

OBS交换结构中FDLs和TWC的研究*

宋欢** 李乐民 王晟

(电子科技大学 宽带光纤传输与通信系统技术国家重点实验室 成都 610054)

【摘要】分析了在光突发交换网络中,光突发分组经过光延迟线组后产生的出端冲突问题,以及由此对突发数据包交换丢失率的影响,提出引入可调波长变换器的解决方案,并通过仿真实验加以验证。

关键词 光突发交换; 光延迟线组; 可调波长变换器; 出端冲突

中图分类号 TN256; TN253 文献标识码 A

Research on FDLs and TWC in OBS Switching Fabric

Song Huan Li Lemin Wang Sheng

(State Key Laboratory of Broadband Optical Fiber Transmission and Communication Networks, UEST of China Chengdu 610054)

Abstract In the paper, we analyse the problem of fiber delay lines output contention, when the bursts are delayed by fiber delay lines, and the bursts lost rate affected by the problem. The solution by introducing the tunable wavelength converter are presented and simulation results are given.

Key words optical burst switching; fiber delay line; tunable wavelength converter; output contention

近年来,随着网络业务数据量的增长,传统的电路交换已经不能满足需要。而密集波分复用(DWDM)技术的出现为网络传输提供了较大的带宽,目前的DWDM是工作于骨干网的实现点到点连接的技术。IP业务现仍采用IP over ATM over SDH over WDM的多层网络结构方式,它存在着层次功能重叠,会带来额外开销。网络中间节点的处理需要进行O/E/O的转换,由于电子瓶颈的存在,网络速度受限,因此要减少层次结构,IP over WDM技术能满足这一需求。

光突发交换(optical burst switching, OBS)是一项具有发展潜力的IP over WDM技术,它采用资源预约的方式。边缘节点在发出一个突发数据包(burst)前,向网络发送该分组的突发控制分组(burst control packet, BCP),该BCP包含时延、路由及对应的突发数据包长度等信息,为将来此突发数据包在网络中的传输预约资源,因此,突发数据包在网络中的传输和交换在预约好的资源上进行,实现了数据的全光交换。

在光突发交换网络设计中,由于交换节点的数据速率可能达Tbps数量级,因此交换节点的设计很重要。为减小节点交换时的分组丢失率,引入光延迟线组(fiber delay line, FDLs)和可调波长变换器(tunable wavelength converter, TWC)。本文就FDLs和TWC对交换时突发数据包丢失率的影响做详细分析。

1 网络节点的交换结构

在图1所示的交换结构中,分析FDLs和TWC对交换性能的影响。图中,1~4分别代表4条光纤输入和输出,每条光纤上复用9条波长,其中一条用于发送BCP,其余8条传送突发数据分组。核心交换模块包括多个空分交叉矩阵、TWC和FDLs。空分阵的每个输入端都配置FDLs,每个输出端都配置TWC。

