

光突发交换网络中支持 QoS 的一种竞争处理机制¹

王建新 曾庆济 张治中 王盛华* 肖石林

(上海交通大学宽带光网中心 上海 200030)

*(北京力扬汇智科技有限公司 北京 100085)

摘要: 分段丢弃是最近提出的一种资源竞争解决方法。该文对尾部丢弃竞争处理方法中存在的弊端进行了分析。提出了改进的头部丢弃处理方法, 该方法是当竞争重叠部分长度小于整个后到的竞争突发数据的长度时就丢弃后到突发数据的头部, 否则就丢弃整个后到突发数据。为了更好地支持区分服务和尽可能地减少错序, 该文还提出了基于优先级的混合封装机制。仿真结果证明基于优先级的混合封装机制和改进的头部丢弃方法联合使用时, 对降低分组丢失率及支持区分服务等性能效果很明显。

关键词: 竞争处理, 封装机制, 头部丢弃, 分段处理, 区分服务

中图分类号: TN919.2 **文献标识码:** A **文章编号:** 1009-5896(2004)06-1000-05

QoS Supporting Contention Resolution for Optical Burst Switched Networks

Wang Jian-xin Zeng Qing-ji Zhang Zhi-zhong Wang Sheng-hua* Xiao Shi-lin

(*R&D Center for Broadband Optical Networking Technology,
Shanghai Jiaotong University, Shanghai 200030, China*)

(*Beijing Lyang Technology Co., Ltd. Beijing 100085, China*)

Abstract Segment dropping is a novel contention resolution proposed recently. Firstly, the drawback of tail-dropping contention resolution is analyzed in this paper. Then a modified head-dropping policy is proposed. This policy drops the head of contending burst only if the overlapping region of the two bursts is less than the whole contending burst size, otherwise drops the whole contending burst. In order to have a better support of differentiated service and alleviate the disorder resulted from head-dropping, a new burst assembly scheme, priority-based mixed burst assembly, is proposed. Such a burst consists of several classes segments, each of which is composed of one or several same class packets and separate head information. The priority of segments is arranged in ascending order in a burst from head to tail. Simulation results show that the proposed scheme performs very well in terms of performance metrics such as the packet loss probability and differentiated services.

Key words Contention resolution, Assembly mechanism, Head-dropping, Segment, Differentiated service

1 引言

光突发交换 (OBS) 技术^[1,2] 被认为是下一代光因特网中能充分利用密集波分复用技术 (DWDM) 所提供的高带宽的交换技术。在 OBS 网络边缘节点处, 去往同一个目的节点的数据分组被封装成一个个突发数据, 并根据突发数据中的分组属性生成相应的控制分组。控制分组先从控制波长通道发送出去, 在每个路由节点由控制分组根据突发数据的属性提前预定节点端口资源。在控制分组发送出去一定时间后再将突发数据从数据波长通道发送出去, 并沿着控制分组预定好的路由全光传送。它避开了光分组交换对大容量光缓存的需求, 也保证了数据的透

¹ 2003-03-02 收到, 2003-08-21 改回
国家自然科学基金资助项目 (69990540)

明传输, 但资源的竞争处理仍然是一个研究重点。常规的竞争处理方法是采用波长转换、光缓存或者偏转路由方式^[3]。本文针对最近提出的分段丢弃突发数据的竞争解决方案^[4,5]进行研究。分段丢弃仅仅丢弃其中一个突发数据的竞争部分, 一旦争用的输出端口被释放, 与之竞争的突发数据的剩余部分被继续传送。采用这种处理方式是希望尽可能地利用资源, 降低分组丢失率。分段丢弃处理方式有两种: 头部丢弃和尾部丢弃。尾部丢弃处理方法是指在竞争处理过程中将先预定上输出端口的突发数据的竞争部分(即尾部)丢弃掉, 让后到的突发数据被完整传出去。这也是目前研究最多的方法。

