

长距离 EPON 的研究

王立新¹, 胡保民²

(1. 总参通信网络技术管理中心, 北京 100840 2. 武汉长光科技有限公司, 武汉 430073)

摘要: 目前的 EPON 协议规定了 EPON 最长传输距离与差分距离均不得超过 20km, 本文探讨了长距离 EPON 的实现方法。通过对 EPON 物理子层和 MPMC (Multi-point MAC Control 多点 MAC 控制) 子层的部分修改可以实现 60km 甚至 80km 的传输距离。

关键词: EPON; 长距离; 物理层; 多点 MAC 控制; RTT (Round Trip Time, 往返时间)。

中图分类号: TN915 **文献标志码:** A

Study on Long Distance EPON

Wang Lixin¹, Hu Baomin²

(1. Admin Center of Communication Network Tech., General Staff Department, Beijing 100840, China 2. Wuhan Yangtze Optical Technology Co., Ltd. Wuhan 430073)

Abstract: The maximum and difference distance of EPON was specified no more than 20km in IEEE802.3-2008. This paper discusses the long-distance EPON implementations. Through change EPON physical sub-layer and MPMC (Multi-point MAC Control) sub-layer, transmission distance of 60km or 80km is achievable.

Key words: EPON; Long distance; Physical sub-layer; MPMC; RTT (Round trip time)

引言

目前在电力、煤炭、铁路、部队等专网通信领域, 开始越来越多的用到 EPON 技术, 然而在这些应用领域经常会遇到传输距离以及差分传输距离超过 20km 的情形, 但是在 IEEE 802.3ah-2004 (已被并入 802.3-2008) 中明确定义了 EPON 最长和差分传输距离不得超过 20km。为了克服这一矛盾, 本文就如何实现长距离的 EPON 进行了研究。

EPON 的传输距离从根本上来说受限于两类因素: 一类是物理层的光特性要求, 一类是 MPMC 层的时序要求。前者和拓扑、物理层收发器、色散等相关, 后者和 EPON 的带宽分配算法、DBA (动态带宽分配) 周期以及注册开窗时间等息息相关。

1 EPON 的功率预算

按照 IEEE 802.3ah-2004 的约定: OLT 侧发射功率大于 2dBm, 接收灵敏度 < -27dBm; 对于 ONU 发射功率大于 -1dBm, 接收灵敏度 < -24dBm, 整个光链路的损耗上行 < 24dB, 下行 < 23.5dB。EPON 上行 1310nm 和下行 1490nm 波长在 G.652 光纤中的损耗约为 0.3dB/km。综上所述功率预算对于长距离 EPON 来说是最为重要的因素。为了提高传输距离, 除了减少线路插入损耗外, 还可以采用光放大的手段来提高光功率预算, 具体包括以下两类方法: 光放大器(图 1)和中继器 (OEO, optical-electrical-optical, 光电光) (图 2)。光放大器方案在上下行方向均需要使用到 Diplexer (WDM 复用/解复用器) 和 OA (Optical Amplifier, 光放大器), 而 OBF (Optical Bandpass Filter, 光带通滤波器) 则是可选的, 使用 OBF 主要是为了克服 OA 的自发辐射效应, 以提供更好的性能。中继器方案则直接采用两个光模块背靠背互连, 并使用本地的控制器来控制两个光模块的发光, 从而达到简单的 OEO 中继的目的, 成本较低。但图 2 的方案仍然不够精细, 因为 OEO 会带来延时, 而我们知道 EPON 上行方向是突发的, 这样会带来一些时序上的轻微措施, 在长距离的情形下, 表现将更加明显。为此对于更长距离的应用将需要内置智能单元以截获 MPMC 层的消息, 来计算分析并弥补突发开销。

