length/Type: MPCPDU都进行类型编码, 并且承载MAC_Control_Type域值;
- Opcode: 操作码指示所封装的特定MPCPDU;
- Timestamp: 在MPCPDU发送时刻, 时间戳域传递localTime寄存器中的内容;
- Data/Reserved/PAD: 这40个八位字节用于MPCPDU的有效载荷。当不使用这些字节时, 在发送时填充为0, 并在接收时忽略;
- FCS: 该域为帧校验序列, 一般由下层MAC产生。

控制消息

- **MPCP在MAC控制层实现，引入了5条新的控制消息**
 - **GATE**（Opcode=0002）（OLT发出）：允许接收到**GATE**帧的**ONU**立即或者在指定的时间段发送数据；
 - **REPORT**（Opcode=0003）（ONU发出）：向**OLT**报告**ONU**的状态，包括该**ONU**同步于哪一个时间戳、以及是否有数据需要发送；
 - **REGISTER_REQ**（Opcode=0004）（ONU发出）：在注册规程处理过程中请求注册；
 - **REGISTER**（Opcode=0005）（OLT发出）：在注册规程处理过程中通知**ONU**已经识别了注册请求；
 - **REGISTER_ACK**（Opcode=0006）（ONU发出）：在注册规程处理过程中表示注册确认。

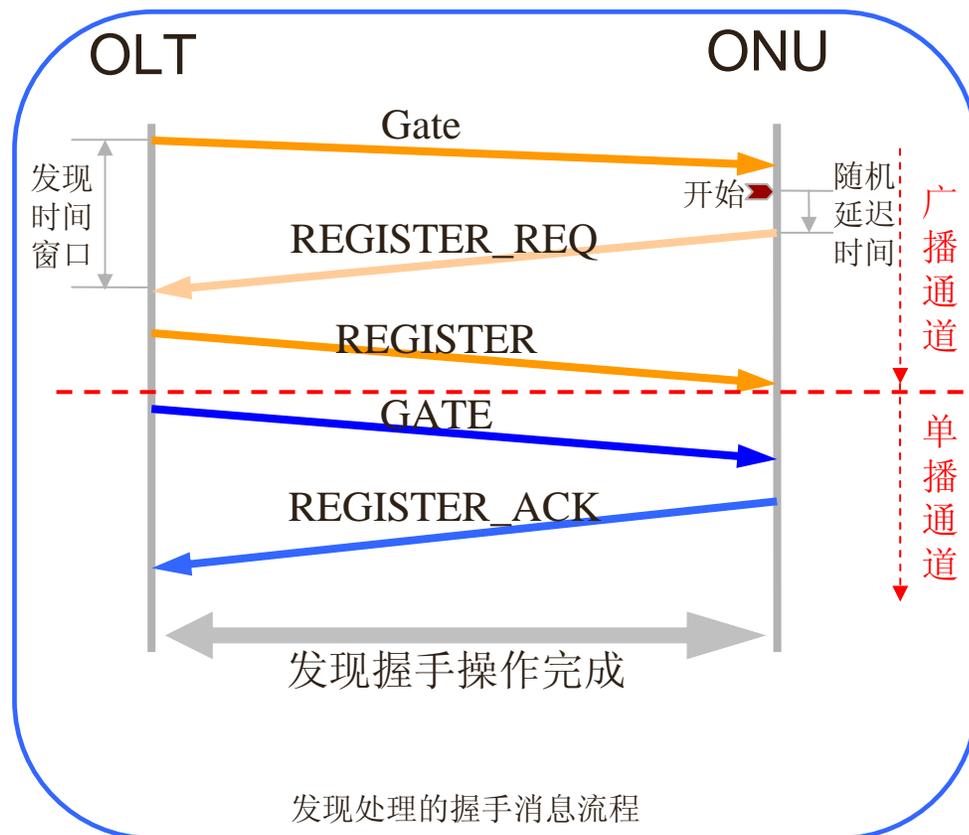
GATE和REPORT交互过程

- GATE消息指示ONU的发送窗口，包括窗口的开始时间和长度。当ONU的LocalTime计数器和GATE消息中的StartTime相同时，ONU开始发送。ONU将给结束发送留有足够的余量，从而保证在授权长度间隔用完前关闭激光器。
- REPORT用于上报带宽的需求，也可用来为OLT安装看门狗定时器（watchdog Timer）。即使没有带宽请求，也应该周期性的产生报告，这将保证OLT的看门狗定时器不会因超时注销ONU。为了保证该机制正常运转，OLT将周期性地向ONU授权。



多点MAC控制层（ONU自动注册）

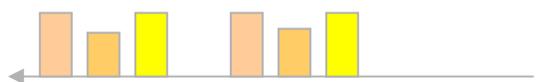
- ONU自动注册流程见右图：
 - 第一个gate广播帧有注册窗口的起始时间、窗口大小和同步时间；
 - 第二个gate普通帧有请求ONU回送ack的grant信息；
- OLT可以要求ONU重新执行发现进程并重新注册。
- ONU也可以通知OLT请求注销，然后通过发现进程进行重注册。
- 认证机制：基于MAC认证



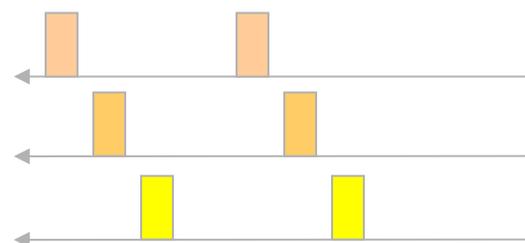
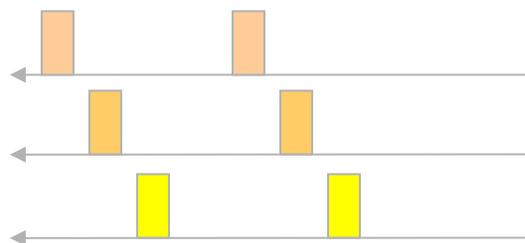
测距和突发控制



