

SuperPON 的一个自适应带宽分配算法及其时延性能分析

池 灏, 章献民, 陈抗生

(浙江大学信息与电子工程学系, 杭州 310027)

摘 要: 针对 SuperPON 接入系统大时延、多用户的特点, 给出了针对非实时业务流的基于申请许可的带宽分配算法, 自适应于网络的负载状况, 申请信道动态地从随机接入到固定分配间切换. 系统的时延特性由计算机模拟给出, 结果表明该算法同时保证系统在低负载时的低时延特性和高负载时的高吞吐量, 能改善尽力服务类型业务的性能.

关键词: 无源光网络; 超级无源光网络; 接入网; 异步转移模式; 介质访问控制协议; 接入时延

中图分类号: TN9131.24 文献标识码: A 文章编号: 0372-2112 (2001) 05-0695-203

An Adaptive Bandwidth Allocation Algorithm for SuperPON and Its Delay Performance Analysis

CHI Hao, ZHANG Xianmin, CHEN Kangsheng

(Dpt. of Info. & Electron Eng., Zhejiang University, Hangzhou 310027, China)

Abstract: A request-permit procedure based bandwidth allocation algorithm for non-real time stream is presented, which suits for SuperPON with large round-trip delay and multi-customer. It requests slot switches dynamically between fixed allocation and random access, which adapts to the load situations. The delay performance is investigated with the help of the computer simulations, which prove that the algorithm assures low delay at light load and high throughput at heavy load, and then improves the performance of best effort services.

Key words: passive optical network (PON); superPON; access network; asynchronous transfer mode (ATM); medium access control (MAC) protocol; access delay

1 引言: 从 APON 到 SuperPON

由于无源光网络(PON)具有介质共享, 高带宽的特点, 成为光接入技术的发展方向. 同时, ATM 技术由于其固有的优越性已在电信骨干网中逐渐得到普及. 这样, 很自然地在 PON 中引入 ATM 作为传输平台, 不仅能更好地与骨干网配合, 还能在接入过程中享有 ATM 的统计复用和多业务多比特率业务支持能力^[1,2]. 基于 ATM 的无源光网络 (ATM-PON 或 APON) 在欧洲作为全业务光接入的实现技术已经开通多个实验网, 国际电联也通过了相应的建议草案, 迈入标准化进程^[3]. 典型的 APON 系统覆盖范围为 10 公里, 支持光网络单元(ONU)为 32 个, 上下行速率可达 155/622Mbps.

由 BT 实验室提出的 SuperPON 系统, 源于 APON 概念, 其覆盖范围扩展至 100 公里 (借助于光放大器), 光网络单元可达 2048, 用户数可达上万 (图 1). SuperPON 的资源共享程度更高, 同时也使交换节点更加集中, 使系统的传输成本和交换成本进一步降低^[4].

2 关于介质访问控制(MAC)协议

PON 本质上是介质共享网络, 系统下行行为时分复用 (TDM) 广播方式, 上行为时分复用多路接入 (TDMA) 方式, 由介质访问控制(MAC)协议协调各终端对介质的访问. 因为 Super

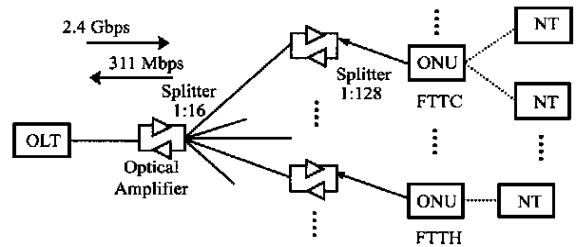


图 1 SuperPON 系统结构

perPON 比 APON 有更大的覆盖范围、往返时延和更多的用户数, APON 的 MAC 协议并不适用于 SuperPON^[5].

由于 SuperPON 系统的大往返时延 (~1ms), 所以在 SuperPON 中必须区分不同时延要求的业务, 而不能对所有业务流一视同仁地采取先预约再发送信元的带宽分配方法^[6]. 传统电话业务和 CBR 业务对时延有较高的要求, 这类业务的带宽分配可采用半静态的带宽分配方法, 在连接建立时利用信令信息分配一定的带宽, 即 OLT 周期性地向发送许可信号给相应的 ONU, 直至该连接被拆除. 实时 VBR 业务也可根据峰值比特率按上述的半静态法带宽分配, 但是对于其他突发度更高的业务, 半静态带宽分配法显然效率很低. 对于非实时 VBR 和 ABR 业务而言, 采取基于预约的动态带宽分配方法能最大程度地利用带宽资源.

3 自适应带宽分配算法

考虑的 SuperPON 系统参数如下: 上行 31Mbps; 下行 2.4Gbps, 由 4 路 622Mbps 流复合而成, 每一 ONU 锁定住其中一路(这样做便于技术上实现^[4]); 系统往返时延为 1ms; 共支持 2048 个 ONU.

