

基于阈值的光突发交换网络数据信道调度算法

王汝言^{①②} 林曙光^② 隆克平^② 阳小龙^② 朱维乐^①

^①(电子科技大学 电子工程学院 成都 610054)

^②(重庆邮电学院 光互联网及无线信息网络研究中心 重庆 400065)

摘要 光突发交换(OBS)是实现下一代光互联网中的一种极具前景的方案。该文提出了一种基于阈值的OBS网络数据信道调度算法,对于长度大于阈值的光突发数据包采用LAUC算法进行调度,对于长度小于阈值的光突发数据包采用LAUC-VF算法进行调度。仿真结果表明,该算法在调度时间方面与已有的LAUC算法很接近;而在光突发数据包丢失率性能方面要优于LAUC-VF算法。

关键词 光突发交换, LAUC, LAUC-VF, 调度算法

中图分类号: TN919.2

文献标识码: A

文章编号: 1009-5896(2006)09-1663-03

Threshold-Based Data Channel Scheduling Algorithm for Optical Burst Switching Networks

Wang Ru-yan^{①②} Lin Shu-guang^② Long Ke-ping^② Yang Xiao-long^② Zhu Wei-le^①

^①(The College of Electronic Engineering, University of Electronic Science and Technology of China, Chengdu 610054, China)

^②(Special Research Centre for Optical Internet & Wireless Information Networks, Chongqing Univ. of Posts and Telecom., Chongqing 400065, China)

Abstract Optical Burst Switching (OBS) is a promising paradigm for the next-generation Internet. In this paper, a threshold-based data channel scheduling algorithm is proposed, which uses LAUC to schedule long burst and uses LAUC-VF to schedule short burst. Simulation results show that the scheduling time of the proposed algorithm is close to LAUC, and the performance of data burst loss probability is better than LAUC-VF.

Key words Optical Burst Switching (OBS), LAUC, LAUC-VF, Scheduling algorithm

1 引言

为了满足不断增长的网络带宽需求以及降低网络的运行成本,人们对光网络的几种交换模式开展了大量的研究。在这些光交换模式中,光波长交换比较容易实施,但在处理突发性流量时缺乏效率;光分组交换是一种最理想的选择,但所需要的光技术(例如光缓存、光逻辑器件)还不够成熟;文献[1,2]提出了一种新的交换模式——光突发交换(Optical Burst Switching, OBS),它结合光波长交换及光分组交换的优点,在业界中得到了广泛的重视^[3-5]。

光突发交换网络^[1,3]由核心路由器和边缘路由器组成,边缘节点通过其汇聚功能产生光突发数据包(Data Burst, DB)和相应的突发控制分组(Burst Header Packet, BHP)。DB在OBS核心网络中采用全光交换和传输,不需要进行O/E, E/O的转换;而BHP中包含DB传输交换所必需的控制信息,如DB的长度、偏置时间等, BHP在独立于数据通道的光信道中传输,在中间节点需要进行O/E和E/O转换。BHP应先于DB发送,两者之间的时序关系由OBS所采用的协议确定。

在OBS网络研究中,数据信道调度算法^[6,7]是一项很重要

的研究课题,而DB的丢失率、算法的执行时间是衡量调度算法性能的两个主要指标。一个理想的调度算法应该在DB到达之前,能够尽快地处理相应的BHP,并尽可能为该DB找到一个合适的信道,如果在DB到达之前预留还来不及完成,则该DB将被丢弃(也就是说调度时间应当尽可能的短)。总的来说,一个有效的调度算法就是可以通过快速地调度DB来降低数据包的丢失率,并且能提高网络带宽的利用率。

已有的最近可用优先插空(Latest Available Unused Channel with Void Filling, LAUC-VF)^[3]算法可以利用两个突发包之间的空闲时间间隔来安排一个新的突发包,但是运行速度比较慢;另一方面,最近可用优先(Latest Available Unscheduled Channel, LAUC)算法不需要利用任何空闲间隔,因此调度速度非常快,但是信道利用率较低。

