

光突发交换网络中多跳公平分割丢弃方法的研究

侯睿^① 孙军强^② 丁攀峰^② 陈轩^③ 张定春^③

^①(中南民族大学计算机科学学院 武汉 430074)

^②(华中科技大学光电子工程系 武汉 430074)

^③(武汉大学电子信息学院 武汉 430079)

摘要 光突发交换网络被认为是一种新的 IP over WDM 网络,也是下一代互联网的发展趋势。该文给出了一个在光突发交换网络中解决多跳分割丢弃不公平性的改进方法,该方法不但保留了原有方法的可以保证多跳网络中数据包丢失率的一致性优点,而且还减小了损失,增大了网络吞吐量。最后通过仿真验证了该方法的有效性,对实际网络的设计有一定的理论指导意义。

关键词 光突发交换网络,多跳公平分割丢弃,头部分割,包丢失率

中图分类号: TN915.63

文献标识码: A

文章编号: 1009-5896(2006)11-2144-04

Study of Fair Burst Segmentation or Dropping Method in Optical Burst Switched Multi-Hop Network

Hou Rui^① Sun Jun-qiang^② Ding Pan-feng^② Chen Xuan^③ Zhang Ding-chun^③

^①(College of Computer Science, South-Central University for Nationalities, Wuhan 430074, China)

^②(Department of Optoelectronic Engineering, Huazhong University of Science and Technology, Wuhan 430074, China)

^③(School of Electronics Information, Wuhan University, Wuhan 430079, China)

Abstract Optical burst switched network has been proposed as a new network scheme which can realize IP over WDM and also been regarded as the trend of the next generation network. An improved method has been proposed to solve the unfairness of burst segmentation or dropping in optical burst switched multi-hop network, this approach not only could maintain the advantage of original approach, which could make the packets loss probability coherence in multi-hop network but also could decrease the losing and increase the throughput. Finally, a simulation proves the validity of the proposed method and it has the theoretic meaning to design the real network in practice.

Key words Optical burst switched network, Multi-hop fair burst segmentation or dropping, Head segmentation, Packets loss probability

1 引言

光突发交换(Optical Burst Switching, OBS)技术是一种可以充分利用WDM带宽资源的新的IP over WDM技术^[1,2]。在OBS网络中,边缘路由器(Edge Router, ER)将IP数据包组合成为一个个突发包,每个突发包里可以含有不同数目的IP数据包,边缘路由器为每一个突发包生成一个控制包,控制包中含有这个突发包的地址等属性。根据JET(Just Enough Time)等资源预留协议,控制包先于突发包进入OBS网络,在每个OBS网络核心路由器(Core Router, CR)中,控制包被进行光/电,电/光转换,以便进行处理从而完成资源预留等任务,突发包后于控制包进入OBS网络,在OBS网络的核心路由器中无须进行光电转换,而是全光通过,这样就大大提高了数据传输速率和资源利用率,很好实现了数据传输的透明性。因此可以说, OBS网络是下一代Internet网络的发展趋势。

在OBS网络中一个很重要的问题就是突发包之间的冲突问题。当多个突发包在某一个核心路由器中同时需要一个输出数据信道中输出时,就会发生突发包的冲突现象。传统的解决办法就是将后到的竞争突发包整个丢弃,这是最容易实现的方法,但也是损失最大的方法。为了减小损失,就利用了缓存技术^[3],即利用光纤延迟线(Fiber Delay Lines, FDLs)对竞争突发包进行缓存处理,但是缓存的时间是有限的,而且FDLs容易产生噪声以及使核心路由器的结构变得复杂。

光组合突发交换技术(Optical Composite Burst Switching, OCBS)^[4]是一种利用突发包分割方法(Burst Segmentation, BS)^[5]解决冲突的机制,也是一种非常有效的解决方法。在OCBS里,核心路由器不需要FDLs,发生冲突的时候,通过对后到的竞争突发包进行头部分割,将其与原突发包发生冲突的重叠部分丢弃,而将突发包剩余的部分交换到原突发数据包所在的输出数据信道继续进行传输,这样

