

OBS 网络中突发重传和 IP 包重传的性能比较

段振英¹, 王汝言^{1,2}, 常交法¹, 林艳芳¹, 熊 余¹

(1. 重庆邮电大学 通信与信息工程学院, 重庆 400065; 2. 电子科技大学 通信与信息工程学院, 四川 成都 610054)

摘要:文章分别分析了将基于优先级的突发重传和基于分段的 IP 包重传方式引入光突发交换(OBS)网络后的性能,并对这两个机制进行了分析比较。通过分析比较发现,采用基于优先级的突发重传可以有效地减少重传次数、所需缓存和重传延迟,提高网络吞吐量,是 OBS 网络中的一种理想的重传选择方案。

关键词:光突发交换; 突发竞争; 突发重传; IP 包重传

中图分类号: TN929.11 **文献标识码:** A **文章编号:** 1005-8788(2008)01-0001-03

Performance comparison of burst-based and IP-based retransmissions in OBS networks

Duan Zhenying¹, Wang Ruyan^{1,2}, Chang Jiaofa¹, Lin Yanfang¹, Xiong Yu¹

(1. School of Communication and Information Engineering, Chongqing Univ. of Posts and Telecom., Chongqing 400065, China; 2. School of Communication and Information Engineering, Univ. of Electronic Science and Technology, Chengdu 610054, China)

Abstract: The performances of the prioritized burst retransmission scheme and the segmentation-based IP retransmission scheme in optical burst switching (OBS) networks are analyzed and compared. The results indicate that the former is an ideal retransmission option as in this option, the frequency of retransmission and the needed size of buffer and the retransmission delay can be effectively reduced, and the network throughput improved.

Key words: OBS; burst contention; burst retransmission; IP retransmission

光突发交换(OBS)使用的带宽粒度介于光电路交换(OCS)和光分组交换(OPS)之间,但它比 OCS 更灵活、带宽利用率更高,又比 OPS 对光器件的要求更低^[1]。可以说,OBS 结合了两者的优点又克服了两者的部分缺点,是两者之间的平衡选择,因而被认为是下一代网络中相当有潜力的交换技术之一。然而由于 OBS 常采用单向信令机制且核心网络中无缓存,这样就有可能在核心节点发生资源竞争,导致突发丢失。解决竞争是一个非常重要的研究课题,目前已经提出了多种竞争解决方法^[2]。虽然这些机制在一定程度上减少了突发丢失,但是却不能解决 OBS 网络拥塞这一本质问题,网络中仍可能发生竞争,引起突发丢弃。如果被丢弃的突发不能在 OBS 层上恢复,就可能导致高层(如 TCP 传输控制层^[3])在一定时间后处理该突发的重传,这样会带来很大的延迟,导致网络性能严重下降。为了满足高的带宽延迟要求,克服 OBS 网络突发丢失的本质,有人进行了 OBS 层上重传机制的^[4~5]研究。然而这些方案仍存在许多缺点和限制,如需要相当大的缓存和传输延迟,重传次数多等。本文将基于优先

级的重传机制引入 OBS 网络中,并分析了该机制的性能。此外,还分析了基于突发分段^[6]的 IP 包重传机制,并与基于优先级的突发重传方案进行了比较,比较的性能参数包括所需缓存容量、重传平均数、重传延迟以及 TCP 吞吐量等。

1 基于优先级的突发重传机制

在本文的网络模型中,核心交换机是一个没有任何缓存的 $n \times n$ 交换机,具有全波长变换能力;每个核心交换机与 n 个边缘节点相连;每条链路有 W 个波长。

将基于优先级的重传机制引入 OBS 网络中,其基本思想就是被丢弃的突发被优先传送,同时核心节点也有更高的优先级来处理那些被丢弃的突发。在这个方案中,一个新到达突发的优先级设为 0,只要这个突发在核心节点被丢弃,那么它的优先级就 在其相应的边缘节点增加 1。当业务负载很重时,新到达的突发很难在第一次就成功传送,而被丢弃的突发优先被传送了,因此可以减少重传次数。