尾部丢弃方法的致命缺陷是它会给后续节点带来一些不良后果。主要有以下两种情况。

假定突发数据 A 和 B 从头部到尾部分别由 $A1, A2$ 和 $B1, B2$ 两部分组成, 二者都要去往节点 C 的同一输出端口, 且突发 A 的尾部 $A2$ 部分由于竞争已经被丢弃, 我们考虑在节点 C 处发生的情况:

(1) 节点需要处理“根本不存在”的竞争。假设突发数据 A 对应的控制分组比 B 的控制分组先到达节点 C , 而 B 对端口的开始占用时刻刚好落在 A 中 $A2$ 部分的传输时间段内。此时节点认为有竞争产生, 而实际上, 对突发数据 A 和 B 来说, 这种竞争根本不存在, 因为当 B 到来时刻, A 已经传完了。

(2) 通过分段处理而获得的资源不能得到很好的利用。当 A 的控制分组到达节点 C 时, 节点根据它所携带的信息预定端口, 如果在 A 到来时刻, 端口已经不可用(突发数据 B 先预定到输出端口), 而且端口要等到 $A2$ 部分传输时才可用。 B 的尾部(如 $B2$) 会被丢弃来保证 A 的完整传输。实际上, $A2$ 已被丢弃了, 可见, $A2$ 部分传输的时间段内端口白白浪费掉了。

这是因为尾部丢弃无法更新控制分组。文献[4]提出的补充方法也不能完全消除以上现象。

采用分段处理竞争的目的是为了尽可能利用端口资源来降低分组丢失率, 而尾部丢弃方法却不能充分利用以复杂处理为代价获得的资源, 这正是本文所要解决的问题之一。另一个要解决的问题是如何在分段丢弃解决竞争的同时支持区分服务。本文采用一种新颖的封装机制, 与所提出的竞争解决方法联合使用, 达到充分利用资源, 降低分组丢失率和支持区分服务的目的。

2 基于优先级的混合封装机制和改进的头部丢弃方法

几乎所有采用尾部丢弃方法处理竞争的文献中都提到头部丢弃方法的一个弱点, 即丢弃头部会导致分组错序。突发数据按照常规方法封装时, 即突发中所有分组的封装信息都包含在头部, 丢弃头部就会丢弃后续分组的相关信息, 因而会导致分组的错序。事实上在 IP 网络中, 来自相同源节点的数据分组有可能经过不同的路由到达目的节点导致延时不一致。所以无论标识分组的封装信息丢失与否, 即采用头部丢弃还是尾部丢弃解决竞争, 任何目的节点对所有收到的分组在下路到最终用户前都避免不了重新排序。因此由于丢弃头部造成的分组错序不应该成为考虑选用哪一种分段方法的主要问题, 而应该看选用的方法是否能够充分利用以复杂处理为代价获得的资源, 降低分组丢失率。为了避免尾部丢弃方法存在的问题, 我们采用头部丢弃方法。为了尽可能地减少头部丢弃方法带来的错序, 我们提出了基于优先级的混合封装方案。

2.1 基于优先级的混合封装机制

在 OBS 网络的边缘节点处, 到达该节点的数据分组被组装成突发数据。我们借鉴文献[6]中提到的混合封装的思想, 将不同优先级的数据分组按一定的比例封装成一个个突发数据, 其中同一优先级的分组被封装成一个段, 每一个段都附带有自己的头信息: 包括长度, 分组数目, 分组在该段中的位置等。该段的优先级别也就是该段中分组的优先级别。段在突发数据中是根据其优先级从突发数据头到突发数据尾按升序排列, 即高优先级段放置在尾部, 低优先级段放置在头部。所有段作为一个整体传输。封装比例是根据当前到达该节点不同级别业务的密集度选取的。图 1 中给出了一个突发数据, 它由 3 个优先级别的业务分组组成, 其中 3 个优先级别中 A 是最高优先级, B 是次高优先级, C 是最低优先级, 边缘节点选定的 3 个级别的封装比例等于 $P_A : P_B : P_C = W_A : W_B : W_C$, 其中 W_A, W_B 和 W_C 分别为 A, B 和 C 3 个级别分组的段长, W 为一个突发数据总长度。由于混合封装, 所有的突发数据之间没有优先级之分。