没有严格实时要求的业务的动态带宽分配是以牺牲信元时延特性来获取较高的信道利用率, 任何需要发送上行信元的 ONU 都需要先申请, 在得到相应的许可后才能发送信元, 带宽申请附在上行信元头上, 申请信号就是自上一次申请发出之后抵达的信元数(为提高可靠性, 实际上可使用 ONU 处缓存器信元队列的长度), 然而这样会有一个问题, 没有发送上行信元的 ONU 就没有机会发送带宽申请信号, 解决办法是分配专门的时隙为各 ONU 提供周期性的申请信道. 因为 SuperPON 支持的 ONU 多达 2048 个, 如果提供的较密集的申请时隙, 这带来的低带宽效率将无法忍受, 从而只能加大固定的申请周期, 牺牲时延性能.

这里给出的自适应的申请时隙接入方法, 随负载状况的变化在固定分配和随机接入间动态地切换. 申请时隙的周期与系统的负载有关, 当负载较高和处于活动的 ONU 较多时, 申请时隙是固定分配的, 反之, 周期减少, 申请时隙为随机接入, 当有碰撞发生, 则 OLT 通知相应的 ONU 在下一个申请时隙(超帧)周期再次发送, 直至成功.

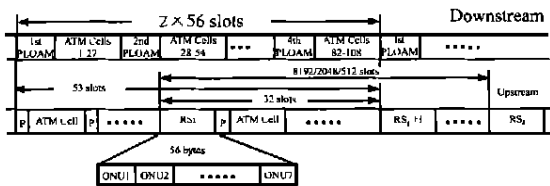


图 2 信息流帧结构

为便于与比较, 采用的帧结构类似于 J. D. Angelopoulos 提出的 MAC 协议中采用的帧结构^[3](如图 2), 这接近于常规 APON 的 ITU-T 建议标准^[3]. 下行帧和上行帧分别由 $2 \times 56 = 112$ 个信元和 53 个时隙(56 字节)组成, 系统运行基于 ONU 提出申请和 OLT 的 MAC 控制器发放接入许可间连续不断的对话过程. 许可信息包含在下行帧的物理层运行和维护(PLOAM)单元中, 下行每隔 28 个信元插入一个 PLOAM, 每个 PLOAM 能容纳 13 个许可(第一个 PLOAM 为 14 个许可). 每个上行时隙为 56 个字节长, 包括 53 字节的 ATM 信元, 2 字节的信头(用于碰撞防护、字节同步、时钟恢复等功能)以及 1 字节的捎带申请域. 捎带申请只是当 ONU 先前有信元流时才有效, 而不能覆盖 ONU 的缓存器由忙变为空时的情况, 这样需要提供周期性的申请时隙(RS). 每个申请时隙由来自 7 个 ONU 的微时隙(8 字节)构成, 每隔 32 个上行时隙插入一个 RS, 如果 RS 是固定分配给 ONU 的话, RS 的周期是 8192 个时隙, 时间约为 11.5ms, 这么大的轮询周期不可避免地导致部分信元的大时延.

考虑到只有激活的 ONU 才需要申请时隙, 而系统负载是会变化的, 当系统的激活 ONU 总数下降到一定程度时, 减少

申请时隙的周期, 并且由固定分配转变为随机接入是可接受的, 它将降低接入时延. 将系统的负载状况分为 3 级, 第一级的申请时隙采用固定分配, 无竞争, 周期为 8192 时隙, 第二、第三级的申请时隙采用随机接入, 周期分别为 4096 和 2048 时隙, 当有碰撞发生时(即两个或以上的 ONU 介入同一个微时隙), OLT 检测到冲突广播后通知相应的 ONU, ONU 再下一个申请周期重新申请, 直至成功. OLT 时刻监视处于活动的 ONU 的数目, 当一个 ONU 在一段时间(比如连续 200 帧时间)内没有信元产生, 就认为该 ONU 处于非活动状态, 当活动 ONU 数目 N 大于 512 时, 负载状况定为 1 级, N 小于 512 大于 256 时, 定为 2 级, N 小于 256 时, 为 3 级, 当 OLT 检测到的负载级变化时, 则通知所有 ONU 改变申请时隙周期.

在 ONU 端, 当处于级 1 时, 申请时隙根据 ONU 的 ID 来固定分配, 处于级 2 和 3 时, ONU 由事先产生的均匀分布随机数来决定在哪一个申请微时隙来发送排队信息. 在 OLT 端, 接收到来自 ONU 的申请后, MAC 控制器按照均匀间隔的原则, 在往返时延内(700 个时隙)内分配, 这样做主要是为了减少信元扎堆现象, 降低信元流畸变, 与 ATM 的 CAC 和 UPC 策略相配合^[7]. 当检测到在某一申请微时隙有碰撞发生, OLT 立即通过下行 PLOAM 单元广播给所有 ONU 发生碰撞的时隙, 这样相应的 ONU 就能知道碰撞的发生, 尝试在下一申请周期再次发送, 直至成功.

