

文章编号:1004-4213(2010)11-2015-5

OBS 网络中一种基于优先级和门限的偏射路由算法*

管爱红,王波云,张元,傅洪亮,崔芳芳

(河南工业大学 信息科学与工程学院,郑州 450001)

摘 要:为了解决偏射算法在偏射控制上的问题,提出了一种基于优先级和门限的偏射路由算法.该算法采用丢弃少量偏射的高优先级分割突发数据包来保证偏射路由上低优先级非偏射突发数据包的 QoS.当冲突发生时,分割偏射优先级低的突发数据包,从而保护高优先级突发数据包;在偏射路由上,通过启用偏射检测函数来判断是允许偏射的分割突发数据包抢占资源或是丢弃偏射的分割突发数据包.仿真结果表明,虽然该算法增加了少量的端到端的传输时延,但这种算法可以很好地控制偏射突发对网络偏射路由上正常流量的影响,并且能够有效地降低整个网络的丢包率,很好地保护高优先级突发数据包的完整性.故这种方法能够有效地提高 OBS 网络的性能.

关键词:光突发交换;偏射路由;优先级;偏射门限检测函数

中图分类号:TN929.11

文献标识码:A

doi:10.3788/gzxb20103911.2015

0 引言

光突发交换(Optical Burst Switching, OBS)技术因具有交换粒度适中、灵活性较强、实现难度适中等优点而被认为是在未来光网络中最具有可实现性的一种交换技术^[1].在 OBS 网络中,两个或多个突发数据包(Burst Data Packet, BDP)要求从某核心节点的同一端口、同一波长、同时发送时,就会产生突发包冲突.在核心路由器中对 BDP 实施偏射路由是一种效果良好的冲突解决方法^[2],当冲突发生时,分组不能交换到正确的输出端口,如果将它路由到另一个可选的输出端口,则有可能通过另一条路径到达目的节点,这样仅仅增加了一些额外的传输时延而避免了因丢弃引起的输入端重发,从而降低了突发数据包的丢包率.无条件偏射路由算法(DFD)^[3]是在突发包冲突时,将其中的一个整突发包无条件的偏射到其它路由上,这种方法不仅浪费了原有路由上的链路利用率,而且多占用了偏射路由上的链路资源.基于突发丢失门限的条件偏射路由算法(LDFD)^[4]是在突发包冲突时,通过偏射检测函数有条件的允许偏射突发包抢占资源或是丢弃偏射突发包,这种方法虽然通过增加了偏射检测函数对突发包进行有条件的偏射,但是其没有考虑到突发数据包的优先级,不能很好地保证 OBS 网络的服务质量,(Quality of Services, QoS).基于优先级的偏射路由算法是在突发包冲突时,将优先级低的

突发包分割偏射到偏射链路上传输至目的节点,剩余部分在原来预留的链路上传输至目的节点,这种方法虽然考虑到了突发数据包的优先级,但是可能会导致偏射路由上(非偏射)突发数据包的丢弃,从而恶化网络性能.

为了降低突发数据包的丢失率,节约有限的链路资源,保证 OBS 网络的 QoS,避免由于偏射路由引起与正常流量的冲突而导致正常流量的丢失率上升.本文提出了一种基于优先级和门限的偏射路由算法(PLDFD),该算法可以很好地控制偏射突发对网络偏射路由上正常流量的影响,并且能够有效地降低整个网络的丢包率,很好地保护高优先级突发数据包的完整性.

1 PLDFD

1.1 算法思路的描述

为研究方便,只选取一个竞争突发数据包(Competition Burst Data Packet, CBDP),一个原突发数据包(Original Burst Data Packet, OBDP)^[5-6]和一个非偏射的正常突发数据包(Normal Burst Data Packet, NBDP).在配置有波长转换器的核心节点中,假设:A—C 拥有最好的空闲光纤链路资源,为主路径(最佳路径);A—B—C 拥有次最好的空闲光纤链路资源,为替换路径(次最佳路径).突发包的阴影部分表示由于冲突而被分割偏射的部分,其优先级高于无偏射 NBDP 的优先级, P_0 和 P_c 分别为原突发包和竞争突发包的优先级. A, B, C, D 表示核心节点.