2002年11月18日收稿

* 国家863计划项目,编号:2002AA122021

** 男 23岁 硕士生 主要从事光突发交换及流量工程方面的研究

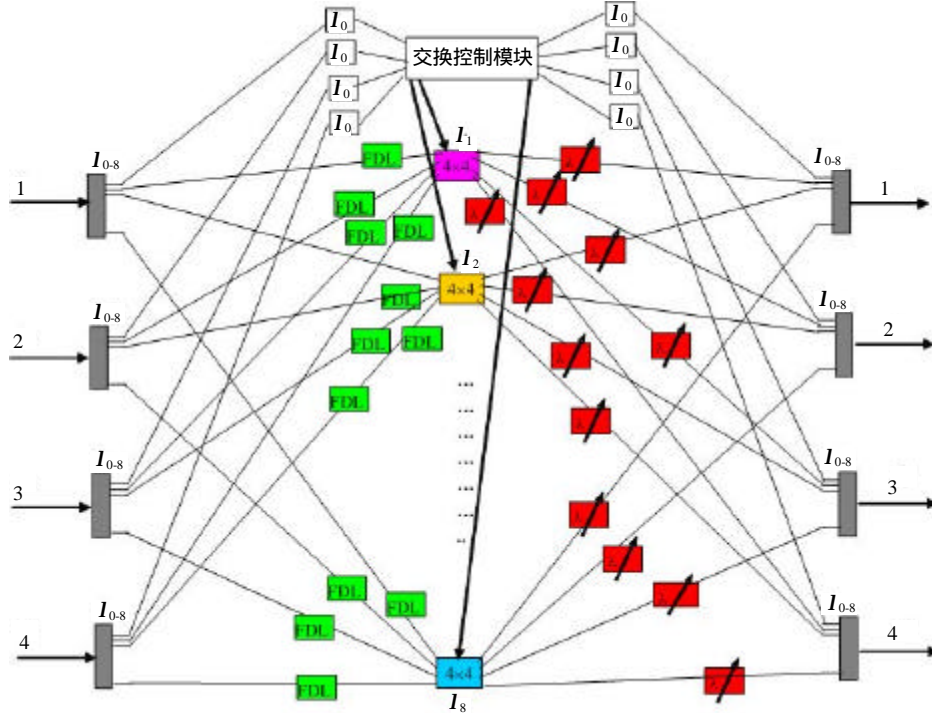


图1 交换结构

2 FDLs设计

由于技术条件的制约,全光缓存的实现有较大的难度。目前光缓存只能运用光延迟线组,即一组不同长度的光纤实现。文献[1]提出了三种不同的FDLs设计,如图2所示。

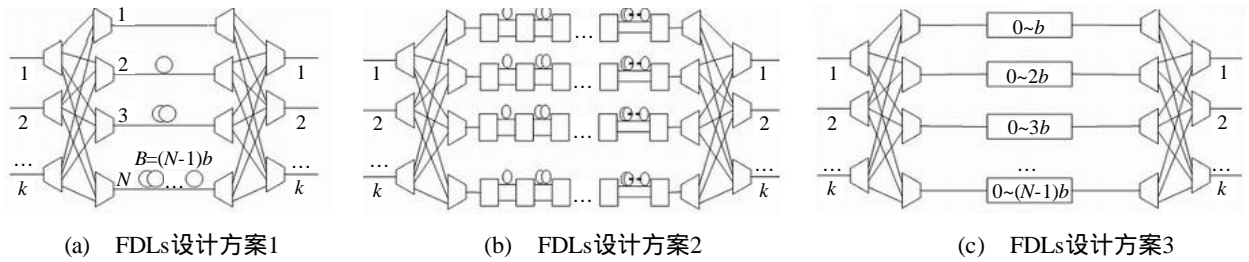


图2 FDLs设计方案

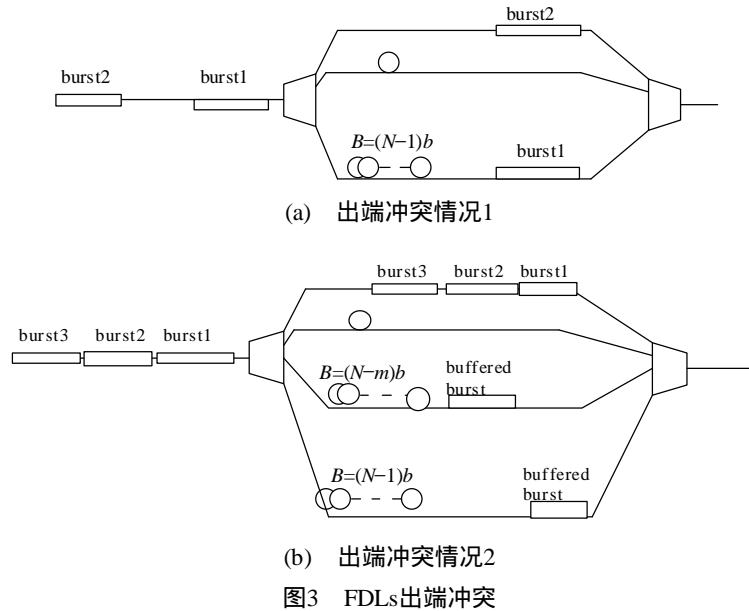
图2a中,FDL缓存由 N 个延迟线构成,每个延迟线提供不同的延迟时间,但每个延迟线提供的延迟是固定的,延迟范围为0到最大缓存时间 $B = (N - 1)b$, b 为单个延迟单元(图中表示为一个圈)的延迟时间, N 为FDLs的级数。

