

文章编号: 1007-5321(2004) 05-0090-04

多业务 EPON 动态带宽分配算法

张 洋¹, 陈 雪¹, 黄 翔¹, 邓 羽²

(1. 北京邮电大学 电信工程学院, 北京 100876; 2. 北京格林威尔科技发展有限公司, 北京 100085)

摘要: 提出一种适用于多业务以太网无源光网络 (EPON) 的上行带宽分配算法——周期和准周期结合的动态带宽分配算法。算法针对以太网业务和话音业务 (TDM) 的特性, 分别采取准周期同步轮询动态带宽分配和周期固定带宽分配机制。仿真结果表明: 该算法不仅满足话音业务严格的实时性要求和以太网业务的时延、丢包率等各项指标要求, 且系统带宽利用率高, 带宽分配公平性好。

关键词: 以太网无源光网络; 动态带宽分配; 话音业务; 服务质量

中图分类号: TN915.6 **文献标识码:** A

Multi-Services Bandwidth Assignment Algorithm in EPON

ZHANG Yang¹, CHEN Xue¹, HUANG Xiang¹, DENG Yu²(1. Telecommunication Engineering School, Beijing University of Posts and Telecommunications, Beijing 100876, China;
2. GW Technologies Limited Company, Beijing 100085, China)

Abstract A novel bandwidth dynamic assignment algorithm for EPON (ethernet passive optical network) upstream link is proposed, named integrated periodic and quasi-periodic granting DBA (IPAQG DBA). The algorithm adopts quasi-periodic synchronization polling DBA (dynamic bandwidth assignment) and periodic static configuration mechanism respectively for ethernet and TDM (time division multiplex) service. The simulation results show that not only the rigid QoS (quality of service) of TDM service and the performance requirements of ethernet service can be satisfied, but also very high bandwidth utilization and good fairness can be realized by IPAQG DBA at the same time.

Key words ethernet passive optical network; dynamic bandwidth assignment; time division multiplex; quality of service

0 引言

根据美国著名咨询公司 RHK 的统计报告: 2002 年全球电信业务收入的 68% 来自 TDM

收稿日期: 2003-11-17

基金项目: 国家“863 计划”项目 (2001AA122021)

作者简介: 张 洋 (1979-), 女, 硕士生. E-mail: zhangyang1757@163.com

陈 雪 (1959-), 女, 教授. E-mail: xuechen@bupt.edu.cn

©1994-2015 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. <http://www.cnki.net>

话音业务。我国信息产业部的《中国电信业发展指导 (2003)》指出,2002 年我国 TDM 话音业务占电信业务收入的比例高达 90% 以上。这些数据说明尽管 Internet 带动的数据业务飞速增长,近几年 TDM 业务仍是电信运营商的主要收入来源;即使在更远一些的未来,TDM 业务仍是不可或缺的。因此,EPON 系统在承载基于以太网数据业务的同时,支持有 QoS 保证的 TDM 业务是十分必要的。

EPON 上行传输采用 TDMA 方式,因此恰当的带宽分配机制必不可少。以太网业务是具有长相关特性的强突发流,针对这样的业务流可考虑静态^[1]和动态^[2-4]2 种带宽分配机制:静态带宽分配 (SBA, static bandwidth assignment) 按照各 ONU (optical network unit) 预定的带宽进行初始配置,运行期间其值不变。在这样的情况下,若为保证传输性能应以各 ONU 的峰值速率为基准分配带宽,因各 ONU 的数据流往往不是同时处于峰值速率而导致整个系统带宽不能充分利用。若以数据的平均速率为基准分配带宽,常常会出现某些 ONU 由于不能及时发送大量的突发数据而导致丢包率和时延增加;而另一些 ONU 因其数据流量小于平均速率而导致带宽浪费。由此可见,当 EPON 承载突发性很强的数据业务时,SBA 的效率是比较低的。动态带宽分配 (DBA) 根据 ONU 实时上报的带宽请求统筹安排,动态调整授权给 ONU 的带宽,因此动态带宽分配能够充分利用系统资源,同时改善时延等性能。

EPON 系统的典型应用环境是接入网,其显著特点是各用户对带宽的要求互不相同,而文献 [2] 中各 ONU 合约带宽相同的假设与实际的网络情况不符。作为电信运营商的网络设备,EPON 不仅要有高系统资源利用率,同时还要能够公平地管理控制各用户 (ONU) 带宽。所谓公平就是当多个用户竞争系统带宽时,DBA 能够根据用户与运营商签订的合约控制带宽分配,使用户得到的带宽与其所付费用成正比。本文用公平性因子 FF 来评价带宽分配的公平程度,其定义为

$$FF = \frac{1}{n} \sum_{i \neq j} |V(i) - V(j)| \quad (1)$$

其中, i, j 为参与竞争 EPON 上行带宽的 ONU 标识号; $V(i)$ 为 ONU (i) 在统计时间内参与带宽竞争的周期的实得带宽与其合约带宽的比值。合约带宽为 ONU 用户向运营商购买的带宽。