1)如果原突发数据包的优先级大于竞争突发数

*河南省教育厅自然科学研究计划(2010A510002)资助

Tel:0371-67756528

Email:wby514@126.com

收稿日期:2010-04-16

修回日期:2010-07-22

据包的优先级,即: $P_c > P_c'$,那么就将 CBDP 进行头部分割处理,分割成突发包 CBDP' 和突发包 CBDP''. 未受影响的突发包 CBDP' 部分和突发包 OBDP 直接占用主路径 A—C 的链路资源,在主路径上将它们传输至下一跳,由此将突发包 CBDP' 和突发包 OBDP 传至目的地. 冲突部分的突发包 CBDP'' 通过偏射路由机制将其偏射到替换路径 A—B—C 的传输链路上,其可能占用替换路径 A—B—C 的链路资源,如图 1. 同时应该注意到,对竞争突发包进行头部分割处理后,控制系统为各个突发包生成对应的突发控制分组(Burst Control Packet, BCP),其包含的相应信息也根据原 BCP 中信息和得到的处理情况进行相应更改.

这样,被偏射的 CBDP'' 可能与偏射路由上无偏射的 NBDP 发生冲突,引起 NBDP 的丢弃. 该算法通过增加偏射检测函数来解决冲突问题,偏射检测函数以偏射路由上偏射流量的丢包率作为判断条件,以此来判断是否允许偏射的 CBDP'' 抢占低优先级的无偏射 NBDP 的链路资源.

如果满足偏射检测函数条件,则允许偏射的 CBDP'' 抢占低优先级无偏射 NBDP 的链路资源, CBDP'' 传输到目的节点, NBDP 将被丢弃,如图 1(a) 所示;如果不满足偏射检测函数条件,则不允许偏射的 CBDP'' 抢占低优先级无偏射 NBDP 的链路资源, NBDP 传输到目的节点, CBDP'' 将被丢弃,如图 1(b).

2) 如果竞争突发数据包的优先级大于原突发数据包的优先级,即: $P_c > P_c'$,那么就将 OBDP 进行尾部分割处理,分割成突发包 OBDP' 和突发包 OBDP''. 未受影响的突发包 OBDP' 部分和突发包 CBDP 直接占用主路径 A—C 的链路资源,在主路径上将它们传输至下一跳,由此将突发包 OBDP' 和突发包 CBDP 传至目的地. 冲突部分的突发包 OBDP'' 通过偏射路由机制将其偏射到替换路径 A—B—C 的传输链路上,其可能占用替换路径 A—B—C 的链路资源,如图 2. 同时应该注意到,对原突发包进行尾部分割处理后,控制系统为各个突发包生成对应的 BCP,其包含的相应信息也根据原 BCP 中信息和得到的处理情况进行相应更改.

这样,被偏射的 OBDP'' 可能与偏射路由上无偏射的 NBDP 发生冲突,引起 NBDP 的丢弃. 该算法通过增加偏射检测函数来解决冲突问题,偏射检测函数以偏射路由上偏射流量的丢包率作为判断条件,以此来判断是否允许偏射的 OBDP'' 抢占低优先级的无偏射 NBDP 的链路资源.

如果满足偏射检测函数条件,则允许偏射的 OBDP'' 抢占低优先级无偏射 NBDP 的链路资源, OBDP'' 传输到目的节点, NBDP 将被丢弃,如图 2(a);如果不满足偏射检测函数条件,则不允许偏射的 OBDP'' 抢占低优先级无偏射 NBDP 的链路资源, NBDP 传输到目的节点, OBDP'' 将被丢弃,如图 2(b).

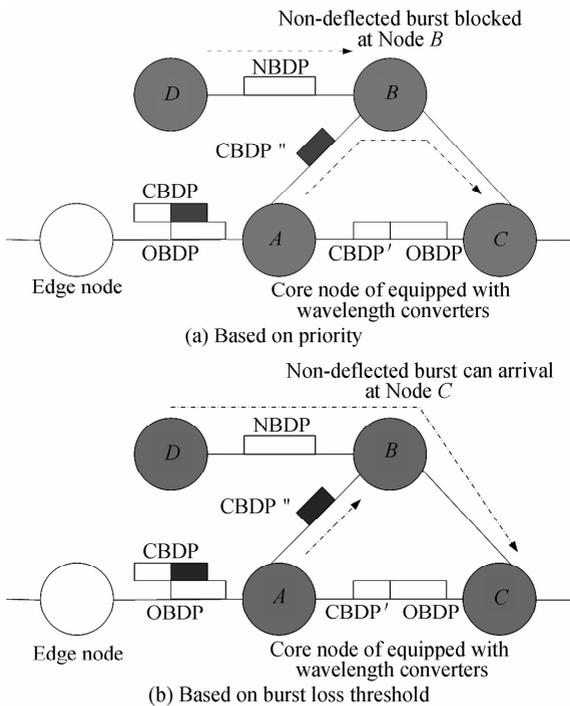


图 1 当竞争突发数据包头部分割时,基于优先级和门限偏射路由方法
Fig. 1 Sketch map of a deflection routing algorithm based on priority and burst loss threshold when the header of CBDP is segmented