图2b所示的FDL缓存也有 N 个延迟线,但与图2a不同的是每个延迟线提供的延迟时间不固定,在 $0 \sim B$ 之间可变,其中 $B = (N - 1)b = (2_0 + 2_1 + \dots + 2_{n-1})b$ 。图中矩形框表示的是2:2的交叉单元,这种结构称为“可变延迟的”FDL缓存。固定延迟的FDL缓存实现较简单,但应用不够灵活;可变延迟的FDL缓存代价较大(主要与2:2的交叉单元数目成正比)。

图2c所示的结构是上述两种结构的混合结构。每个延迟线都提供可变的延迟,但延迟的范围各不相同,下限都为0,上限分别为 $b, 2b, \dots, (N - 1)b$ 。

如图3所示,FDLs由于自身设计的局限性,会出现出端冲突问题。

图3a所示是两个突发数据包在同一条波长上先后到来,通过FDLs时,由于各自的时延不同,它们在FDLs的出口处产生了冲突。图3b所示是到达的突发数据包与已经缓存在FDLs中的突发数据包冲突,此冲突的存在会对节点的交换性能产生一定的影响。



3 分析及仿真结果验证

考虑交换结构中不使用TWC对交换性能的影响情况。图4所示是在不同的网络负载和FDLs不同的级数下(即不同的 N , 见图2), 交换节点的掉包率(1 pb)。图中1~8分别对应traffic_load为0.1~0.8的情况。

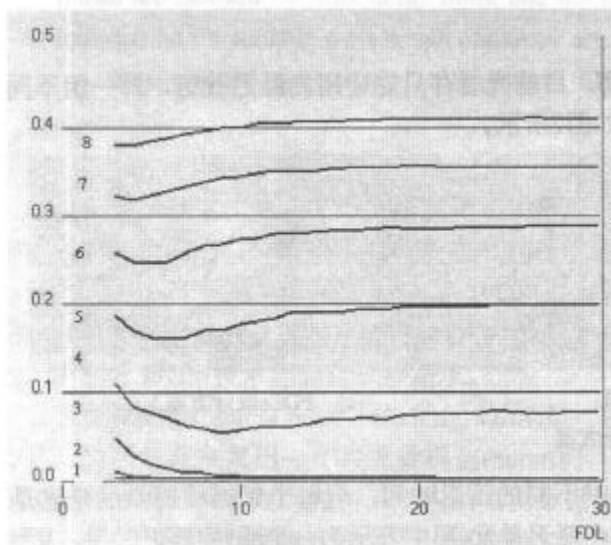


图4 只使用FDLs对掉包率(1 pb)的影响

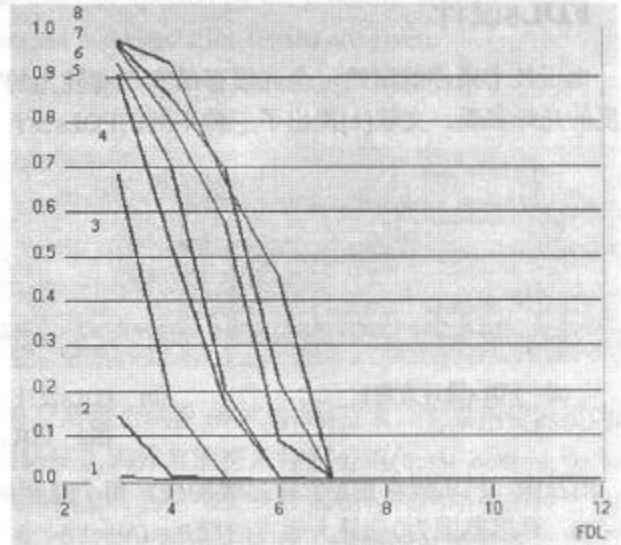


图5 使用TWC对掉包率(1 pb)的影响

从图4中可以看出：在网络负载较小的情况下，提高FDLs的级数，可以显著地减小交换节点的突发数据包丢失率。取FDLs的级数为20，在负载小于0.3时，数据包丢失率小于 3.0×10^{-3} ，这是FDLs缓存能力增加，FDLs出端碰撞减小的结果。表1所示是对FDLs中的每条FDL使用率(使用率 = 该FDL上通过的突发数据包总数/通过FDLs的突发数据包总数)的统计。表中FDLs缓存的突发数据包多数集中于第0~2级的FDL上，假设这时有一个突发数据分组到来，它有充足的选择余地(选择第2~15级的FDL)以避免FDLs出端冲突。但此时如果再增加FDLs的级数，对丢失率的影响并不显著，因为在增加的大时延FDL上，很少有突发数据包通过。

