

# 一种固定帧长的EPON MAC算法

王利村, 邱 昆, 王 东, 王秀妮, 陈 凯

(电子科技大学 宽带光纤传输与通信网技术教育部重点实验室 成都 610054)

**【摘要】**提出了一种固定大小帧结构的EPON MAC协议,采用固定的帧长,提高了以太网交换机速率。将一帧周期分成三段,光网络单元不仅报告队列长度信息,而且报告帧到达分布信息,降低了高优先级业务时延抖动,授权采取高优先级优先授权的原则,降低了高优先级业务的接入时延,满足了对时延和时延抖动敏感语音业务的要求。

**关键词** 动态带宽分配; 时延; 时延抖动; 媒质接入控制

中图分类号 TN915.6 文献标识码 A

## Design of MAC of Fixed Frame Size of EPON

Wang Licun, Qiu Kun, Wang Dong, Wang Xiuni, Chen Kai

(Key Laboratory of Broadband Optical Fiber Transmission and Communication Networks UEST of China, Ministry of Education Chengdu 610054)

**Abstract** The paper puts forward a EPON MAC of fixed size frame structure. The frame structure of fixed size can improve the the process velocity of exchanger. Frame cycle is divided into three segments, ONU not only reports the queue size, but also reports the distribution of frame arrival, which will decrease the delay jitter of high priority traffic. We adopt the principle of first grant of high priority traffic, this can decrease the access delay of high priority traffic. All can satisfy the requests of real-time voice traffic which is sensitive to the delay and delay jitter.

**Key words** dynamic bandwidth allocation; delay; delay jitter; medium access control

电信网络主要由:核心网、用户驻地网和接入网三部分组成。核心网络的光纤化已经实现,成熟的密集波分复用技术已经广泛的应用于核心网,使核心网络的成本大大降低。用户驻地网技术已经非常成熟,如以太网技术的飞速发展,从快速以太网到现在广泛应用的千兆以太网,再到万兆以太网。而连接用户和核心网络的接入网络却发展缓慢<sup>[1]</sup>。究其原因,主要由以下几个方面:1)接入网占整个网络费用的百分之五十以上,高昂的接入费用严重阻碍了用户接入的数量;2)接入网技术设备发展不够成熟,相应的标准还没有制定,从而影响了网络运营商的投入发展;3)目前接入网铺设了大量的双绞线和同轴电缆,升级这些基础设施不是一件很容易的事情。

近年来发展的无源光网络技术,因成本低,使用高带宽光纤而备受研究者关注。而以太无源光网络(Ethernet Passive Optical Network, EPON)由于采用目前广泛应用的以太网技术,并且有更高的传输速率成为研究的热点。异步传输模式(Asynchronous Transfer Mode, ATM)无源光网络(APON)和EPON最大区别在于APON传输固定大小的ATM信元,而EPON传输可变大小的以太帧结构。如将EPON的帧大小固定,并且大小为以太帧平均长度576 B,则有利于提高以太网交换机的处理速率。

收稿日期:2004-06-07

基金项目:教育部优秀青年教师教学科研奖励计划基金资助项目

作者简介:王利村(1979-),男,硕士生,主要从事光接入网方面的研究。

本文第1节提出并描述了固定帧长的EPON MAC协议,给出了EPON的上、下行帧结构和上行动态带宽分配算法和接入时延分析。第2节给出了仿真结果,并对仿真结果作出了分析。最后得出结论。

## 1 EPON MAC协议描述

随着IP技术的发展,各种业务蜂拥出现,EPON必须能够提供不同业务的QoS。太多的业务优先级对系统的性能没有明显的提高,太少的业务优先级不能反映当今业务多样性的要求,为满足用户对各种业务的要求,本文主要分三种业务优先级的MAC协议。