无测距及控制



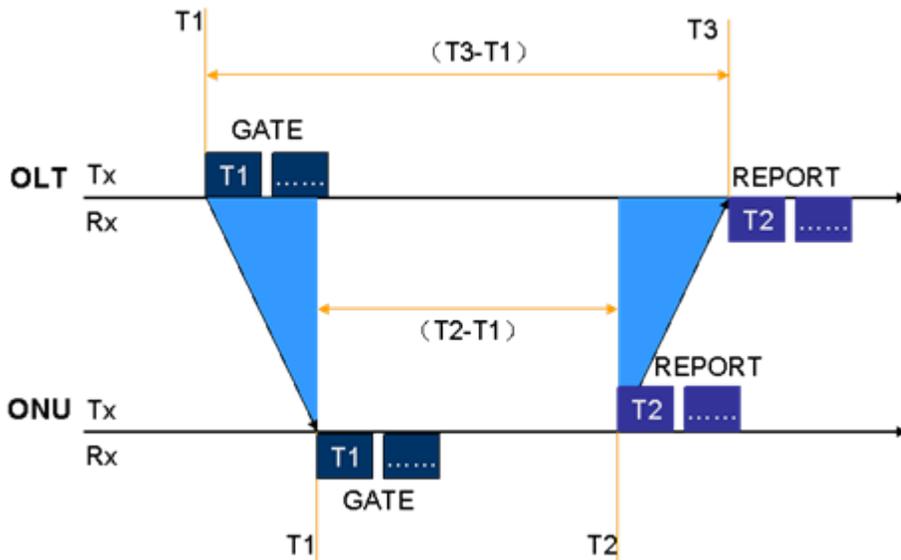
有测距及控制



- OLT根据DBA算法向ONU发布授权时间窗口。
- 测量OLT下行发送到上行接收的数据信号环路时延，并据此对ONU授权时间窗口进行延时补偿，从而保证上行数据不会发生冲突。
- 测距方式：扩频法、带外法和带内开窗法。

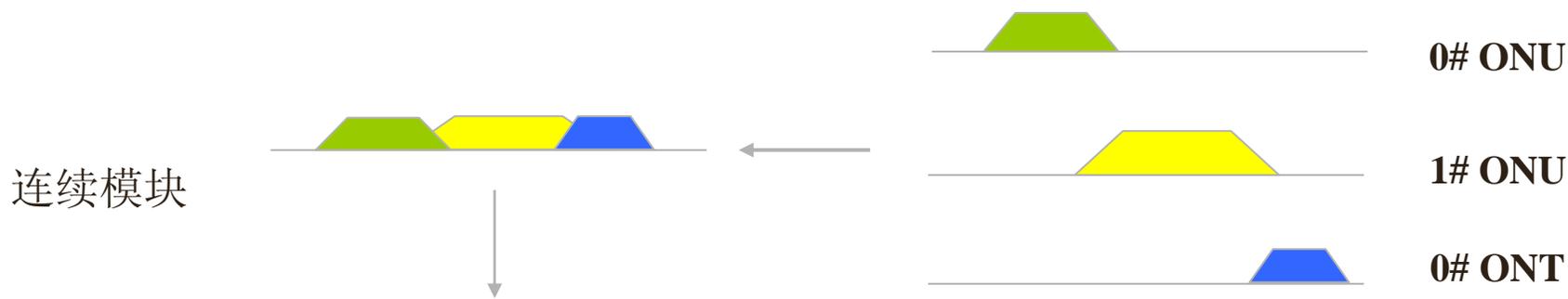
测距技术（开窗法）

- 补偿因ONU距离不同而产生的时延差异：**RTT（Round Trip Time）**
 - 在注册过程中，OLT对新加入的ONU启动测距过程
 - OLT使用RTT来调整每个ONU的授权时间
 - OLT也可以在任何收到MPCP PDU的时候启动测距功能。
- 使用注册冲突避让：
 - 在EPON系统中，解决ONU的注册冲突的方案：随机延迟时间法。



$$RTT = (T3 - T1) - (T2 - T1) = T3 - T2$$

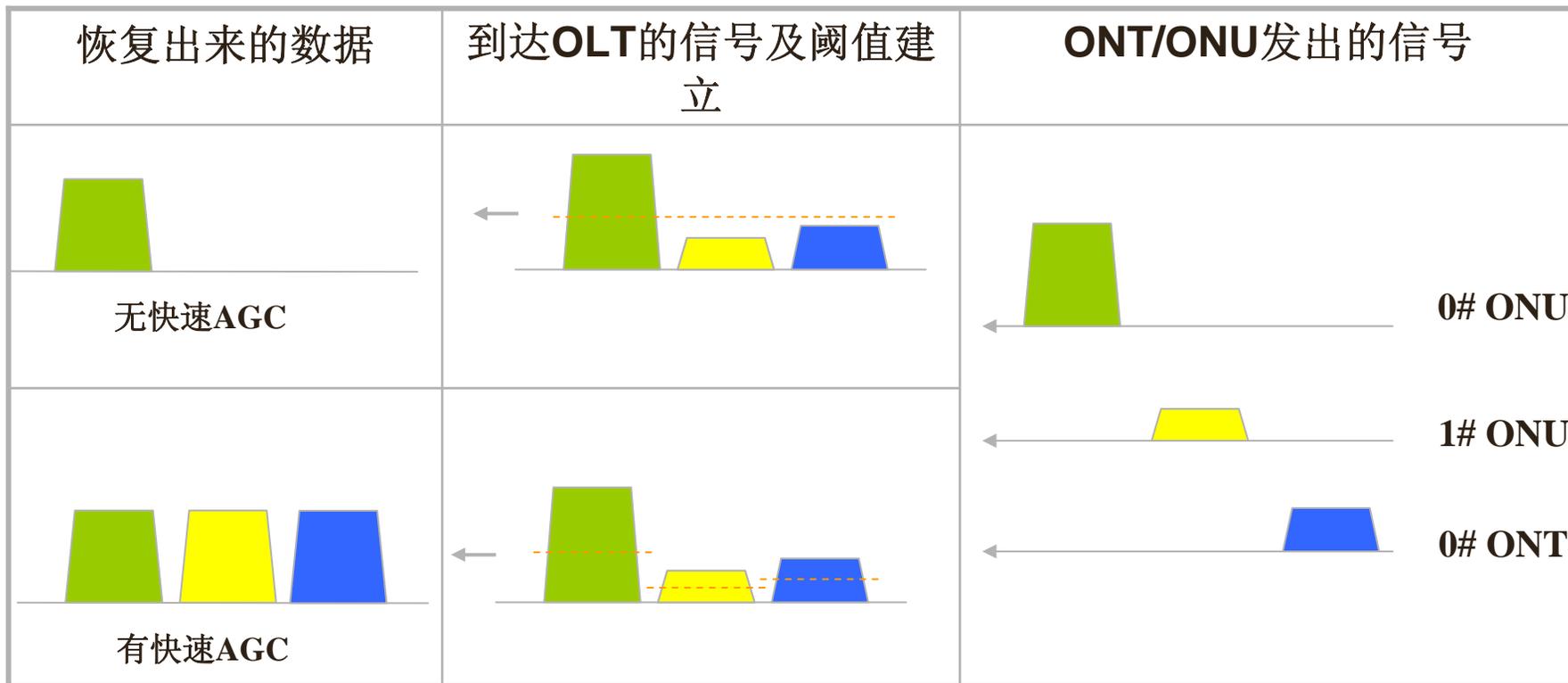
突发发射



突发模块



突发接收



----- 阈值线

DBA概念

- 什么是**DBA**?

