

基于GMPLS的光突发交换的研究

杨松¹, 程亮², 胡钢¹

(1. 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; 2. 青岛有线电视网络中心 山东青岛 266071)

【摘要】基于通用多协议标签交换的光突发交换是目前网络发展趋势,而突发汇聚是它的非常关键的技术。利用通用多协议标签交换中的标签转发路径汇聚与信令协议(为适应光突发交换而有所修改)来实现突发汇聚,并对网络流量工程和数据的保护与恢复作了一些探讨。最后,给出基于通用多协议标签交换的光突发交换所带来的优势。

关键词 光突发交换; 通用多协议标签交换; 标签交换路径; 突发汇聚

中图分类号 TN929.11 **文献标识码** A

Research of the OBS Based on the GMPLS

Yang Song¹, Cheng Liang², Hu Gang¹

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

2. Qingdao CATV Shandong Qingdao 266071)

Abstract The OBS based on the GMPLS is the trend of current network. The Burst Assembly is the key technology of the OBS based on the GMPLS. It decides whether the whole network can be realized. This paper tells us how to realize the burst assembly by LSP assembly and some GMPLS protocols. In the end, give us that the OBS based on the GMPLS not only resolves the limitations of OBS, but also gives us some new merits.

Key words optical burst switching; generalized multi protocol label switching; label switch path; burst assembly

在光突发交换(Optical Burst Switching, OBS)中,交换的带宽粒度介于一个波长带宽和一个分组传送所需带宽之间,比光线路交换带宽利用率高,又比光分组交换更贴近实用化。可以说, OBS结合了光线路交换和光分组交换两者的优点且克服了两者的部分缺点,是两者之间的平衡选择。然而, OBS也存在着不足之处,如OBS一般是基于逐跳的路由转发,因此计算仍然比较复杂,而且在这种情况下, OBS协议中的偏置时间难以得到高效的合理设置。另外, OBS难以支持流量工程,而且OBS网络在保护与恢复方面也存在着很多问题。

通用多协议标签交换(Generalized Multi Protocol Label Switching, GMPLS)是由多协议标签交换(Multi Protocol Label Switching, MPLS)发展起来的,它统一了开放式系统互联(Open System Interconnect, OSI)模型中的物理层、链路层、网络层的控制信令协议,简化了网络结构,代表着未来网络所采用技术的发展方向。最重要的是,基于GMPLS的光突发交换具有支持流量工程、支持服务质量(Quality of Service, QoS)及转发速度快等优点。本文讨论其原理与网络结构,并对其关键技术进行研究。

收稿日期: 2004-07-09

基金项目: 国家863计划资助项目(2002AA122021)

作者简介: 杨松(1973-),男,硕士生,主要从事光突发交换网络方面的研究。

1 基于GMPLS的光突发交换的原理与网络结构

基于GMPLS的OBS具有OBS的基本特点,如变长度的数据转发单元(突发包);控制信息(控制分组)与突发包以分离的波长传送;在传送路径上的各节点处,控制分组转换为电信号进行处理,而突发包则以光信号的形式透明通过。同时基于GMPLS的OBS又吸收GMPLS的思想,在IP层与光层都加上了能统一管理的标签,使网络结构简化,并使突发包传送更快。为了避免核心节点对光缓存的需求,OBS的一些控制协议如(Tell And Go, TAG)和(Just Enough Time, JET)等也仍然被采用。

图1和图2分别是基于GMPLS的OBS骨干网结构图和分层结构图。

图1中,边缘节点既是IP网络的一部分,要处理接入网送来的IP数据,又与核心节点组成的光网络相连,并生成在光网络中传送的突发包。基于GMPLS的OBS网络中的IP网络与光网络有统一的信令和协议,对控制平面来讲,IP网络与光网络是完全对等的,并采用统一的寻址机制(光设备被看作IP可寻址设备),光网络的拓扑对IP网络是完全可见的。IP网络和光网络都采用IP地址,IP层可直接对光层进行路由、流量等控制,从而统一了控制,避免了重复,简化了网络结构。