当网络负载大于0.3时，掉包率显著增加，而且有随着FDLs的增加而增大的趋势。分析如下：

网络在重负载的情况下，一条波长上到达的突发数据包彼此之间间隔较小，在100%的负载下，各个突发数据包“手拉手”地到来。这些密集到达的突发数据包在通过不同的FDL时延后，容易与已经在FDLs中缓存的突发数据包发生出端冲突。FDLs的级数越多，则有越多被缓存的突发数据包可能与到来的突发数据

包冲突。

表1 各级FDL使用率

(a) 不使用TWC, FDLs为15级, 网络负载0.3

第 <i>i</i> 级	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
使用率 $\times 10^{-2}$	36.60	20.20	15.60	9.10	5.80	4.20	2.40	1.80	1.60	1.10	0.60	0.30	0.20	0.20	0.10	0.03

(b) 不使用TWC, FDLs为10级, 网络负载0.8

第 <i>i</i> 级	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
使用率	0.043	0.002	0.002	0.002	0.004	0.006	0.014	0.040	0.096	0.253	0.536

(c) 使用TWC, FDL为10级, 网络负载0.8

第 <i>i</i> 级	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
使用率	0.585 0	0.066 0	0.137 0	0.109 0	0.070 0	0.030 0	0.004 0	0.000 2	0	0	0

从表1b各级FDL的使用情况可以看出, 由于大多数的突发数据包都缓存在最大时延(第9, 10级)的FDL上, 到达的一个新的突发数据包为避免FDLs出端冲突, 其选择余地较小(通常只能选第10级), 通过FDLs的缓存作用缓解交换结点的出端口冲突的能力有限, FDLs的缓存能力不能发挥。

为了解决在高负载情况下交换节点掉包率增加的问题, 在交换结构中引入TWC, 由于TWC可将一条输入端口的波长转变为任一条输出端口的波长, 因此一个突发数据包的可选交换路径增多, 交换成功率增加。图5所示是在不同的网络负载和FDLs不同级数设置情况下的交换节点的掉包率。图中1~8分别对应traffic_load为0.1~0.8的情况。

比较图4、5, TWC的引入可以大大提高交换节点的交换能力。这是因为引入TWC后, 到达的突发数据包立刻被成功交换的可能性增加, 被FDLs进行大时延缓存的可能性减小, FDLs的出端碰撞减小, 这一点从每条FDL的使用情况可以看出, 如表3c所示。所以引入TWC能够使FDLs在大的网络负载下也能发挥其良好的缓存性能。

要使TWC的作用充分发挥, 需要FDLs提供一定的缓存能力。在图5中, 当网络负载为0.3时, FDLs的级数设置为5, 使突发数据包的丢失率降到 4.7×10^{-3} 。即FDLs在一个特定的网络负载下, 存在一个门限, 高于此门限, FDLs结合TWC能发挥较好的作用。在本文的仿真中, 将FDLs的最大时延设置为10, 结合TWC, 就能在网络负载小于0.8的情况下取得低于 10^{-3} 的突发数据包丢失率。

4 结 论

只使用FDLs的交换结构适用于网络负载较小的环境, 此时FDLs的出端冲突较小, 能发挥良好的缓存性能; 当网络负载增大时, 由于FDLs存在的出端冲突被恶化, 导致包丢失率增加。为了取得理想的包丢失率, 在交换结构中引入TWC, 且FDLs的级数超过一个门限值时使FDLs的出端冲突得到缓解。

参 考 文 献

- [1] Yoo M, Qiao C M, Sudhir D. QoS performance of optical burst switching in IP-over-WDM networks[J]. IEEE Journal on Selected Areas in Communications, 2000, 18 (10): 2 062 –2 071
- [2] Yoo M, Qiao C. Just-enough-time (JET): a high speed protocol for bursty traffic in optical networks[C]. IEEE/LEOS Conf. on Technologies for a Global Information Infrastructure, 1997

编辑 漆 蓉