

文章编号: 1002-2082(2004)04-0021-05

EPON 系统中的 MPCP 协议研究

张多英^{1,2}, 李学易¹, 刘伟平¹, 李建东²

(1. 暨南大学 电子工程系 广州 510632; 2. 西安电子科技大学 综合业务网国家重点实验室, 西安 710071)

摘要: 在对近几年提出的 EPON 系统进行深入研究的基础上, 针对 EPON 系统点到多点的特殊拓扑结构, 详细介绍了用于 EPON 系统控制管理的多点控制协议 (MPCP), 包括 5 个控制帧的结构、各个字段的含义等, 并阐述了用 MPCP 协议如何实现点到多点的控制功能, 即实现启动注册、测距和时延补偿、时隙分配的原理, 对推动 EPON 系统的研究发展具有一定的价值, 为同行提供了有益的参考。

关键词: EPON; 多点控制协议; 控制帧

中图分类号: TP393.11; TN915.04

文献标识码: A

MPCP Protocol in EPON System

ZHANG Duo-ying^{1,2}, LI Xue-yi¹, LIU Wei-ping¹, LI Jian-dong²

(1. Department of Electronics Engineer, Jinan University, Guangzhou 510632, China;

2. National Key Lab. of Integrated Service Networks, Xidian University, Xi'an 710071, China)

Abstract: Based on the detailed research on EPON system which emerging in recent years, this article focuses on the special point to multi-point topology in EPON system, and one point to multipoint control protocol (MPCP) which used for controlling and managing the EPON system has been discussed in detail. MPCP includes the structure of the 5 controlling frames and the meaning of each code. The principles of starting registration, ranging compensation time delay compensation and time slot allocation are also analyzed in this paper.

Keywords: EPON; multi-point control protocol; control frame

引言

近些年来, 随着用户对带宽需求的极大增长, 传输网的带宽虽然已经有了很大的增长, 但连接二者的接入网却变化很少, 成为二者发展之间的瓶颈。为了解决这一问题, 人们提出了各种解决方案, 如 xDSL、HFC、APON 等, 但都不能很好地解决有关技术问题。目前, 以太网在局域网 (LAN)、城域网 (MAN) 和广域网 (WAN) 中广泛应用。以太无源光网络 (EPON) 以其能很好地和已有以太网设备兼容, 且依据其新的 QoS 技术能有效支持语音、数据、视频业务和更高的带宽而成为一种能更好地解决通信瓶颈的方案。EPON 的标准制定工作由 IEEE802.3 EFM 工作组来实施, 其制定工作已进

入尾声, 相应标准很快将出台。

EPON 拓扑结构是树状结构, 由位于根部的 OLT 和位于枝端的多个 ONU 组成。OLT 可以和各个 ONU 互通信号, 但 ONU 之间不能互通。因此, 当不同的 ONU 向 OLT 发送数据时有可能发生碰撞, 这就需要由 OLT 进行全局控制, 安排好各个 ONU 的上传时隙。在此过程中, OLT 扮演着主控角色, ONU 扮演着受控角色。为了在主控的 OLT 和受控的 ONU 之间有效地传输数据, 需要一个有效的控制机制来控制 OLT 和 ONU, 这就是多点控制协议 (MPCP: Multi-Point Control Protocol)。它在已有的 Ethernet 控制帧的基础上又定义了 5 个控制帧, 以实现 EPON 系统的启动注册、时间同步、

收稿日期: 2004-01-05

作者简介: 张多英 (1963-), 男, 山东人, 广州暨南大学电子工程系讲师, 西安电子科技大学通信与信息系统专业博士研究生, 主要从事光纤通信和移动通信的理论与技术研究工作。

时隙分配等功能^[1]。MPCP功能的实现位于分层结构的MAC控制子层。本文阐述它对EPON系统的控制机制和原理。

1 EPON中的MPCP控制帧

EPON定义了5种控制帧:GATE、REPORT、REGISTER_REQ、REGISTER及REGISTER_ACK。下面详细介绍控制帧的结构与功能。控制帧的一般结构如图1所示。

| | |
|-------------------|-----------|
| Preamble/SFD | 8 Octets |
| MAC DA | 6 Octets |
| MAC SA | 6 Octets |
| Length/Type=8808 | 2 Octets |
| Opcode | 2 Octets |
| Time Stamp | 4 Octets |
| Data/Reserved/Pad | 40 Octets |
| FCS | 4 Octets |