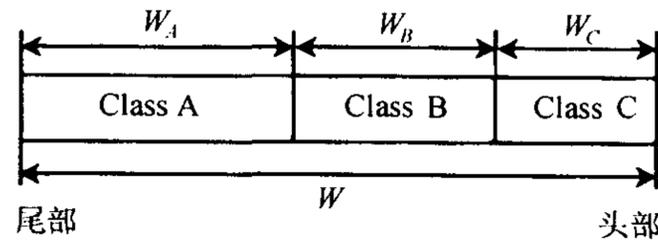


图 1 采用基于优先级的混合封装机制封装的一个突发数据

这种封装方法最主要的特征是每一级别分组形成一个段，而且每个段都带有自己的各种封装信息。如果头部丢失，不会丢失与头部不在同一个段中的其他分组的封装信息而导致错序。

2.2 改进的头部丢弃竞争处理方法

迄今为止，只有文献 [5] 对头部丢弃解决竞争方法的丢弃操作有过简要介绍，但也只是提到了在有竞争产生时，丢弃没有预定上端口的突发数据的头部来解决竞争。基于此，我们将头部丢弃方法改进如下。

我们借助图 2 来阐述其原理（突发交换技术中，节点输出端口的预定是根据提前到达的控制分组信息来完成的。为了形象起见，我们借用突发数据来分析各类竞争处理情况）。我们称先预定到输出端口的突发数据为初始突发，与初始突发的输出端口发生争用的突发数据为竞争突发。图 2 中符号分别表示如下： Δ_c 为发生竞争的两个突发数据的冲突时长； L_c 为竞争突发长度的折合时长； Δ_s 为节点交换矩阵的通道转换时间。 t_{os} 为初始突发的到达时刻； t_{cs} 竞争突发的到达时刻。