本文提出一种基于阈值(TB)的调度算法,对于长度大于阈值的DB采用LAUC算法进行调度,对于长度小于阈值的DB采用LAUC-VF算法进行调度。通过仿真表明:所提出的算法在调度时间方面与LAUC算法很接近,而在光突发数据包丢失率性能方面要优于LAUC-VF算法。

本文第2节将首先介绍已有的LAUC和LAUC-VF调度算法,第3节介绍基于阈值的算法,第4节给出计算机仿真的结果,并从DB的丢失率、算法执行时间方面对几种调度

2004-12-17 收到, 2005-05-15 改回

国家自然科学基金(90304004), 教育部科学技术研究项目(204125), 重庆市科委应用基础项目(8061)和重庆市教委科学技术项目(050309)资助课题

算法进行了性能分析。

2 已有数据信道调度算法

在 OBS 网络中,数据信道调度就是指为到达的 DB 选择一条输出数据信道,即当相应的 BHP 到达核心路由器后,选择一条在 DB 到达光交换矩阵时可用的数据信道作为输出信道;当没有可用信道时,DB 以及相应的 BHP 将被丢弃。设计调度算法需要考虑 DB 的丢失率以及执行时间等重要因素。

这部分我们先简单介绍现有的 LAUC 算法和 LAUC-VF 算法,然后在此基础上提出基于阈值的调度算法。在以下的讨论中,我们假设光核心路由器中有 B 个光纤延迟线(Fiber Delay Line, FDL)用于缓存,第 i 个缓存的延时时间为 $D_i (1 \leq i \leq B)$ 。

LAUC 是通过为每个到达的 DB 选择最快可获得的空闲数据信道来最小化输出延迟。假设一持续时间为 L 的 DB 在 t 时刻到达核心路由器,信道调度器首先寻找 t 时刻未安排使用的数据信道。如果不止一个,则选择最快可获得的信道,即最近空闲开始时刻和 t 之间时隙最小的信道,而该信道的空闲开始时刻更新为 $t+L$;如果没有可用的数据信道,信道调度器继续搜索在 $t+D_i (1 \leq i \leq B)$ 时刻可用的数据信道,如果仍然没有可用的数据信道,则丢弃此 DB 和相应的控制包。LAUC 的主要优点是只考虑每个信道的空闲时间,非常简单;缺点是信道的利用率不高,DB 之间的空闲间隔浪费了。

LAUC-VF 除了空闲的时间间隔可以被新到达的 DB 填充外,与 LAUC 算法基本相似。LAUC-VF 的基本思想是通过为每个到达的数据突发包选择最近可使用的空闲数据信道来最小化空闲时间间隔,未调度数据信道仅仅是未使用数据信道的一种特殊情况。假设一持续时间为 L 的 DB 在 t 时刻到达核心路由器,信道调度器首先寻找在 $(t, t+L)$ 时间间隔内未安排使用的数据信道,如果不止一个,则选择最近可用数据信道,也就是在时刻 t 和 t 之前的最后一个 DB 间的最小时间间隔的信道;如果没有可用的数据信道,信道调度器继续搜索在 $t+D_i (1 \leq i \leq B)$ 时刻可用的数据信道,如果仍然没有可用的数据信道,则丢弃此 DB 和相应的 BHP。

LAUC-VF 保持信道上所有空闲时间间隔的信息,它可以利用空闲的时间间隔来安排新的 DB。因此,LAUC-VF 可以比 LAUC 更有效地利用网络带宽,同时降低 DB 的丢失率。但是 LAUC-VF 比 LAUC 的运行时间长,特别是当信道的空闲时间间隔很多的时候;此外,当一个链路的信道数目很大时,按照 LAUC-VF 算法为新 DB 搜索合理的空闲信道所花费的时间,将会超出该 DB 的偏置时间,最终导致资源预留失败。