图1 EPON控制帧一般结构

Fig. 1 Generic structure of EPON control frame

以太控制帧的类型值为0x8808。不同的控制帧有着不同的操作码(Opcode)和数据/保留/填充(Data/Reserved/Pad)区,时戳用于携带时间信息,以同步整个EPON系统,其他部分与通常MAC帧定义均相同。由图1可以看出,每种控制帧除去前导码、帧起始定界符之后都是64字节,正是以太网帧的最小长度。表1是每种控制帧对应的操作码。其中,操作码为00-01的控制帧已定义实现PAUSE功能^[2]。

表1 MPCP的操作码

Table 1 Operating code of MPCP

| MPCP协议数据单元 | GATE | REPORT | REGISTER_REQ | REGISTER | REGISTER_ACK |
|------------|-------|--------|--------------|----------|--------------|
| Opcode | 00-02 | 00-03 | 00-04 | 00-05 | 00-06 |

数据/保留/填充区为MPCP协议数据单元的有效载荷,不用部分用零填充,在接收端可忽略。

Preamble/SFD域在MAC之下还起到一个携带逻辑连接标识的作用,以配合上层实体实现点对点仿真^[3]功能。当帧传到MAC之下的协调子层(RS)时,第3字节由原来的0x55修改为0xD5,第6、7字节被修改为逻辑连接标识号(LLID),第8字节(即SFD)被用作第3到7字节的CRC校验域。在接收端的RS层完成相应的逻辑连接识别功能后则还

原为标准的Preamble/SFD。

MPCP各控制帧的详细结构图如图2所示。下面给出各控制帧各个部分的含义。

1.1 GATE帧

Number of Grants/Flags:其中,第0~2比特的值表示该帧含有几个确定(GRANT),值为0~4,当值为0时该帧主要目的是向ONU传递时间戳(Time Stamp);第3比特为0时表示该帧为普通GATE帧,为1时表示该帧为启动注册GATE帧;第4比特为0时表示ONU对确认1不需要做任何动作,为1时则要求ONU在确认1的时段内必须发送REPORT帧;第5、6、7比特含义与第4比特相同,只是对应的确认是2、3、4。