虽然考虑的是非实时业务, 它们对时延的要求较低, 但是, 如果能改善这类业务的时延性能, 也是大有裨益的, 首先, 诸如 Voice over IP 之类的 ABR 业务性能会随着时延性能的改变而改善, 其次, 信元时延的减少也会对缓存器的容量要求降低(在相同的信元丢弃率的情况下). 当激活的 ONU 较多时, 申请时隙采用固定分配, 此时其周期较长, 部分信元的时延值较大, 反映在时延曲线上是有一个较长的拖尾, 但是能保证吞吐量, 当激活的 ONU 较少时(在实际的系统中在大部分时间里只有少部分 ONU 是激活的), 采用随机接入的办法, 申请时隙的周期较小, 如果选择合适的参数, 可以改善时延性能.

4 时延性能评估

带宽分配算法的性能将通过计算机仿真来研究. 考虑的信元流模型是这样的, 研究对象由一个 ON/OFF 源产生信元流, 其均值/峰值/突发长度参数为 10/40/300, 背景信元流为均匀分布的泊松流, 考虑到计算能力, 只模拟部分 ONU. 图 3 给出的三条曲线分别对应的系统总负载均为 0.6, 曲线 1(标记: o)对应激活的 ONU 数目为 1000, 曲线 2(标记: v)对应激活的 ONU 数目为 400, 曲线 3(标记: t)对应激活的 ONU 数目为 100. 由图中可知在相同负载的情况下, 由于固定申请时隙周期数的减少, 曲线 2 和曲线 3 的时延性能都有所提高, 曲线 1、2、3 位于 10^{-5} 分位点的时延值分别为 7500、5500 和 2500 时隙. 曲线 1 实际上是申请时隙为固定分配时的时延, 自适应算法中的申请周期随着激活 ONU 的减少而降低, 并且由固定分配转为随机接入, 时延值也能进一步降低(曲线 2、3), 表明了算法的有效性.

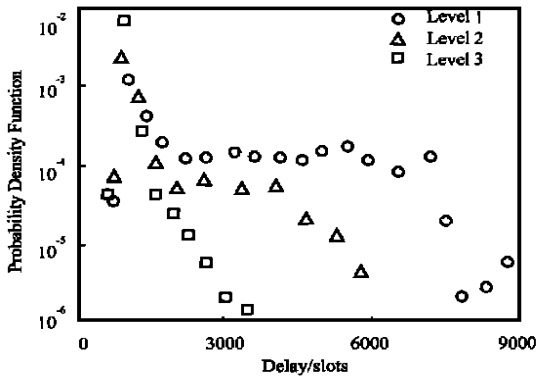


图 3 ON/OFF 流: 接入时延的概率密度函数(负载 0.16)

5 结论

带宽分配算法对整个系统的性能有重要的影响。带宽申请信道的接入, 固定分配能保证高负载时的吞吐量, 随机接入则可改善低负载时的时延性能, 本文给出的针对非实时业务的带宽分配算法自适应于系统负载状况, 申请时隙在固定分配和随机接入间切换, 既能保障高负载时的吞吐量, 低负载时又能获得良好的信元时延特性, 这将提高尽力服务类型或 ABR 业务流的性能。

参考文献:

- [1] 韦乐平. 面向 21 世纪的宽带接入技术))) 以 ATM 为基础的无源光网络 [J]. 电信科学, 1998(7): 1- 5.
- [2] W. Verbiest, G. V. Der Plas, D. J. G. Mestdagh. FITL and B-ISDN: A marriage with a future [J]. IEEE Communications Magazine. June 1993: 60- 65.

- [3] ITUT Recommendation: G. 983. 1. Broadband Optical Access Systems Based on Passive Optical Networks (PON) [S]. Oct., 1998.
- [4] J. D. Angelopoulos, N. I. Lepidas, E. K. Frangouloupoulos, I. S. Venieris. TDMA multiplexing of ATM cells in a residential access superPON [J]. IEEE J. Select Areas in Commun., 1998, 16(7): 1123- 1131.
- [5] J.A. Quayle. A review of passive optical network media access control protocols and their application to advanced passive optical networks [J]. Int. J. Optoelectron., 1995, 10(1): 1- 7.
- [6] J.D. Angelopoulos, J. Koulouris. Control of ATM accessing superPONs [A]. IEEE Symp. Computer and Commun [C]. Alexandria, Egypt, 1997: 584- 588.
- [7] J. D. Angelopoulos, J. S. Venieris, E. N. Protonotarios. A transparent MAC method for bandwidth sharing and CDV control at the ATM layer of passive optical networks [J]. J. Lightwave Technol., 1996, 14(12): 2625- 2635.

作者简介:



池 颢 1972 年 11 月生, 1994 年和 1997 年分别从西安交通大学应用物理系和浙江大学光电系获得理学学士和工学硕士学位, 1997 年在中国联通浙江分公司任职, 现为浙江大学信息与电子工程学系电子科学与技术专业博士研究生, 主要研究兴趣包括宽带光网络、光接入技术以及光纤光栅在通信和传感中的应用, 至今已发表十余

篇论文。

章献民 1965 年 12 月生, 1987 年毕业于浙江大学信息与电子工程学系, 1992 年获博士学位, 现为浙江大学信息学院教授, 电子信息技术与系统研究所副所长。目前主要研究方向为光网络与光通信。