- --- DBA, Dynamically Bandwidth Assignment(动态带宽分配)
- --- DBA是一种能在微秒或毫秒级的时间间隔内完成对上行带宽的动态分配的机制

- 为什么需要**DBA**?

- --- 可以提高PON端口的上行线路带宽利用率
- --- 可以在PON口上增加更多的用户
- --- 用户可以享受到更高带宽的服务，特别是那些对带宽突变比较大的业务

DBA的工作原理

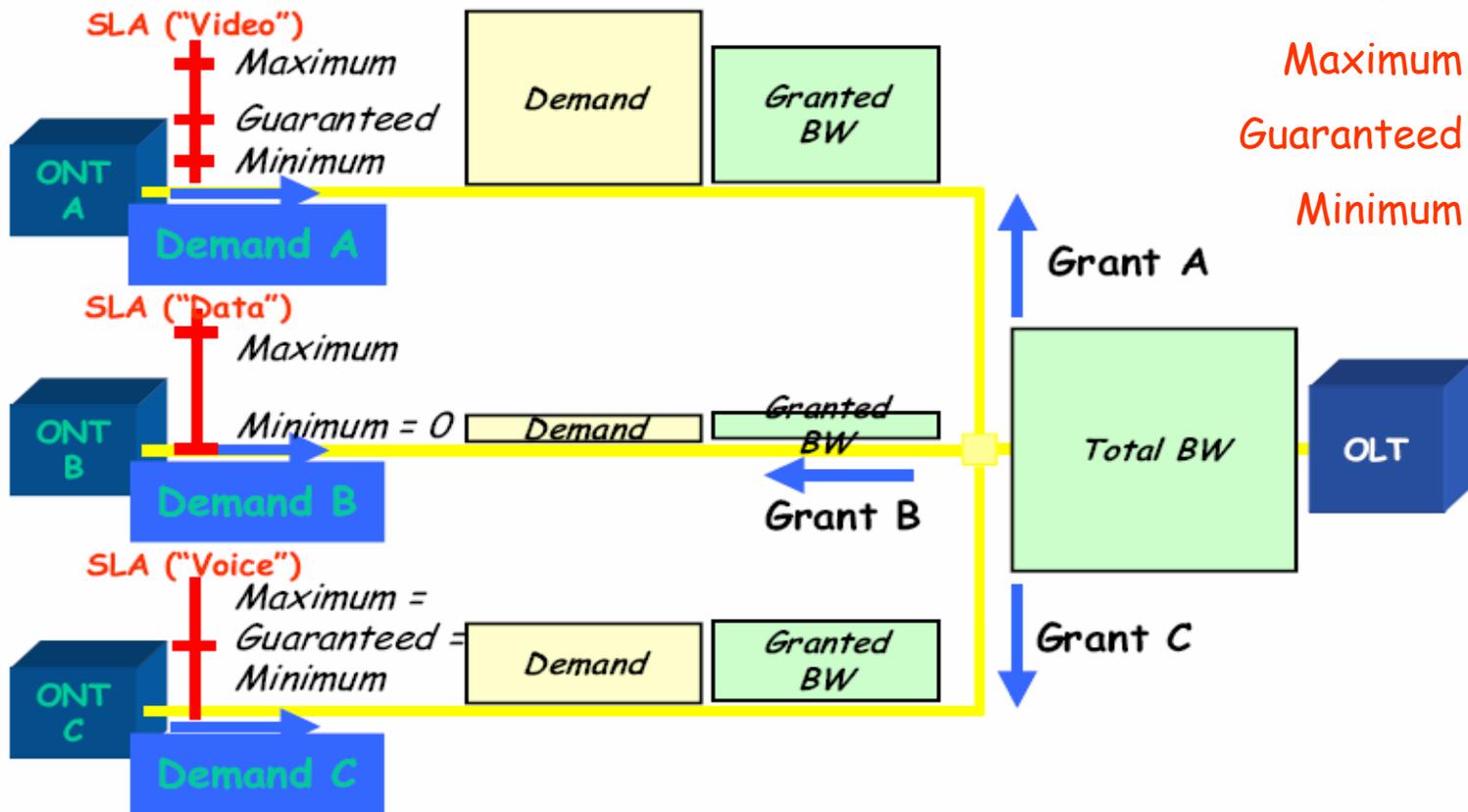
SLA: Service-Level Agreement

BW: Bandwidth

Maximum: 最大带宽

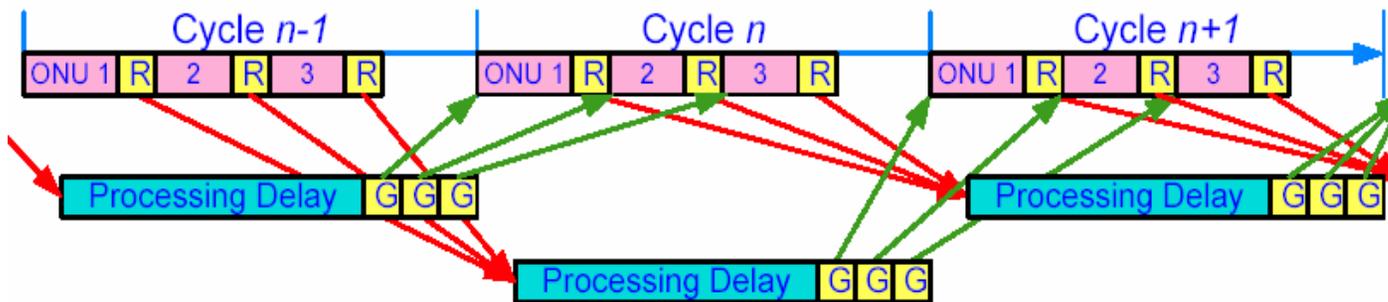
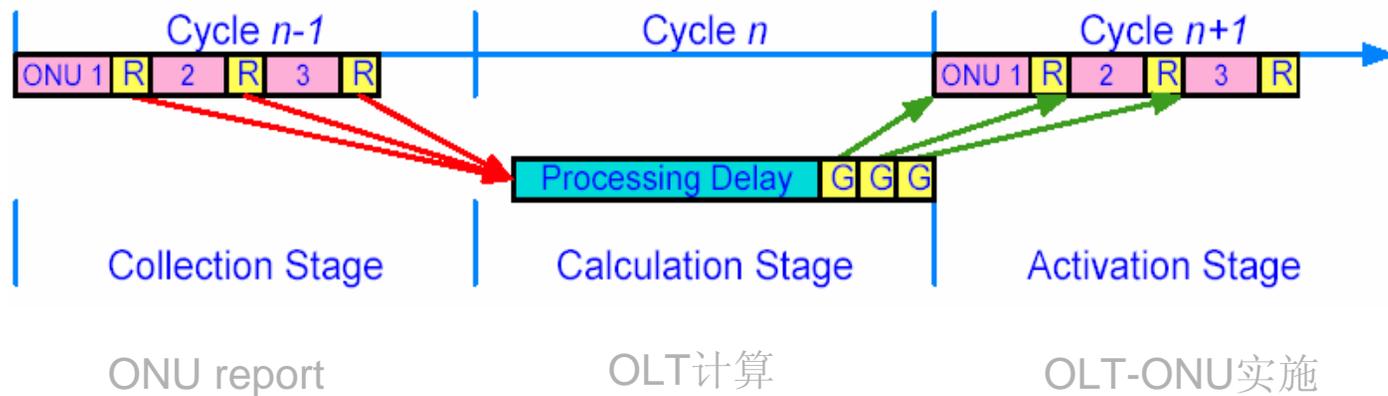
Guaranteed: 保证带宽