为了便于分析,下面定义一些符号和概念: M 为

收稿日期:2007-07-25

基金项目:国家“八六三”计划资助项目(2005AA122310);国家自然科学基金资助项目(90304004);国家教育部新世纪优秀人才支持计划项目(教技司[2005]2号);重庆市科委项目(2005BB2062,2005AC2089);重庆市教委项目(KJ060508,KJ060513)

作者简介:段振英(1982-),女,四川内江人,硕士,主要研究方向为 OBS 网络中的竞争解决机制和丢失恢复机制。

成功传送一个突发所需要的最大重传数; L 为波长信道上的归一化业务负载; $\bar{L}_d$ 为发送到某一条标记输出链路的突发平均数; x_i 为一个突发被重传 i 次的概率; n_r 为 n_burst_set 中被标记优先权的突发平均数; $\bar{N}_R$ 为重传平均数; N 为一个 n 突发集合中, 相同波长信道上的突发平均数 ($N = nL$); L_k 为在重传等级为 k 时到达一条被标记输出链路的突发数; $\bar{d}$ 为多于 k 个突发同时到达标记输出链路时的突发丢弃平均数; P_c 为在 n_burst_set 中的 n_r 个被标记优先权的突发中 c 个突发发生冲突的概率; $n_{r,j}$ 为重传等级为 i 时, n_burst_set 中被标记优先权的突发平均数; $P_{i,drop}$ 为第 i 个重传等级时, 突发丢弃的概率; $P_L\{n_r, k\}$ 为在 n_r 个标记了优先级的突发中多于 k 个突发丢弃的速率; $P_a\{L_k = \alpha\}$ 为重传等级为 k 时一个突发到达一条被标记输出链路的概率; n_burst_set 为在相同的波长上来自于核心交换机的 n 个输入端口的突发集合。

1.1 突发丢弃速率

首先假设突发以相同的分布到达每个输出链路, 可得到 n_r 个标记了优先级的突发中 c 个突发冲突的概率 (即在核心交换中来自于给定等级时 n_r 个标记了优先级的突发中任意 c 个突发同时到达相同波长上的相同输出链路的概率) 为 $P_c = \left\{ \begin{matrix} n_r \\ c \end{matrix} \right\} \left(1 - \frac{1}{n} \right)^{n_r - c} \left(\frac{1}{n} \right)^c$, ($1 < c < n_r$), 则到达仅有 k 个波长容量可用的标记输出链路的 n_r 个被标记了优先级的突发丢弃概率, 即突发丢弃速率为

$$R_L\{n_r, k\} = \frac{\bar{d}}{L_D} = \frac{\sum_{c=k+1}^{n_r} (c-k) P_c}{n_r/n} = \frac{\sum_{c=k+1}^{n_r} (c-k) \binom{n_r}{c} (n-1)^{n_r-c}}{n^{n_r-1} n_r}, n_r \geq l \quad (1)$$

1.2 丢弃概率和重传平均数

我们分析的是基于优先级的突发重传机制的稳态分布情况。设标记输出链路上的突发的到达是相互独立的, 可以看到, 重传次数为 j 时, 也不一定有足够的空间重传所有需要重传的突发。因此有些仍被丢弃, 被丢弃的突发其优先级将增加 1, 并在第 $j+1$ 次时重传。也就是说重传等级为 i 时被丢弃的突发将以优先级为 i , 概率为 x_i 被重传, 那么

$$x_i = P_{i-1, drop}, 1 \leq i \leq M$$

且 $x_{M+1} = P_{M, drop} < Q$ (Q 为无穷小量), (2)
则新突发的到达概率

$$x_0 = 1 - \sum_{j=1}^M x_j \quad (3)$$

由于 $P_{i, drop}$ 表示一个标记了优先级的突发在重传等级为 i 时被丢弃的概率, 则有

$$x_{i+1} = P_{i, drop} = x_i ((1 - L x_{i+1}) R_L\{nL x_i, 1\} + (L x_{i+1}) R_L\{nL x_i, 0\}), \quad (4)$$