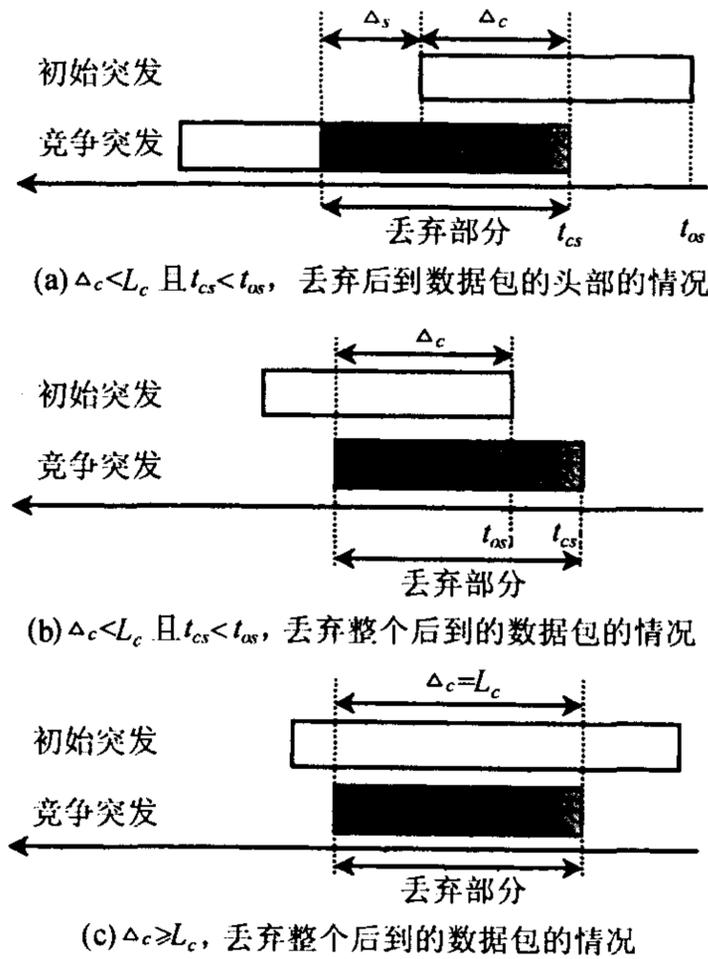


图 2 改进的头部丢弃竞争处理

竞争处理分为两个步骤。第 1 步，当有竞争发生时，节点的控制分组处理部分首先比较冲突时长和竞争突发的折合时长，如果 $\Delta_c < L_c$ 且竞争突发比初始突发晚到达该节点 ($t_{os} < t_{cs}$)，则丢弃部分为后到突发数据的头部，即先到突发数据仍然被完整地转发，当端口被释放时再紧接着转发后到突发数据的后一部分，此时后到突发数据的丢弃部分折合时长为 $\Delta_c + \Delta_s$ ，如图 2(a) 所示。如果 $\Delta_c < L_c$ 且竞争突发比初始突发先到达该节点 ($t_{os} > t_{cs}$)，则丢弃整个竞争突发保证先预定上输出端口的突发被完整转发，如图 2(b) 所示。如果 $\Delta_c \geq L_c$ ，则后到的整个突发数据被丢弃，如图 2(c) 所示。第 2 步，根据突发数据的丢弃情况对控制分组进行更新。

当竞争突发的头部需要被丢弃时，该突发数据在到达下一节点的时间和突发数据长度会发生变化。在完成丢弃处理后控制分组处理模块根据竞争的处理情况及时更新突发数据信息，其中主要包括丢弃部分的长度、突发数据到达时刻等。如果整个突发数据被丢弃，则相应的控制分组也被丢弃。

改进的头部丢弃竞争处理方法能在有效解决资源冲突的同时很好地处理控制分组。它避免了短突发数据抢占较长突发数据的资源而又浪费资源的现象, 减少竞争中丢失的分组。我们的方案是将以上基于优先级的混合封装机制和改进的头部竞争处理方法联合使用。

3 仿真结果及分析

我们用 OBS 网络中 $N \times N$ 核心节点来评估这种方案的性能。为简化仿真环境, 先假定以下网络参数:

- (1) 网络业务是对称的, 即输入过程具有相同统计特性, 任何到达的突发数据均匀分布到各个输出波长通道;
- (2) 假设所有由边缘节点封装的突发数据原始长度为 L_0 , 且每一个 OBS 节点处到达的突发数据长度服从负指数分布, 突发数据平均长度为 μ 。
- (3) 突发数据以 ON/OFF 过程到达每一个输入波长通道, 其中 ON 阶段延续时间长度等于突发数据长度, OFF 时长服从负指数分布, 其均值为 $L_{off} = L_0(1 - R)/R$, R 是此节点的负载率。
- (4) 假设网络中业务有 3 个优先级别, 分别为 A, B, C 。其中 A 表示最高级别, B 为次高级别, C 为最低级别。突发数据中不同优先级别分组的封装比例为 3:2:1。
- (5) 通道转换时间可以忽略不计。

设参数 N, L_0 和 μ 分别为 16, 2500 byte, 1500 byte, 传输速率为 10 Gbps。对该节点总共分析 1,000,000 个突发数据。本文研究的是基于优先级的混合封装机制和改进的头部竞争处理方法联合使用时的性能, 并将此方案与尾部丢弃竞争解决方案进行比较, 得到以下结果。

首先我们比较了两种竞争处理方案在节点处竞争处理次数。如图 3 所示, 本文提出的方法的竞争次数远少于尾部丢弃方法。正如前面对尾部丢弃的竞争处理方法的分析, 在节点处需要处理“根本不存在的竞争”, 而头部丢弃方法却不存在这种情况。

由于尾部丢弃方法不能很好地利用通过分段处理而获得的资源减少分组丢失。我们希望通过采用改进的头部丢弃方法来改善这种状况。如图 4 所示, 比较两种方案的平均分组丢失率, 我们发现改进的头部丢弃方法比尾部丢弃法所导致的平均分组丢失率要低得多。因为前者能通过更新控制分组来及时调整对端口资源的预定和占用, 不会出现在下一节点空闲地占用端口的现象, 从而更充分地利用资源, 减少分组丢失。