3 基于阈值的数据信道调度算法

基于 LAUC 和 LAUC-VF 调度算法的优缺点,我们提出了一种具有较高带宽利用率,且运行时间也较低的调度算法

——基于阈值(Threshold-Based, TB)的数据信道调度算法。

TB 算法是通过综合利用 LAUC 及 LAUC-VF,根据 DB 长度的大小分别采用以上两种不同的调度算法来实现的。假设 L 为在一定时间窗口 T 内 DB 长度的平均值,当一个新 DB 到达时,如果其长度 $l \leq L$,则我们就采用 LAUC-VF 算法;如果 $l > L$ 的最大值,则我们就采用 LAUC 算法。如图 1 所示,按照 TB 算法的思想,如果到达的 DB 长度较长,则 D_3 信道将被选中来安排新的 DB;如果到达的 DB 长度较短,则 D_2 信道被选中来安排新的 DB。

TB 算法具有以下优点:使得较长的 DB 更容易预留到资源;同时由于较长的 DB 不会把两个光突发包之间的“空闲”分成更小的“空闲”,采用 TB 算法将使得较小的 DB 也可以充分利用较大 DB 之间的空闲,从而也具有较高的预留成功率;此外由于较长的 DB 含有较多的数据 IP 包,则采用我们的算法可以降低 DB 的丢失率。综上所述,我们所提出的 TB 算法可以提高信道的利用率,降低 DB 的丢失率,更重要的是可以提高 DB 调度的运行速度。

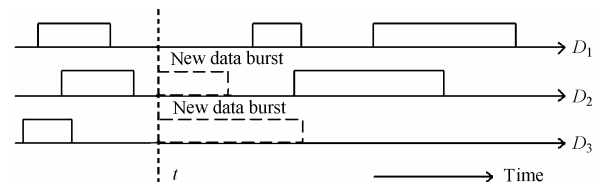


图1 基于阈值的数据信道调度算法
Fig.1 Illustration of threshold-based data channel scheduling algorithm

4 仿真结果及分析

通过仿真观察具有两个流量源的 OBS 网络的某个节点,针对调度时间(在 OBS 网络中,调度时间是指调度一批突发包的平均时间)及 DB 的丢失率,对我们提出的 TB 算法及现有的 LAUC, LAUC-VF 算法进行比较分析。假设 DB 汇聚算法是采用固定时间长度的汇聚算法^[8],并且 DB 进入网络服从强度为 λ 的泊松分布;DB 长度服从 $1/\mu = 100\text{ms}$ 的指数分布,并且由整数个固定长度的 IP 数据包组成,IP 数据包的长度为 1250 byte;数据信道的传输速率为 10 Gbit/s。

4.1 算法时间复杂度分析

对调度时间的仿真结果如图 2 所示,我们设置信道数为 8,从该图中可以看出, TB 算法在调度时间方面与 LAUC 算法很接近,基本上接近 0;而对于 LAUC-VF 来说,调度时间与负载(Load)相关,随着负载强度的增长,调度时间几乎是直线增长的。由于 LAUC 算法只需要记住每一个信道未调度的时刻,故调度时间复杂度为 $O(W)$,其中 W 为信道数目;对于 LAUC-VF 算法,其调度时间复杂度为 $O(m)$,其中 m 为信道的所有空闲时间间隔数目,同时如果 FDL 可以提供 B 个单位的延时,则 LAUC-VF 的运行时间复杂度为 $O(Bm)$ 。

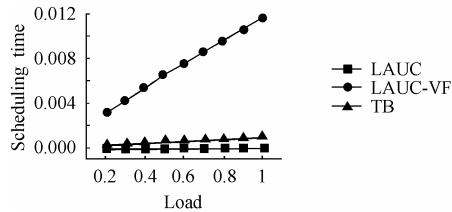


图2 算法的调度时间对比图

Fig.2 Scheduling time versus load for different scheduling algorithms

值得说明的是, 随着信道数目的增加, LAUC-VF 算法的调度时间将会变得非常大, 严重影响突发包的调度成功概率, 而 TB 算法及 LAUC 算法的调度时间基本保持不变。