同时, 重传平均数为

$$\bar{N}_R = \sum_{j=1}^M j \frac{x_j - x_{j+1}}{x_0} \quad (5)$$

1.3 TCP 吞吐量

设 S 为一个汇聚的突发中从一个 TCP 流来的分组数; RTT 为循环往返时间; T_P 为 OBS 网络中引入的传播延迟; T_b 为突发的汇聚或者解汇聚时间, $T_b = T$ 。假设不考虑入口网络所引入的延迟, 则 $RTT = 2T_P + 4T_b$ 。那么根据文献[5], 我们可以得出 TCP 的吞吐量 $B \approx (1/RTT) \sqrt{3S/(2P_c)}$ 。将前面的 P_c 代入上式, 就可得到吞吐量 B 。

1.4 最大重传次数 M 的确定

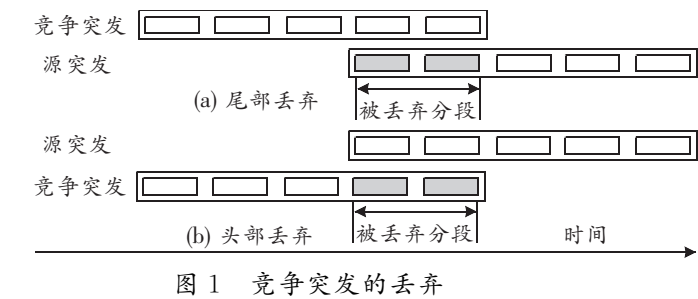
我们用迭代的方法来解等式(2)、(3)、(4), 并确定最坏情况下的 M 值, 即得到所有突发重传次数的最大值。由式(1)可以看到, 随着丢弃速率的增大, 突发重传数目也在不断增加, 那么最坏情况也就发生在式(1)中丢弃速率最大的时候。由于式(1)分母和式中的函数是随 n_r 增加的, 则只有当 $n_r = n_{r,j} = nL x_i$ 最大时, 丢弃速率 $R_L\{n_r, k\}$ 才会最大。当 n 和 L 最大时, 就可以得到最大 n_r , 同时可以求出 M 。假设 $L = 1.0, x = 10^{-7}, n = 1000$ 为最大可能的核心交换元, 则解这 $K+1$ 等式就可得 $K = 4$ 。

2 基于分段的 IP 包重传机制

前面分析了基于优先级的突发重传机制, 下面将介绍基于分段的 IP 包重传机制。在这个机制中, 边缘节点将所有到达的 IP 包保存在边缘缓存中, 同时按照突发汇聚算法进行突发汇聚并传送。当突发在 OBS 核心节点发生竞争时, 就采用突发分段技术丢弃重叠的分组, 同时核心节点返回一个控制信息到边缘节点。

我们主要集中考虑在 OBS 核心节点的一个输出波长。由于没有光缓存, 所以可以认为波长是一个单独的服务排队模型。当新突发在空闲状态时到达输出波长, 则突发被传输到输出波长上。如果下一个突发在忙时到达输出波长, 那么就采用突发分段技术来丢弃突发的分段。目前主要有两种丢弃突发分段的方法: 一种是尾部丢弃, 即丢弃源突发(已