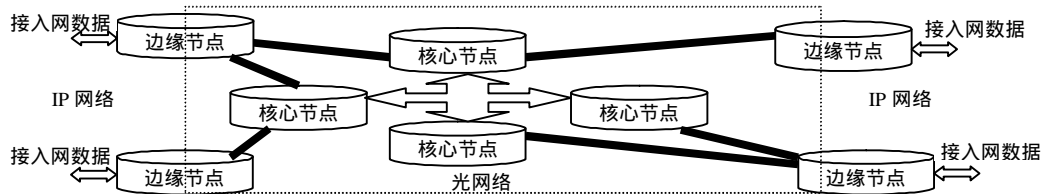


图1 基于GMPLS的OBS骨干网结构

图2中,接入网的数据进入边缘节点^[1],经拆帧后分析IP包的信息,然后加上由其目的地址与优先级等确定转发等效类(Forwarding Equivalence Class, FEC)所绑定的标签,此标签一旦加上,数据传送路径也就由事先确定好的标签转发路径(Label Switch Path, LSP)所确定,此时的LSP是分组交换的LSP。然后数据根据LSP汇聚与突发包生成算法生成突发包。突发包生成后,先发送此突发包的控制信息(Burst Head Packet, BHP)。BHP包含波长交换标签,该标签与光层的LSP相对应。在BHP发出后,突发数据包以整个LSP上处理BHP的时间作为偏移时间,由于边缘节点是源路由的起点,对网络拓扑很了解,在建立LSP时就可以很容易地确定偏移时间。偏移时间确定后,数据就可以发出。GMPLS由于以标签作光交换的控制信息,且QoS的实现也可不由增加偏移时间来实现,另外,GMPLS中的建议标签可大大缩短偏移时间^[2],因此偏移时间的设置就变得更容易,网络资源也可以得到更有效的利用。BHP头经控制信道传到核心节点的控制单元(光电转换后),控制单元根据BHP中的标签信息接通对应的光开关,并由标签转发表中的新标签替换原BHP中的标签生成新的BHP传送到下一个核心节点(图2中假设为只有一个核心节点),数据则在核心节点中不经处理而直接由光路通过。当数据到达目的边缘节点后,经帧分解、突发包分解后,就得到加标签的IP分组,由该标签,边缘节点得到IP包对应目的节点所在接入网的对应端口,把数据加上帧头由此端口送出。

