

文章编号: 1001-3806(2015)01-0129-06

OBS 考虑优先级的突发包碎片可控合并重传算法

陈荷荷

(温州职业技术学院 电子电气工程系, 温州 325000)

摘要: 为了降低光突发交换网络中突发包的丢失率、降低网络路径的阻塞率、减小突发包冲突的概率, 提出了考虑优先级的突发包碎片可控合并重传算法。当网络中数据通信发生冲突时, 该算法能根据优先级进行突发包的分片, 核心节点将这一信息反馈给边缘节点, 边缘节点根据突发碎片的优先级以一定的概率重传被丢弃的突发包分片; 同时, 针对由于多次重传导致的突发包碎片过多的问题, 该算法还按照突发包碎片的优先级顺序进行碎片重组, 大大降低了网络的阻塞率。结果表明, 相比以往的冲突解决算法, 此算法在网络业务繁忙时的数据丢比特率和网络阻塞率方面的改善作用有比较明显的优势。这一结果对光突发交换网络的性能改善方面是有帮助的。

关键词: 光通信; 光突发交换; 重传算法; 重组; 阻塞率

中图分类号: TN929.11 **文献标志码:** A **doi:** 10.7510/jgjs.issn.1001-3806.2015.01.026

Burst segment recombination and controllable retransmission algorithm based on priority in OBS networks

CHEN Hehe

(Department of Electronic and Electrical Engineering, Wenzhou Vocational and Technical College, Wenzhou 325000, China)

Abstract: In order to decrease the byte loss probability, guarantee lower path blocking probability and reduce burst contention of optical burst switching(OBS) networks, a novel burst-segment recombination and controllable retransmission algorithm based on priority in OBS networks was proposed. When the burst contention occurred, the algorithm could divide the burst according to the quality of service, the core node would send the feedback information to the edge node and the edge node would combine the segmentation according to the priority and retransmit the recombined burst with different probability to improve the performance of OBS networks. The design and calibration were verified by simulation results. Compared with the conventional contention control algorithms, the scheme could obviously reduce the path blocking probability and decrease the byte loss probability especially when the network was extremely busy. The study has an important reference on the improvement of OBS networks.

Key words: optical communication; optical burst switching; retransmission algorithm; recombination; blocking probability

引 言

伴随着密集波分复用(dense wavelength division multiplexing, DWDM)技术的发展^[1-2], 单根光纤的传播速度已经达到了 Tbit/s 级, 光纤通信已然成为未来全光网络通信技术的主要载体。而光交换技术作为全光网络通信的一个关键技术, 越来越受到

国内外很多研究机构和学者的高度重视, 已经成为现代光网络研究的一个重要领域^[3]。目前较主流的光交换技术主要有以下 3 种方案: 光电路交换(optical circuit switching, OCS)、光分组交换(optical packet switching, OPS)和光突发交换(optical burst switching, OBS)^[4]。OCS 技术是一种面向连接的交换方式, 其交换粒度大, 带宽利用率不高, 并不是现在主流的光交换技术。OPS 技术实一种不面向连接的交换方式, 在进行数据传输前不需要建立路由、分配资源, 相比 OCS, OPS 技术具有很高的资源利用率和较强的适应突发数据的能力, 但是它对光器件的要求非常高, 多个分组的精确同步的技术难点实现

基金项目: 浙江省教育厅科研资助项目(Y201330176)

作者简介: 陈荷荷(1985-), 女, 硕士, 讲师, 现主要从事光突发交换网络、激光技术的研究。

E-mail: chenhehe626@126.com

收稿日期: 2014-01-24; 收到修改稿日期: 2014-04-11

比较困难。

QIAO 等人提出了一种全新的光交换技术 OBS,作为 OCS 到 OPS 的过渡技术,OBS 技术结合了两者的优点,交换粒度适中、难度适中、灵活性强、网络带宽资源利用率高,被誉为是未来光网络中最有前途的光交换技术^[4]。当网络中的数据到达边缘节点时,节点将数据按照一定的汇聚算法组装成一个突发数据包(burst data packet, BDP),并为此数据包产生一个突发控制分组(burst control packet, BCP),OBS 通过预先发送 BCP,来为数据包单向预留资源,从而使突发数据包能够透明地通过各个核心节点,提高了网络传送的效率^[5]。从 OBS 的传输原理可见,这种资源预留机制是单向的,当网络有多个边缘节点同时向某核心节点的同一端口、同一波长发送数据时,就有可能造成多个资源竞争同一条链路资源,从而造成了数据的冲突^[6]。如何降低丢包率、提高网络的性能,成为了目前光交换网络的研究热点。

