

光突发交换网络核心节点中 QoS 策略研究

郭彦涛 刘增基

(西安电子科技大学综合业务网国家重点实验室,西安 710071)

摘 要 对 OBS 网络核心节点中所采取的多种改善 QoS 的策略进行了研究并提出了一种反馈证实机制以减少数据突发的丢失. 其原理是在 BCP 传输建立端到端通路的过程中,如果在某核心节点处不能成功预约波长信道,该节点将在数据突发离开边缘节点之前返送 NACK 证实信息,取消边缘节点的该数据突发调度输出计划,并将其重新缓冲排队以备再次调度发送. 这样可以尽量为数据突发提供可靠的波长路径,减少数据突发的丢失.

关键词 光突发交换;调度策略;OBS;QoS;IP over WDM

中图分类号 TN909.5 **文献标识码** A

0 引言

随着波分复用(WDM)技术的发展和成熟,在大容量的中间交换节点实现全光交换已成为可能,于是提出了下一代光互联网(IPoverWDM)的概念. 目前主要有三种光交换技术,即光路交换 OCS (Optical Circuit Switching),光分组交换 OPS (Optical Packet Switching)和光突发交换 OBS (Optical Burst Switching)^[1]. 其中 OBS 结合了 OCS 和 OPS 的优点,又克服了二者的不足,能很好地支持突发业务.

在 OBS 网络中 QoS(Quality of Service)所涉及到的主要问题是,第一保证数据突发端到端的传输时延;第二降低数据突发的丢失率;第三减少 OBS 网络的拥塞概率. 为了降低数据突发丢失率,通常在三个方面采取措施:①空间域:偏射路由;②时间域:丢弃重传或用光延迟线(FDL)缓冲;③波长域:增加波长数目并采用波长变换器. 根据上述三种基本 QoS 策略已经提出了多种具体方法,主要集中在核心节点对突发分组和波长信道的处理策略上. 如基于偏置时间的具有数据突发优先级的 OBS 策略^[2];而数据突发信道调度方法主要是“最近可用信道”(LAUC)算法^[3]及 LAUC-VF 算法^[4]和 Horizon^[5]算法;文献^[6]提出了一种时域和空间域相结合的方法,即数据突发分段与优先级路由策略. 本文对 OBS 网络核心节点中所采取的多种改善 QoS 的策略^[7~14]进行了研究并提出了一种反馈证实机制以减少数据突发的丢失.

1 OBS 网络核心节点处综合改进 QoS 方案

1.1 面向 CoS 的多业务分级波长分配算法

相对于随机波长分配算法,基于优先级的波长分配 PWA (Priority-based Wavelength Assignment)算法有利于改善 OBS 网络中的数据突发阻塞概率.

PWA 算法原理是在每个发送节点中对每个目的节点都保存一个波长优先级数据库,通过不断了解数据突发传输的统计结果,节点对波长的优先级进行不断的调整. 发端根据每个业务的优先级别分配其所对应的不同的波长数量 $n(i)$, i 为数据突发业务等级.

图 1 为一对发端-目的端节点间的波长数据库示例并说明了两级业务 1 和 0 使用 PWA 进行波长分配的过程. 其中图 1 (a)对应 $n(0)=1$,图 1 (b)对应 $n(1)=4$ 之例. $n(0)=1$ 表示只有一个波长可分配给 0 级业务,如果 w_1 是所有波长中的最高级且此时空闲,则选择 w_1 波长传输数据突发;否则,数据突发被阻塞. 而 $n(1)=4$ 表示可有 4 个波长分配给 1 级业务. 如果 w_1 波长忙,则降级 w_2 波长,如 w_2 也忙,则查询 w_3 波长,如此往下直至在 w_1-w_4 之间从高到低选择一个空闲的波长传输 1 级数据突

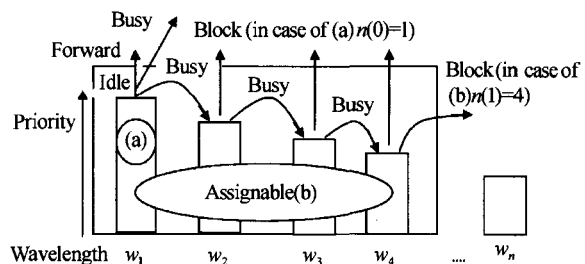


图 1 分配波长数量实现 CoS

Fig. 1 CoS by differentiating the number of assignable wavelengths

发. 由此看出,图 1(b)改善了图 1(a)的拥塞概率.