Minimum: 最小带宽

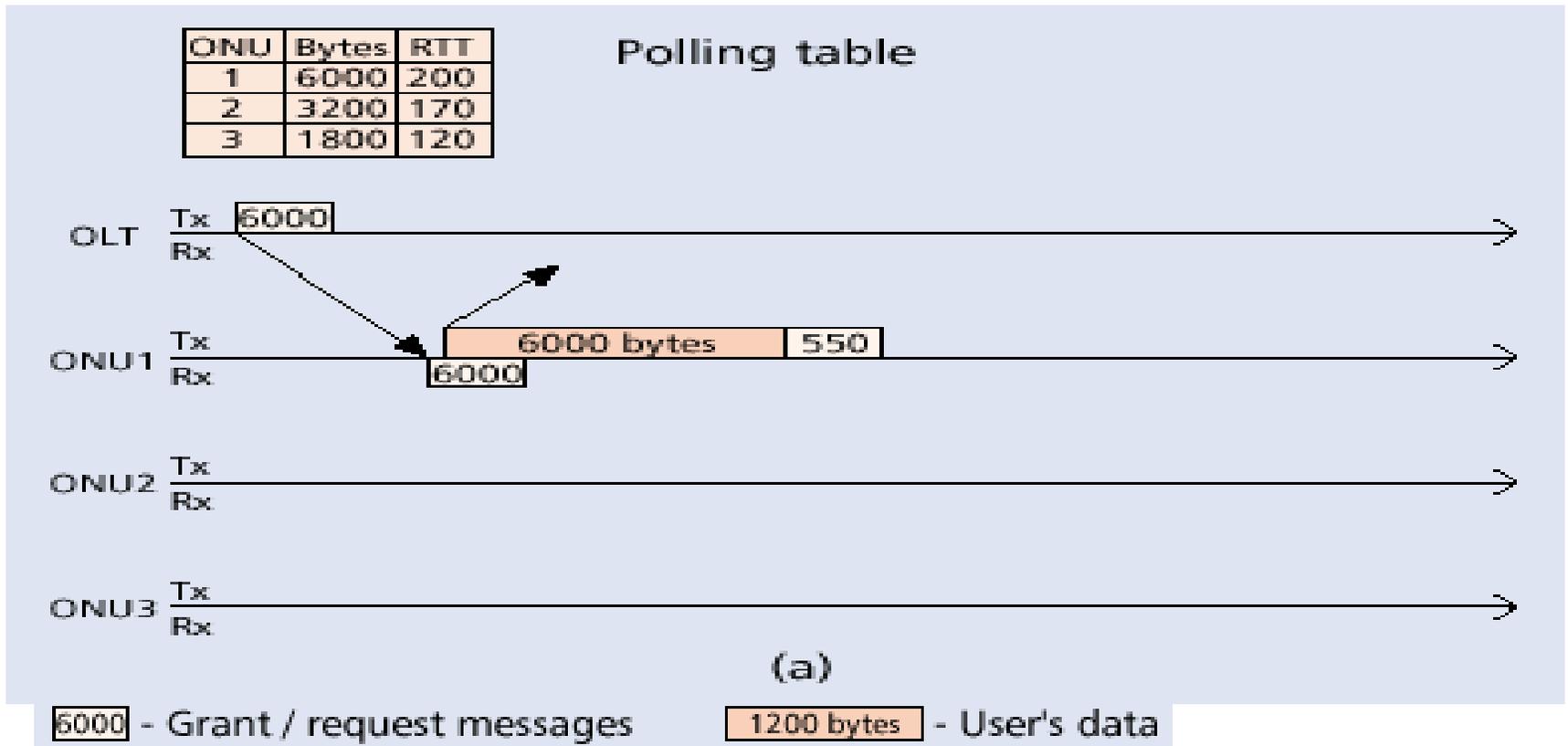


- 根据业务的优先级，系统对每个ONU设置SLA(服务等级协议)，对业务的带宽进行限制。
- 最大带宽和最小带宽是对每个ONU的带宽进行极限限制，保证带宽根据业务的优先级不同而不同，一般语音业务的优先级最高，视频业务优先级次之，数据业务的优先级最低。
- OLT根据业务和SLA及ONU的实际情况进行带宽许可，优先级高的可以得到更高的带宽，满足业务需求。