### 1.1 EPON帧结构

根据G.983建议,上行帧中又分可分时隙,可分时隙又分多个微时隙,可分时隙和微时隙的个数由协议的要求决定,用于向光线路终端(Optical Line Terminate, OLT)上报各光网络单元(Optical Network Unit, ONU)信元到达情况。结合文献[2]和[3],给出了图1、图2的上下行对称帧结构。图1下行帧由物理层开销(PLOAM)和数据时隙组成,PLOAM大小为232 B用于下行授权,包括数据授权、测距授权、PLOAM授权等。下行数据时隙有43个,大小为以太帧平均长度576 B。图2上行帧结构由一个请求时隙(Request)和43个数据时隙组成,Request大小为232 B用于可分割时隙,分为32微时隙,固定的标识32个ONU,微时隙大小7 B,剩余8 B用于增强MAC协议的健壮性。微时隙(MS)用于报告ONU帧到达情况,前面3 B用于物理层开销(Physical Overhead),作为保护带宽、前导码和定界符。后面27 b,分成三份,分别用于报告三个优先级业务的队列大小,高优先级业务(High Priority)、中优先级业务(Medium Priority)和低优先级业务(Low Priority),每份9 b,用于报告一个帧周期内三个连续时间段内帧到达情况。最后5 b用于校验码。3 b可以表示7个以太帧的到达情况,一个微时隙就可以表示63( $63 > 43$ )个以太帧。

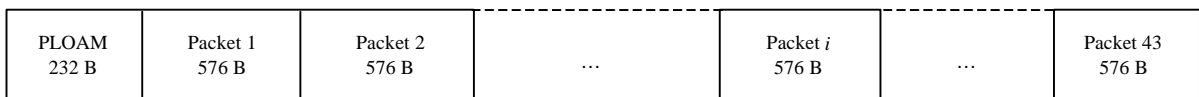


图1 下行帧结构

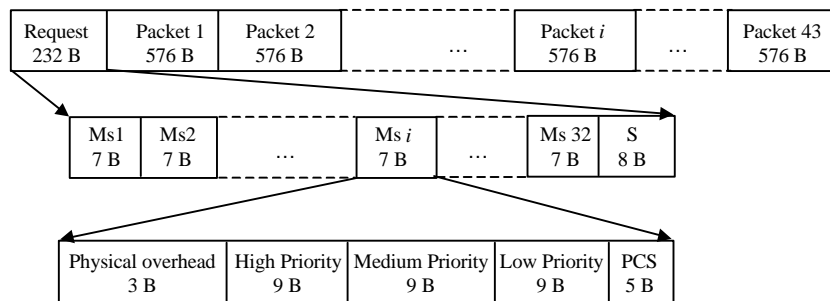


图2 上行帧结构

### 1.2 动态带宽分配

本文提出的动态带宽分配算法类似于文献[4]CPP分配算法。在CPP算法中,OLT得到ONU请求之后,将三个优先级业务平均写入环形分配器,这种算法没有具体考虑信元到达情况,如果同一时间有多个信元到达将引起时延抖动。提出的分配算法,考虑了帧到达情况,有利于降低时延抖动。本算法将通过一个环形分配器来描述,图3给出了环形分配器的一部分。

ONU收到OLT授权之后,如果是帧授权,区分不同的时段,不同优先级的业务,从队列中取出以太帧,在对应的时隙发送出去。如果是微时隙授权,则在对应的时隙内,将上个授权周期到达以太帧的情况,通过微时隙发送给OLT。

当OLT收到ONU请求后,OLT根据不同的时段,不同的优先级,写入对应的临时存储区,并且计算不同的优先级,不同时段对应存储区中的请求总数。

本文采取同一时段高优先级业务优先发送,不同时段的前一时段业务优先发送的原则。当请求总数超

过本时段的授权总数时,将写入下一个时段的发送区。当各时段的请求总数小于本时段的授权总数时,剩余带宽用于分配后时段的中、低优先级业务,如果带宽还有剩余,将剩余的带宽分配给中优先级业务请求最高的ONU,这样有利于抑制高负载ONU的中优先级队列的尺寸。而不会将剩余带宽分给下个时段的高优先级业务。高优先级业务只能在本时段或者高负载下的下一个时段发送,不会提前一个时段发送。

对于同一时段的各业务,为了保证各ONU的公平性,采取随机读取的原则。当读取完所有临时存储区,如果还有剩余带宽,将剩余带宽分配给中优先级请求最大的ONU。从图3中看出,数字标识各ONU(ONU ID),第一个表格中26表示在第一个时间段ONU 26有高优先级业务到达。对于Seg0时间段临时存储区的高、中、低优先级业务,将按照由高优先级到低优先级顺序,随机读取ONU ID,写入分配区。如果第一时间段的临时存储区读取结束,有剩余带宽,将分别读取Seg1临时存储区的中、低优先级业务,依此类推。如果将所有请求分配完毕,仍有剩余,将剩余带宽分给请求最大的中优先级业务的ONU。在轻负载时,后时段的高优先级业务不能在前一时间段发送授权,这样避免高优先级业务有正的时延变化。