作者在第一部分将详细介绍目前国内外对于如何降低突发包的丢包率问题的研究现状和存在的不足,进而提出新算法;在第二部分将对新算法模型进行详细的叙述并分析;在第三部分对新算法进行仿真验证,进而提出新算法在改善网络性能方面优于其它算法的证据;在第四部分对新算法进行总结。

1 算法背景

在 OBS 网络中,当网络资源发生竞争时,传统解决冲突的方法主要有光缓存法^[7]、波长转换法^[8]和偏射路由法^[9],这些方法在一定程度上能改善网络丢包率,但是各自仍有着无法弥补的缺点。另有学者提出,可将冲突的突发包丢弃,这种方法实现比较简单,但是它比较容易带来较大的丢包率。基于以上考虑,有研究者提出光组合突发交换技术(optical composite burst switching, OCBS)^[10],此算法考虑将突发包分段丢弃的策略,将冲突的数据包进行头尾分割,丢弃部分,这种方法能够降低网络的丢包率。但是研究发现,网络的负载有时候并不是平稳的,在某一时刻它负载非常重,这个时候采用突发包的分段丢弃策略,丢弃了大量的竞争包,但是在下一时刻,网络负载可能就比较轻,这样就浪费了网络资源,并且分段丢弃策略通常没有考虑到突发包的优先级,这样对于很多实际的基于服务质量(quality of service, QoS)的业务来讲是不利的^[11]。又有学者在

此基础上提出了一种基于优先级的先分割后缓存冲突解决算法(priority-based burst segmentation-optical buffer contention resolution, PBSCR)^[12],此算法考虑了突发包的优先级,将分割突发包进行光缓存处理,从而保证了高优先级突发包的低丢包率。但是这种算法引入了光缓存处理,使突发包碎片一直游离在网络路径中,极易造成网络路径的阻塞,使信道的利用率下降。还有学者提出了突发包丢弃并重传策略(burst abandon and retransmission, BAR),对于产生竞争的突发包采用丢弃之后,在中心节点会往突发包汇聚的边缘节点处发送一个确认字符信号,告知边缘节点该突发包已经被丢弃,与此同时边缘节点重新发送一个该突发包的副本,这种策略在一定程度上可以降低丢包率,但是此算法没有考虑业务的优先级等级,并且每次都采用重传整个突发包的方案,当网络负载比较大时,这种重传方案反而会增大冲突产生的概率,从而增大数据在核心节点的阻塞率,并且在一个支持 QoS 的 OBS 网络,并不需要重传所有的被丢弃的突发包^[13],这种算法使得网络传送数据的效率低下。在此基础上,作者提出了一种新型的考虑优先级的突发包碎片可控合并重调度算法(burst-segment recombination and controllable retransmission algorithm based on priority, BSRCR)。

2 BSRCR 算法介绍

2.1 BSRCR 算法模型

BSRCR 算法的模型如图 1 所示,当突发包在核心节点发生冲突时,根据突发包的优先级采用分段丢弃的策略,当分片结束后,目的核心节点会发送一个反馈信息给边缘汇聚节点。假设在某一时刻 T_i ,链路中有散落的 n 个突发包碎片,这些突发包碎片有自己的重传概率,分别为 $\alpha_{i1}, \alpha_{i2}, \dots, \alpha_{in}$ 。规定优先级较高的碎片的重传概率较高,这里假设 $\alpha_{i1} > \alpha_{i2} > \dots > \alpha_{in}$,即 1 号碎片的优先级最高,2 号碎片次