Grant #n Start Time:第n个确认的开始时间。

Grant #n Length:第n个确认允许的长度。

Sync Time:为OLT同步所需时间,该时间为接收机PMA,PMD及PCS所有部分的同步时间之和,该域为当GATE帧为启动帧时有效。

Pad/Reserved:以0填充该域,在接收端忽略,以下各帧也一样。该帧可用于启动注册过程,也可用于时隙分配等过程中。

1.2 REPORT帧

Number of queue sets:显示该REPORT有几组请求,一个REPORT可以有多个组请求。

Report bitmap:从0到7比特对应表示0到7队列是否存在,0表示存在,1表示不存在。

Queue #n Report:表示第#n个队列请求传输数据的大小,其值为2个字节的倍数。

REPORT帧可用于启动注册过程,也可用于时隙分配等过程中。

1.3 REGISTER_REQ帧

Flags:当值为1时为请求注册,为3时为请求注销,为0、2、4~255时保留,在接收端忽略。

Pending grants:该值为ONU配置缓存的最大数,也是OLT在今后发送确认时的最大值。

REGISTER_REQ帧仅用于启动注册过程。下面的两帧也仅用于启动注册过程。

1.4 REGISTER帧

Assigned port:该值为分配给随后建立的逻辑

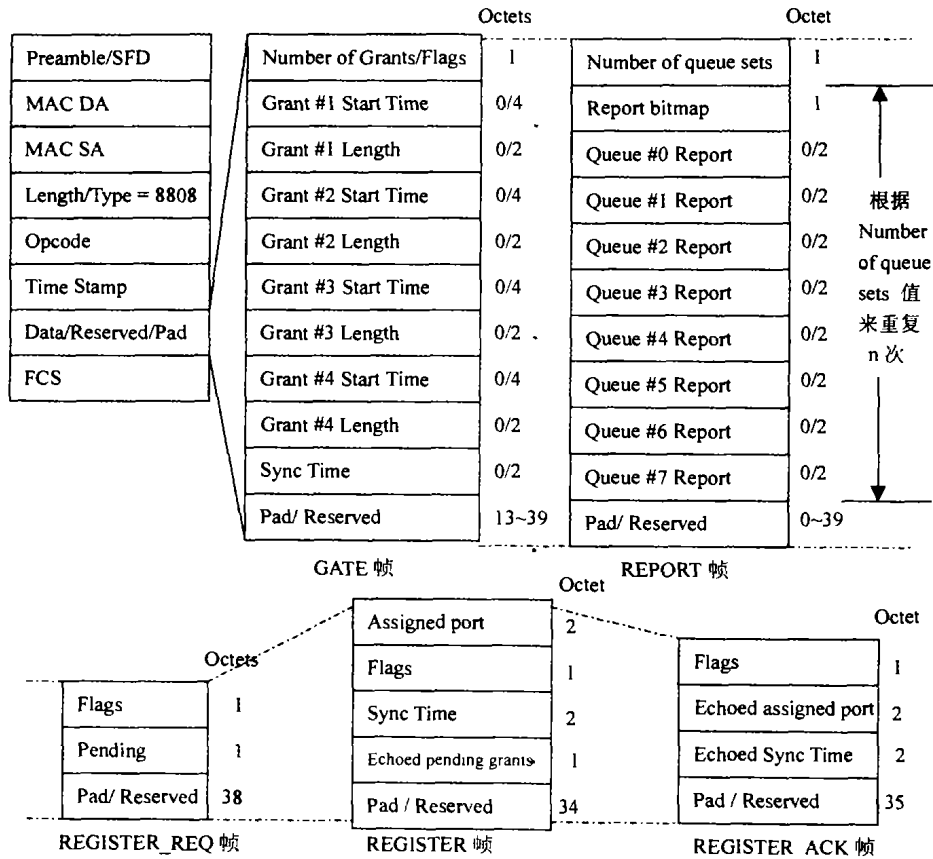


图2 MPCP各控制帧的详细结构图

Fig. 2 The detailed structure of each MPCP control frame

链接的标识值(LLID)。

Flags: 其值为1时表示明确要求ONU重新注册;为2时表示注销,收回端口并释放LLID,相应MAC也被释放;为3时表示注册成功;为4时表示注册请求被上层实体拒绝;0、5~225保留,接收端忽略。

Sync Time: 其值为OLT接收机所需要的同步时间,该值包括PMD,PMA和PCS在内的所有接收部件所需的同步时间。

Echoed pending grants: 该值为REGISTER_REQ中的Pending grants的回应,含义相同。

1.5 REGISTER_ACK 帧

Flags: 其值为0时表示注册被上层实体拒绝,为1时表示注册成功,其他值保留。

Echoed assigned port: 对Assigned port值作回应。

Echoed Sync Time: 对Sync Time值作回应。

2 MPCP在EPON中控制启动注册的机制

MPCP协议首先要完成的任务就是当有新的ONU加入系统时能发现它们给予登记,即启动注册,使新加入的ONU能和其他ONU一样有效地正常工作。这个启动注册过程是用上述控制帧并由OLT主导来完成的。OLT将周期性地留出一个注册窗口时段,给不在线的ONU一个让OLT“认识”(注册)的机会。MPCP在实现新ONU融入PON系统(启动注册)过程中主要完成以下功能^[4]: 1) 为点到点仿真^[3]分配端口号,即建立逻辑连接; 2) 测距并对环回时延进行补偿; 3) 协商网络参数。

ONU注册的详细过程如图3所示。首先OLT广播一个注册的GATE帧,内容包括注册窗口的起始时间、窗口大小和同步时间;未注册的ONU在收到注册GATE帧后随机延迟一段时间,然后发送一个REGISTER_REQ帧,有用内容包括ONU的MAC地址和Pending grants值;OLT收到REGISTER_REQ后就为ONU注册,并分配和指定新的端口标识(LLID),把相应的MAC和LLID绑定,然后发送REGISTER帧给新发现的ONU,内容包括新分配的端口标识(LLID)、OLT

所需的同步时间和对Pending grants值的回应。至此,OLT已有了安排新ONU进行数据传输的足够信息,OLT随后向新ONU发送一个普通GATE帧,让新ONU回送REGISTER_ACK,OLT一旦接收到REGISTER_ACK,整个注册过程成功完成。