1 算法描述

周期和准周期授权结合的动态带宽分配算法 (IPAQGDBA) 针对 TDM 业务 (这里以 E1 为代表) 的固定连接、速率恒定特性和对时延的严格要求 (接入段时延小于 1.5 ms), 采用周期固定分配带宽方式, 即系统在初始化时便配置好 E1 业务的发送时间 (周期的) 及所需带宽, 当数据业务的授权与 E1 的发送发生冲突时, 调整数据业务的授权。对于数据业务算法采用准周期同步轮询动态带宽分配机制, 这里的周期指 OLT (optical link terminal) 轮询一次所有 ONU 所需时间, 其大小不为常数, 因此称之为准周期。各 ONU 的时钟均以 OLT 的时钟为基准, 因此称算法是同步的。

IPAQGDBA 根据每周期 ONU 的带宽请求动态分配带宽, 无带宽请求时不分配带宽, 有大带宽请求时多分配带宽, 从而灵活地调整准周期的长度, 提高带宽利用率; 同时为保证公平性采用门限控制, 初始门限值为合约带宽在最大周期内对应的字节数。门限的引入保证各 ONU 竞争系统带宽时各自只能得到合约规定的带宽。另外, 恰当的门限设置又可以缩短准周期长度, 从而缩短数据缓存时间, 降低丢包率。

IPAQGDBA 支持用户对合约带宽的不同要求, 为了避免小合约带宽 ONU 被最长以太

网帧阻塞,算法引入动态调整门限机制.当 $ONU(i)$ 第 k 周期的带宽请求大于其门限且门限小于最大以太网帧长时,OLT 只给 $ONU(i)$ 可发送带宽请求帧的授权,同时以门限初始值为粒度增加门限.以后的带宽分配周期中,若 $ONU(i)$ 的门限仍小于最大帧长,则仍按上面的方法修改门限,否则 OLT 在做完带宽分配后将门限恢复为初始值.

在进行带宽分配时 $ONU(i)$ 在其授权窗口内发送数据和包含下一周期带宽请求信息的带宽请求帧,带宽请求信息 $Re(i)$ 指示缓存中总的数量.若 $Re(i)$ 小于门限 $Th(i)$,则 $ONU(i)$ 获得的授权为 $Re(i)$.若 $Re(i)$ 大于 $Th(i)$ 且 $Th(i)$ 大于最大帧长,则授权为 $Th(i)$;否则按照上面提出的动态调整门限机制修改门限.分配带宽.若带宽请求帧或授权帧丢失则系统会在下一周期继续上报带宽请求,不会导致数据永远滞留在缓存中,目前算法现已经通过硬件实现.

2 仿真结果

在算法仿真中,设计 EPON 系统由一个 OLT 和 16 个 ONU 组成;EPON 的上行链路速率为 1 Gbit/s;E1 业务的发送周期为 $500\mu s$;ONU 侧的缓存设为 512 kB;使用的数据源是由多个 ON/OFF 信源叠加而成的自相似流^[5].

图 1 是时延与网络负载关系曲线,这里时延是指数据从进入 ONU 到离开 ONU 所经历的时间.由 E1 业务的时延曲线可知:E1 业务的时延为一常数 $500\mu s$,这证明本文提出的周期固定发送 E1 业务帧的方案能够满足 E1 严格的时延要求.同时由于 E1 业务只需存储一个周期的数据量,实际测试结果表明在较小的缓存容量下 E1 业务的误码率要求就能满足.图 1 中各 ONU 数据业务的时延曲线表明在网络负载小于 0.8 时各 ONU 的时延均接近常数 0.2 ms,这比 ITU-T G.982 中规定的 TDM 业务接入时延 1.5 ms 小得多;在网络负载大于 0.8 后各 ONU 的时延有所增加,但仍在 7 ms 以下,由此可见 IPAQG DBA 可保证较小时延.

图 2 描绘了算法的公平性因子随网络负载的变化趋势.一般来说,在网络负载很大时 ONU 之间对带宽才存在激烈的竞争,因此在网络大负载时研究公平性更有意义.根据 IPAQG DBA 算法,若数据业务的发送与 E1 的发送冲突,则需重新计算数据业务的授权,因此 E1 的周期发送对数据授权的干扰成为影响算法公平性的主要因素.图中公平性 (FF) 随网络负载的增加而减小,这是由于随着网络负载的增加各 ONU 参与带宽竞争的周期数增多,因此 E1 业务对各 ONU 授权干扰的概率趋于相同,从而带宽在各 ONU 之间的分配更加公平.由式 (1) 可知,FF 越小,带宽分配越公平,理想情况下 $FF=0$.IPAQG DBA 算法在网络负载大于 0.7 后公平性因子小于 0.05,因此该算法能够保证各 ONU 之间公平分配带宽.