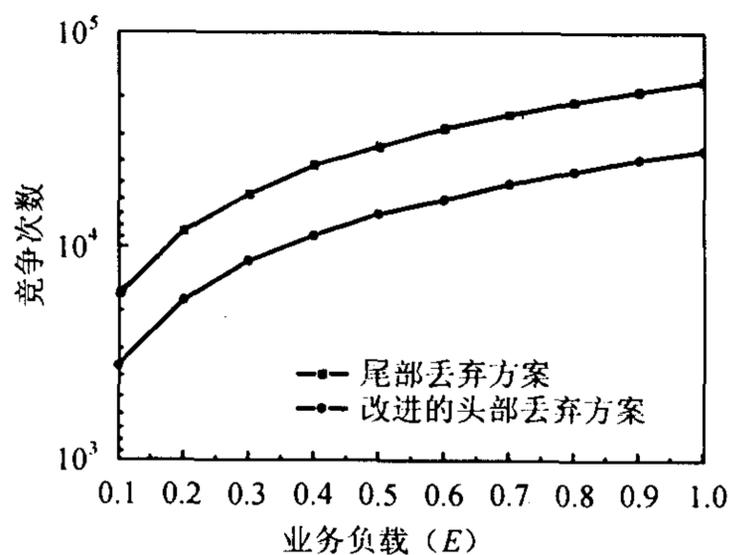


图 3 竞争次数的比较曲线

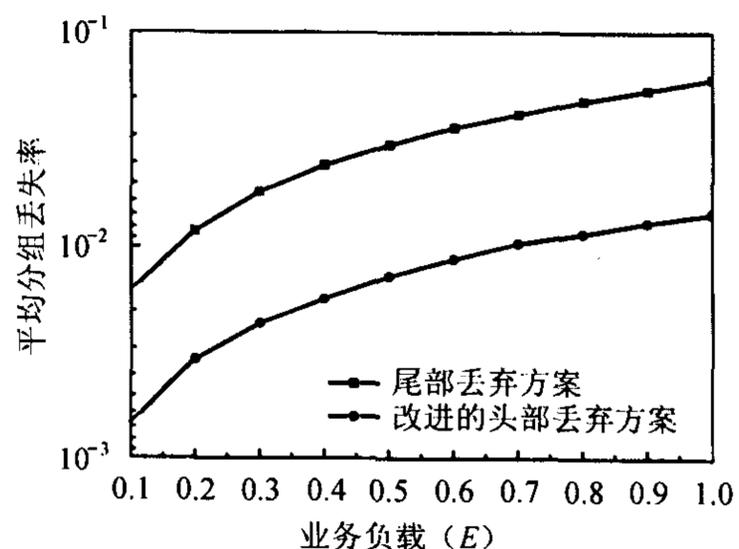


图 4 平均分组丢失率的比较曲线

采用基于优先级的混合封装机制, 目的有两个, 第一是为了减缓头部丢弃导致的分组错序, 第二是为了更好地为网络提供区分服务。图 5 给出了采用基于优先级的混合封装机制与改进的头部丢弃方法联合使用处理竞争时, 不同优先级别业务的分组丢失率, 其中高优先级业务的分组丢失率明显低于低优先级业务的分组丢失率。改进的头部丢弃方法通过判断端口预定的先后

以及突发数据长度来解决端口争用。基于优先级的混合封装机制组成的突发数据是低优先级段在头部,高优先级段在尾部。当出现竞争需要分段处理时,丢弃的始终是优先级相对较低的段。所以高优先级业务的分组丢失率始终低于低优先级业务的分组丢失率。

