

## EPON上行接入算法研究

王利村<sup>1</sup>, 邱 昆<sup>1</sup>, 王秀妮<sup>2</sup>

(1. 电子科技大学通信与信息工程学院 成都 610054; 2. 山东大学信息科学与工程学院 济南 250100)

**【摘要】**介绍了以太无源光网络中一种新的光线路终端和光网络单元的上行接入算法,给出了一种新的下行授权帧结构,在授权帧中,通过固定的标示各光网络单元地址,将各光网络单元授权集中于一个下行授权帧中,各光网络单元也参与上行接入计算,提高了上下行带宽利用率,通过仿真比较,该算法同时具有良好的时延特性。

**关键词** 以太网; 上行接入; 带宽利用率; 带宽分配

中图分类号 TN915.6 文献标识码 A

## Study of Algorithm of Multi-Upstream Access of EPON

WANG Li-cun<sup>1</sup>, QIU Kun<sup>1</sup>, WANG Xiu-ni<sup>2</sup>

(1. School of Communication and Information Engineering, UEST of China Chengdu 610054;  
2. College of Information Science and Engineering, Shandong University Jinan 250100)

**Abstract** The paper introduces the algorithm of based on double-side of Optical Line Terminate and Optical Network Unit in Ethernet Passive Network ,and presents a new frame framework of grant,every field of grant frame uniquely identifies one Optical Network Unit. we encapsulate all grants in a downstream frame, on the other hand, Optical Network Unit participates in the scheduling process too,which improves the bandwidth utilization of upstream and downstream. As can be seen from the simulation result ,this algorithm has the good performance of delay.

**Key words** Ethernet; multi-upstream access; bandwidth utilization; bandwidth allocation

近年来,骨干网发生了翻天覆地的变化,而连接骨干网和用户端的接入网却发展滞后,传统的以同轴电缆、双绞线为媒介的接入网数字用户环路(Digital Subscriber Line, DSL)、综合用户数字网(Integrated Services Digital Network, ISDN)已不能满足用户对带宽的要求。ATM无源光网络(ATM Passive Optical Network, APON)虽然具有支持多业务、多速率的优点,但是有本身特有的缺点。以太无源光网络(Ethernet Passive Optical Network, EPON)的发展满足了接入网发展的要求,有更高的带宽,更适于传输IP业务,减小了开销,大大降低了成本,成为解决最后一公里的最好方案<sup>[1]</sup>。

EPON一般采用典型的树型拓扑结构,下行为点到多点(PTMP)的结构,上行为点到点(PTP)的结构。由于各光网络单元(Optical Network Unit, ONU)到光线路终端(Optical Line Terminate, OLT)的距离不同,上行数据可能产生冲突。因此需要有一种调度算法来避免冲突。传统的基于以太网的CSMA/CD协议,要求各站点必须限制在500 m之内,并且当负载增加时,吞吐率明显降低,CSMA/CD协议不适合EPON的拓扑结构。

本文在介绍经典的基于OLT的间插轮寻算法(Interleaved Polling with Adaptive Cycle Time, IPACT)<sup>[2]</sup>的基础上,提出一种新的上行接入算法,能有效的避免上行数据的冲突。

收稿日期:2004-01-01

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。

## 1 EPON上行接入算法

### 1.1 基于OLT的间插轮询算法

轮询算法主要是基于OLT的算法,由OLT集中统一分配授权。OLT轮询表中存储了已经注册ONU的信息,比如各ONU的带宽请求,往返时延RTT等。OLT根据此信息来轮询调度ONU,决定各ONU的发送顺序和发送时间。ONU在相应的时隙发送请求,请求为当前待发送的字节数。

下面通过一个例子来描述此算法。为了简化起见,采用了三个ONU,并且OLT已经知道了各ONU的信息:请求带宽和往返时延RTT。OLT根据轮询表中的信息轮询各个ONU,由于OLT知道各个ONU的请求带宽和往返时延RTT,从而避免了各ONU上行发送数据包的碰撞。例如,OLT知道ONU1的带宽请求,通过计算可知ONU1发送数据包最后1b的到达时间,因此可以调度发送授权给ONU2,同时知道ONU2发送数据包的最后1b的时间,从而调度ONU3。各ONU发送的数据包到达OLT,在时间上是不重叠的,因此避免了数据包上行传输时的碰撞。

当ONU收到授权后,立即发送授权数目的数据包,在最后将新到达的数据包作为带宽请求发送给OLT。例如,当ONU1收到200B的授权后,立即发送200B的数据包,同时将新到达的150B数据包作为带宽请求发送给OLT,当OLT收到ONU发送的请求时,立即更新轮询表中的信息。