就很大程度地减小了损失, 而且简化了核心路由器的结构形式。

2 多跳网络中的分割丢弃不公平性

通过上文可以看到, 在OCBS技术中, 分割的是竞争突发包的头部, 如果一个突发包经过了很多跳, 并且都充当了竞争突发包而被分割了很多次, 那么这个突发包所剩部分就会逐渐减小, 如图 1 所示, 这样, 一个离目的路由器跳数越多的突发包在到达其目的路由器之前被丢弃的可能性就越大。因此, OCBS技术就会带来由于跳数的不同而导致的突发包丢失率, 也就是IP数据包丢失率的不同, 这样就会产生不公平性现象。例如, 如果突发包每经过一个路由器都被分割, 那么当其经历多跳以后, 剩余的部分就会变得很小, 但是如果以后的某一跳中这个剩余突发包充当了原突发包, 而参与了竞争, 那么就会影响其它后到的竞争突发包, 从而可能发生这样的情况: 一个经历了很多跳数的高优先级突发包中IP数据包的丢失率要高于一个经历了很少跳数的低优先级突发包中IP数据包的丢失率, 这样就不能保证OBS网络的服务质量(Quality of Service, QoS)^[6]。

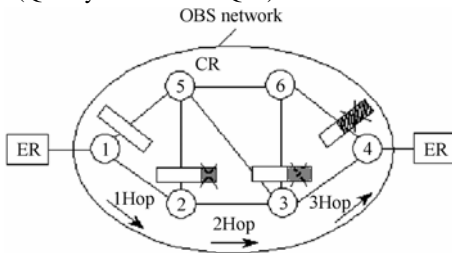


图 1 多跳分割方法在光空发交换网络中的影响
Fig.1 The effect of the burst segmentation method in OBS multi-hop network

3 多跳公平分割丢弃方法

解决多跳分割丢弃不公平性问题的一个比较可行的方法就是: 首先对于每一跳设定一个权值, 用来衡量一个突发包是否进行头部分割还是丢弃, 这样就可以避免由于跳数不同而导致的IP数据包丢失率的不同^[6]。图 2 表示的就是在核心路由器某个输出数据信道上发生的突发包冲突现象以及采用的解决方案, 图 2 中 L_{cm} 是竞争突发包在第 m 跳的长度, L_o 是原突发包的长度, L_m 是冲突重叠部分的长度, 图 2 中阴影部分表示突发包被丢弃的部分。在采用公平分割丢弃方法时, 需要在第 m 跳设定一个权值 η_m ($0 < \eta_m \leq 1$), 并且定义如下比值:

$$L_m / L_{cm} = D_{cm} \tag{1}$$

当 $D_{cm} > \eta_m$ 时, 就将竞争突发包整个丢弃, 如图 2(a)所示; 当 $D_{cm} \leq \eta_m$ 时, 就采用 OCBS 技术对竞争突发包进行头部分割, 丢弃发生冲突的部分, 将剩余部分继续进行传输, 如图 2(b)所示。

但是可以看到, 如果在第 m 跳, 冲突中发生 $D_{cm} > \eta_m$ 情

况时, 按照以上方法, 竞争突发包就将被整个丢弃, 但是如果此时竞争突发包的长度大于原突发包的长度, 即竞争突发包比原突发包含有更多数目的 IP 数据包, 如果此时丢弃竞争

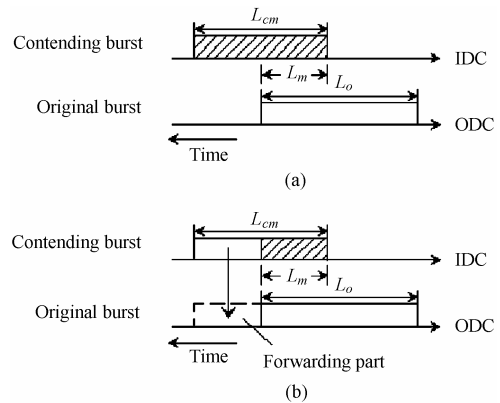


图 2 多跳分割丢弃方法中突发包的冲突解决方案
(a)采用的是突发包丢弃方案 (b)采用的是突发包头部分割方案

Fig.2 The resolution for the contention in the burst segmentation and dropping method in multi-hop network