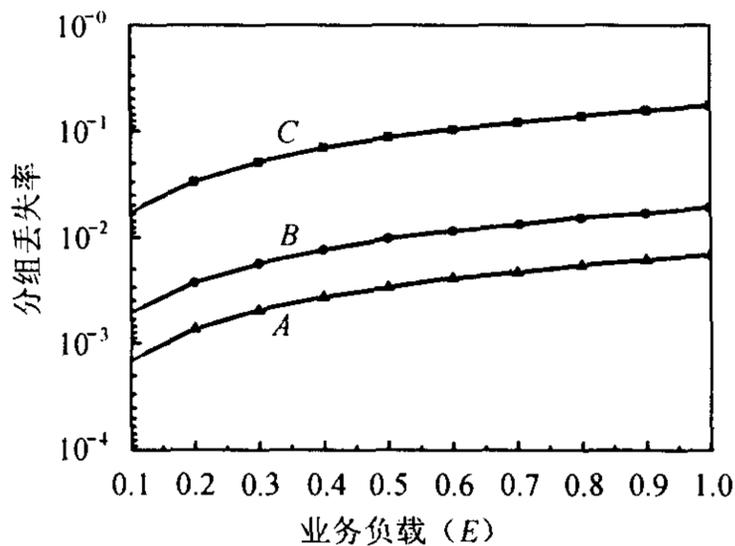


图5 不同优先级别业务的平均分组丢失率的比较

可见,在控制分组离开产生竞争的节点之前及时更新控制分组中与预定资源有关的突发数据信息,不会导致在后续节点出现资源浪费的情况。竞争次数也会减少,节点处的处理负担也会减轻。因为资源是根据突发数据的实际情况来预定的。其次此方案支持区分服务。还有一点就是基于优先级的混合封装采用的是分段封装,每个段都携带有自己段中分组的信息,所以如果突发数据的头部被丢弃,只会影响到该段中分组信息丢失而不会影响其他段的分组信息,比采用常规封装时的影响要小的多。

4 结论

我们分析了尾部丢弃竞争处理方式的两个主要缺陷,提出了改进的头部丢弃竞争处理方法。针对常规封装带来的一些不足,提出了基于优先级的混合封装机制。这种封装机制不仅能提高突发数据的封装利用率,减小分组的封装等待时间,更主要的是能有效地避免头部丢弃解决竞争中导致的分组错序。从仿真结果得出结论,当改进的头部丢弃竞争处理方法和基于优先级的混合封装机制联合使用时,能很好地支持区分服务。并且比采用尾部丢弃竞争处理方案导致的竞争次数少,平均分组丢失率也低得多。

参 考 文 献

- [1] Qiao C, Yoo M. Optical Burst Switching (OBS): A new paradigm for an optical Internet. *J High Speed Networks*, 1999, 8(1): 69-84.
- [2] Yoo M, Chunming Qiao, Sudhir Dixit. QoS performance of optical burst switching in IP-over-WDM networks. *IEEE J. on Selected Areas in Communications*, 2000, 18(8): 2062-2071.
- [3] Gauger C, et al.. Contention resolution in optical burst switching networks. *Advanced Infrastructures for Photonic Networks: WG 2 Intermediate Report*, 2002: 62-82.
- [4] Vokkarane V M, Jue J P. Prioritized Routing and Burst Segmentation for QoS in Optical Burst-Switched Networks. *OFC 2002*: 221-222.
- [5] Andrea Detti, Eramo V, Listanti M. Performance evaluation of a new technique for IP support in a WDM optical network: Optical Composite Burst Switching(OCBS). *J. of Lightwave Technology*, 2002, 20(2): 154-165.
- [6] Yuang M C, et al.. QoS Burstification for Optical Burst Switched Networks. *OFC 2002*: 781-783.

王建新: 女 1971年生, 博士生, 从事光交换及 QoS 的研究工作。

曾庆济: 男, 1939年生, 博士生导师, 教授, 从事宽带光通信网研究。

张治中: 男, 1972年生, 博士, 副教授, 从事 WDM 光互连体系结构及生存性的研究工作。

王盛华: 男, 1975年生, 工程师, 从事通信网及其信令系统的研究工作。

肖石林: 男, 1962年生, 教授, 从事 WDM 光互联网节点结构的研究工作。