

# 光突发交换边缘路由器性能分析\*

吴龟灵 李新琬 陈俊峰 陈建平

(上海交通大学“区域光纤通信网与新型光通信系统”国家重点实验室,上海 200030)

**摘要** 本文详细分析了各种因素对光突发交换边缘路由器的性能的影响. 结果显示,不同服务等级的时延要求可以通过控制组装的最大时延得以保证;不同等级数据包长的大范围变动会导致信道分配的不公平性;边缘节点越多,丢包率越高;在总输出容量一定的情况下,增加输出数据信道数可以在获得低的丢包率的同时达到较高的通道利用率,但随着边缘节点数的增加,增加输出信道数对丢包率的改善作用下降.

**关键词** 光突发交换;边缘路由器;组装和调度;IP over WDM

**中图分类号** TN929.11 **文献标识码** A

## 0 引言

在 INTERNET 的迅猛增长和光通信技术发展的双重刺激下,传统光网络正朝着面向 IP 业务的更灵活、更可靠和成本更低的新一代光网络方向发展<sup>[1]</sup>. 光突发交换(OBS—Optical Burst Switching)具有单向预留、数据分组和控制分组的分离、中等颗粒及非时隙交换等特点<sup>[2-4]</sup>. 这些特点使 OBS 能充分发挥现有的光子技术和电子技术的特长,在获得较高带宽利用率的同时降低了对光子器件的要求和中间交换节点的复杂度. 因此,被认为是实现下一代光网络的最有前途的方案之一.

边缘路由器是 OBS 网络的关键之一. 其性能直接关系到整个 OBS 网络的性能,如时延,丢包率

等. 本文研究突发分组的组装和通道调度机制、输入流量形状、CoS 业务的最大组装时延、网络中边缘节点的数目以及输出信道的配置等因素对边缘路由器性能的影响.

## 1 边缘路由器

### 1.1 功能结构

OBS 边缘路由器的功能结构如图 1,包括发送、接受两个部分. 发送部分将用户数据分类、组装成突发数据包(BDP-Burst Data Packet),由调度模块为 BDP 和控制分组(BHP- Burst Head Packet)分配光通道和传输时隙;发送模块根据调度结果发送 BHP 和 BDP. 接受部分根据 BHP 中的信息接受 BDP 并将其拆卸成原来的用户数据包. 然后,根据用户数

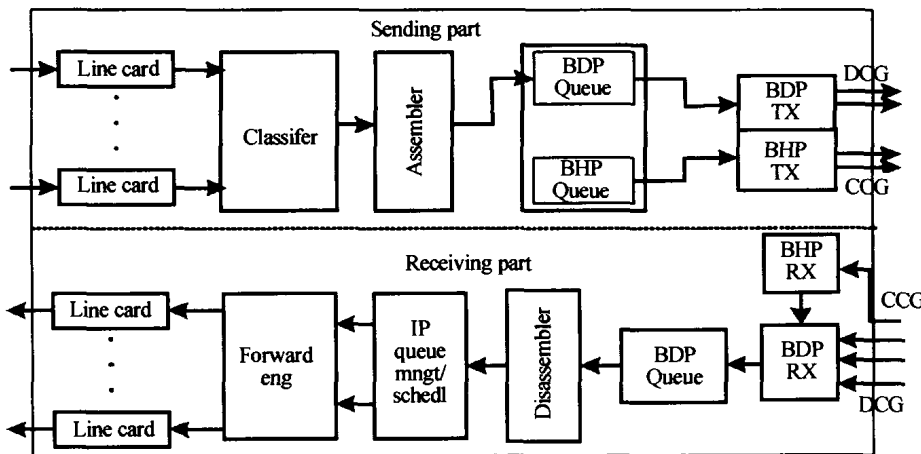


图1 边缘节点功能结构示意图  
Fig. 1 Functional architecture of OBS edge routers

据包包头信息将其发送到其他子网或终端用户.