在注册时,若有多于一个的ONU需要注册,则在注册窗口中不同ONU发送的消息有可能冲突。这时,需要采用一定的机制来减少冲突。减少冲突有2种方法:1) ONU随机延迟一段时间再发送注册请求;2)一部分ONU按一定规则随机延后几个注册窗口后再发送注册请求。究竟采用哪种方法或二者相结合,取决于设计者的具体设计。另外,为了防止恶意攻击,在此过程中安全性问题也很重要。如何增加安全性和保密性,可参看文献[5]。

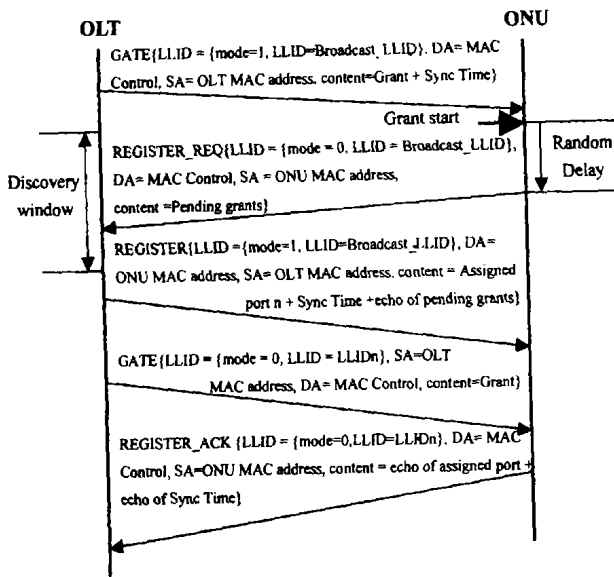


图3 启动注册过程示意图

Fig. 3 Sketch of discovery and registration process

3 MPCP在测距及时延补偿中的机制

由于EPON系统中各ONU到OLT的物理距离不同,器件老化且受外界温度等因素影响,信号来往于OLT和各ONU之间所花时间不同,于是将影响上行信道的复用,致使信道利用率降低。所以,有必要准确测量各个ONU到OLT的距离并精确地对各个ONU进行时延补偿,以减小ONU发送窗口间的间隔,从而提高上行信道的利用率。

首先,我们来看如何准确测量各个ONU到OLT的距离。在OLT和ONU中都有一个计数器,该计数器每传输16比特就增加1,按EPON标称速率1 Gbps来计算,则每16 ns增加1,如图4所示。当OLT有MPCP协议数据单元发送时,把计数器的值T1写入控制帧的时戳(Time Stamp)中,ONU一旦收到控制帧后就用时戳中的值替换计数器中的值。当ONU发送MPCP协议数据单元时,把计数器的值T2写入时戳,当OLT收到该帧后其计数器值为T3,用T3减去收到帧的时戳值T2即得到环回时间RTT(Round Trip Time)=(T3-T2)。另外,需要说明的是,写进时戳的值是MPCP协议数据单元第一字节发送时计数器的值。

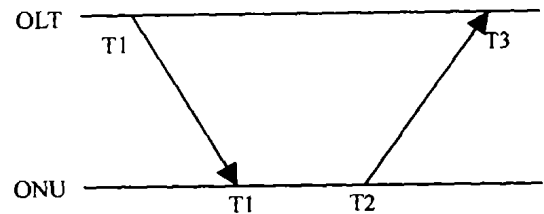


图4 测距原理图

Fig. 4 Principle of round trip time calculation

其次,在知道RTT后就要对各ONU进行时延补偿。当OLT接收完第i个ONU发送的数据后,经过保护时段后,希望在T时刻收到第i+1个ONU上传的数据。OLT在之前给ONU确认,以指定传输窗口起始时间时需补偿时延。这时,只需告诉ONU传输起始时间为(T-RTT),即可有效补偿时延。

4 MPCP的时隙分配机制

在EPON系统中,各ONU共享上行信道。由于上行数据具有突发性,因此OLT在调度各ONU发送数据时,一般不采用给每个ONU分配固定时隙或随机竞争接入低带宽利用率的方法。产品制造商们倾向采用基于请求-授权方式的动态带宽分配方法,即ONU通过上行信道用REPORT帧向OLT提交发送带宽申请,经OLT统一协调后,用GATE帧向各ONU发送调度信息,告诉ONU其发送窗口的起始时间和窗口大小,从而实现发送时隙分配。