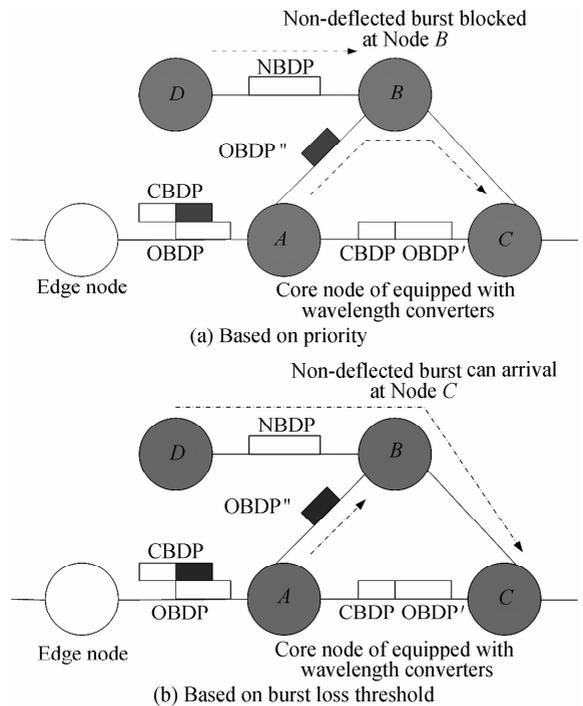


图 2 当原突发数据包尾部分割时,基于优先级和门限偏射路由方法
Fig. 2 Sketch map of a deflection routing algorithm based on priority and burst loss threshold when the tail of OBDP is segmented

1.2 算法处理过程

假设突发数据包在 OBS 网络核心节点处出现冲突,算法处理过程分为的步骤为:

1) 发生冲突时,根据它们的优先级进行分割偏射.将低优先级的突发包进行分割,无冲突部分直接传输到下一节点;冲突部分进行偏射;

2) 中间某节点接收到一个 BDP;判断是否为偏射突发包.如果是非偏射突发包,中间节点为其预留链路资源.如果找到空闲的数据信道,则将其调度到该信道并发送到下一节点;如果失败,则丢弃.如果其为偏射突发包(该偏射突发包与其它无偏射正常突发包在此中间节点产生冲突,假设该偏射突发包的优先级大于无偏射正常突发包的优先级),则启动条件偏射检测函数;

3) 条件偏射检测函数通过网络控制层面收集到的网络拥塞信息进行条件判断.如果满足条件,则允许该偏射突发包抢占其它低优先级非偏射正常突发包的链路资源;否则不允许该偏射突发包抢占其它低优先级正常非偏射突发包的链路资源;

4) 如果偏射路由上有合适的的数据信道,则预留资源,同时发送突发数据包到下一个节点;如果没有合适的的数据信道,但已判断该突发数据包能抢占其它低优先级突发数据包的链路资源,则抢占;如果不能抢占,则丢弃.

图 3 给出了基于优先级和门限偏射路由算法流程图.

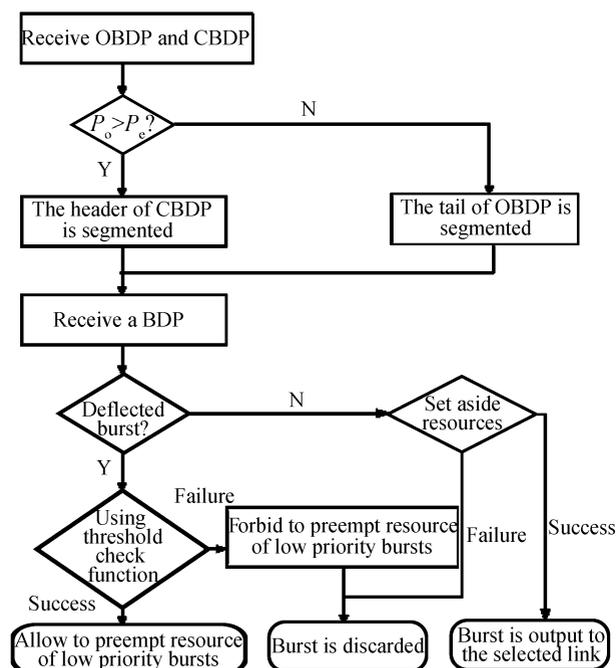


图 3 基于优先级和门限偏射路由算法流程

Fig. 3 Flow char of a deflection routing algorithm based on priority and burst loss threshold

