

文章编号: 1001-3806(2014)04-0504-05

OBS 基于回退和信道分级的冲突解决算法

李敏涛, 陈荷荷, 章晓春

(温州职业技术学院 电子电气工程系, 温州 325000)

摘要: 解决突发包的冲突问题是光突发交换网络的关键技术之一。为了降低突发包冲突时丢包率, 提出了一种新型的基于信道分级和回退机制的冲突解决算法, 该算法考虑突发业务优先级, 将信道分成两个级别, 有区别地对待高低优先级两种业务类型, 并且增加了一部分回退信道作为保护和重发冲突数据包, 能够有效地保证高优先级业务的传输可靠性。结果表明, 当冲突发生时, 网络能根据此时高低优先级业务量的比重配比, 自适应地调节两个级别信道的数量, 兼顾到低优先级业务的低丢包率, 保证了较低的延时率。此算法相比以往的冲突解决算法具有较低的丢包率和相对小的延时率。

关键词: 光通信; 光突发交换; 冲突解决; 信道分级; 回退信道

中图分类号: TN929.11 **文献标志码:** A **doi:** 10.7510/jgjs.issn.1001-3806.2014.04.014

Conflict resolution algorithm based on channel grading and back-off channel mechanism in OBS networks

LI Mintao, CHEN Hehe, ZHANG Xiaochun

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

Abstract: One of the most challenges in optical burst switching (OBS) networks is the resolution of burst conflict. In order to decrease the packet loss probability when burst conflict, a novel conflict resolution algorithm was proposed based on channel grading and back-off channel mechanism. The algorithm takes the priority of the unexpected business into account. The channels were divided into two levels of high and low priority to be treated differently. And then, the back-off channels were increased for the protection and the retransmission of conflict packet to guarantee the transmission reliability of high priority. The results show that, when conflicts occur, the network could adjust the number of two levels adaptively according to the proportion of the priority traffic. Taking into account the low packet loss rate of the low priority, small time delay rate is guaranteed. The algorithm can reduce the packet loss rate and the time delay in OBS networks effectively compared with the other conflict resolution algorithms.

Key words: optical communication; optical burst switching; conflict resolution; channel grading; back-off channel

引 言

随着波分复用技术的发展, 光网络传输能力也大幅度地得到了提升, 但是光网络中节点的路由交换能力却没有得到同步提高, 这已成为当前光网络传输的瓶颈。目前比较主流的光交换技术主要有光电路交换 (optical circuit switching, OCS)、光分组交换 (optical package switching, OPS) 和光突发交换

(optical burst switching, OBS)。OCS 技术比较成熟, 但是交换的粒度比较大, 带宽利用率不高, 而 OPS 对于光器件的要求又非常高, 实现的成本和技术难点比较大。

OBS 技术结合了 OCS 和 OPS 的优点, 规避了其技术难点, 是近年来光交换技术研究的热点^[1], 有望成为下一代光网络的核心交换技术。当网络数据到达边缘节点时, 会根据一定的突发包汇聚算法使网络数据组成突发数据包 (burst data packet, BDP), 每一个 BDP 都会产生一个相应的突发控制分组 (burst control packet, BCP), BCP 包含 BDP 传输交换所必须的控制信息。网络节点预先发送 BCP, 为 BDP 进行单向资源预留, 使得 BDP 能够按照预留的资源路径进行数据的发送。有了这种资源预留机

基金项目: 浙江省教育厅科研资助项目 (Y201330176)

作者简介: 李敏涛 (1978-), 男, 硕士, 讲师, 现主要从事光机电一体化、通信技术的研究。

E-mail: 359422974@qq.com

收稿日期: 2013-09-02; 收到修改稿日期: 2013-10-15

制, BDP 在数据通道中传输时, 就可以采用全光交换和传输, 从而省略了光/电/光转换, 达到了一个较好的传输效果。但是这种资源预留机制是单向的, 很容易造成多个突发包竞争同一条链路资源的情况, 冲突的产生必然会导致网络丢包率的上升, 从而使得网络的性能下降。如何降低因突发包竞争资源而造成的网络性能的降低成为目前光突发交换研究的热点。