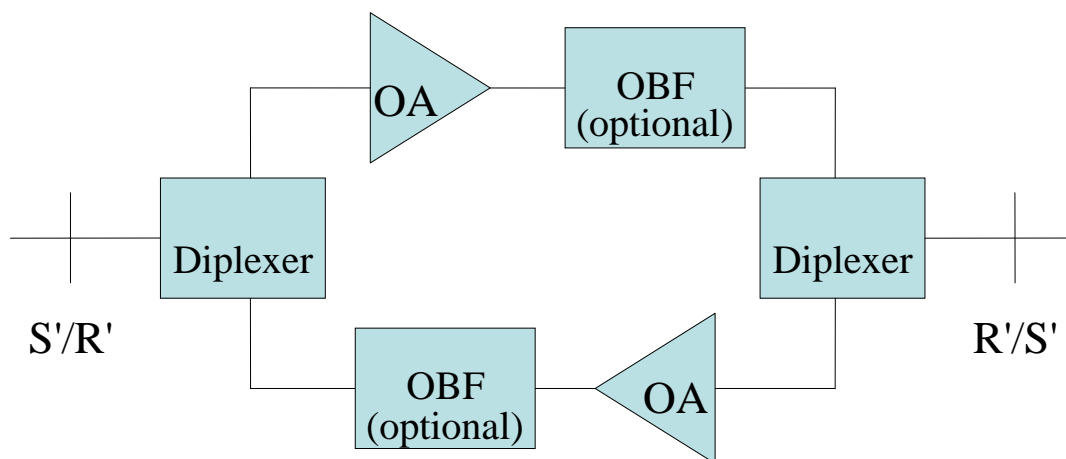


图 1 光放大器方案

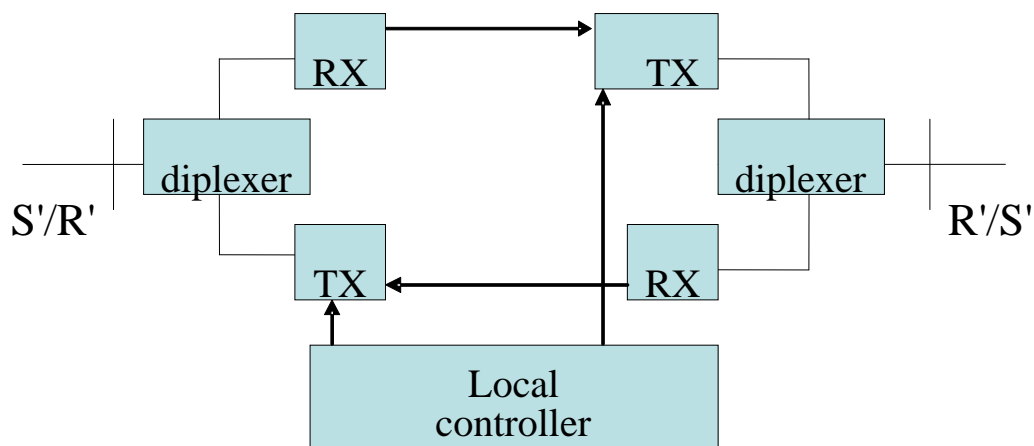


图 2 中继器 (OEO) 方案

上述均是基于采用标准的 1000BASE-PX20 的 PMD 进行的讨论，也可以使用非标准的 PMD，通过加大 OLT/ONU 的发射光功率和/或提高 OLT/ONU 的接收灵敏度来提高 EPON 系统的光功率预算。采用该方法缺点是无法使用业界标准的光模块，定制成本较高，对于成本不是很敏感的应用领域又或使用光放大器/中继器成本更高的情形下可以使用定制光模块的方法。

2 EPON的拓扑形式

EPON 应用拓扑形式一般有树形（图 3）和总线型（图 4）两种拓扑，其中树形拓扑一般采用均分分光器，而总线事拓扑一般采用非均分分光器。表 1 和表 2 分别列出两类分光器的插入损耗参考值，以利于计算功耗。