DBA算法过程



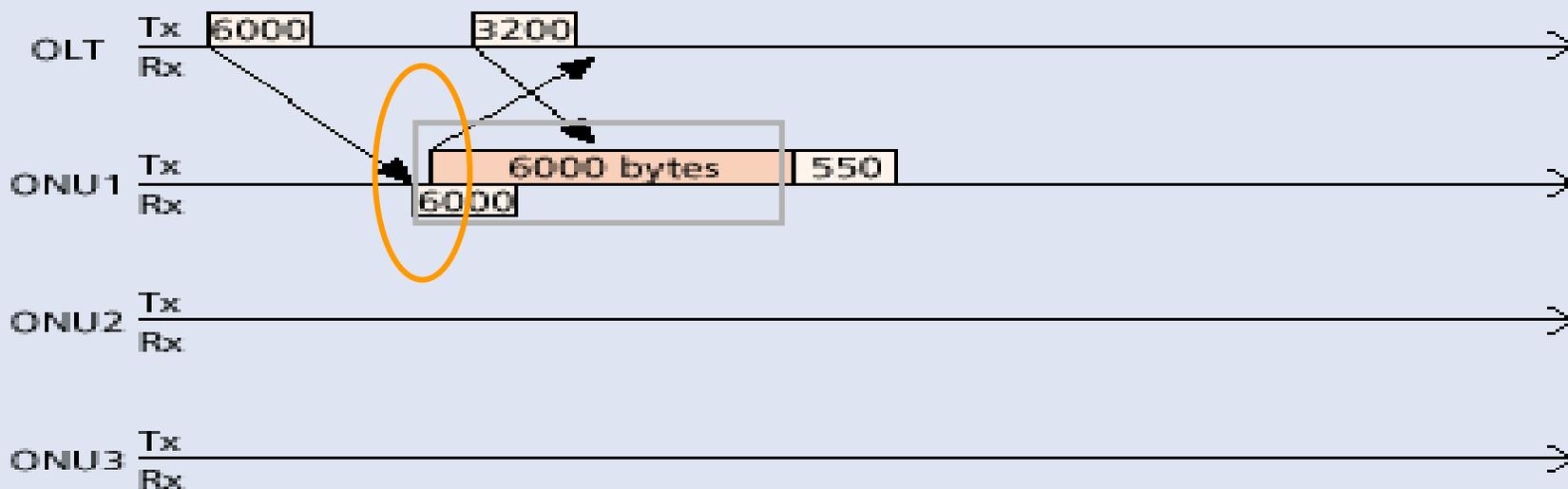
DBA举例(a)



- 先假设OLT开始时知道了各ONU的buffer量和RTT时间,并建立了Polling table.。
- OLT送出一个grant给ONU1,允许发送数据长度6000bytes。

DBA举例(b)

ONU	Bytes	RTT
1	6000	200
2	3200	170
3	1800	120



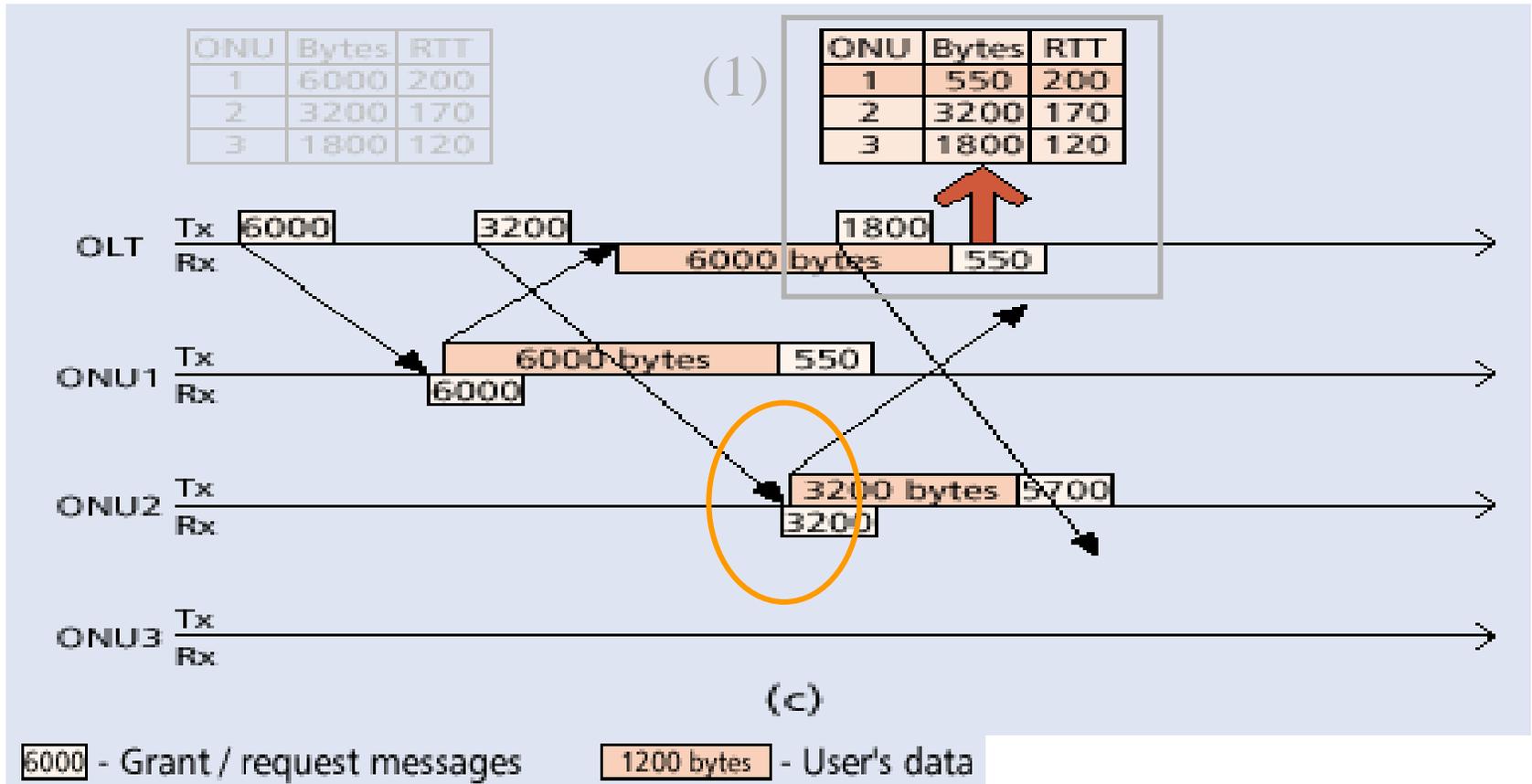
(b)