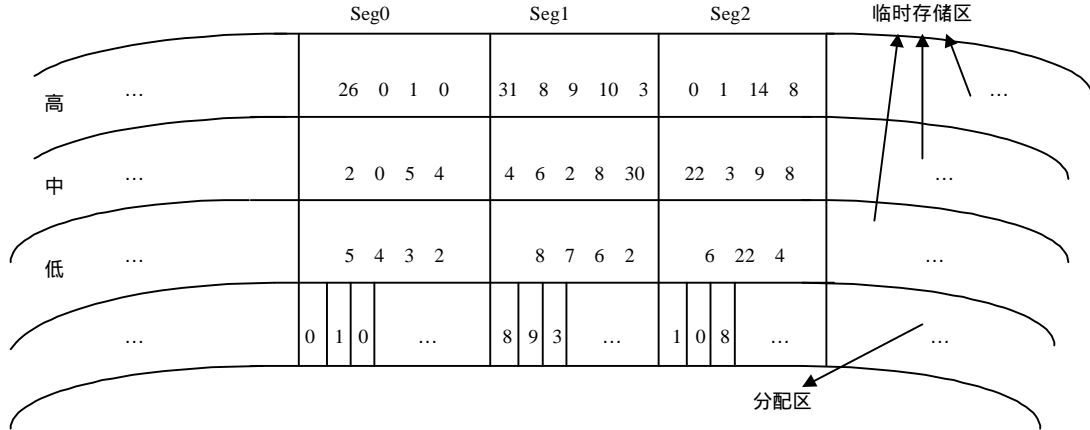


图3 授权分配示意图

### 1.3 接入时延分析

本文简要的分析一下上行以太帧经历的接入时延。OLT处理时延不予考虑。从以太帧到达ONU到ONU开始发送上行请求最大需要1帧的时间。OLT收到请求之后,将请求信息给DBA Module, DBA Module处理计算并发送授权。ONU收到授权后发送以太帧。如果是在上行帧的最后一个时隙发送,则从ONU发送请求到发送此以太帧需要2帧的时间。在最坏的情况下,发送请求时等待一帧的时间,则从以太帧到达ONU到离开OLT所需时间为:  $800 \mu\text{s}(3 \times 200 + 100 \times 2)$ 。其中OLT到ONU距离为20 km,光在光纤中的传播速度为  $2 \times 10^5 \text{ km/s}$ ,上行速率1 Gbps,一个帧经历时间为  $(232 + 576 \times 43) \times 8 \text{ b} / 1 \text{ Gbps} = 200 \mu\text{s}$ 。

## 2 仿真结果和性能分析

为了验证本算法的可行性,本文进行了仿真实验。仿真中,采用了如下参数:ONU数目32个;三个优先级业务;上下行链路速率为1 Gbps;各ONU到OLT的距离为20 km;ONU队列无限大;业务源高优先级业务为伯松分布的CBR业务,中、低优先级业务采取了ON/OFF业务源,高优先级业务、中优先级业务和低优先级业务的业务量分别为0.5、0.37和0.13。

图4、图5给出了高、中优先级业务的延时变化 $v$ 的概率密度分布 $p$ 情况。由于ONU不仅上报以太帧的到达个数,而且还上报了以太帧到达的时间间隔,因此降低了高优先级业务的时延抖动。从图4中可以看出在负载0.6和0.8时高负载业务延时变化主要在0附近,最大抖动不超过  $120 \mu\text{s}$ ,满足G.731建议规定的对实时业务延时抖动最大  $250 \mu\text{s}$ 的要求<sup>[5]</sup>。图5中优先级业务在负载0.8时延时变化增大。

图6、图7给出了平均延时 $d$ 和平均队列大小 $q$ 随负载 $\rho$ 变化情况。从图6中可以看出,高、中优先级业务都有非常好的延时,高优先级业务时延不超过  $700 \mu\text{s}$ ,满足G.982对语音业务在接入网时延不超过1.5 ms的要求。低优先级业务在低负载时延时比较小,在负载0.95时迅速增加,这是由于采取的带宽分配策略引起的,由于低优先级业务业务量比较小,并且在低负载时,后时段的请求可以在前一时间段提前发送,因此延时比较小。