### 1.2 组装和通道调度机制

组装包括分类和装配两个子过程. 为便于实现对区分服务的支持,采用基于目的边缘路由器地址和 QoS 要求的业务分类方法. 装配过程采用基于时间和包长的联合装配算法<sup>[5]</sup>. 其中定义了最大组装时延和最大包长两个参数. 当数据包组装过程的等待时延到达最大组装时延或数据包的总包长大于最

\*国家自然科学基金(No. 90204006, No. 60377013)、国家 863 计划(No. 2001AA122074, No. 2002AA122022)、上海市科委(No. 012261022, No. 022261001)基金资助  
Tel: 021-62933302 Email: ibpwugl@sohu.com  
收稿日期: 2004-01-12

大包长时,完成一个突发数据包的组装. 为了避免控制信道和核心节点出现拥塞,规定了一个最小包长<sup>[4]</sup>. 具体组装过程如下:

1) 一个用户数据包进入 OBS 边缘路由器时,先将其网络目的地址映射到出口边缘路由器地址,并根据其 QoS 要求确定其 CoS. 然后根据其出口边缘路由器的地址和 CoS 将其放入对应的缓存,若前一 BDP 还没组装完成,将用户数据包加入该 BDP,更新包长;如前一 BDP 已组装完成,开始一个新的组装过程,启动定时器.

2) 当定时器或包长到达阈值时,完成一个 BDP 的组装,若 BDP 长度小于最小包长将其填充至最小包长.

3) 定时器清零,等待新的用户数据包,返回1).

目前主要有两种通道调度算法:LAUC (latest available unscheduled channel) 和 LAUC-VF (Latest Available Unused Channel with Void Filling)<sup>[4,6]</sup>. LAUC-VF 通过利用分组间未使用的间隙可获得更高的带宽利用率. 边缘节点采用电缓存,容量可以相当的大. 突发分组主要是因为时延要求得不到满足而丢包. 因此,文中采用带时延优先级的 LAUC-VF 调度算法. 时延要求越高的业务,优先级越高.

## 2 模拟分析

我们对具有 32 个 622 Mb/s 输入通道的边缘路由器进行了模拟分析. 共有 3 类输入数据包:CoS1、CoS 2 和 CoS 3. 它们在边缘路由器中的最大时延分别为 1 s、0.01 s、0.001 s. 业务量之比为 5:4:1. 输入数据均匀分布到各出口边缘路由器上. 网络的最大跳数为 5. 最大 Burst 长度为 1 Mb,最小 Burst 长度为 500 bytes. 每条输入信道上的自相似通信量由 128 个具有 Pareto 分布的 ON/OFF 信号源合成<sup>[7,8]</sup>.

### 2.1 组装时延与丢包率

图 2 为不同最大组装时延的业务组合下,丢包率与输入负载之间的关系. 输入流的 Hurst 参数  $H = 0.9$ ,输出为 8 个 2.5 Gb/s 数据通道和一个 2.5 Gb/s 控制通道,边缘节点数为 16. 图中给出的是 CoS 3 类业务的丢包率,CoS 1、CoS 2 的丢包率均“零”(共模拟了  $10^7$  个突发包). 由图可见,CoS 1 的组装时延增大时,CoS 3 的丢包率显著增加. 这是由于大的 CoS 1 组装时延组装出更长的 CoS 1 突发包,增加了 CoS 1 业务在信道分配上的优势,从而造成具有高时延要求的 CoS 3 业务丢包率的增加. 由图中 b、c 曲线可见,CoS 3 业务的组装时延增加时,CoS 3 的丢包率也增加. 突发包在边缘节点的时延包括组装和调度两个部分. 组装时延增加一方面使

CoS 3 业务的平均包长增大,在信道分配上的竞争力增强;另一方面却使调度时延减小(总的时延一定),丢包率增加. 由于 CoS 3 业务总的时延很小,组装时延的增加反而引起了由于调度时延的减小而导致的丢包率增加. 这表明:要合理的分配组装时延和调度时延.