在 OBS 网络中,当目的节点成功收到数据突发后,将向发端发出 ACK 分组;否则,发出 NACK 分组. 所以,数据突发在波长 w 上成功抵达目的节点后,源端将提升该 w 波长的优先级;反之,将降低其优先级.

1.2 相对 QoS 业务分类策略

IP 分组交换网中可以对不同 QoS 要求的业务按照有比例关系的差分业务来处理,即利用时延和丢失差分功能的分组调度机制来满足其 QoS 要求. 通过建立比例差分模型(Proportional differential model)并使用 WTR(Waiting-Time Priority)调度机制来处理差分业务. 在比例差分模型中,量化地调整指定业务的 QoS 参数的变化,使其与网络所设定的服务参数成比例. 设 Q_i 、 S_i 分别为第 i 级的 QoS 参数和差分参数(differentiation factor),则对不同级别的业务有下列关系

$$\frac{Q_i}{Q_j} = \frac{S_i}{S_j} \quad (i, j = 0 \cdots N), S_0 > S_1 > \cdots > S_N \quad (1)$$

在 WTP 调度机制中,对每个业务级别分配一个队列,通过队列头部的分组等待时间来反映本队列的负载状况. 在 t 时刻队列 i 的调度优先级 $P_i(t) = W_i(t) / S_i(t)$, $W_i(t)$ 为队列 i 头部处分组的等待时间,同时优先级随着等待时间的增加而增加. 如果在 t 时刻需要调度输出分组时,具有最高优先级(或最大) P_i 的队列将获得服务,即在队列头部具有最大优先级的突发将被调度输出. 这样,就可得到有一定比例关系的平均分组时延.

将上述机制应用在 OBS 网络中可以处理数据突发的时延和丢失控制问题,改善 OBS 网络的 QoS. 利用这种比例 QoS 概念,即相对 QoS 业务分类概念,对于不同优先级的数据突发定义彼此之间的 QoS 比例,当不满足式(1)的情况出现时,将故意丢弃低优先级的数据突发,减少竞争发生概率,达到动态调整各业务服务质量之目的.

1.3 绝对 QoS 策略

绝对 QoS 业务分类概念主要是依靠对资源使用的监控和业务的接入允许控制来实现的. 其主要思想是:对于所需保证的高优先级数据突发设定其在网络中的最低保证值,如丢失率,并随时监控该值,使之不能超过设定值,一旦有意外发生时可采用早期丢弃低优先级数据突发策略或采用波长分组机制对高优先级业务提供必须的波长信道保证.

在波长分组策略中可以采用动态调整或静态分配方法. 在动态调整方法中可以在保证高优先级数据突发 QoS 的情况下,将多余的波长信道分配给其

他以尽力转发方式传输的业务来使用. 对于整个 OBS 网络而言,可以根据数据突发所经历的不同路径,不同跳数设定不同节点处的绝对 QoS 参数,这样就可提供端到端的 QoS 保证.

1.4 具有 QoS 要求的波长预留策略

文献[11]提出了一种新的波长预留机制—Qmerit,它综合考虑了各种预留机制的优点并考虑重传数据突发的优先级以提高那些已经过多跳传输而占用较多链路资源的数据突发传输成功率. Qmerit 主要考虑下列因素:①数据突发长度;②业务优先级和新数据突发或重传数据突发的区别;③数据突发已经历的路径总跳数.

Qmerit 算法中根据数据突发业务的优先级别和其是否为原数据突发(original burst)或重传数据突发(retransmitted burst)的性质,定义新的数据突发优先级体系,见表 1. 同时在控制分组格式中在特定域中标明原数据突发/重传数据突发.

表 1 数据突发优先级体系 (0 为最高优先级突发)

突发优先级	业务类型
0	原始和重发数据突发
1	重传数据突发
2	原始数据突发

在控制分组到达核心节点后当无空闲波长可分配时则启动 Qmerit 机制. 对每个数据突发测试其特征值(merit = $H \cdot L \cdot S$),高值者具有优先选择权. 同时对竞争同一波长的数据突发排列其 Qmerit 值,新数据突发具有高优先预占权.

1.5 BCP 分组收集调度策略

在 OBS 网络中由于 BCP 是单独处理,而在核心节点数据突发的到来又是无序的,所以无法预知前后数据突发的到来时间,这样就会随时导致数据突发竞争的发生. 利用 BCP 分组收集调度策略可以有效地解决上述问题.