在各ONU依次向上发送数据时,第*i*个ONU发送完数据到第*i+1*个ONU开始发送数据之间,还需要有一个警戒带,如图5所示。这是因为ONU发送数据是突发性的,ONU之间不能直接相互协

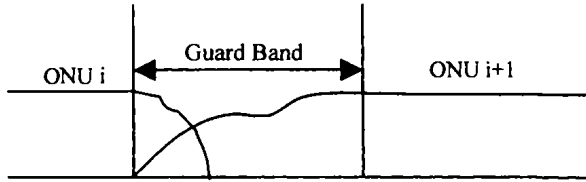


图5 警戒带宽示意图

Fig. 5 The Sketch of the guard band

调,相邻的不同ONU发送数据间隙有可能发生冲突。OLT在开始接收新一个ONU正式上传的数据之前要作一些诸如接收门限、同步等调整。在警戒带宽内,要关闭上一个ONU激光器,打开新ONU激光器(根据GATE帧中的grant start time来打开激光器)。OLT根据新ONU发送激光的强度进行接收门限调整,并对新上传的数据进行时钟提取、同步、码组对齐等工作。同时,OLT和ONU之间的时钟漂移也需警戒带宽来消除其影响。所有这些都是确定警戒带宽时必须要考虑的因素,其他更详细的内容请参看文献[6]。ONU何时发送数据主要依据启动注册时的同步时间(Sync Time)来确定最后真正发送上行数据的时间。

6 结束语

点到多点是EPON系统的一大特点,但如何把OLT和多个ONU有效地组织起来,提供高质量的接入服务,这一直是业界关注的问题。本文对EPON的管理协议MPCP进行了详细介绍,对其应用的几个主要方面也作了阐述,希望对业界人士有所帮助。

参考文献:

- [1] Onn Haran. MPCP general description [EB/OL]. http://www.ieee802.org/3/efm/public/mar02/maislos_1_0302.pdf.
- [2] Rich Seifert(美)著,郎波,黄冬泉,张辉,李巍译. 千兆以太网技术与应用[M]. 北京:机械工业出版社,2000.
- [3] 杨柳,毛谦,何岩. EPON中点到点LAN和共享LAN的仿真技术[J]. 光通信研究,2002,(6):1-4.
- [4] Onn Haran, Ajay Gummalla, Ariel Maislos, et al. MPCP: Auto discovery [EB/OL]. http://www.ieee802.org/3/efm/public/jan02/haran_2_0102.pdf.
- [5] Olli-Pekka Hiironen, Nokia. Security in MPCP auto-discovery [EB/OL]. http://www.ieee802.org/3/efm/public/ju102/index.html/hiironen_p_2mp_3_0702.pdf.
- [6] Onn Haran, Ariel Maislos. MPCP: Timing model [EB/OL]. http://www.ieee802.org/3/efm/public/may02/haran_1_0502.pdf.

(上接第20页)

为OCDMA系统实用化增强了可行性技术支撑。

参考文献:

- [1] F R K Chung, J A Salehi, V K Wei. Optical orthogonal code design, analysis, and applications[J]. IEEE Trans Inform Theory, 1989, 35: 595-604.
- [2] S P Wan, Y Hu. A new coding scheme of optical CDMA[J]. J China Institute of Commun, 2001, 22(1): 12-17.
- [3] H Chung, P V Kumar. Optical orthogonal codes-new bounds and an optimal construction[J]. IEEE Trans Inform Theory, 1990, 36(4): 866-873.
- [4] Pu Tao, Li Yuquan, Zhang Baofu. Discussion on frequency hop and time hop hybrid system of optical CDMA[J]. J China Institute of communications(通信学报), 2002, 21(5): 18-22(in Chinese).
- [5] Wan shengpeng, Hu Yu. Two dimension optical CDMA differential system with Prime/OOC codes[J]. IEEE Photonics Technology Letters, 2001, 13(12): 1373-1375.
- [6] Wan Shengpeng, Hu Yu. Optical time spreading/frequency hopping differential OOK-CDMA system[J]. Microwave and Optical Technology Letter, 2001, 29(2): 125-128.