### 1.2 基于双边OLT和ONU的上行接入算法

在本小节,提出了一种基于OLT和ONU的新分配算法,OLT和ONU共同参与分组的上行传输。考虑到兼容性,采用了基于以太帧结构的包控制格式,如图1所示。

图1中,Type表示以太网类型,由帧是否符合IEEE802.3标准或早期的以太网描述决定,Time-Stamp用于测距功能,Grant num表示授权ONU的个数,大小固定,Op-Code表示不同的控制功能(带宽请求、带宽授权等)。当Op\_Code表示为带宽授权时,“Control Inf”域的格式为图2所示,并且根据以太网标准,该域的最小长度为39B,最大为1493B。图2中,Seq表示ONU*i*的上行发送顺序,大小为1B,能够满足将来系统升级的需要,Grant为下行授权大小,CRC为校验码。其中授权域中ONU 0,ONU 1,ONU 2,...,ONU *n*固定的标示所有的ONU。

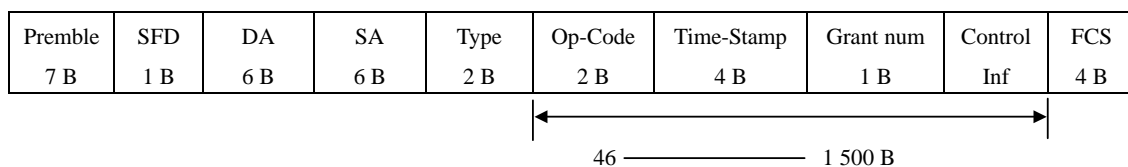


图1 EPON帧格式

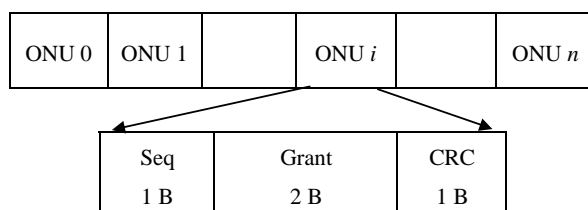


图2 EPON授权域

该算法的具体描述为:

假设已经初始化,OLT知道各ONU队列大小及ONU到OLT的往返距离RTT,并且通过计算,OLT告诉各ONU均衡时延,使各ONU到OLT的逻辑距离相等。OLT保存一个授权表,包括各ONU的请求和RTT。

OLT读取授权表,将授权按ONU ID依次填充入授权域中,为了分配的公平性,采取FIFO的原则。先到的将授权写入Grant,并且Seq的值置0,后到的写入授权值,Seq值置1。根据各ONU到达OLT的顺序,依次写入Seq域,然后将授权域映射到下层授权帧中,OLT MAC控制将授权帧交给物理层广播发送到各ONU。当OLT收到各ONU的请求,立即更新授权表中的信息。

ONU收到下行的授权帧时,按照自己ONU ID读取授权,并且计算发送时刻,一旦自己的发送时隙到达,ONU在自己时隙之内将数据发送出去,并且将新到达队列的数据以请求的方式报告给OLT。当某ONU的剩余发送时隙不能满足一个以太帧时,不能发送此帧,将在一下授权周期发送。如果ONU的队列为空,ONU将请求0 B带宽,OLT收到0 B请求后,下一周期将不会给此ONU授权,但是ONU有保持发送请求带宽的权利。

如果当某ONU有更多的请求时,OLT如果满足该ONU的请求分配授权,此ONU将用去大部分授权,这显然不能满足公平性的分配原则。采取文献[2]中设定最大授权窗口 $W_d$ 的方法,请求带宽在不大于此窗口的前提下满足各ONU的请求。选择窗口如果太大,授权周期加大,增加了数据延时。如果窗口太小,这显然将降低上行带宽利用率,因此 $W_d$ 应该综合考虑。

由于测距精度有限,各ONU上行发送数据时可能产生数据重叠,降低了链路的吞吐率。为了避免上行数据的冲突,应该在各时隙之间加上一个保护时隙。

以每一授权周期的第一个ONU发送授权的时间计算,则第 $n$ 周期ONU  $i$ 发送数据的时刻为  $T_n^i = L^i + Req_n^i + \sum_0^{Seq[i]} (W_n^i + C)/R + Seq[i] G$ 。其中,  $L^i$ 为ONU  $i$ 到OLT的时延,  $Req_n^i$ 为均衡时延,  $W_n^i$ 为OLT给ONU  $i$ 的带宽授权大小,  $C, R, G$ 固定分别是ONU的上行请求帧大小,上下行链路速率和保护时隙。

## 2 仿真结果和性能分析

为了验证本算法的可行性,进行了仿真实验。为了使仿真的业务更接近真实网络,采用文献[3]中提到的自相似业务数据源,各ONU到OLT的距离都设定为20 km,ONU数为16个,最大分配带宽窗口为15 000 B,由于采取了ONU参与的分配算法,可以减小保护时隙的大小,为1  $\mu$ s,上下行链路速率为1 Gbps。

图3、图4给出了IPACT分配算法和基于双边分配算法的平均包延时 $d$ 、平均队列尺寸 $q$ 随负载 $l$ 变化的情况。可以看出,本文提出的算法有很好的时延特性,由于下行发送授权集中于一个授权帧,并且本算法所特有的优势,ONU参与上行接入计算,减小了保护时间。在其他仿真参数,环境相同的条件下,时延降低。这种分配算法也同时提高了上下行带宽利用率。图5给出了上行带宽利用率 $u$ 随负载 $l$ 的变化情况,可以看出本算法有较好的上行带宽利用率,这与本文的理论分析是符合的。而文献[2]中对每一个ONU采取逐个授权的分配原则,并且为了避免下行授权帧的冲突,采取了加大保护时间的方法,从而增加了时延和降低了上下行带宽利用率。