1.3 偏射检测函数

通过限制高优先级突发包抢占低优先级突发数据包资源来保证偏射路由上正常流量的 QoS,因此通过高优先级突发包在偏射路由上的端到端丢包率来确定每个节点上高优先级突发数据包的最大丢包率^[4].

定义 D_i 为偏射的第 i 等级突发包在偏射路由上到达其目的节点的最大跳数, $P_{net}^{MAX}(i)$ 为偏射路由上第 i 等级突发包的端到端最大丢包率, $P_{node}^{MAX}(i)$ 为偏射路由上第 i 等级突发包在每个节点的最大丢包率, $P_{node}(i)$ 为第 i 等级突发包在偏射路由上的丢包率.

为了保证高优先级突发包在偏射路由上的端到端的丢包率,有

$$P_{net}^{MAX}(i) = 1 - [1 - P_{node}^{MAX}(i)]^{D_i} \quad (1)$$

由式(1)可以变形得

$$P_{node}^{MAX}(i) = 1 - e^{\frac{\ln(1 - P_{net}^{MAX}(i))}{D_i}} \quad (2)$$

如果能够保证每个节点的 $P_{node}(i)$ 都满足

$$P_{node}(i) < P_{node}^{MAX}(i) \quad (3)$$

那么,根据式(1)和式(3),就能够保证第 i 等级突发数据包在偏射路由上端到端的最大丢包率 $P_{net}(i)$ 满足

$$P_{net}(i) \leq P_{net}^{MAX}(i) \quad (4)$$

为了控制偏射的第 i 等级突发数据包对偏射路由上较低优先级非偏射流量突发包的影响,基于优先级和门限的条件偏射检测函数定义为

$$C = P_{node}(i) - P_{node}^{MAX}(i) \quad (5)$$

1) 如果 $C \geq 0$, 则允许偏射的第 i 等级突发数据包抢占偏射路由上优先级低于 i 的非偏射突发包预留的链路资源;

2) 如果 $C < 0$, 则不允许偏射的第 i 等级突发数据包抢占偏射路由上优先级低于 i 的非偏射突发包预留的链路资源;

该函数通过 $P_{node}^{MAX}(i)$ 来控制偏射的高优先级分割突发包对偏射路由上的非偏射的低优先级突发包的影响,实际 OBS 网络系统中,通过设置合适的 $P_{node}^{MAX}(i)$ 值,就能够对偏射的高优先级分割突发包是否抢占偏射路由上低优先级非偏射突发包做出合理地判断.

2 仿真分析

为了研究基于优先级与门限的偏射路由算法的性能,在 4×4 的 mesh 网络结构上分别对 DFD、LDFD 和 PLDFD 进行仿真.设定网络中存在有 4 种优先级突发数据包,即 $Class_1$, $Class_2$, $Class_3$ 和 $Class_4$,其优先级逐渐降低,其进入 OBS 网络系统

的到达率分别为:2,10,20,30,其占总突发包比例分别为:10%,20%,30%,40%。每一个连接由两条光纤构成,一条用于发送一条用于接收,每条光纤具有相同数目的波长,实验假设光路由器有8个波长(1个控制波长信道,7个数据波长信道)。突发数据包以参量为 λ 的泊松过程到达,其长度 L 服从均值为1 Mbits的指数分布,其传输速率为10 G bit/s。在计算端到端的传输时延^[7],假设突发包经过每个节点的排队与处理时延和交换时延之和为 δ_s ,优先级判断和分割处理总时延为 Δ_1 ,偏射检测函数处理总时延为 Δ_2 ,仿真模拟中,假设只进行一次优先级判断和分割处理,一次偏射检测函数处理,设定 $\delta_s = 0.1$ ms, $\Delta_1 = 0.05$ ms, $\Delta_2 = 0.05$ ms, $P_{node}^{MAX}(i) = 0.001$ 。