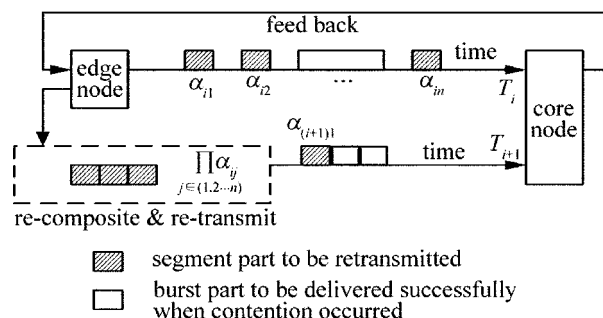


Fig. 1 Principle diagram of BSRCR

之, n 号碎片优先级最低。当网络业务较为繁忙时, 由于重传的碎片数目繁多, 就有可能造成网络通信的阻塞, 所以在边缘节点处, 设计一个突发包碎片重组机制, 此机制采用混合优先级的方式, 在组装时, 将优先级高的碎片尽量往中间靠, 优先级低的碎片依次往两边放, 这样能很好地保证高优先级业务的顺利通过, 并且也尽可能地保证低优先级的通过。

2.2 BSRCR 算法模型分析

由于基于突发包粒度的整包重传方案已经不适用于分段重传的描述方法, 在描述突发数据丢失率时, 采用字节丢失率 (byte-loss probability, BLP) 代替包丢失率作为衡量网络的性能指标。算法的流程图按照图 2 所示。

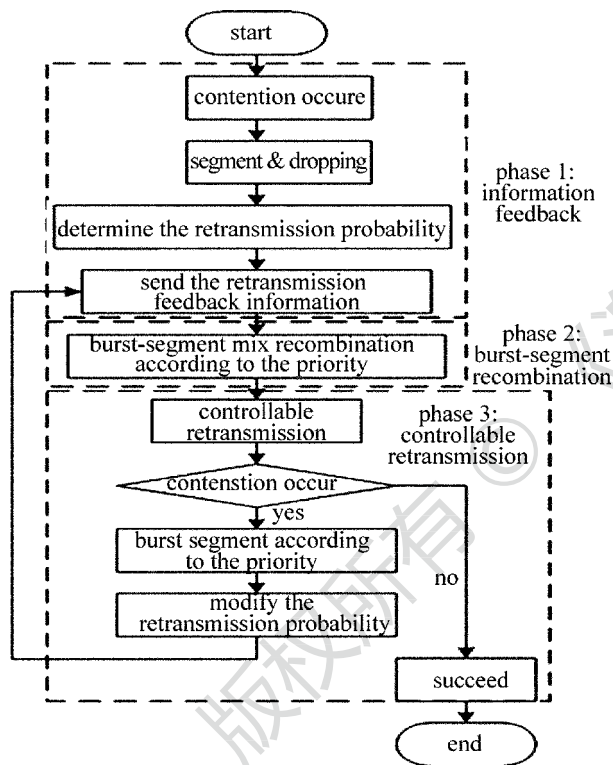


Fig. 2 Flow diagram of BSRCR

算法详细描述如下。

(1) 信息反馈阶段: 在时刻 T_i , 边缘节点向核心节点发送数据包时, 因为发生资源竞争, 采用突发包分片的策略, 优先级较高的突发包顺利传送到核心节点处, 优先级较低或者竞争无法处理的突发包碎片因此被丢弃, 这些突发包的碎片为 1 号, 2 号, ..., n 号突发包, 优先级按照数字的变大而降低。同时, 核心节点向边缘节点发送一个反馈信息, 要求边缘节点以一定的重传概率重传这些被丢弃的突发包碎片, 重传概率分别为 $\alpha_{i1}, \alpha_{i2}, \dots, \alpha_{in}$, 重传概率的设