4.2 丢失率

对于不同负载情况下的 DB 丢失率对比如图 3 所示, TB 算法总体上优于其他两个算法。只有当网络负载比较低时, LAUC-VF 的 DB 丢失率性能优于 TB 算法, 但是随着网络负载的增大, TB 算法的性能明显优于 LAUC 算法, 并且略优于 LAUC-VF 算法, 这是因为 TB 算法在调度长 DB 时丢失率性能优于 LAUC-VF 算法, 调度短 DB 时与 LAUC-VF 算法一致。

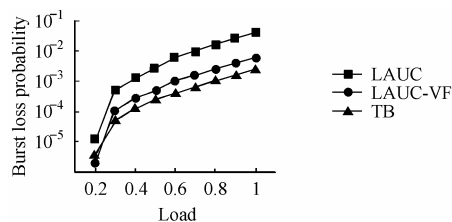


图3 算法的DB丢失率的对比图

Fig.3 Burst loss probability versus load for different scheduling algorithms

5 结束语

本文讨论了 OBS 网络核心路由器的数据信道调度算法。提出了一种综合利用 LAUC 及 LAUC-VF 两种算法的优点同时避免了他们的缺点算法: 基于阈值的调度算法, 对于长度大于阈值的 DB 采用 LAUC 算法进行调度, 对于长度小于阈值的 DB 采用 LAUC-VF 算法进行调度, 仿真表明: 采用我们提出的算法, 可以具有较短的调度运行时间, 同时能够保持较低的丢失率。

参考文献

[1] Qiao C, Yoo M. Optical burst switching—A new paradigm for

an optical internet. *Journal of High Speed Networks, Special Issue on Optical Networks*, 1999, 8(1): 69–84.

- [2] Yoo M, Jeong M, Qiao C. A high speed protocol for bursty traffic in optical networks. *SPIE's All-Optical Communication Systems: Architecture, Control and Protocol Issues*, November 1997, 3230: 79–90.
- [3] Long K, Li Y, Rodney S, *et al.*. A novel framework for IP DiffServ over optical burst switching networks. *Journal of Computer Science and Technology*, 2004, 19(6): 948–954.
- [4] Detti A, Listanti M. Impact of segments aggregation on TCP reno flows in optical burst switching networks. *Proc. IEEE, INFOCOM 2002*, New York, June 2002: 1803–1812.
- [5] Qiao C. Labeled optical burst switching for IP and WDM integration. *IEEE Communications Magazine*, 2000, 38(9): 104–114.
- [6] Xiong Y, Vanderhoute M, Cankaya H C. Control architecture in optical burst-switched WDM networks. *IEEE Journal on Selected Areas in Communications*, 2000, 18(10): 1838–1851.
- [7] Yang X, Zhang D, Chen Q, *et al.*. BM-VF-SBD: An efficient data channel scheduling algorithm to support QoS for optical burst switching networks. Springer-Verlag, Nov. 2004 LNCS3309: 120–130.
- [8] Cao X, Li J, Chen Y, *et al.*. Assembling TCP/IP packets in optical burst switched networks. *Proceedings, IEEE Globecom 2002*, Taiwan, November 2002: 2808–2812.

王汝言: 男, 1969年生, 博士生, 副教授, 主要研究方向为光突发交换技术、多媒体信息处理。

林曙光: 男, 1979年生, 硕士生, 研究方向为光突发交换技术。

隆克平: 男, 1968年生, 教授, 博士生导师, 已发表论文120余篇, 三大检索60余篇。主要研究方向为互联网服务质量 (Internet QoS) 实现机制及TCP性能分析、无线TCP改进、Mobile IP QoS 技术、分组公平调度算法、IP Multicast、MPLS支持IP 组播及业务量工程、宽带网络生存性及恢复算法、下一代光互联网结构、光突发交换技术及光网络模型。

阳小龙: 男, 1970年生, 博士, 副教授, 主要研究方向为WDM全光网络。

朱维乐: 男, 1940年生, 教授, 博士生导师, 长期致力于数字视频、数字通信等方面的研究。