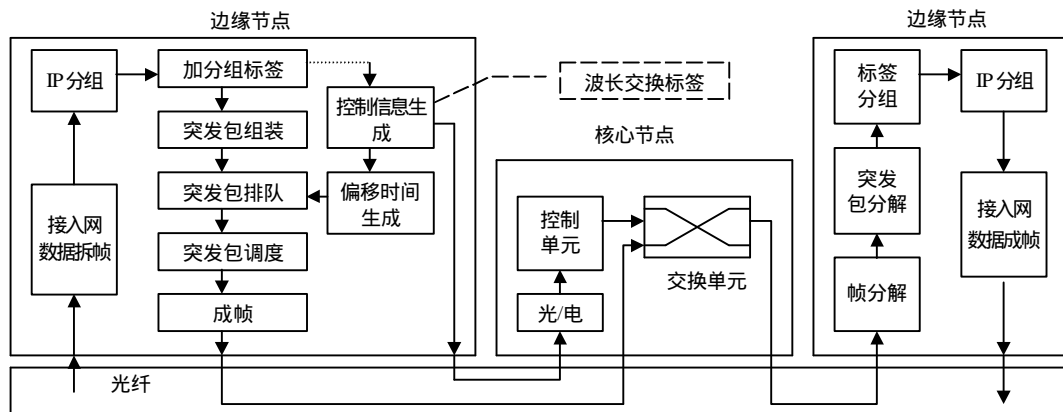


图2 基于GMPLS的光突发交换的分层结构

2 突发汇聚的实现

2.1 GMPLS的LSP的建立^[3]

GMPLS的信令协议有 (Constraint-based Routed Label Distribution Protocol, CR-LDP) 与 (Resource Reservation Protocol-Traffic Engineering, RSVP-TE) 两种, 本文以CR-LDP为例。图3中边缘节点A判断要建立由A到I的LSP, 则通过一些流量信息或网络管理信息知道要建立A, B, H, I的LSP。A向B发出一个请求消息(label request), 包含显示路径 (B, H, I)及其他信息, 如转发等效类FEC、LSP的标识、可选的流量工程信息和LSP的优先级信息等, 因而LSP一旦建立, 本身就可能包含了优先级及流量工程的信息。B收到请求消息, 沿消息所指定的路径发送请求消息, 修改显示路径为(H, I)。H的操作与前面B的操作类似。I收到请求消息, 判断出它是LSP的出口, 为此LSP预留了资源, 分配标签, 建立转发表, 把标签通过回应消息(mapping request)发出给H。H收到回应消息, 通过请求消息和回应消息都包含的LSP ID匹配到原来的请求, 分配标签, 建立转发表, 并将新的标签通过回应消息发给B。B的操作与前面H的操作类似。A的操作也与前面H的操作类似, 只是不用新分配标签转发。

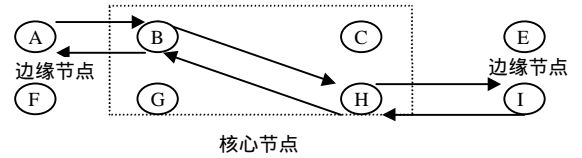


图3 LSP的建立

2.2 LSP汇聚与突发汇聚

LSP汇聚是指高层的LSP可汇聚到低层的LSP上^[4], 即IP分组LSP可汇聚到时分复用(Time Division Multiplexing, TDM)的LSP, TDM的LSP可汇聚到波长LSP, 波长LSP可汇聚到光纤LSP。突发汇聚则是同一边缘节点到同一目的边缘节点数据包的汇聚。在OBS中, 边缘节点一般是接收IP数据包, 而核心节点是光路的密集波分复用(Dense Wavelength Division Multiplexing, DWDM), 因而在OBS中应用GMPLS, 将IP数据包的LSP汇聚到光层的LSP是完全可行的, 具体的实现过程如图4。