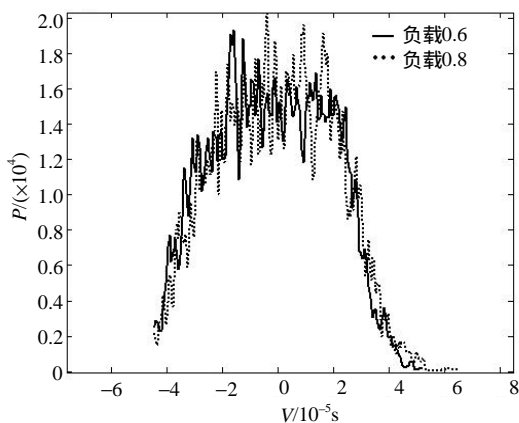


图4 高优先级业务延时变化情况

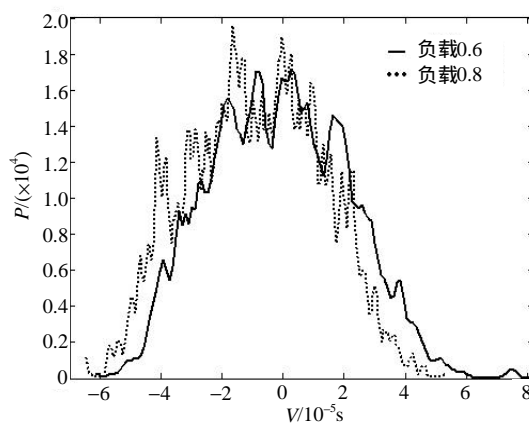


图5 中优先级业务延时变化情况

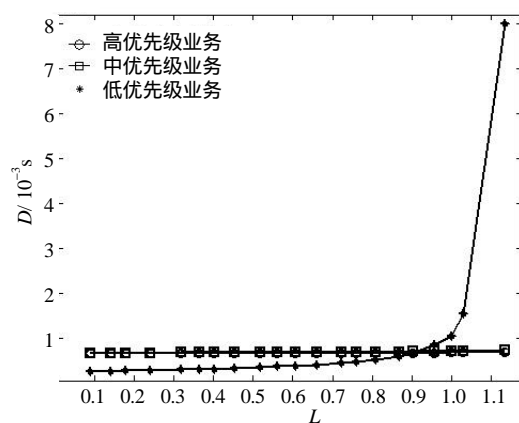


图6 平均延时随负载变化情况

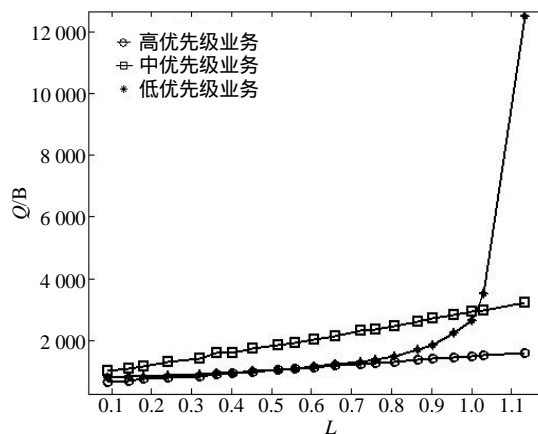


图7 平均队列大小随负载变化情况

### 3 结束语

本文给出了固定帧长的EPON MAC协议, 将上行帧周期分成三个时间段, ONU不仅上报帧到达个数, 而且上报各时间段帧到达ONU的信息, 减小了高优先级业务的时延抖动。仅有的时延变化是由同一个时间段到达多个帧引起的。从仿真结果可以看出, 本协议满足ITU-T对光接入网时延和时延抖动建议的要求。

### 参 考 文 献

[1] Kramer G, Pesavento G. Ethernet passive optical network (EPON): building a next-generation optical access network[J]. Communications Magazine IEEE, 2002, 40(2): 66-73

[2] 钟 瑾, 张家数. 基于固定长度的EPON帧结构和MAC协议设计[J]. 光通信技术, 2003, 27(9): 36-38

[3] 曾清海, 邱 昆. APON上行接入的研究[J]. 电子科技大学学报, 2000, 29(4): 351-355

[4] Angelopoulos J D, Boukis G C, Venieris I S. Delay priorities enhance utilisation of ATM PON access systems[J]. Computer Communications, 1997, 11(20): 937-949

[5] 乔耀军, 管克俭, 于晓映, 等. 基于ATM的无源光网络的煤质接入控制(MAC)协议及其性能分析[J]. 高技术通讯, 2000, 10(5): 27-31

编 辑 刘文珍