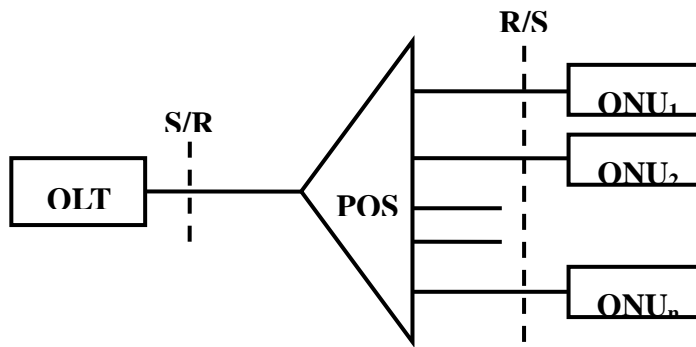


图 3 树形拓扑

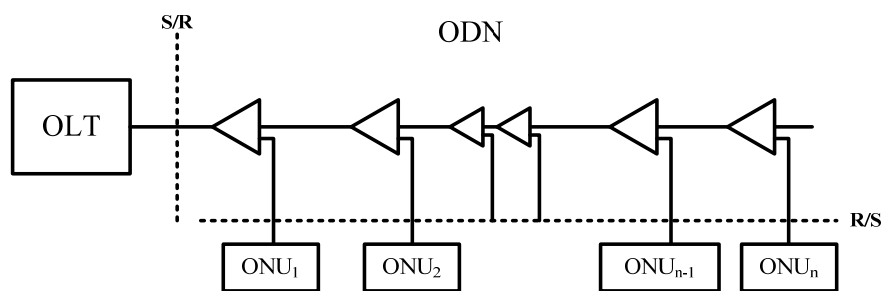


图 4 总线式拓扑

表 1 分光器典型插入衰减参考值

分路比	1:2	1:4	1:8或2:8	1:16或2:16	1:32或2:32
插入衰减 (dB)	≤3.6	≤7.3	≤10.7	≤14.0	≤17.7

表 2 非均匀分光器的插入衰减参考值

分光比	95:5	90:10	80:20	70:30	60:40	50:50
插入损耗 (dB) 主干/支路	0.45/15.2	0.6/11.3	1.2/7.9	1.9/6.0	2.7/4.7	3.6/3.6

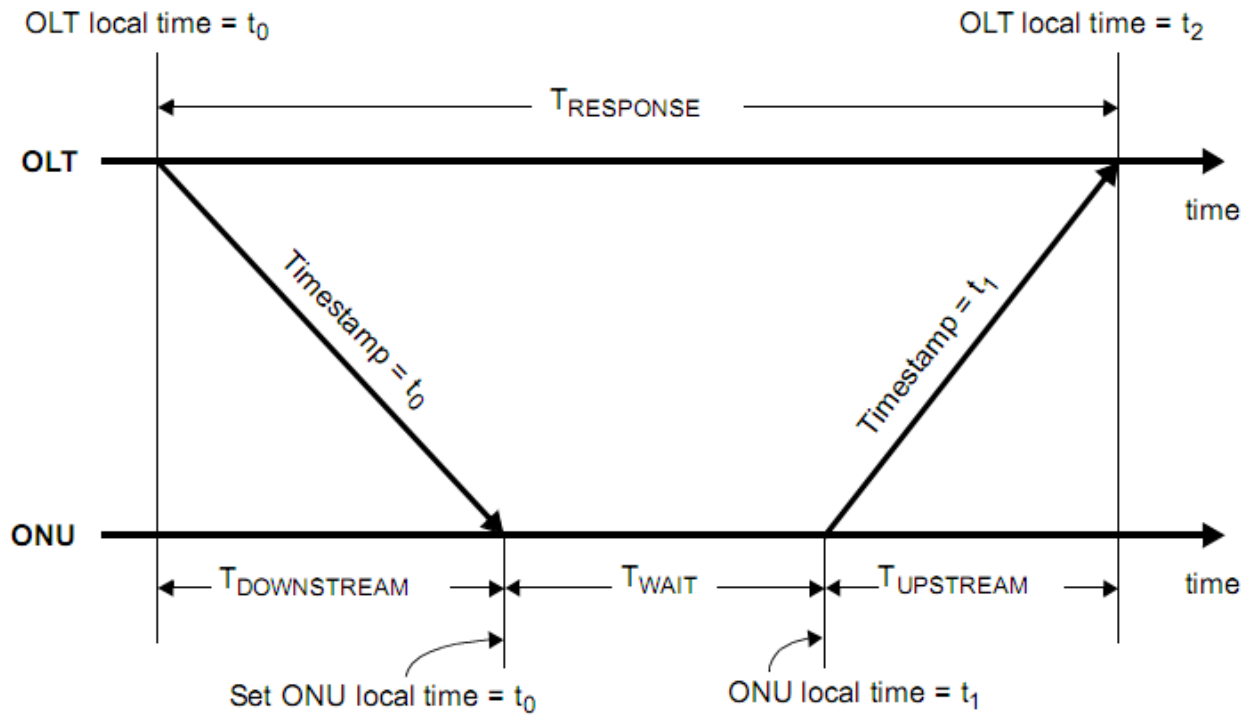
拓扑形式对 EPON 的传输距离有较大影响，主要是功率预算方面的影响。为了达到较长的传输距离，对于树形拓扑一般选择更小的分支比，可以传输更长的传输。1:8 均分的情况下可以传输 $(23.5-10.7)/0.3 \approx 42.5\text{km}$ （不考虑器件和光纤老化等其他因素），在 1:4 均分的情况下可以传输 $(23.5-7.3)/0.3 \approx 54\text{km}$ （同上），直接无分光器仅带一个 ONU 的极端情况下可以传输 $23.5/0.3 \approx 78.3\text{km}$ （同上）。对于总线式拓扑为了达到较长的传输距离则除了控制分光器级数以外还要注意控制好分光器分光比。然而对于采用该拓扑的应用来说，每个 ONU 站点的位置是固定的，机动性不大，因此主要需要从如何放大光功率方面来考虑，详见第 1 节中的讨论。