6000 - Grant / request messages

1200 bytes - User's data

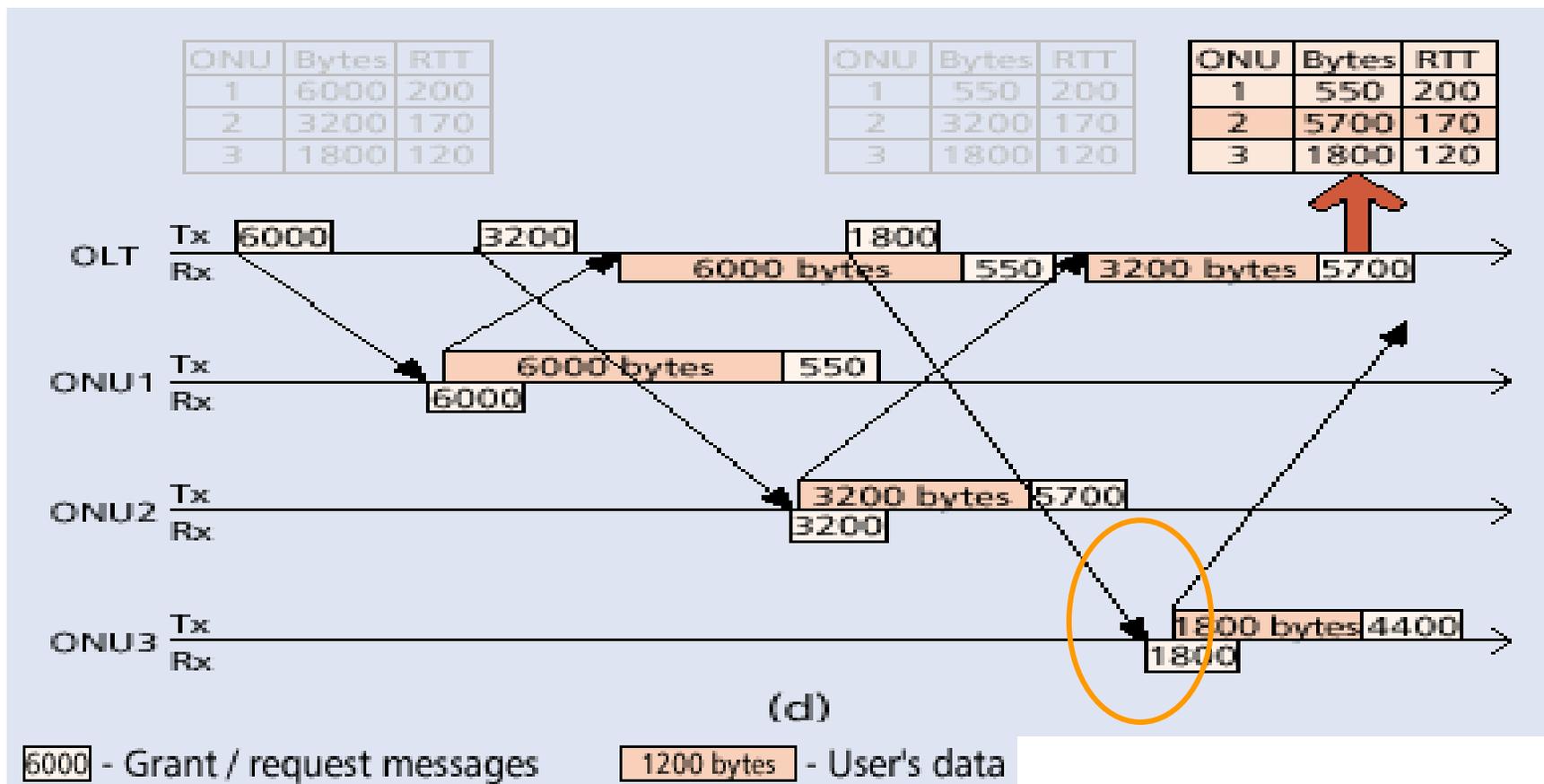
- ONU1发送数据6000 bytes。
- 发送完数据,ONU1发出request信号,表明buffer还有550bytes。
- OLT根据RTT时间,计算出ONU1的发送完成时间,并提前给ONU2发送grant信号,允许ONU2发送3200bytes。

DBA举例(c)



- OLT收到ONU1的请求后,更新polling table。
- ONU2发送数据,并请求下一次的带宽(5700bytes)。

DBA举例(d)



- OLT根据表中的RTT计算出ONU2发送完的时间,并在适当的时刻发送grant允许ONU3发送数据。
- ONU3发送数据,并请求下一次带宽(4400bytes),OLT更新polling table中ONU2的数据。

OAM (Operation, Administration & Maintenance)

- **EPON**具有完善的**OAM**功能，除基本功能远端故障指示、远端环回、链路管理外，**EPON**提供**Organization Specific Extension**机制，各厂商可以使用这个机制来实现丰富的**ONU**远程操作、维护和管理（**OAM**）所必须的管理维护功能。
 - **OAM**层的基本功能有：远端故障指示、远端环回、链路管理。
 - 扩展的**OAM**发现过程包括**OAM**能力发现、协商、附加信息的交换，以完成在执行其他扩展的**OAM**功能前所必需的能力确认过程。
- **OAM**信息由**OAM**协议数据单元（**OAMPDU**）承载，**OAMPDU**包含的控制和状态信息可用于管理、测试和诊断已激活**OAM**功能的链路。
- **OAM PDU**仅在对等**OAM**实体间的单一链路上传送，不会被**MAC**客户端（如桥设备和交换机）转发。

EOAM

- 在EPON系统运行中，OLT设备通过OAM协议实时的控制和监控ONU设备的运行状态。EOAM（扩展OAM）是在OAM基础上，实现OLT对ONU的操作、维护和管理操作。
 - 配置下发
 - 配置查询
 - 事件通知
 - 文件下发
 - 批量配置下发
 - 批量配置查询