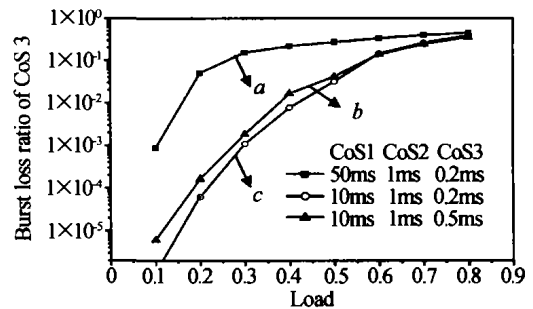


图 2 不同等级业务的组装时延与丢包率的关系  
Fig. 2 Relationship between burst loss ration and assembly time of services with different CoS

### 2.2 边缘节点数与丢包率

图 3 为输入负载分别为 0.4、0.6、0.8 时,丢包率与边缘节点数的关系. CoS 1、2、3 的最大组装时间分别为 10 ms、1 ms、0.2 ms,其它参数同上. 可见,在三种负载下,丢包率先随边缘节点数的增加而增加,然后,又缓慢下降. 这是因为:一方面,边缘节点数增加,组装队列数也增加,同时组装完成的突发包的数目增加,冲突的概率的也就增加. 另一方面,边缘节点数的增加减少了到每一个边缘节点的业务的数据量. 在输入数据均匀分布到各出口边缘节点的情况下,不同等级业务间包长的绝对差距减小,从而增加了信道分配的公平性,降低了丢包率. 边缘节点数越多,这种作用越强,其极限就是完全公平的逐比特调度. 另外,由图可见,负载为 0.4 时,丢包率在开始阶段增加的非常大,随着负载的增加,丢包率增加的幅度逐渐下降.

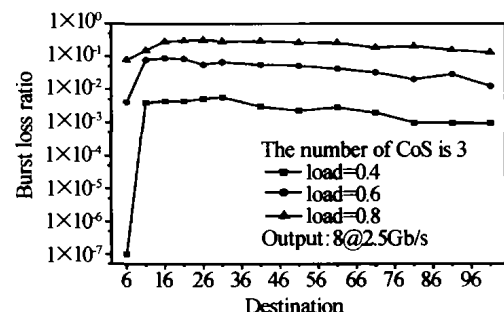


图 3 负载为 0.4、0.6、0.8 时丢包率与边缘节点数的关系  
Fig. 3 Burst loss ration vs. the number of edge routers for load 0.4、0.6、0.8

### 2.3 输出信道配置与丢包率

图 4 为边缘节点的数目分别为 6 和 16,输出信道数分别为 2、8、20,每个信道的速率分别为 10 Gb/s、2.5 Gb/s、1 Gb/s 时,丢包率与负载的关系,其它参数与如图 2 中相同. 由图可见,在总的输出容量一

定(20 Gb/s)时,对小规模的网络(边缘节点数少)来说,随着输出信道数的增加,丢包率显著下降.这是因为输出信道数越多,并行输出能力越强,超时引起的丢包也就越少.由图4(b)可见,边缘节点的数较多时,增加输出信道数对丢包率的改善作用下降

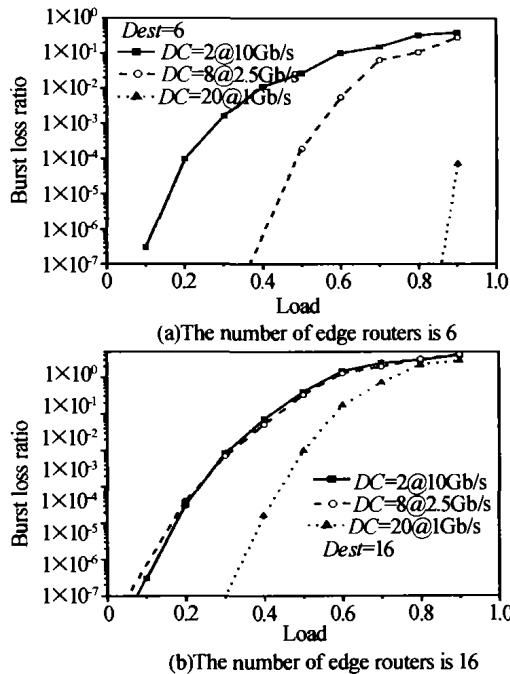


图4 输出信道配置对丢包率的影响

Fig. 4 The effects of the setup of output channels on burst loss ratio

### 3 结论

本文研究了光突发交换中的边缘路由器的性能,通过网络自相似流量模型仿真边缘路由器的突发数据包组装、调度和发送过程,分析了输入流量的特性、CoS 业务的最大组装时延、网络中边缘节点的数目以及输出信道的配置等对边缘节点性能的影响.结果表明:采用 LAUC-VF 调度算法时,不同等级数据包长的大范围变动会导致信道分配的不公平性.随着边缘节点的增加,大量并行输出队列会引起信道竞争的加剧,造成高的丢包率和低的通道利用率;对于边缘节点数较少的网络,在保持总输出容量一定的情况下,通过增加边缘节点的输出数据信道