1 突发包竞争解决机制研究

目前解决突发包冲突问题, 无外乎有降低突发冲突的概率和降低丢包率两种方法^[2]。主流的方法主要有: 光缓存、波长转换、偏射路由和突发包分段丢弃技术等^[3-4]。这些方法都能从给一定角度上缓和网络的丢包率, 但是各自仍有缺点, 在网络负担比较重的情况下, 甚至可能会带来更多的冲突问题, 从而增加了丢包率并且带来了比较严重的延时^[5]。

利用信道分级来解决突发包竞争问题^[6], 此方法人为地将信道分为 I 级信道和 II 级信道, 当突发包到达核心节点时, 优先选择用 I 级信道来传输, 若 I 级信道忙碌, 再选择 II 级信道传输, 如果 II 级信道忙碌, 则延时做转发, 如果有空余的 II 级信道, 则发送, 否则丢弃, 此方法能够较好地业务优先级的区分, I 级信道保证系统较低的延时性, II 级信道保证较低的丢包率^[7]。

回退信道竞争解决机制 (back-off channel contention resolution, BCCR), 主要思想是将链路中波分复用 (wavelength division multiplexing, WDM) 的多条信道中抽取少量作为回退信道, 当发生竞争时, 将突发包通过回退信道发送到上游节点, 根据网络负担情况, 重新进行路由转发^[8]。这种方法能够有效降低丢包率, 但是其固定地占用了一部分网络的信道作为回退资源, 没有考虑当回退信道发生竞争业务发生竞争时的处理方法, 在网络业务繁重时, 反而会带来更多的丢包率, 并且这种方法并没有很好地考虑到数据包的优先级问题, 不能很好地保证网络的服务质量 (quality of service, QoS)^[9]。

2 新算法

2.1 算法的提出

针对以上的情况, 作者提出了一种考虑业务优先级的基于信道分级的带回退业务的冲突解决算法。该算法主要包括: (1) 人为地将信道分为 3 类

信道, I 级信道主要用来传输优先级较高的业务, 而 II 级优先级信道用来传输低优先级业务和部分高优先级竞争突发包转发, 回退信道 (back-off channel, BC) 主要用来进行竞争突发包的回退转发, 在不同的网络负载情况下, 此 3 类信道能进行自适应的比例配比变化; (2) 对于发生竞争的突发包, 作者采用分段切割, 尽量转发的思想, 根据优先级的比较来进行综合考虑。这种算法的核心思想是最大限度地保障高优先级的业务的传输特性, 此外, 尽量保证低优先级业务的丢包率。

2.2 算法描述

作者定义信道类型有 3 类: I 级信道、II 级信道和回退信道, 信道总数不变。为了方便描述, 将业务类型简单得分为高优先级业务和低优先级业务两类^[10]。t 时刻开始标志信道分级, 从该时刻开始, I 级信道只能传送高优先级业务, II 级信道可以传送高优先级和低优先级业务。

IDC (input data channel) 为输入数据信道, ODC (output data channel) 为输出数据信道, CBDH (content burst data with high priority) 为高优先级竞争数据包, OBDH (original burst data with high priority) 为高优先级原数据包, CBDL (content burst data with low priority) 为低优先级竞争数据包, OBDL (original burst data with low priority) 为低优先级原数据包, BC 为回退信道, M_h 表示高优先级业务的最大回退次数, 用 i 来表示高优先级业务回退次数的统计, M_l 表示低优先级业务的最大回退次数, 用 j 来表示低优先级回退次数的统计。 N_I 为 I 级信道的数目, N_{II} 为 II 级信道的条数, N_{BC} 为回退信道的条数, N 为总的信道链路条数。

(1) 高优先级数据包 CBDH 和高优先级数据包 OBDH 发生冲突。

CBDH 被分段, CBDH' 沿着原先预设的路线 (即 ODC1) 继续发送, CBDL' 进行路由偏射到附近空闲的 I 级信道 ODC2 上进行发送, 如图 1a 所示。若偏射路由找不到空闲的 I 级信道, 则偏射到回退信道, 经过一个回退机制, 回退到前段节点, 接着再转发到下一个节点 IDC, 此时相当于延时了两倍的传输节点之间的传输时延, 这时重新进行选择 I 级信道进行数据的转发, 如图 1b 所示。如果依然和各 ODC 上的数据发生冲突, 则进入回退模式, 同时计数器 $i++$, 当回退次数超过了极限, 即 $i \geq M_h$ 时此时说明高优先业务过于繁忙, 则在第 $M_h + 1$ 次将