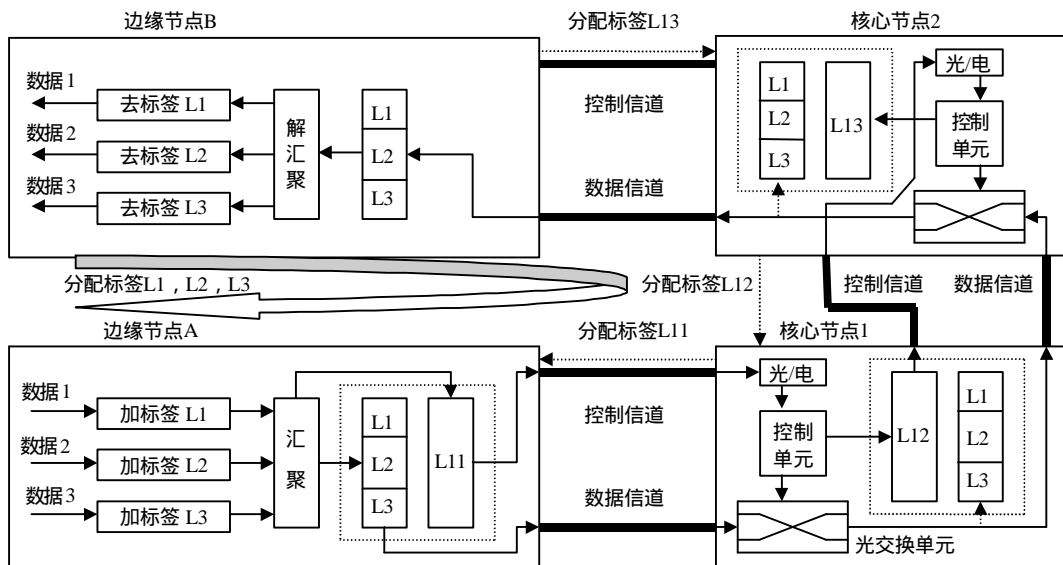


图4 突发汇聚的实现

图4中, L1, L2和L3是通过GMPLS信令协议建立分组LSP时由边缘节点B分配给边缘节点A的分组交换标签, 它们分别隐含以下LSP, 即(L1, L11, L12, L13), (L2, L11, L12, L13)和(L3, L11, L12, L13)。为了简便, 此处用标签代表所有LSP信息。L11是由核心节点1分配给边缘节点A的波长交换标签, 隐含一条波长LSP(L11, L12, L13); L12是核心节点2分配给核心节点1的标签, L13是边缘节点B分配给核心节点2的标签。在边缘节点A, 当IP包(数据1、数据2、数据3)来到后, 对它们分别加分组标签L1, L2, L3, 而边缘节点根据LSP信息发现它们都是到同一目的边缘节点B去的, 再由光层的LSP信息把它们汇聚起来, 按照突

发汇聚的规则^[5],在达到最大长度或最大时间后,往突发包的BHP里加上标签L11送往核心节点1,等待偏移时间后,L1,L2,L3则与数据一起传送到核心节点1。图4中的标签汇聚是为了直观而画在一起的,而一般的LSP汇聚都采用标签栈。但是在光突发中,光层的控制信息与数据是分开传送的,就没有必要再用标签栈,只需把原来的栈顶标签送到BHP即可。核心节点1根据标签转发表与收到的BHP中的标签,知道该把数据送往核心节点2,则接通相应的光开关,同时把BHP中的标签换成L12送往核心节点2,随后来的数据也直接送往核心节点2。核心节点2的数据处理与核心节点1类似。当数据到达边缘节点B时,B判断出它是光层LSP的终端,则解开收到的突发包,再根据IP层的分组交换标签分配表确定数据的去向并送出。

2.3 标签分配表与标签的更改

实现突发汇聚的首要条件是数据去往同一边缘节点,在传统的标签分配表中只有目的节点的地址前缀、标签、端口信息,因此利用通常的标签分配表是不能完成汇聚的。基于GMPLS的OBS网络的边缘节点是源路由的起点(GMPLS都采用源路由),边缘节点拥有足够的网络拓扑信息,从而在标签分配表中增加一项信息,即出标签所对应的目的边缘节点地址前缀。汇聚时,根据更改后的标签分配表,只要知道标签及出端口就能知道数据的目的边缘节点,再根据优先级等其他信息,数据就可去往该去的突发包实现汇聚。

突发汇聚组包的完成,一是时间达到要求值,二是长度达到要求值。在GMPLS中包的信息都来自标签,而传统的标签主要完成数据的交换,不包含包的长度信息,所以标签(IP层的标签)需要增加一项长度信息,使汇聚时方便地获得长度信息,从而完成汇聚。

为了使偏移时间能够精确确定,建立LSP时还要对回应消息(Mapping Request)进行修改,添加一项本节点处理BHP的时间,这样,边缘节点只需把这一项相加就可得到较精确的偏移时间。

3 流量工程与数据的恢复和保护^[6,7]

在基于GMPLS的OBS中,利用边缘节点的GMPLS显示路由LSP的建立来控制业务流量的方向,同时也需要扩展的开放式最短路径优先(Open Shortest Path First, OSPF)协议来获得更多的网络资源信息,包括光网络中的波长,甚至光纤的状态,从而支持不同粒度等级的流的快速交换和高效的流量工程。流量工程一般有在线模式和离线模式两种实现方法,在线模式使用路由/信令协议通过基于受限的路由算法实现在线路径计算;离线模式从整个网络资源使用的最优化来考虑流量工程的实现。离线方式是一个长期的用来实现网络资源整体最优化的方案;在线方式仅考虑资源的子集,它能够动态地跟随流量变化。一个有效的流量工程策略必须满足对短期的流量变化作出反应和优化网络资源的利用两个必要条件,即对短期的流量变化作出反应和优化网络资源的利用。因此,一个好的解决方案是二者相结合的途径,即通过离线的方式来实现长期的(例如,每天,每周)整体最优化;并且在两个整体最优化之间可以通过在线方式实现局部最优化。