3. EPON的色散

EPON 系统中上行使用 1310nm 波长，下行使用 1490nm 波长，采用的光纤维 ITU-T G.652 光纤，我们知道 G.652 光纤的零色散波长为 1300~1324nm 区间，上行波长正好在这个区间内，因此对于 ONU 的光谱特性要求不高，可以使用 FP 激光器。对于下行 1490nm 不在零色散波长区间，对于长距离 EPON 系统，OLT 必须使用谱宽较窄的 DFB 激光器以减小色散代价。

4. EPON的时序要求

EPON 协议中有三个时间是很重要的一个是系统最大 RTT (图 5)，一个是注册开窗时间还有一个是 DBA 轮询周期。当加长传输距离后，距离 OLT 最远的那个 ONU 的 RTT 最大，假设最远 ONU 为 70km，则 RTT 为 $2 \times (70000/2 \times 10^8) = 700\mu s$ (光信号在真空中速度为 $3 \times 10^8 m/s$ ，在光纤中速度按照 2×10^8 计)，因此该情形下 EPON 系统的注册开窗时间至少应该在 700us 以上。由上分析可见随着传输距离的加长，注册时间将不可避免的加长。另外需要考虑的是 DBA 的轮询周期，从图 6 可以看出 DBA 轮询周期至少应该大于系统最大的 RTT (即最远 ONU 的往返时间)，可见在长距离情形下，DBA 的效率是较低的，在大多数情况下，建议采用 SBA (静态带宽分配) 算法来代替 SBA。



$T_{DOWNSTREAM}$ = downstream propagation delay

$T_{UPSTREAM}$ = upstream propagation delay

T_{WAIT} = wait time at ONU = $t_1 - t_0$

$T_{RESPONSE}$ = response time at OLT = $t_2 - t_0$

$$RTT = T_{DOWNSTREAM} + T_{UPSTREAM} = T_{RESPONSE} - T_{WAIT} = (t_2 - t_0) - (t_1 - t_0) = t_2 - t_1$$

图 5 RTT (往返时间) 示意图

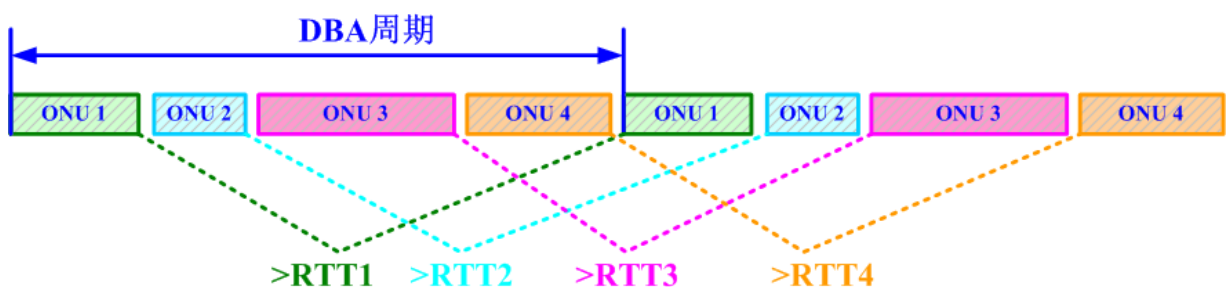


图 6 DBA 轮询周期示意图

5. 结束语

考虑以上的因素，我们在武汉长光科技有限公司的 EPON 系统上进行了验证。实践证明通过调整最大轮询周期，不调整物理层参数，可以做到在 1:8 均分分支比下，传输 60km。通过 OEO 的方式，做到了 1:32 分支比 80km 的传输。目前该司的相关长距离 EPON 产品已经实现了批量销售，上述研究得到了市场检验。

参考文献:

[1] IEEE Standard 802.3ah-2004[S].

作者简介: 王立新(1967-)，女，硕士，高级工程师，主要研究方向计算机通信，m2wllx@163.com。胡保民(1977-)，男，博士，武汉长光科技有限公司产品总监，主要研究方向为数据通信及接入网，flyfox.hbm@gmail.com。