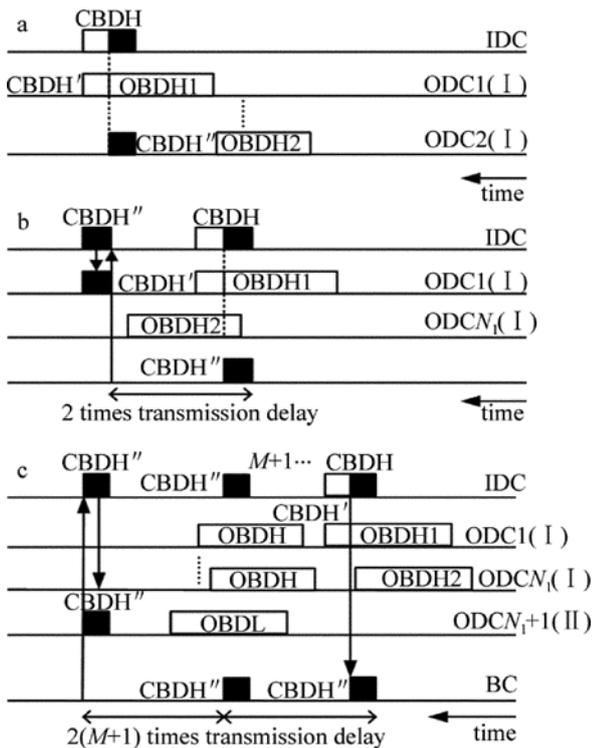


Fig. 1 Two high priority when burst conflict

a—normally b—class I channels are busy c—conflicts still exist

CBDH''偏射到临近的 II 级信道,并将此信道标为 I 级信道, $N_{II} + +, N_{II} - -$ (注意: $N_{II} \geq 1$), 如图 1c 所示, 如果找不到, 则丢弃此突发包。

(2) 低优先级数据包 CBDL 和高优先级数据包 OBDH 发生冲突。

说明此时竞争发生在 II 级信道, 此时将 CBDL 进行分段, CBDL' 沿着原先预设的信道 (即 ODC1) 发送, 被分段的 CBDL'' 被偏射到附件空闲的 ODC2 上进行发送, 见图 2a, 若没有合适的 II 级信道转发, 则发射到回退信道, 若回退信道忙碌, 则直接丢弃此包, 若回退信道空闲, 则进入回退机制, 经过突发包两倍的传输时延, 重新回到 IDC 进行下一次的转发, 见图 2b; 如果回退的次数 j 超过了 M_1 , 说明网络低优先级业务的负担很繁重, 则在第 $M_1 + 1$ 此进行 I 级信道寻找, 如果找到一条合适的信道, 则将此信道标为 II 级信道, $N_{II} + +, N_{II} - -$, 见图 2c, 如果找不到, 则丢弃此突发包。

(3) 两个低优先级的突发数据包 CBDL 和 OBDL 发生冲突。

说明此时竞争发生在 II 级信道, 将 CBDL 分段成 CBDL' 和 CBDL'', CBDL' 随着原先预设的信道资源和 OBDL 发送, 而 CBDL'' 则偏射路由, 去寻找空闲的 II 级信道, 转发此数据, 如果没有空闲的 II 级信