(a)Burst dropping method (b) Burst head segmentation method

突发包的话, 那么就会造成更多的数据丢失, 于是就会造成更大的损失, 这种情况同样会造成不公平性, 即丢弃不公平性。

为了更好地实现公平性, 减小损失。提出一种改进的多跳公平分割丢弃方法, 这种方法既保持了原有方法可以使数据包丢失率不受跳数影响的优点, 而且还减小了数据损失。思路如下: 从原有的多跳公平分割丢弃方法来看, 所考虑的对象仅仅是竞争突发包, 根据权值 η_m 的设定来确定竞争突发包是分割还是丢弃, 而忽略了原突发包的长度情况。改进的方法在考虑了竞争突发包的前提下, 还考虑到了原突发包的状况。当 $D_{cm} > \eta_m$ 情况发生时, 不是立刻将竞争突发包整个丢弃, 而是还要将其与原突发包的长度进行比较, 如果前者大于后者, 那么就不丢弃, 而是按照 OCBS 方法继续对其进行头部分割, 这样就可以减小损失; 如果前者小于后者, 那么就按照原方法将其整个丢弃, 从而减小其在以后跳数中对其它突发包的影响, 保证网络的 QoS。这样, 改进的方法在保持了原有方法的优点的前提下, 就更进一步地减小了数据损失。改进方法的流程图如图 3 所示。

权值 η_m 是个很重要的因素, η_m 取值越大, 那么突发包被分割的概率就越大; η_m 取值越小, 那么突发包被丢弃的概率就越大。并且 η_m 不能只在整个网络中只设定为一个值, 因为这样就会使得突发包的丢失率变得很大, 因此对于 OBS 网络的每一跳而言, η_m 都必须不同, 而且由于突发包经过很多跳, 剩余部分会越来越小, 为了在不影响公平性的前提下, 又要增加突发包被分割的概率以减小损失, 那么 η_m 将会随着跳数的增加而不断减小。在这里, 我们根据式(2)来确定每一跳 η_m 的大小:

$$\eta_m = A - m/10, \quad m \in (1, 2, \dots, n) \tag{2}$$

式中 A 是一个初始值, 其大小决定了突发包在每一跳被分割或是丢弃的概率。 n 表示了突发包将要经历的跳数的总数。

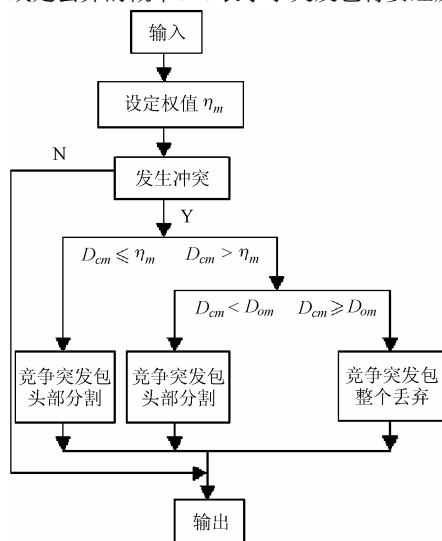


图3 改进的多跳公平分割丢弃方法的流程图
Fig.3 The flow chart of the improved multi-hop fair burst segmentation or dropping method

4 仿真分析

为了验证改进的多跳分割丢弃方法的正确性以及比原方法的优越性, 进行了仿真分析。在仿真中, 采用了如图4所示的共享介质环形网络拓扑结构^[7]。在这个网络结构中, 共有10个核心路由器, 每一个核心路由器都和一个边缘路由器相连。设定链路的传输率为400Mbps。我们以CR0→CR8这条路径作为分析对象, 此时, 突发包从CR0到达CR8总共要经历9个核心路由器, 假设突发包的到达过程服从泊松分布, 边缘路由器产生突发包的过程服从“激活-空闲”模型^[8], 突发包的长度服从负指数分布, 平均值为2.5ms, 每一个IP数据包的长度设定为1250字节。在这里, 设定A为1.1。

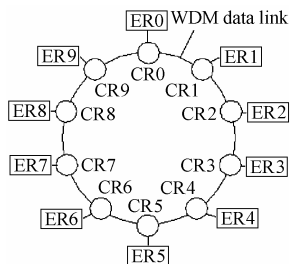


图4 环形拓扑网络模型

Fig.4 The network model of ring topology

图5和图6所示的是在输出数据信道数目为4的前提下, 对应于不同的单信道负荷, 利用OCBS技术和利用改进的多跳分割丢弃公平算法得出的IP数据包的丢失率曲线图。

从图中可以看出, 利用OCBS技术得到的IP数据包的丢失率会随着突发包所经历的跳数(Hop)的增多而增大, 这样的一致就会产生不公平性。而采用了改进的公平分割丢弃