数,可以在获得低的丢包率的同时达到较高的通道利用率,明显改善边缘节点的性能.但对于有大量边缘节点的 OBS 网络来说,增加输出信道数对丢包率的改善作用下降.若保持总输出容量恒定,则增加输出数据信道数的范围和效果有限.若不限总输出容量虽然可以取得较低的丢包率,但通道利用率将明显下降.边缘节点数的增加造成的 OBS 网络性能的劣化限制了 OBS 网络的规模,并弱化 WDM 的效果.此外,输出数据信道数增加,实现成本和复杂度也随之增加.适于大量边缘节点的组装和调度机制将是 OBS 用于大规模网络时要解决的关键问题之一.

### 参考文献

- 1 Yao S, Mukherjee B, Dixit S. Advances in photonic packet switching: an overview. *IEEE Communications*, 2000, **38** (2): 84 ~ 94
- 2 Qiao C, Yoo M. Optical burst switching (OBS)-a new paradigm for an optical internet. *J High Speed Networks (JHSN)*, 1999, **8** (1): 69 ~ 84
- 3 Xiong Yijun, Vandenhoute M, Cankaya H C. Control architecture in optical burst switched WDM networks. *IEEE Journal on Selected Areas in Communications*, 2000, **18**(10): 1838 ~ 1851
- 4 Yu Jinhui, Fan Ge. Modified just-in-time signaling protocol for WDM optical burst switching networks. *Acta Photonica Sinica*, 2002, **31**(8): 954 ~ 959
- 5 Oh Se-yoon, Kang Mincho. A burst assembly algorithm in optical burst switching networks. *OFC2002*, 771 ~ 773
- 6 Yang Mei, Zheng S Q, Verchere D A. QoS supporting scheduling algorithm for optical burst switching DWDM networks, *Global Telecommunications Conference, GLOBECOM'01. IEEE*, 2001, (1): 86 ~ 91
- 7 Wu Guiling, Li Xinwang, Chen Junfeng, et al. Burst assembly and scheduling mechanism for optical burst switching networks. *SPIE*, 2002, **4910**: 318 ~ 323
- 8 张帆, 张民, 等. 自相似业务下光缓存设计. *光子学报*, 2002, **31**(4): 425 ~ 428  
Zhang F, Zhang M, et al. *Acta Photonica Sinica*, 2002, **31** (4): 425 ~ 428

## Performance Analysis of Edge Routers for Optical Burst Switching Networking

Wu Guiling, Li Xinwang, Chen Junfeng, Chen Jianping

*The State Key Laboratory on Fiber-optic Local Area Communication Networks and Advanced Optical Communication Systems,  
Shanghai Jiaotong University, Shanghai 200030*

Received date: 2004-01-12

**Abstract** The effects of various factors on the performances of edge routers are analyzed in details. The results show that the delay requirement of different class of services can be satisfied by controlling the relative maximum assembly delay. Large burst size variation may lead to unfair in channel assignment. The more the number of edge routers in the OBS networks is, the higher Burst loss rate is. Low burst loss rate and high efficient can be achieved by increasing the number of output channels while the total capacity is invariable. However, the effect is degraded with the increase of the number of edge routers in the OBS networks.

**Keywords** Optical burst switching; Edge router; Assembly and scheduling; IP over WDM



**Wu Guiling** received his B. S. degree from Haerbing Institute of Technology in China in 1995, and obtained his M. S. and Ph. D. degrees in opt-electrical engineering from Huazhong University of Science and Technology in China in 1998 and 2001, respectively. Now he is in the State Key Laboratory on Fiber-optic Local Area Communication Networks and Advanced Optical Communication Systems, Shanghai Jiaotong University, China. His research interests focus on optical burst switching, MPLS, WDM optical networks.