图4给出了对于DFD、LDFD和PLDFD算法,网络的总丢包率与网络负荷的关系。由图可以看出:采用PLDFD算法得到网络总的丢包率最小。当 $\rho < 0.4$ 时,网络总丢包率随网络负荷增加而增大的幅度比较大;当 $\rho > 0.4$ 时,网络总丢包率随网络负荷增加而增大的幅度比较平缓。这是因为在基于优先级处理机制和偏射检测函数判断机制的控制下,通过丢弃偏射分割突发包或是抢占非偏射突发包来调整网络流量,从而降低突发包的丢失率。特别是当网络负荷较小时,其效果明显。

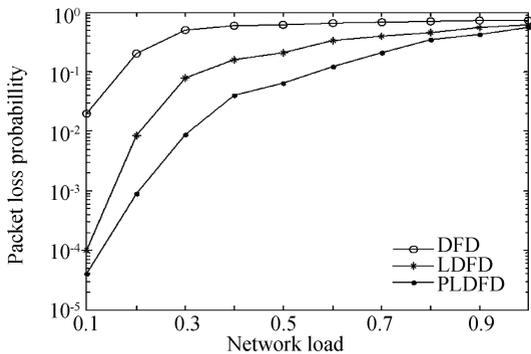


图4 网络总丢包率与网络负荷的关系

Fig. 4 Relationship between packet loss probability of entire networks and network load for DFD, LDFD and PLDFD

图5模拟了采用DFD、LDFD和PLDFD算法端到端的传输时延随网络负荷变化的关系。由图可知,采用PLDFD算法得到的端到端的传输时延比其它两种算法要大。当网络负荷小于0.4时,三种算法得到的端到端的传输时延差距很小,随着网络负荷的增加,其差距越来越大,但是,PLDFD算法与DFD算法得到的端到端的传输时延最大差距不超过0.05 ms。所以,虽然这种算法增加了一定的端到端的传输时延,但对整个网络系统的影响是非常有限的。

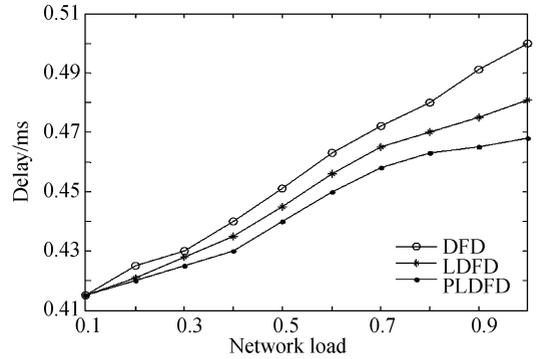


图5 端到端的传输时延与网络负荷的关系

Fig. 5 Relationship between delay and network load for DFD, LDFD and PLDFD

图6仿真了PLDFD算法下,Class₁, Class₂, Class₃和Class₄突发数据包的丢失率与网络负荷的关系。由图可以看出:PLDFD算法下,高优先级突发包得到了比低优先级突发包更低的丢包率,并且相邻优先级突发包的丢包率的增长率随优先级的降低而逐渐减小。这样,OBS网络的QoS就得到了很好的保证。

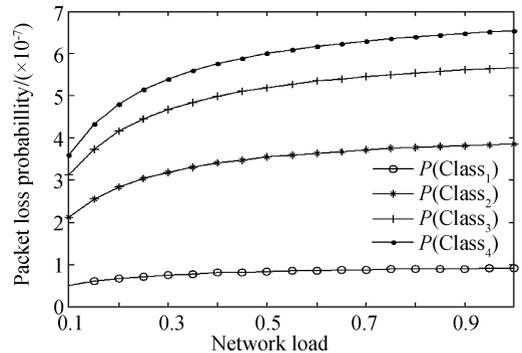


图6 PLDFD算法下,Class₁, Class₂, Class₃和Class₄突发数据包的丢失率与网络负荷的关系

Fig. 6 Relationship between packet loss probability and network load of packet Class₁, Class₂, Class₃ & Class₄ for PLDFD

4 结论

本文提出了一种基于优先级和门限的偏射路由算法,该算法采用丢弃少量偏射的高优先级分割突发数据包来保证偏射路由上低优先级非偏射突发数据包的QoS。仿真结果表明,虽然该算法相比于DFD, LDFD算法增加了少量的端到端的传输时延,但这种算法可以很好地控制偏射突发对网络偏射路由上正常流量的影响,能够有效地降低整个网络的丢包率,并且能够很好地保护高优先级突发数据包的完整性,从而提高整个网络的性能。这些结果对OBS网络的设计和 optimization 具有一定的理论指导意义。

参考文献

- [1] YOO M, QIAO C, DIXIT S. QoS performance of optical burst switching in IP-Over-WDM networks[J]. *IEEE Journal on Selected Areas in Communications*, 2000, 18(10):2062-2072.