方法后, IP数据包的丢失率在突发包经历了很多跳以后仍然能够保持很好的一致性。这就是因为突发包在经历冲突的时

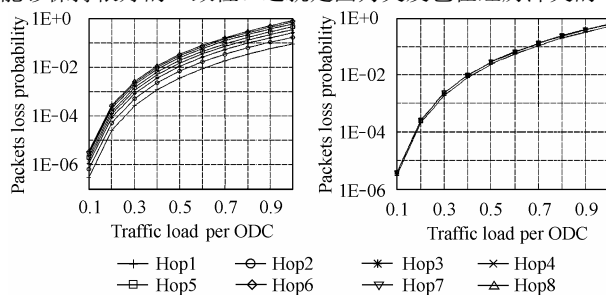


图5 利用OCBS技术得到的IP数据包的丢失率情况
Fig.5 The packets loss probability in using of the OCBS technique
图6 采用改进的多跳分割丢弃方法得到的IP数据包丢失率情况
Fig.6 The packets loss probability in using of the improved method

候, 并不是一直采取头部分割措施, 而是根据权值 η_m 的大小来决定是分割还是丢弃。这样就很好地避开了跳数不同而丢失率不同的情况, 从而避免了多跳分割丢弃的不公平性。

图7所示的是在单信道负荷等于0.5的前提下, 对应于不同数目的输出数据信道, 利用改进的多跳分割丢弃公平方法得出的IP数据包的丢失率曲线图。从图7中可以看出, 随着输出数据信道数量的增多, IP数据包的丢失率会逐渐减小, 这是可以理解的, 因为输出数据信道越多, 突发包发生冲突的概率就会逐渐减小, 从而IP数据包的丢失率会逐渐降低, 同样从图7中可以清楚地看到, 由于采用了改进的多跳公平分割丢弃方法, 突发包在经历多个网络节点并且在每个节点发生冲突时, 突发包中的IP数据包丢失率都非常相近, 这样突发包在经历多跳路径时, 就不用考虑跳数的多少, 从而保证了突发包分割丢弃的公平性。

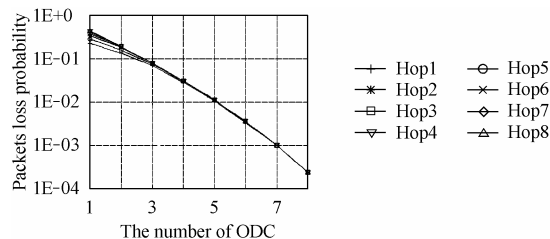


图7 采用改进的多跳分割丢弃方法得到的IP数据包丢失率情况

Fig.7 The packets loss probability in using of the improved method

图8所示为对应于不同的单信道负荷, 利用原来的分割丢弃方法和改进后的分割丢弃方法得出的IP数据包的丢失率情况。从图8中可以看到, 采用改进后的分割丢弃方法后, 突发包被丢弃的概率就有所减小, 因而IP数据包的丢失率也就有所减小, 如果定义 P_o 和 P_i 分别为利用原来的方法和改进的方法得出的IP数据包的平均丢失率, 并且定义 $r_1 = (P_o - P_i) / P_o \times 100\%$ 为IP数据包的损失减小率百分比, 那么 r_1 的比值会稳定在19%左右, 这就说明了改进后的方法可以减少19%左右的由于突发包的丢弃而导致的IP数据包的

丢失率。因此可以证明改进的方法的确在保证原有方法优点的基础上, 还较大幅度地降低了数据的损失。

图 9 所示为对应于不同的单信道负荷, 利用原来的分割丢弃方法和改进后的分割丢弃方法得出的 OBS 网络的吞吐量情况。从图 9 中可以看到, 利用改进后的分割丢弃方法可以得到较高的网络吞吐量, 这主要原因就是改进的分割丢弃方法同时考虑了竞争突发包和原突发包的情况, 在不影响保持公平性的前提下, 考虑到了保证长度长的突发包能够成功传输, 于是就保证了有更多数目的 IP 数据包可以成功传输。同样定义 T_o 和 T_i 分别为利用原来的方法和改进的方法得出的吞吐量, 并且定义 $r_2 = (T_i - T_o) / T_o \times 100\%$ 为吞吐量的增长率百分比, 那么 r_2 的值会稳定在 10% 左右, 这就说明了改进后的方法可以使得比原来多 10% 左右的数据进行成功传输。这样就再一次证明了改进的分割丢弃方法的优越性。