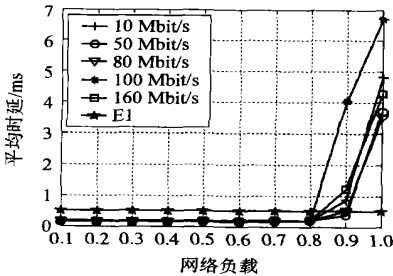


图 1 平均时延曲线

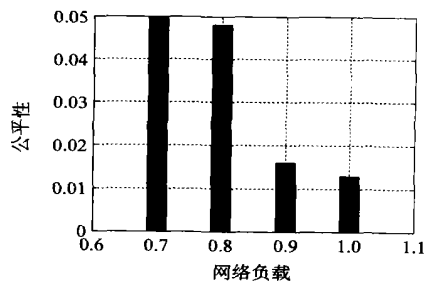


图 2 公平性随网络负载变化曲线

图 3 是 SBA 与 IPAQG DBA 系统的平均时延对比曲线。在网络负载小于 0.4 时, 2 个系统的时延相当; 随着网络负载的增加, SBA 系统的时延迅速增加, IPAQG DBA 系统的时延虽有增加但幅度较小。这是因为 IPAQG DBA 可在 ONU 之间灵活分配带宽; 而 SBA 却只能按照初始配置值进行带宽分配, 从而迫使某些数据在 ONU 中缓存多个周期, 带来时延增加。

图 4 是 SBA 和 IPAQG DBA 系统的平均丢包率随网络负载变化曲线。IPAQG DBA 系统在网络负载大于 0.9 以后出现丢包, SBA 系统在网络负载为 0.7 时便出现丢包。由此可见, 在系统丢包率 0.01% 的要求下, SBA 系统的带宽利用率可达到 70%, 而 DBA 系统的带宽利用率可达到 90% 以上。

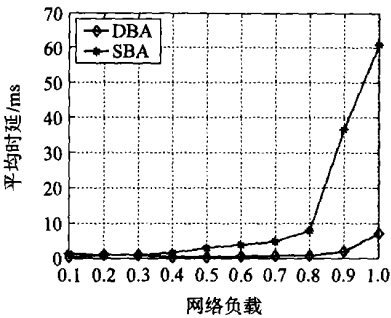


图 3 SBA 与 DBA 时延曲线

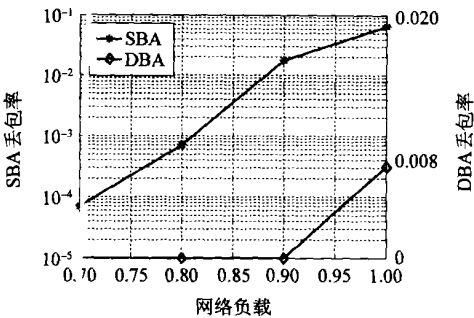


图 4 丢包率曲线

3 小结

能否支持多种业务并对数据业务进行动态带宽分配是设计 EPON 时必须解决的技术难题, 本文提出的 IPAQG DBA 算法兼顾上面的 2 点需求, 对 E1 业务周期固定分配带宽, 对数据业务采用准周期同步轮询方式动态分配带宽。仿真结果表明, IPAQG DBA 算法不仅能够保证 E1 业务严格的 QoS 要求, 而且能够实现对数据业务的公平、动态带宽分配, 能够满足 EPON 系统的高带宽利用率、低时延、低丢包的要求; 与 SBA 相比, 其系统性能显著提高。

参考文献:

[1] Kramer G, Mukherjee B, Pesavento G. Ethernet PON(ePON): design and analysis of an optical access network [J]. Photonic Network Communications, 2001, 3(3): 307-319.

[2] Kramer G, Mukherjee B, Pesavento G. IPACT: a dynamic protocol for an ethernet PON(EPON) [J]. IEEE Communication Magazine, 2002, 40(2): 74-80.

[3] Chen Xue, Yu Meihong, Zhang Yang. A novel upstream dynamic bandwidth assignment scheme for ethernet PONs[J/OL]. ICCT, 2003.

[4] 王志立, 陈雪, 叶培大. ATM-PON 带宽分配 [J]. 北京邮电大学学报, 2000, 23(3): 25-29.
Wang Z L, Chen X, Ye P D. ATM-PON bandwidth assignment [J]. Journal of Beijing University of Posts and Telecommunications, 2000, 23(3): 25-29.

[5] Leland W, et al. On the self-similar nature of ethernet traffic (extend version) [J]. IEEE/ACM Trans Net, 1994, 2(1): 1-15.