数据的恢复和保护是利用GMPLS的信令协议(RSVP-TE或CR-LDP)与链路管理层协议来完成的。恢复和保护都分为复用段层保护和通道层保护。复用段层的保护和恢复一般是在相邻两个节点之间的链路上提供,而通道层保护和恢复则在一条光路径上提供,光路径可由若干网络节点构成。

4 结束语

由上可见,基于GMPLS的OBS不但是可行的,而且为网络提供了一个统一的管理平面,使网络具有很好的扩展性,网络管理也变得十分简单。同时基于GMPLS的OBS不但能提供较好的偏移时间的设置,流量工程,以及数据的恢复与保护,还具有以下优点:

1) 由于GMPLS实行显示路由,可以很方便地进行基于约束的QoS算法,而且LSP本身也可包含优先级信息,因而可实现各种级别的QoS。

2) 由于各层使用统一的信令,从而可以对各层统一地进行控制。所以只要在同一GMPLS的网络接口上,都可实现向客户终端设备提供虚拟专用网(Virtual Private Network, VPN)功能,减少用户端设备间连接的配置负担,并提供连接安全性。

基于GMPLS的OBS拥有OBS与GMPSL的共同优点,非常符合通信网的发展趋势。

参 考 文 献

- [1] 于金辉, 范戈. 光突发交换技术[J]. 光通信技术, 2002, 26(5): 38-40
- [2] Berger L. Generalized multi-protocol label switching (GMPLS) signaling functional description.rfc3471[DB/OL]. www.ietf.org, 2003-01-15
- [3] Berger L. Generalized Multi-Protocol Label Switching (GMPLS) Signaling Constraint-based Routed Label Distribution Protocol (CR-LDP) Extensions. rfc3472[DB/OL]. www.ietf.org, 2003-01-15
- [4] 吴伟. 多协议标签交换[M]. 北京: 清华大学出版社, 2002
- [5] 陈俊峰, 李新琬, 吴龟灵, 等. 光突发交换网络的突发包组装和调度[J]. 光通信技术, 2003, 27(2): 11-14
- [6] 张骞, 庞湘绮, 文爱军. 基于GMPLS的新一代网络流量工程[J]. 计算机网络世界, 2003, 12(3): 71-73
- [7] 司昕, 施杜平, 罗忠生. 基于GMPLS的光网络保护和恢复机制[J]. 高技术通讯, 2003, 13(9): 10-15

编辑 熊思亮

(上接第693页)

4 总 结

ISP算法是一种高效、公平、简单的交换仲裁算法。通过理论分析和电路综合仿真结果可以发现ISP算法在轻负荷和端口数较小的情况下是目前所有同类算法中性能最优的算法。本文设计方案调度模块中每片FPGA分别处理并输出4路数据, 即有4个输入/输出端口, 符合端口数小的条件, 适合使用ISP算法。

参 考 文 献

- [1] 罗洪斌, 胡钢, 李乐民. 光突发网络边缘节点突发排队方案[J]. 电子科技大学学报, 2003, 32(3): 289-291
- [2] 孙志刚, 苏金树, 卢锡城. 高效的crossbar仲裁算法—ISP[J]. 计算机学报, 2000, 23(10): 1 078-1 082
- [3] 彭来献, 郑少仁. 基于iSL IP算法的高速Crossbar调度器的FPGA设计与实现[J]. 解放军理工大学学报, 2001, 2[6]: 32-36

编辑 熊思亮

(上接第696页)

参 考 文 献

- [1] AS1773, Fiber optics Mechanization of a Digital Time Division Command Response/Multiplex Data Bus[S]. Washington, SAE, 1995
- [2] Su Chao, Chen Liankuan, Cheung Kwokwai. Theory of burst-mode receiver and its applications in optical multi-access networks[J]. Journal of Lightwave Technology, 1997, 15 (4): 589-606
- [3] Yusuke O, Robert G S. High-speed burst-mode packet-capable optical receiver and instant aneous clock recovery for optical bus operation[J]. Journal of Lightwave Technology, 1994, 12 (2): 325-330
- [4] Topliss S, Beler D, Altwegg L. Synchronization for passive optical networks[J]. Journal of Lightwave Technology, 1995, 13 (5): 947-953

编辑 熊思亮