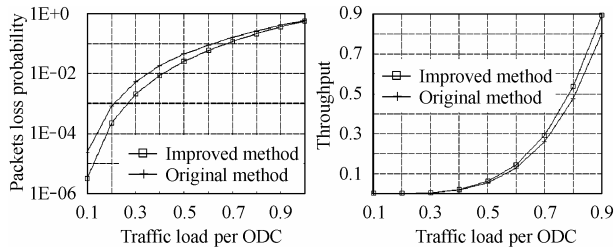


图 8 利用原来的分割丢弃方法和改进的分割丢弃方法得出的由于丢弃而产生的 IP 数据包的丢失率

Fig.8 The packets loss probability due to burst dropping in using of the original method and the improved method

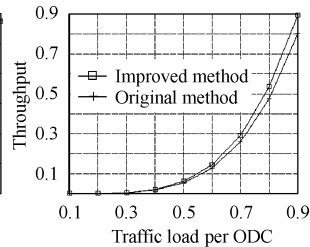


图 9 利用原来的分割丢弃方法和改进的分割丢弃方法得出的吞吐量

Fig.9 The throughput in using of the original method and the improved method

5 结束语

本文提出一种改进的多跳公平分割丢弃方法, 通过设定不同的权值, 以及比较突发包经过的每一跳中竞争突发包和原突发包的长度, 从而决定采取竞争突发包的头部分割方法或是竞争突发包的丢弃方法来解决突发包的冲突问题并且可以保证 IP 数据包的丢失率不受跳数的影响。计算机仿真结果表明, 改进的方法不但可以实现保持数据包丢失率的一致性, 并且还有效减小了损失, 比原来的方法能够成功传输更

多的数据包, 增加了网络吞吐量, 这对于今后实际的 OBS

参考文献

- [1] Qiao C, Yoo M. Optical burst switching (OBS)—A new paradigm for an optical Internet. *Journal of High Speed Networks*, 1999, 18(1): 69–84.
- [2] Qiao C. Labeled optical burst switching for IP-over-WDM integration. *IEEE Communication Magazine*, 2000, 38(9): 104–114.
- [3] Xiong Y, Vandehoute M, Cankaya C H. Control architecture in optical burst-switched WDM networks. *IEEE Journal on Selected Areas in Communications*, 2000, 18(10): 1838–1851.
- [4] Detti A, Eramo V, Listanti M. Performance evaluation of a new technique for IP support in a WDM optical network: optical composite burst switching (OCBS). *IEEE Journal of Lightwave Technology*, 2002, 20(2): 154–165.
- [5] Vokkarane M V, Jue P J, Sitaraman S. Burst segmentation: An approach for reducing packet loss in optical burst switched networks. *Proceeding IEEE, International Conference on Conference (ICC) 2002, New York, NY: 2673–2677.*
- [6] Ishii D, Fujii T, Arakawa Y, *et al.* Fair burst dropping technique for optical composite burst switched multi-hop network. *IEEE Communications, Computers and Signal Processing PACRIM 2003, Pacific Rim Conference on, 2003, 1: 405–408.*
- [7] Kim C B, Cho Z Y, Lee H J, *et al.* Performance of optical burst switching techniques in multi-hop networks. *Proceeding IEEE GLOBECOM 2002, Taipei, Taiwan, Nov.2002: 2772–2776.*
- [8] Ge A, Callegati F, Tamil S L. on optical burst switching and self-similar traffic. *IEEE Communications Letters*, 2000, 4(3): 98–100.

- 侯 睿: 男, 1977 年生, 博士生, 从事光网络技术等方面的研究。
 孙军强: 男, 1965 年生, 教授, 博士生导师, 主要从事各种光通信技术方面的研究。
 丁攀峰: 男, 1980 年生, 博士生, 从事各种光通信技术方面的研究。
 陈 轩: 男, 1980 年生, 硕士生, 从事光网络技术等的研究。
 张定春: 女, 1980 年生, 硕士生, 从事光网络技术等的研究。

多的数据包, 增加了网络吞吐量, 这对于今后实际的 OBS