该策略是在核心节点的数据突发波长信道上按照数据突发到来的时间顺序划定某一时间窗口,在此内收集所到达的数据突发的 BCP 分组并进行集中处理,对每个数据突发根据它的偏置时间和长度进行统一时间排序和调度,可以极大的降低了数据突发丢失率. 见图 2, A-G 表示为 7 个数据突发所对应的各自 BCP,而从 A-G 同时也表示为核心节点所规定的 BCP 收集窗口时间段,这样他们所对应的数据突发在本节点的突发窗口时间段为(TSTOP-TSTART). 从图中可看出,如果按照一般的调度方法(无 FDLs),则仅有 A、C 这两个数据突发可被成功调度. 但是如果集中考虑,统筹规划调度,则{B、E、C}、{D、E、C}、{A、C}、{G、C}等四组数据突发可

以成为被选而成功调度输出,因此提高了调度效率,减少了数据突发丢失率.

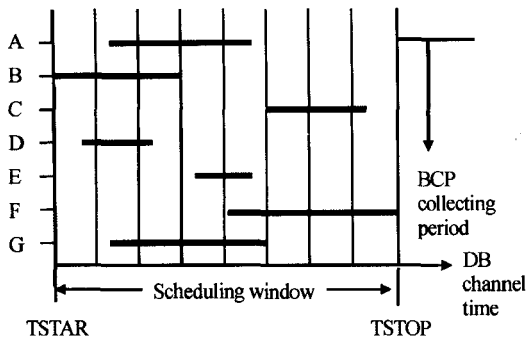


图2 BCP分组集中处理
Fig. 2 BCP group-scheduling process

1.6 核心节点反馈证实机制

在 OBS 网络中一旦数据突发从边缘节点发出,就只有沿着 BCP 所预约的波长信道路径传输直到目的边缘节点. 如果中间节点波长预约和调度失败数据突发将被丢弃. 核心节点反馈证实机制所采取的措施是在 BCP 传输建立端到端通路的过程中,如果失败将在数据突发离开边缘节点之前返送 NACK 证实信息,取消边缘节点的该数据突发调度输出计划,将其重新缓冲排队以备再次调度发送. 这样可以尽量为数据突发提供可靠的波长路径,减少数据突发的丢失. 见图 3,在 BCP 到达节点 3 时,如果发生竞争而不能预约前往节点 4 的波长路径,则立即沿已经预约的波长路径反向传送 BCP 的反馈证实信息 NACK,边缘节点 1 收到 NACK 信息后即刻调整数据突发 DB1 (Data Burst) 的输出调度,保留 DB1 并重新缓冲等待下次发送输出. 为了保证 DB1 在边缘节点 1 发出前收到 NACK 证实信息,必须满足条件:偏置时间(offset time)大于数据突发所要经历的端到端的路径传输时间总和. 如果 BCP 顺利到达目的边缘节点 5,则不需要返送反馈证实信息,而此时 DB1 也从节点 1 发出了. 在此情况下节点 5 可以保证收到 DB1. 基于上述条件,在端到端数据突发通路的 1/2 之前核心节点反馈证实机制可以保证突发不丢失. 这样的单向波长预约方式虽然加大了端到端的时延,但是在数据突发成功传输情况下,时延只是双向信令波长预约方式的 1/2. 因为在双向信令预约的情况下(图 3 中所示),只有当源边缘节点 1 收到目的边缘节点 5 的证实信息 ACK 后才能调度发出 DB1. 所以核心节点反馈证实机制既降低了突发丢失率,又利用 OBS 单向信令预约方式改善了 OBS 双向信令预约方式,是一种混合信令预约方式.

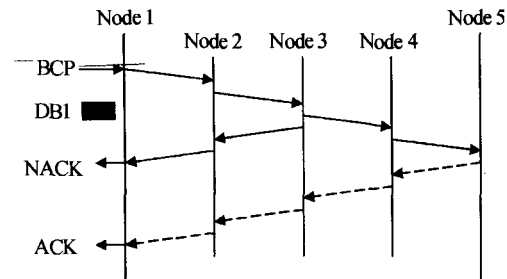


图3 核心节点反馈证实机制
Fig. 3 Feedback acknowledge mechanism on the core nodes

2 结论

OBS 是一种实现 IP over WDM 的光交换方式. 由于其统计时分复用的特性,与分组交换一样,非常适合于突发数据在光域内的交换与传输,且信道利用率高. 但是,OBS 单向资源预留方式决定了数据突发的丢失率较高. OBS 网络的边缘节点对数据突发的处理方式和核心节点对波长信道的调度分配方式以及偏置时间的选取等方面都会对整个网络的 QoS 特性造成影响. 本文提出的核心节点反馈证实机制对改善 OBS 网络的 QOS 有重要作用.