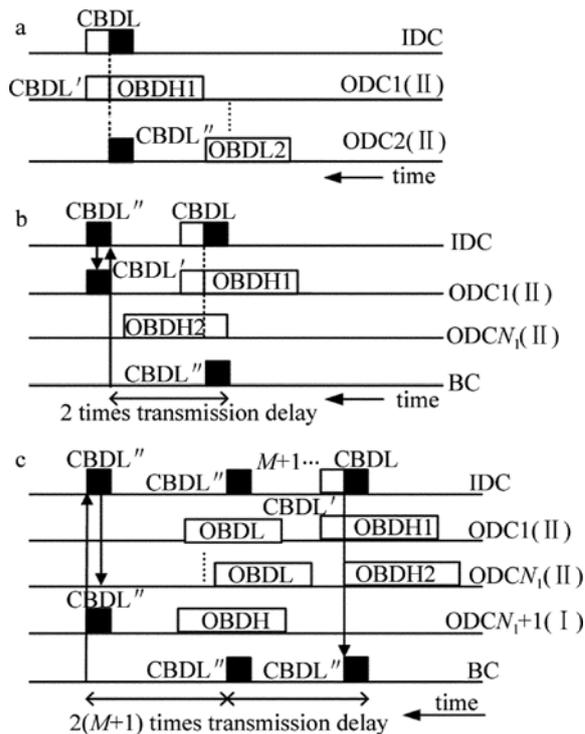


Fig. 2 Low priority burst and high priority burst

a—normally b—class II channels are busy c—conflicts still exist

道, 为了不让低优先级的业务过多的占用网络资源, 选择直接丢弃。

3 仿真说明

3.1 仿真场景

为了分析高低优先级两类突发包的丢包率情况, 假定两类数据以泊松分布到达核心节点^[9], 高优先级业务的到达率为 λ_h , 低优先级的到达率为 λ_l , 总的到达率为 λ 。高低优先级业务的到达时间设为 τ_h 和 τ_l , 服从指数分布。系统中链路总的条数为 N , I 级信道条数为 N_I , II 级信道条数为 N_{II} , 备用信道的数目用 N_{BC} 来表示, 那么, I 级信道可以用排队模型 $M/D/N_I/N_I$ 表示, II 级信道用 $M/D/N_{II}/N_{II}$ 表示 (其中, M 和 D 表示常数, 排队模型 $M/D/N_{II}/N_{II}$ 表示突发数据以泊松分布到达, 系统服务时间为常数 D , 有 N_{II} 个服务对象, 容量为 N_{II} 的模型), 则有:

$$\lambda = \lambda_h + \lambda_l \quad (1)$$

$$N = N_I + N_{II} + N_{BC} \quad (2)$$

概率密度为:

$$f(\tau_l) = \lambda_l \exp(-\lambda_l \tau_l) \quad (3)$$

$$f(\tau_h) = \lambda_h \exp(-\lambda_h \tau_h) \quad (4)$$

那么容易得出:

$$E(\tau_1) = \int_0^{\infty} \tau_1 f(\tau_1) d\tau_1 = \frac{1}{\lambda_1} \quad (5)$$

$$E(\tau_h) = \int_0^{\infty} \tau_h f(\tau_h) d\tau_h = \frac{1}{\lambda_h} \quad (6)$$

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 UNIX 操作系统。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 65 个波长信道, 其中 56 个为数据信道, 分为 I 级信道和 II 级信道, 初始设置 II 级信道个数为 28 条, II 级信号个数为 28 条, 8 个作为回退信道, 1 个为控制信道, 波长信道传输速率为 10Gbit/s, 边缘节点数据流按照 Poisson 过程随机到达, 两种优先级的网络负载采用归一化处理, 设高优先的业务负载和低优先级的业务负载为 $L(0 \leq L \leq 1)$, 汇聚算法采用固定长度汇聚算法, IP 包得平均长度为 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。

3.2 结果分析

仿真结果如图 3 所示。

图 3a 表示的是在网络负载优先级不同的配比 L 下, 高优先级业务和低优先级业务的丢包率情况, 从图中可以看出来, 当网络里高优先级业务占主要部分时, 随着仿真时间的推移, 高优先级业务的丢包率呈现快速下降的趋势; 而低优先级业务的丢包率则一直保持较低的水平。这是由于新算法采用了动态调配不同等级信道的数目, 当高优先级业务冲突较为严重时, 表明网络中高优先级业务的负担比较重, 随着时间的推移, 新算法自适应应得增加 I 级信道的数目, 并且由于回退机制的引入, 大大降低了丢包率。

图 3b 表示的是当仿真结束时, 不同网络负载的各业务丢包率比较, 比较的是新算法的高优先业务丢包率、低优先级业务丢包率和回退信道竞争解决机制 (back-off channel contention resolution, BCCR) 算法。从图中可以看到, 新算法在保证高优先级业务的低丢包率的情况下, 对低优先级业务也有非常大的改善, 尽管在某些时候可能会不如传统的 BCCR 算法, 但是符合优先保证高优先级业务的原则。