- [2] TANIDA H, OHMAE K, CHOI Y B, *et al.* An effective BECN/CRN typed deflection routing for QoS guaranteed optical burst switching[C]. *IEEE GLOBECOM*, 2003, **5**:2600-2606.
- [3] KIM H S, LEE S, SONG J S. Optical burst switching with limited deflection routing rules[J]. *IEICE Trans Commun*, 2003, **E86-B**(5):1550-1554.
- [4] WANG Ru-yan, LONG Ke-ping, YANG Xiao-long, *et al.* A limited deflection routing algorithm based on burst loss threshold in OBS networks[J]. *Journal of Optoelectronics & Laser*, 2006, **17**(1):86-89.
王汝言, 隆克平, 阳小龙, 等. 一种基于门限的光突发交换受限偏射路由算法[J]. *光电子·激光*, 2006, **17**(1):86-89.
- [5] HOU Rui, SUN Jun-qiang, DING Pan-feng, *et al.* Study of fair burst segmentation or dropping method in optical burst switched Multi-Hop network[J]. *Journal of Electronics & Information Technology*, 2006, **28**(11):2144-2147.
侯睿, 孙军强, 丁攀峰, 等. 光突发交换网络中多跳公平分割丢弃方法的研究[J]. *电子与信息学报*, 2006, **28**(11):2144-2147.
- [6] HOU Rui, SUN Jun-qiang, DING Pan-feng. Study on a priority based contention resolution for optical burst switching networks [J]. *Journal of Electronics & Information Technology*, 2006, **28**(4):748-751.
侯睿, 孙军强, 丁攀峰. 一种光突发交换网络中基于优先级的冲突解决方法的研究[J]. *电子与信息学报*, 2006, **28**(4):748-751.
- [7] KLINKOWSKI M, CAREGLIO D, SOLE-PARETA J, *et al.* Performance overview of the offset time emulated OBS network architecture[J]. *Journal of Lightwave Technology*, 2009, **27**(14):2751-2764.
- [8] BI Feng-jun, ZHANG Min, YE Pei-da. A novel prioritized scheme for contention resolution in optical Burst-Switching networks[J]. *Acta Photonica Sinica*, 2005, **34**(6):900-903.
毕峰军, 张民, 叶培大. 光突发交换网中一种新的有优先权的冲突解决方案[J]. *光子学报*, 2005, **34**(6):900-903.
- [9] WU Jian, ZHANG Wei, WANG Min-xue. Optical burst switching network testbed[J]. *Acta Photonica Sinica*, 2007, **36**(2):247-251.
- [10] YUE Peng, WEN Ai-jun, YI Xiang, *et al.* A modified analytical model of optical composite burst switching[J]. *Acta Photonica Sinica*, 2008, **37**(2):279-282.
岳鹏, 文爱军, 易湘, 等. 一种改进型光可分突发交换性能分析模型[J]. *光子学报*, 2008, **37**(2):279-282.

A Deflection Routing Algorithm Based on Priority and Burst Loss Threshold in OBS Networks

GUAN Ai-hong, WANG Bo-yun, ZHANG yuan, FU Hong-liang, CUI Fang-fang

(School of College of Information Science and Engineering,
Henan University of Technology, Zhengzhou 450001, China)

Abstract: In order to solve the problem in deflection control of deflection algorithm, a deflection routing algorithm based on priority and burst loss threshold in OBS networks is proposed. It drops some high priority deflected bursts to provide QoS for low priority non-deflected bursts. When competition occurs, in order to protect high priority burst, low priority bursts are segmented and deflected. Then, the node uses threshold check function to decide whether to drop or to preempt the resource of low priority non-deflected bursts on deflected route. Simulation results show that although the proposed algorithm increase a little delay, it can efficiently prevent deflected burst from contending with non-deflected burst on deflected route, and reduce packet loss probability of entire networks and protect the integrity of some high priority bursts. As a result, the scheme can efficiently improve the performance of OBS networks.

Key words: Optical Burst Switching (OBS); Deflection routing; Priority; Threshold check function



GUAN Ai-hong was born in 1973. She received the Ph. D. degree in optical engineering from Huazhong University of Science and Technology. Now she works as an associate professor at Henan University of Technology, and her research interests focus on optical fiber communication system and optical switching networks.