定根据网络的业务拥挤程度和突发包的优先级综合决定, 通常优先级较高的, 重传概率较大。

(2) 突发包碎片重组阶段: 当边缘节点收到反馈信息, 得到的需要重传的突发包碎片过多时, 边缘节点就开始进行突发包碎片的重组。为了方便描述, 假设每次突发包碎片重组的个数最多 3 个, 优先级编号为 1, 2, 3, 其中, 1 号为最高优先级, 2 号为次高优先级, 3 号为最低优先级, 重传概率满足 $\alpha_{i0} > \alpha_{i1} > \alpha_{i2}$ 。为了保证高优先级业务的顺利重传, 在混合重组时, 将优先级高的突发包碎片放在中间, 优先级低得碎片放在两边, 即如图 3 所示的组包方式, 那么在时刻 T_{i+1} 重组包成功的概率为:

$$\beta_{i+1} = \sum_{j \in (0,1,2)} \prod \alpha_{ij} \quad (1)$$

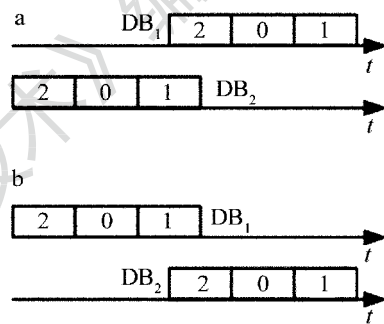


Fig. 3 Contention occurred when the recombinant burst retransmit

(3) 可控重传阶段: 假设重组包成功的突发包以概率 1 进行发送, 那么重组包在时刻 T_{i+1} 由边缘节点以概率 $\sum_{j \in (0,1,2)} \prod \alpha_{ij}$ 重新发送, 重发的情况如图 3 所示分情况讨论。当出现图 3a 所示时, 两个重组突发数据包 (data burst, DB) DB_1 和 DB_2 发生冲突, 那么将 DB_1 的尾部发生分片, 并根据它的重传概率进行重传。当发生如图 3b 中的情况, DB_2 的尾部发生分片, 并重传。

用 r 来表示网络中源节点和目的节点之间的一条最优路径, 用 $\eta_{r,i}$ 表示路径 r 上 T_i 时刻较高优先级的突发包碎片的离开率, $\theta_{r,i}$ 表示路径 r 上 i 时刻的突发包阻塞率。那么根据流量守恒定律, 时刻 i 上, 源节点中需要重新组包重传的突发包碎片增长率等于目的节点突发包的离开率, 则有:

$$\theta_{r,i} \beta_{i+1} \eta_{r,i-1} + \theta_{r,i} \beta_{i+2} \eta_{r,i} = \eta_{r,i} \quad (2)$$

即:

$$\theta_{r,i} \eta_{r,i-1} \sum_{j \in (0,1,2)} \prod \alpha_{ij} + \theta_{r,i} \eta_{r,i} \sum_{j \in (0,1,2)} \prod \alpha_{(i+1)j} = \eta_{r,i} \quad (3)$$

则突发包在路径 r 上 i 时刻的离开率为:

$$\eta_{r,i} = \frac{\theta_{r,i} \eta_{r,i-1} \sum_{j \in (0,1,2)} \prod \alpha_{ij}}{1 - \theta_{r,i} \sum_{j \in (0,1,2)} \prod \alpha_{(i+1)j}} \quad (4)$$

$\lambda_{r,0}$ 表示路径 r 上突发包在源节点的到达率,那么,路径 r 上,从 0 时刻到 i 时刻这一段时间的突发包总到达率 $\lambda_{r,i}$ 可以表示为:

$$\lambda_{r,i} = \lambda_{r,0} + \sum \eta_{r,i} \quad (5)$$

用 $L_{r,ij}(t)$ 表示在 i 时刻、路径 r 上的第 j 个突发包碎片的分布长度,那么:

$$L_{r,ij}(t) = 1 - \frac{1}{\theta_{r,ij}} \exp(-\lambda_{r,ij}t) \quad (6)$$

同时, i 时刻、路径 r 上的组合突发包总碎片长度为:

$$L_{r,i}(t) = \sum_{m=0}^{m=j} \theta_{r,ij} L_{r,ij}(t) \quad (7)$$

用 $G_{r,i}(t)$ 表示在 i 时刻、路径 r 上的组合突发包的总分布长度,那么:

$$G_{r,i}(t) = \theta_{r,i} \{ (1 - \beta_{i+1}) + \beta_i \{ 1 - [1 - G_{r,i-1}(t)] [1 - L_{r,i}(t)] \} \} \quad (8)$$