存在突发)的尾部;另一种是头部丢弃,即丢弃竞争突发(新到达突发)的头部。本文分析采用尾部丢弃方法的情况,如图 1 所示。



3 性能比较

利用前面设定的网络模型,我们来分析比较基

表 1 基于优先级重传机制的性能

	x_0	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	$\overline{N_R}$
$n = 10, L = 0.4$	84.197 1	15.592 2	0.210 7	0.000 0	0.000 0	0.000 0	0.158 794
$n = 100, L = 0.4$	82.755 9	16.742 0	0.502 1	0.000 0	0.000 0	0.000 0	0.208 373
$n = 10, L = 0.7$	73.954 7	24.106 1	1.939 2	0.000 0	0.000 0	0.000 0	0.342 131
$n = 100, L = 0.7$	72.167 5	25.404 3	2.419 6	0.011 1	0.000 0	0.000 0	0.385 700
$n = 10, L = 1.0$	65.085 1	30.685 7	4.229 3	0.000 0	0.000 0	0.000 0	0.536 452
$n = 100, L = 1.0$	63.400 2	30.773 9	5.686 0	0.139 8	0.000 0	0.000 0	0.577 281

我们知道,在基于分段的 IP 包重传机制中,被丢弃的分组可能被汇聚到不同的突发中,而这些分组又可能在网络中经历竞争而被丢弃,同时由于没有给重传的分组更高的等级,也就导致被丢弃的分组不停地重传。而从表 1 可以看出,基于优先级的方案,每个突发的重传平均次数都小于 1,最大重传次数约为 5。因此,基于分段的 IP 包重传方案所需要的平均重传次数和最大重传次数比基于优先级的突发重传方案要多。

此外,基于分段的 IP 包重传机制在发送相应的光突发之前需要很长的偏置时间来预留波长资源。如果没有可用资源,入口节点再次尝试信令,直到预留成功。它比基于优先级的突发重传方案需要更多的边缘延迟。同时由于边缘延迟增加,所需要的入口缓存也增加。所以该机制所需要的边缘缓存也比基于优先级的突发重传要大。

4 结束语

本文分析比较了 OBS 网络中基于优先级的突发重传机制和基于突发分段的 IP 重传机制。结果显示,基于 IP 包的重传机制由于引入了分段技术而变得复杂,其边缘延迟、所需缓存和重传次数都比较大。而基于优先级的突发重传机制把重传的突发分

于优先级的突发重传和基于分段的 IP 包重传的性能。在此假设 OBS 核心网络中无缓存和其他任何的竞争解决机制来减少突发丢失速率。

假设一个新的突发到达输出波长端口服从速率为 λ 的泊松过程,突发传输时间服从均值为 μ 的指数分布;输出光纤上的波长数为 W 。我们首先分析和仿真了在不同业务负载($L = 0.4, 0.7$ 和 1.0) 情况下,有 $n = 10$ 和 $n = 100$ 个边缘交换时的 OBS 网络中基于优先级的突发重传,仿真结果如表 1 所示。从表中可以看出,经过 4 次重传之后,几乎没有突发被丢弃了。同时可以看到,负载越低,在核心交换机发生冲突的业务越少,因此突发重传的量也会减少。

了优先级,使得该机制所需要的重传次数和所需要的缓存尺寸比基于 IP 包的重传机制更少,并且可以在任意负载情况下达到比基于分段的 IP 包重传机制更好的性能,同时引入的延迟抖动也更小,也就增加了网络吞吐量。因此,OBS 网络中基于优先级的突发重传机制是一种理想的突发丢弃恢复机制。

参考文献:

[1] Qiao C, Yoo M. Optical Burst Switching - A new paradigm for an optical internet [J]. Journal of High Speed Networks, 1999, 8(1): 69-84.

[2] Yao S, Mukherjee B, Yoo S J B, et al. A unified study of contention-resolution schemes in optical packet-switched networks [J]. IEEE Journal of Lightwave Technology, 2003, 21(3):672-683.

[3] Yu X, Qiao C, Liu Y. TCP implementations and false time out detection in optical burst switching networks [A]. Proc. of IEEE INFOCOM 2004 [C]. Hong Kong, China ; Institute of Electrical and Electronics Engineers, New York, 2004. 774-784.

[4] Zhang Q, Vokkarane V M, Wang Y, et al. Analysis of TCP over optical burst-switched networks with burst retransmission [A]. Proc. of IEEE Globecom 2005 [C]. St. Louis, MO: IEEE, 2005. 1 978-1 983.