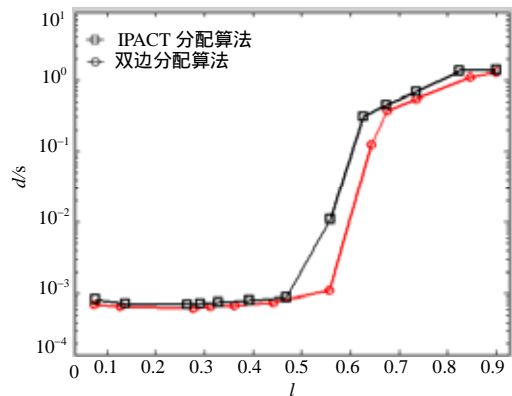


图3 平均延时随负载变化情况

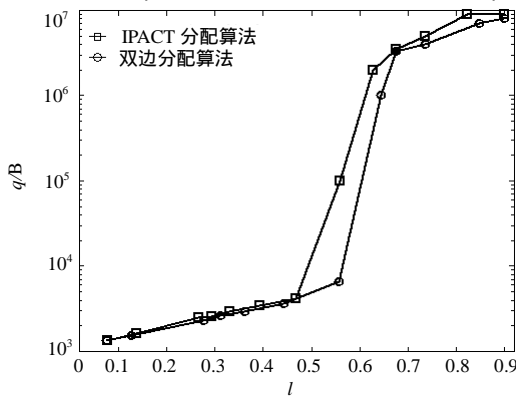


图4 平均队列尺寸随负载变化情况

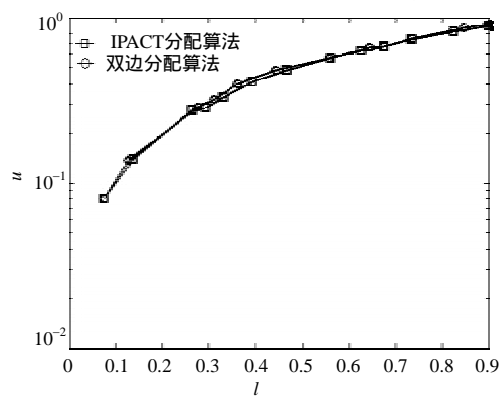


图5 上行带宽利用率随负载变化情况

能的关键技术之一。本文在解扩辅助信号基础上,基于信号的恒模特性,提出了一种天线阵列的有源在线校正方法。该方法克服了自校正方法难以收敛及易受多径效应影响的缺点。最后计算机模拟证明了该方法是一种有效的天线阵列在线校正方法。

#### 参 考 文 献

- [1] Tsoulos G V, Beach M A. Calibration and linearity issues for an adaptive antenna system[C]. IEEE, VTC'1997, 47th, Phoenix, USA, 1997. 3: 1 597-1 600
- [2] Lee C H, Chun J. A self-calibration algorithm for asynchronous CDMA-based antenna arrays[C]. IEEE, VTS-Fall, VTC'2000, 52nd, Boston, USA, 2000. 5: 2 441-2 445
- [3] Lee C H, Chun J. A subspace-based online calibration algorithm for an asynchronous CDMA-based antenna array[C]. National Aerospace and Electronics Conference, Dayton, USA, 2000. 146-150
- [4] Lee C H, Kim S, Chun J, et al. An online calibration algorithm for the CDMA adaptive antenna array[C]. IEEE, Signals, Systems and Computers 34th Asilomar Conference, Pacific Grove, CA, 2000. 2: 1 586-1 590
- [5] Kobayakawa S, Tsutsui M, Tanaka Y. A blind calibration method for adaptive array antenna in DS-CDMA systems using an MMSE algorithm[C]. IEEE, VTC-Spring, VTC'2000, 51st, Tokyo, 2000. 1:21-25

编 辑 徐安玉

-----  
(上接第295页)

### 3 结 束 语

本文提出了一种基于OLT和ONU的上行接入算法,并且给出了一种新的,有效的下行分配帧结构。将各ONU下行授权完全封装在一个授权帧中,并且帧中各域唯一的标识各ONU,部分工作由ONU完成,可以提高带宽利用率、降低接入时延。通过给各ONU设定最大分配窗口的方法,可以保证带宽分配的公平性。仿真分析,本算法有较好的带宽利用率和时延特性。

#### 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] Kramer G, Mukherjee B, Pesavento G. IPACT a dynamic protocol for an ethernet PON [J]. Communications Magazine, IEEE, 2002, 40(2) :74 - 80
- [3] Leland W, Taqqu M, Willinger W, et al. On the self-similar nature of ethernet traffic [J]. Networking, IEEE/ACM Transactions on, 1994, 2(1): 1-15

编 辑 刘文珍