即:

$$G_{r,i}(t) = \theta_{r,i} \{ (1 - \sum_{j \in (0,1,2)} \prod \alpha_{ij}) + \sum_{j \in (0,1,2)} \prod \alpha_{(i-1)j} \cdot \{ 1 - [1 - G_{r,i-1}(t)] [1 - L_{r,i}(t)] \} \} \quad (9)$$

3 仿真说明

系统的仿真环境 OBS-NS 搭建在开源的 NS-2 平台上,NS 版本为 2.28,采用的操作系统是开源的 linux 操作系统。仿真的网络拓扑采用美国国家科学基金会网络,它包含 14 个节点,21 条双向传输链路。选用的路径 r 包含 1 个入口边缘节点、1 个出口边缘节点、3 个核心节点。为了简化仿真过程,作者在系统中做如下约定:每条光链路包含 16 个数据信道和 1 条控制信道,每个数据信道的传输速率为 10Gbit/s,边缘节点数据流按照 Poisson 过程随机到达,网络负载采用归一化处理,汇聚算法采用固定长度汇聚算法,网络互联协议(internet protocol, IP) 包的平均长度为 1250byte,突发数据包到达平均间隔是 0.0001s,假设信道之间转发延时是 0.0001s,仿真开始时间是 0s,结束时间是 2s,假设突发包碎片重传的次数为 3,即 $i \leq 3$,每次重组合的最大包数为 3,即 $j \leq 3$ 。对于重传概率,假设一个突发包的重传概率是随着重传次数的增加而减少,令 $\alpha_{ij} =$

$0.8\alpha_{(i-1)j}$ (其中 $i=2,3; j=1,2,3$)。

图 4 ~ 图 7 中给出了算法的仿真结果,图中对横坐标的业务负载量和纵坐标的比特丢失率、网络阻塞率均做归一化处理。

图 4 中给出了 BSRCR 算法在路径 r 上,针对不

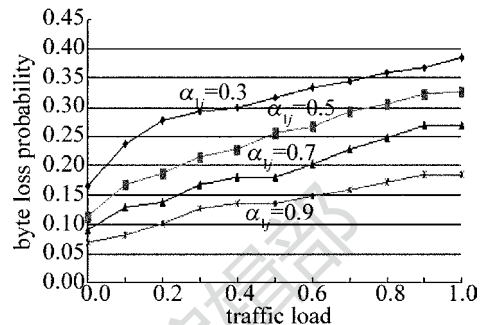


Fig. 4 Byte loss probability of BSRCR with different retransmit probability when traffic load changes

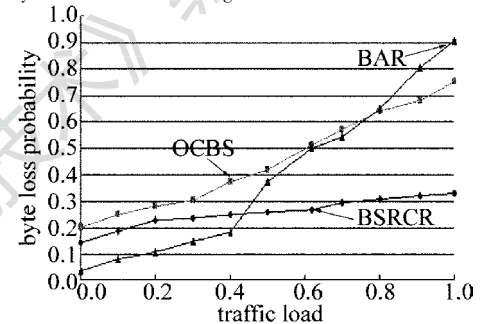


Fig. 5 Byte loss probability of BSRCR, OCBS and BAR when traffic load changes

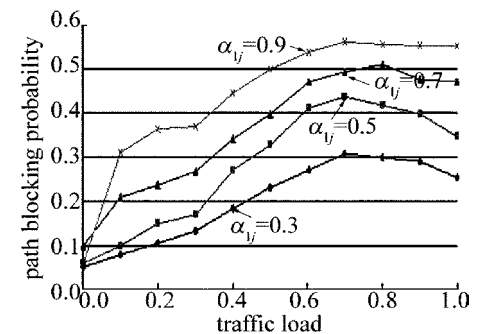


Fig. 6 Path blocking probability of BSRCR with different retransmit probability when traffic load changes