图 3c 反映了仿真到达 2s 时, 不同网络负载的各业务延时比较, 从图中可以看出, 不管是高优先级业务还是低优先级业务, 随着相应网络比重的增加,

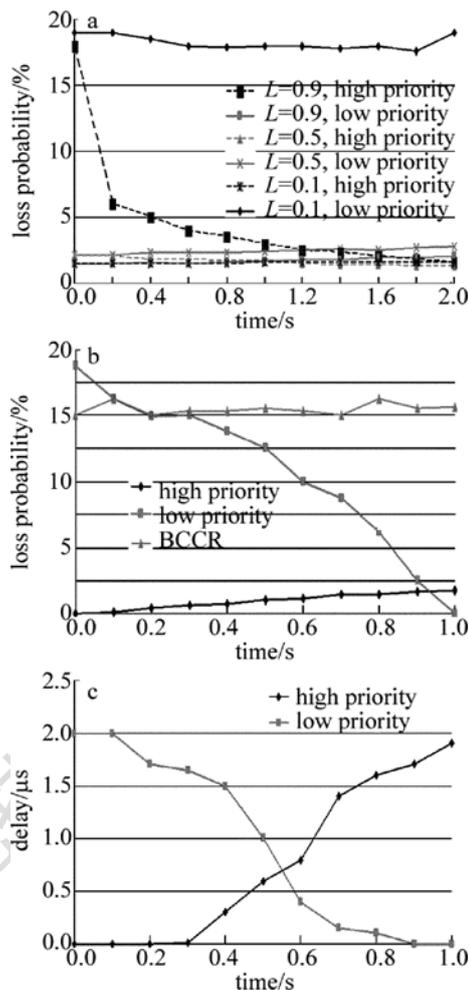


Fig. 3 a—packet loss probability of high priority and low priority services with different load b—packet loss probability of high priority, low priority and BCCR services c—time delay of high priority and low priority services

延时都会增加, 综合考虑到网络的丢包率, 认为为此牺牲的延时是有价值的。

4 结论

提出了一种新型的考虑业务优先级的基于信道分级的带回退业务的冲突解决算法, 该算法采用信道分级, 将信道分为 I 和 II 两个级别, 用来区别对待高低优先级两类业务, 并且能根据实时网络业务的动态配比自适应地调整两类信道的数目; 算法还划分出一部分的回退信道作为保护机制, 当突发包发生竞争时, 根据竞争业务的优先级进行突发包分段处理, 被分段的突发包可以经过优先级比较, 进入回退信道, 在保护高优先级业务的稳定地低丢包率的同时, 也能大幅度降低低优先级的丢包率和网络业务的延时。仿真结果证实, 相比较 BCCR 算法, 这种新型的冲突解决算法确实能够良好地保证高优先级

的低丢包率,并且对低优先级的业务的丢包率也能大幅度降低。这些结果对于 OBS 网络的优化和设计都是有一定的参考作用的。

参 考 文 献

- [1] CHEN Y, QIAO C, YU Y. Optical burst switching: a new area in optical networking research[J]. IEEE Network, 2004, 18(3): 16-23.
- [2] JI Y F, WANG H X. Optical burst switching networks[M]. Beijing: Beijing University of Posts and Telecommunications Press, 2005: 38-45(in Chinese).
- [3] VU H L, ZUKERMAN M. Blocking probability for priority classes in optical burst switching networks[J]. IEEE Communications Letters, 2002, 6(5):214-216.
- [4] HOU R, SUN J Q, DING P F. 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(in Chinese).
- [5] BI F J, ZHANG M, YE P D. A novel prioritized scheme for contention resolution in optical burst switched networks[J]. Acta Photonica Sinica, 2005, 34(6):900-904(in Chinese).
- [6] XIANG B B, ZHU J, ZHANG J. Research on channel grading contention in OBS networks[J]. Optical Communication Technique, 2011, 15(4):20-22(in Chinese).
- [7] BARAKAT N, DARCM T E, GANTI S. Back-off channel contention resolution in optical networks[C]// Optical Fiber Communication/National Fiber Optic Engineers Conference. New York, USA: IEEE, 2008:759-762.
- [8] LEE S K, SRIRAM K, KIM H K, *et al.* Contention-based limited deflection routing protocol in optical burst-switched networks[J]. IEEE Journal of Selected Areas in Communication, 2005, 23(8): 1596-1611.
- [9] 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).
- [10] WANG B Y, GUAN A H, ZHANG Y. A preemption window mechanism based on priority in E-OBS networks[J]. Laser Technology, 2011, 35(4):531-538(in Chinese).