参考文献

- 1 Yoo M, Qiao C. Just-Enough-Time (JET): A High Speed Protocol for Bursty Traffic in Optical Networks, in: IEEE/LEOS Conf. on Technologies For a Global Information Infrastructure, Montreal Quebec, Canada, Aug. 1997, 26~27
- 2 Yoo M, Qiao C, Dixit S. QoS Performance of in IP-Over-WDM Networks. IEEE. Selected Areas in Communications (JSAC), Special Issue on the Protocols for Next Generation Optical Internet, Oct. 2000, 10: 2062~2071
- 3 Xiong Y, Vandenhoute M, Cankaya H. Design and analysis of optical burst-switched networks. In: Proc. SPIE'99 Conf, Boston, 1999, 3843, 112~119
- 4 Xiong Y, Vandenhoute M, Cankaya H. Control architecture in optical burst-switched WDM networks. IEEE JSAC (Journal on Selected Areas in Communications), 2000, 18(10): 1838~1851
- 5 Turner J. Terabit burst switching. Journal of High Speed Networks, 1999, 8(1): 3~16
- 6 Vokkarane V M, Jue J P. Prioritized Routing and Burst Segmentation for QoS in Optical Burst Switched Networks, in: Proceedings of Optical Fiber Communication Conference (OFC) 2002, Anaheim, CA, 2002
- 7 Hashiguchi T, Wang Xi, Morikawa H, et al. CoS-oriented wavelength assignment algorithm in burst switching optical networks, in: Proceedings of Sixth Optoelectronics and Communications Conference, Sydney, Australia,

2001. 370~371
- 8 Dovrolis C, Stiliadis D, Ramanathan P. Proportional Differentiated Services; Delay differentiation and Packet Scheduling, in: Proceedings of ACM SIGCOMM' 99, Cambridge, MA, 1999. 109~120
- 9 Chen Y, Hamdi M, Tsang D H K. Proportional QoS over OBS Network, in Proceedings, IEEE, GLOBECOM 2001, San Antonio, TX, 2001, 3: 1510~1514
- 10 Zhang Q, Vokkarane V M, Jue J P, *et al.* Absolute QoS Differentiation in Optical Burst-Switched Networks, in: IEEE Journal on Selected Areas in Communications (JSAC) - Optical Communications and Networking Series, 2004, 22(9): 1781~1795
- 11 Naik K, Raju M. A New Reservation Mechanism incorporating Quality of Service for optical burst switching, CMSC 6910 Term Project Report1, Department of Computer Science and Electrical Engineering, UMBC, 2002
- 12 Charcranon S, El-Bawab T S, Cankaya H C, *et al.* Group-Scheduling for Optical Burst Switched (OBS) Networks. In: Proceedings of Globecom 2003 San Francisco, USA, 2003. 2745~2749
- 13 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. 光子学报, 2005, 34(6): 900~904
- 14 张民, 张帆, 王建, 等. 有优先权的光突发交换中光缓存的性能分析. 光子学报, 2002, 31(10): 1190~1195
- Bi F J, Zhang M, Yue P D. *Acta Photonica Sinica*, 2005, 34(6): 900~904
- Zhang M, Zhang F, Wang J, *et al.* *Acta Photonica Sinica*, 2002, 31(10): 1190~1195

QoS Policies for Core Nodes in Optical Burst Switching Networks

Guo Yantao, Liu Zengji

The State Key Lab of theory and key technologies on ISN, Xidian University, Xi'an 710071 Received date: 2005-03-23

Abstract A new mechanism of feedback acknowledge is proposed for avoiding loss of data bursts. It is the principle that if failed to establishing end-to-end wavelength path during setting up, the fault core node will send back a acknowledge information (NACK) to the original edge node, once the original edge node receives NACK information before the data burst to be scheduled has not be output, the plan of scheduling the data burst for output will be cancelled and that data burst will be buffered again to be ready for scheduling next time. In such way, a more reliable wavelength path and a less loss may be provided for data burst.

Keywords Optical burst switching; Scheduling policy; OBS; QoS; IP over WDM



Guo Yantao was born in 1964. He receive his M. S in Electrical Engineering from Hebei University of Technology in 1990. Since then, he has worked for the 54th research institute of CETC as a senior engineer. Now he is studying in Xidian University for his doctor's degree, his main interests include communication network technology.