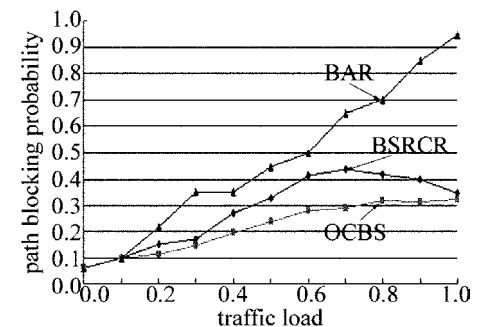


Fig. 7 Path blocking probability of BSRCR, OCBS and BAR when traffic load changes

同的重传概率,突发数据业务的字节丢失率情况。仿真了 4 组数据,分别是当 $\alpha_{ij} = 0.3, \alpha_{ij} = 0.5, \alpha_{ij} = 0.7$ 和 $\alpha_{ij} = 0.9$ 时的数据情况,同时满足 $\alpha_{ij} = 0.8\alpha_{(i-1)j}$ (其中, $i = 2, 3; j = 1, 2, 3$)。可以观察到,这 4 组数据都反映了随着网络中业务量的增大,突发包的字节丢失率也在增大。同时,在相同的数据业务量情况下,当业务的重传概率越大,那么该突发数据包的比特丢失率也较低。从中可以得出结论,对于网络中优先级比较高地业务,当发生不可避免的冲突时,若适当地增加它的重传概率,可以降低其丢字节率,这样可以保证高优先级业务的顺利通过。

图 5 中给出了随着网络中业务量的增加,BSRCR 算法、OCBS 算法、BAR 算法的比特丢失率比较,这里 BSRCR 的业务重传概率选取 $\alpha_{ij} = 0.5$,从图 5 中可以观察到,在开始网络业务量较小时,BRCR 算法的突发包比特丢失率最小,而 BSRCR 和 OCBS 的丢比特率比较接近,但是随着网络业务的逐渐增大,BRCR 算法的比特丢失率呈现比较大的上升率,而 OCBS 算法次之,BSRCR 的丢比特率对于业务的增加呈现了较好的适应性,增加的趋势较为缓慢。这是因为 BSRCR 采用了新型的可控合并重调度算法,当网络业务较为繁忙时,它会综合考虑此时网络业务的负载情况和突发包的优先程度,需要选择合适的重传概率,并将网络中过多的突发包碎片进行合适的重组包算法,这样也减少了重发时的路径阻塞情况,提高了重发的成功概率。

图 6 反映的是 BSRCR 针对不同的重传概率,突发数据业务在路径 r 上的阻塞率。从图 6 中可知,在相同的业务量情况下,越高的重传概率带来了相对较大的网络阻塞率,并且,随着网络中业务量的增加,路径的阻塞率会逐渐增加,但是当业务量增加到一定程度,由于 BSRCR 采用了突发碎片重组装办法,网络路径的阻塞率反而会呈现一定的下降趋势,这对于高重传概率带来的高阻塞率有非常好的调节作用。

图 7 中给出了不同业务量情况下,BSRCR 算法、OCBS 算法、BAR 算法的网络阻塞率比较,这里 BSRCR 的业务重传概率选取 $\alpha_{ij} = 0.5$,从图 7 中可以发现,随着网络负载的增加,BAR 由于采取了突发包重传策略,会更加加重网络的阻塞率,而 OCBS 算法对于发生竞争的突发包采取直接丢弃的措施,故对于网络的阻塞率的影响较为平缓,而采用的