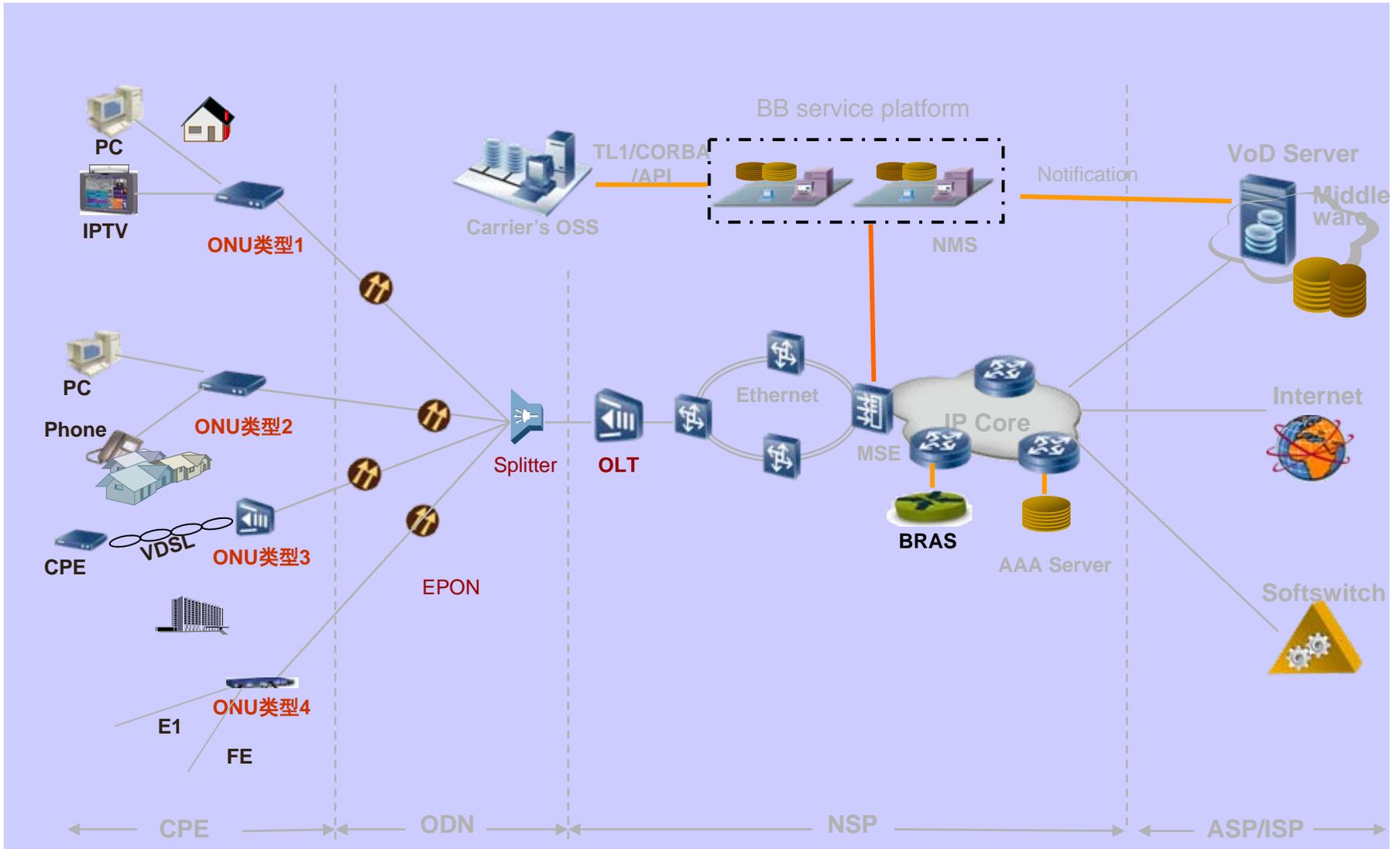


EPON解决方案

- **Triply-play**解决方案
- **CATV**解决方案
- **数据安全**解决方案

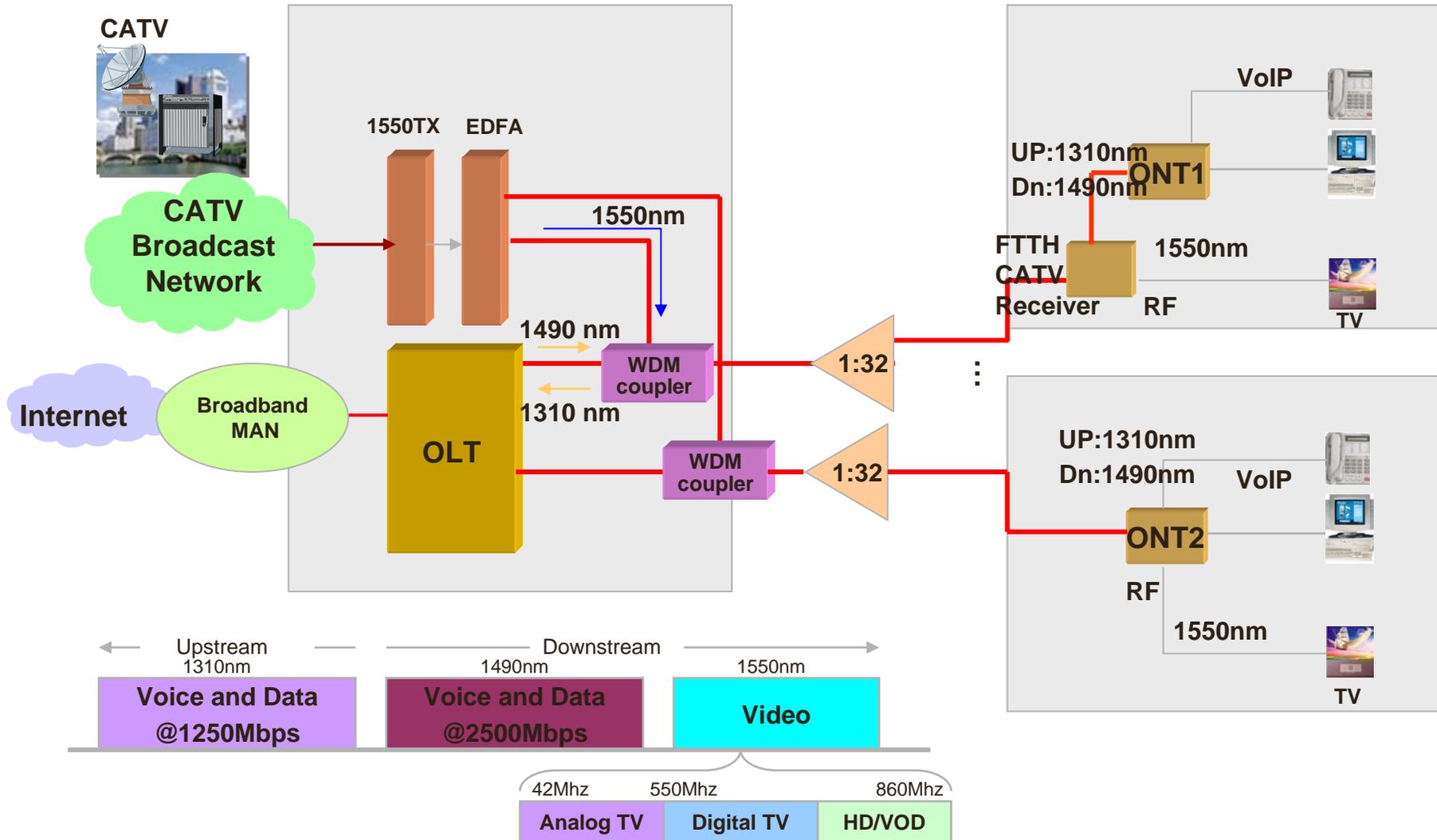


EPON Triple Play 解决方案



EPON CATV (Community Antenna Television有线电视系统)

