

OBS 多跳网络中分割丢弃不公平性解决方法的研究

侯 睿¹ 孙军强¹ 丁攀峰¹ 陈 轩² 张定春²

(华中科技大学光电子工程系 武汉 430074)¹ (武汉大学电子信息学院 武汉 430079)²

摘 要 本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,包丢失率

Resolution for Unfairness of Burst Segmentation or Dropping in OBS Multi-hop Network

HOU Rui¹ SUN Jun-Qiang¹ DING Pan-Feng¹ CHEN Xuan² ZHANG Ding-Chun²

(Department of Optoelectronic Engineering, Huazhong University of Science and Technology, Wuhan 430074)¹

(School of Electronics Information, Wuhan University, Wuhan 430079)²

Abstract An improved approach has been proposed to solve the unfairness of burst segmentation and dropping in optical burst switching multi-hop network in this paper. It could not only 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. At last, a simulation proves the validity of the proposed approach and it has the theoretic meaning to design the network in practice.

Keywords Optical burst switching network, Multi-hop fair burst segmentation or dropping, Packets loss probability

1 引言

光突发交换 OBS(Optical Burst Switching)网络是一种可以充分利用 WDM 带宽资源的新型 IP over WDM 网络^[1,2]。在 OBS 网络中,边缘路由器 ER(Edge Router)根据不同的组合方案将若干 IP 数据包组合成为一个突发包,每个突发包里可以含有不同数目的 IP 数据包,并且为每个突发包生成一个控制包,其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。在每个核心路由器 CR(Core Router)中,控制包被进行光电转换处理,目的是为突发包完成资源预留等任务。突发包后于控制包进入 OBS 网络,在 CR 中无须进行光电转换,而是全光通过。这样就极大地提高了数据传输速率和资源利用率,很好地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。当多个突发包从不同的输入数据信道 IDC(Input Data Channel)中输入并且要从同一个输出数据信道 ODC(Output Data Channel)中输出时,就会发生突发包的冲突现象。目前来看,在不利用光纤延迟线 FDLs(Fiber Delay Lines)等光缓存技术^[3]的情况下,光组合突发交换技术 OCBS(Optical Composite Burst Switching)^[4]是一种非常有效的冲突解决方法。OCBS 利用的是突发包分割方法 BS(Burst Segmentation)^[5]来作为解决冲突的机制。在 OCBS 里,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,而将剩余的部分交换到原突发包所在的 ODC 继续进行传输,这样就很大程度地减小了损失,而且简化了 CR 的结构形式。

2 多跳网络中的分割丢弃不公平性

通过上述可以看到,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。

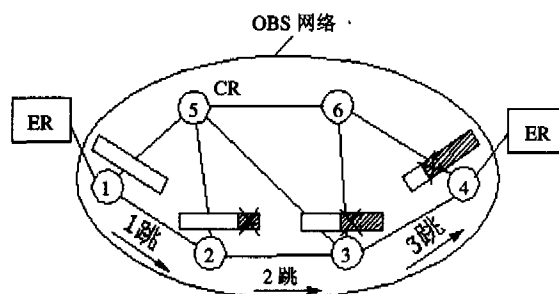


图 1 多跳分割方法在光突发交换网络中的影响

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

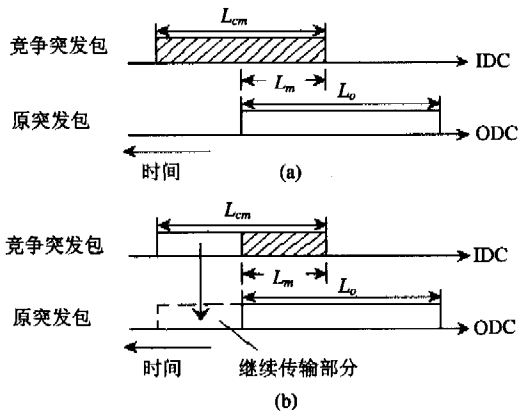
侯 睿 博士研究生,主要从事光网络技术等方面的研究; **孙军强** 教授、博士生导师,主要从事各种光通信技术方面的研究; **丁攀峰** 博士研究生,主要从事各种光通信技术方面的研究; **陈 轩** 硕士研究生,主要从事光网络技术等方面的研究; **张定春** 硕士研究生,主要从事光网络技术等方面的研究。

据包丢失率的不同,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,如果在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 QoS (Quality of Service)^[6]。

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案就是:对于每一跳设定一个权值,用来衡量一个突发包是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 CR 某个 ODC 上发生的突发包冲突现象以及采用的解决方案,图中 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:

$$L_m / L_{cm} = D_{cm} \quad (1)$$



(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

图 2 多跳分割丢弃方法中突发包的冲突解决方案

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的数据,那么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。

为了全面实现公平性,减小损失,我们提出一种改进的多跳公平分割丢弃方法。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,还更进一步减小了数据损失。

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。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,但是又要增加突发包被分割的概率以减小损失,那么 η_m 就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:

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

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被丢弃的概率。 n 表示了突发包将要经历的跳数的总数。

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 3 所示的共享介质环形网络拓扑结构^[7]。

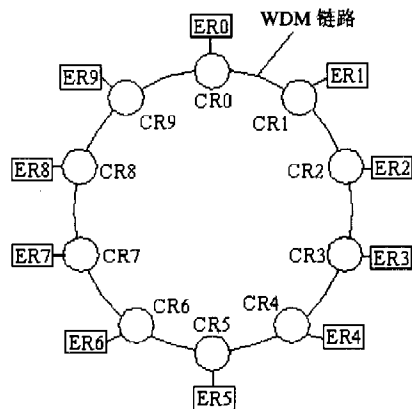


图 3 环形拓扑网络模型

在这个网络结构中,共有 10 个 CR,每一个 CR 都和一个 ER 相连。设定链路的传输率为 400Mbps。我们以 CR0→CR7 这条路径作为分析对象,此时突发包从 CR0 到达 CR7 总共要经历 8 个 CR。假设突发包的到达过程服从泊松分布,ER 产生突发包的过程服从“On/Off”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 和图 5 所示的是在 ODC 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,这样的不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候,并不是一直采取头部分割措施,而是根据 η_m 权值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。

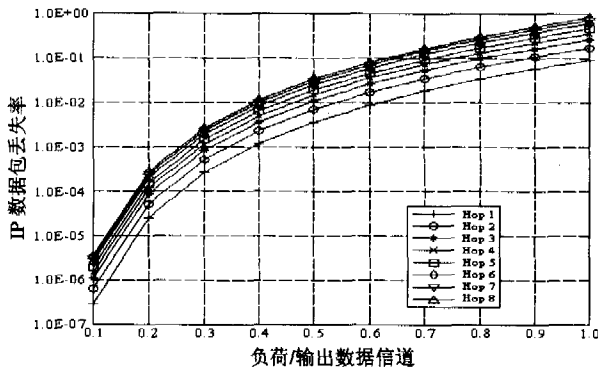


图4 在8跳网络中,利用OCBS技术得到的IP数据包的丢失率情况

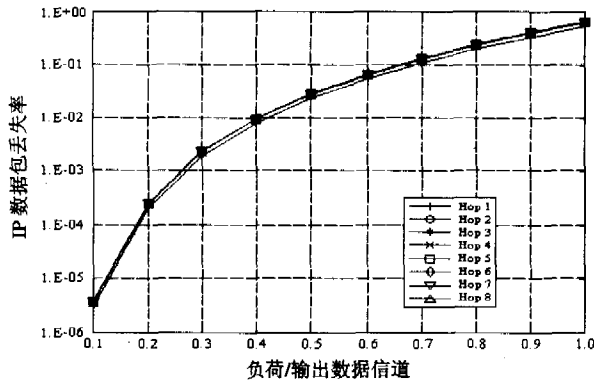


图5 采用了改进的多跳分割丢弃方法得到的IP数据包丢弃率情况

图6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。

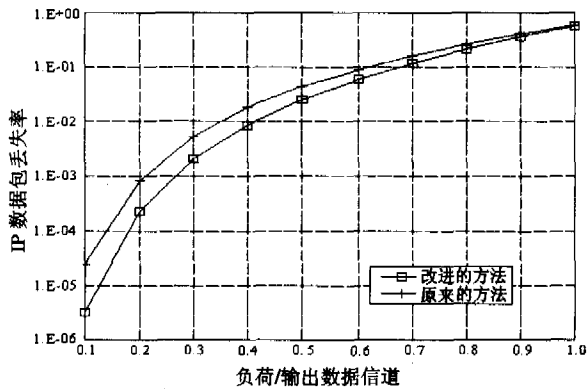


图6 利用原来的分割丢弃方法和改进的分割丢弃方法得出的由于丢弃而产生的IP数据包的丢失率

从图中可以看到,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情况,从而避免了多跳分割丢弃的不公平性,数据包的丢失率也就有所减小。如果定义 $P_{original}$ 和 $P_{improved}$ 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 $r_1 = (P_{original} - P_{improved}) / P_{original} \times 100\%$ 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,还较大程度地降低了数据的损失。

图7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。

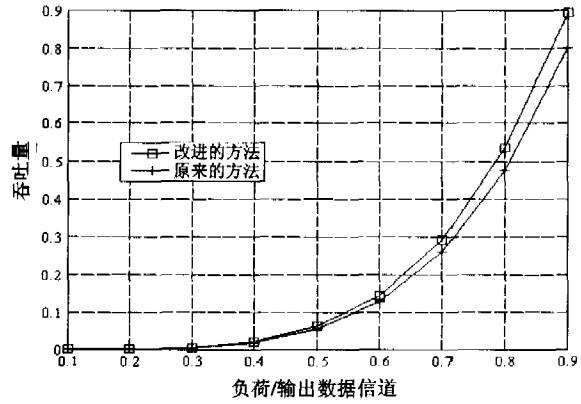


图7 利用原来的分割丢弃方法和改进的分割丢弃方法得出的吞吐量

从图中可以看到,利用改进后的分割丢弃方法可以得到较高的网络吞吐量,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,考虑到了保证数据量大的突发包能够成功传输。同样定义 $T_{original}$ 和 $T_{improved}$ 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 $r_2 = (T_{improved} - T_{original}) / T_{original} \times 100\%$ 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。

结论 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,决定采取竞争突发包的头部分割方法还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,且有效减小了损失,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网络设计有一定的理论指导意义。

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 H C. 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 V M, Jue J P, Sitaraman S. Burst Segmentation: An Approach for Reducing Packet Loss in Optical Burst Switched Networks. In: *Proc. IEEE, International Conference on Conference (ICC) 2002*, New York. 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, 1:405~408
- 7 Kim B C, Cho Y Z, Lee J H, et al. Performance of Optical Burst Switching Techniques in Multi-hop Networks. In: *Proc. IEEE GLOBECOM*, 2002. 2772~2776
- 8 Ge A, Callegati F, Tamil L S. On Optical Burst Switching and Self-Similar Traffic. *IEEE Communications Letters*, 2000, 4 (3): 98~100