BSRCR 算法对于业务的阻塞率介于 BRCR 算法和 OCBS 算法中间。

4 结 论

提出了一种考虑优先级的可控合并重调度算法 BSRCR。当 OBS 网络中突发包因为竞争网络资源而发生冲突时,该算法采用基于优先级的突发包分片办法,同时,目的节点向边缘节点发送一个反馈信息,使得边缘节点以一定的概率重传该突发包分片。该重传概率根据网络的复杂情况和突发包分片的优先级动态决定,并针对由于重发的突发包碎片过多、而使得网络路径阻塞率过大的问题,采用突发包碎片进行一定优先等级排列的碎片重组,这样减少了网络中突发包碎片的数量,大大降低了网络的路径堵塞率,并保证了高优先级业务的顺利传送。在仿真部分中,给出了 BSRCR 算法在路径 r 上,针对不同的重传概率,突发数据业务的字节丢失率情况和业务阻塞情况,仿真结果对设定重传概率、突发碎片重组包方案、及业务优先级等方面提供了一定的参考意义。同时,还给出了不同业务量情况下,BSRCR 算法、OCBS 算法、BAR 算法的比特丢失情况和网络业务阻塞情况比较,仿真结果证实,对于业务负载比较大的情况,BSRCR 算法在比特丢失率方面较之 OCBS 算法和 BAR 算法,有很好的表现。在不同业务情况下,在网络阻塞率的改善方面,BSRCR 算法介于 BRCR 算法和 OCBS 算法之间,但是其对业务比特丢失率方面的改善,这点阻塞率方面的牺牲是值得的。

参 考 文 献

- [1] BERGMAN L A, YEH C, MOROOKIAN J. Advances in multi-channel multi Gbytes/s bit-parallel WDM single fiber link [J]. IEEE Transactions on Advanced Packaging, 2001, 24(4):456-462.
- [2] ZHAO T F, WANG W K, LIU L. A preferential shared path protection algorithm for WDM optical network [J]. Laser Technology, 2012, 36(3):408-412 (in Chinese).
- [3] WANG B Y, GUAN A H, ZHANG Y, et al. A preemption window mechanism based on priority in E-OBS networks [J]. Laser Technology, 2011, 35(4):531-534 (in Chinese).
- [4] QIAO Ch M, YOO M. Optical burst switching-a new paradigm for an optical internet [J]. Journal of High Speed Networks, Special Issue on Optical Networks, 1999, 8(1):69-84.
- [5] WANG B Y, GUAN A Y, ZHANG Y, et al. A deflection routing algorithm based on priority and load-balancing in optical burst switching networks [J]. Laser Technology, 2011, 35(3):343-347 (in Chinese).
- [6] QIAO C. Labeled optical burst switching for IP-over-WDM integra-

- tion [J]. IEEE Communication Magazine, 2000, 38(9):104-114.
- [7] HOU R. Performance analysis of an improved burst outputted scheme in a limited buffer equipped OBS core node[J]. Optik-International Journal for Light and Electron Optics, 2012, 123(5): 400-403.
- [8] YAO M, WEN A, LIU Z. Blocking probability of asynchronous optical burst/packet switches with limited range wavelength conversion[J]. IEEE Photonics Technology Letters, 2006, 18(12): 1302-1304.
- [9] BALIGA J, WONG E W M, ZUKERMAN M. Analysis of bufferless OBS/OPS networks with multiple deflections[J]. IEEE Communication Letters, 2009, 13(12):974-976.
- [10] DETTI A, ERAMO V, LISTANTI M. Performance evaluation of a new technique for IP support in a WDM optical network: optical composite burst switching (OCBS) [J]. IEEE Journal of Lightwave Technology, 2002, 20(2): 154-165.
- [11] HOU R, SUN J Q, DING P F. Study on a priority based contention resolution for optical burst switching networks[J]. Journal of Electronics & Information Technology, 2006, 28(4): 747-752 (in Chinese).
- [12] GUAN A H, WANG B Y, FU H L. A burst segmentation-optical buffer contention resolution mechanism based on priority in OBS networks[J]. Journal of Optoelectronics · Laser, 2012, 23(2): 273-279 (in Chinese).
- [13] LOU X, NING F, GAO Z H. ACK retransmission scheme on TCP over OBS networks[J]. Optical Communication Technique, 2008, 10(4):21-24 (in Chinese).

《激光技术》编辑部

版权所有 ©