解决方案



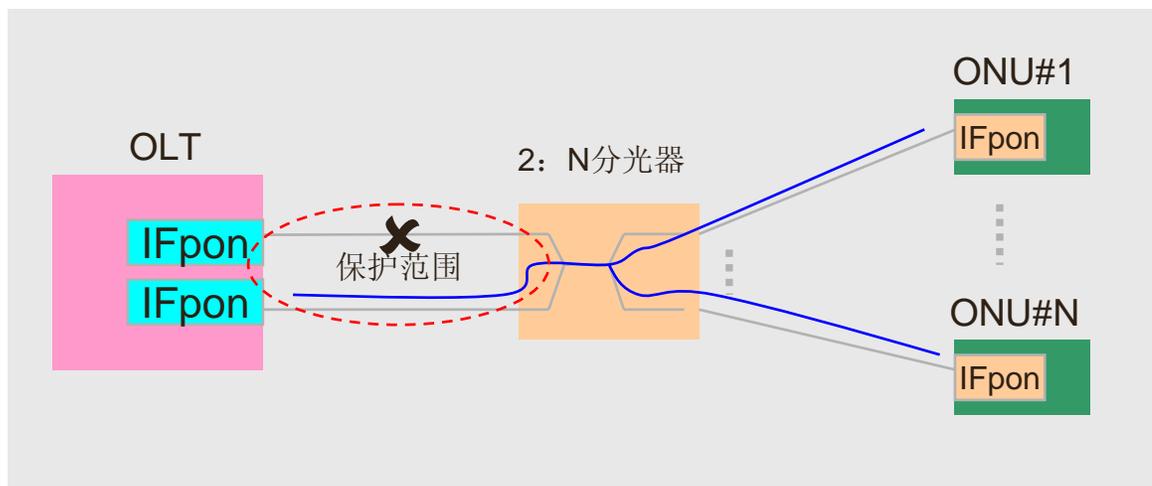
EPON数据安全

- **EPON**采用的是点到多点的无源光网络。下行帧是广播方式的，每个**ONU**收到全部的数据流，然后根据**ONU**提取出特定的数据包。正是由于这种下行方式，存在以下几种安全威胁：
 - 窃听：每个**ONU**都可以一天24小时不间断地监听所有的下行流量而且不会被发现，需要的只是一个标准的检漏头。黑客可以获得相邻**ONU**的**MAC**地址，然后通过监视**MAC**地址推断相邻**ONU**流量的数量和类型；
 - 假冒：黑客可以利用获得的相邻**ONU**的**MAC**地址，假装成相邻的用户，使防线守卫者相信它是一个合法的用户，这是侵入某个安全防线的最为普通的方法，通过假冒获取只有特定权限才能访问的数据和资源，或者可能以其他用户的名义发送数据到网络上，达到偷窃服务等目的。



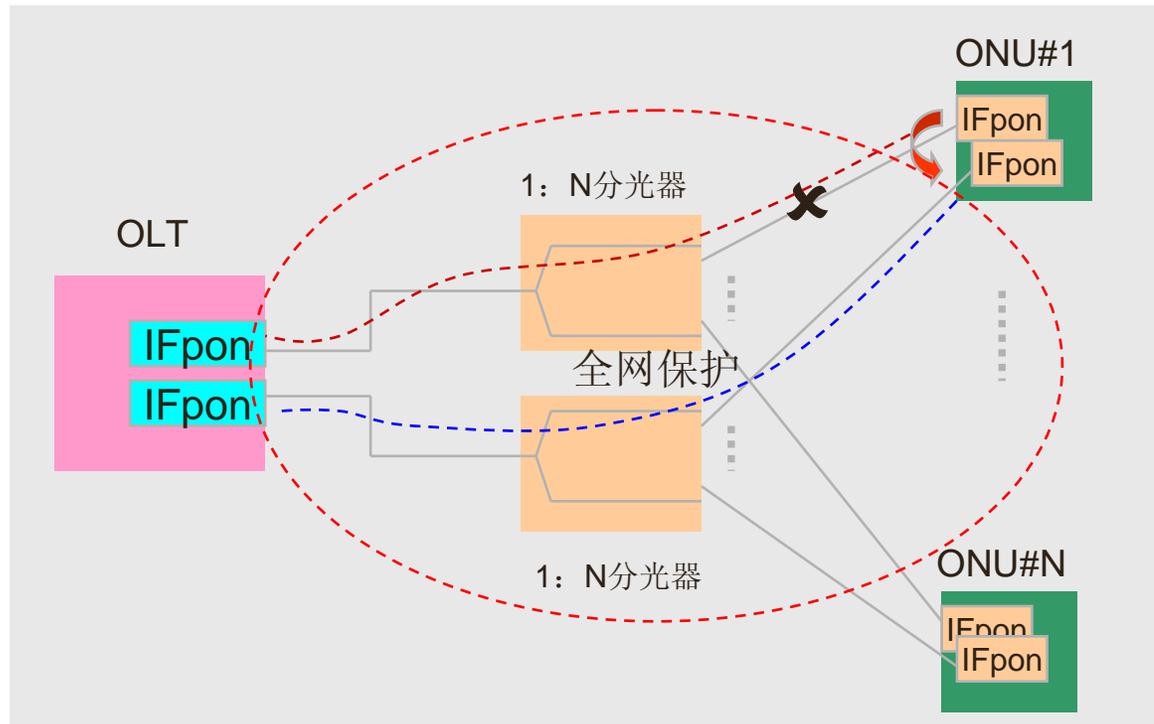
认证、扰码加密、AES加密

EPON保护方式(骨干光纤保护倒换方式)



- **OLT**设备上**有两个EPON接口**。
- 此种保护方式仅限于主干光纤出现故障时，系统会自动切换到备用系统，实现了对骨干光纤的保护。
- 保护对象仅限于**OLT与ODN**之间的光纤故障和**OLT**单板硬件故障，对其他类型的故障没有涉及，可能存在严重完全隐患，无法满足客户需求。
- 无法定位故障。

EPON保护方式(全保护光纤倒换方式)



- OLT和ONT上均有两个EPON接口。OLT的GPON接口要工作在1:1模式下。
- 此种保护方式是一种全网保护光纤倒换方式，OLT与ONU之间有完全不同的两条通路，可以保证各种故障都得到恢复。
- 当ONU的主用PON口或用户线路故障时，ONU会自动将业务倒换到备用PON口上，业务通过备用线路和OLT的备份端口上行。业务基本不会中断。
- 实现难度较大，成本较高。
- 其中一个端口始终处于空闲状态，造成系统带宽利用率低。