

文章编号: 1005-8451 (2011) 07-0016-04

利用 FDL 解决光包交换中竞争冲突的研究

李尚攀, 孙 强

(北京交通大学 电子信息工程学院, 北京 100044)

摘要: 随着日益增长的信息量和宽带化的要求, 光包交换将成为未来交换领域中最为重要的技术之一。在电交换领域或光交换领域, 数据包冲突(即对同一资源的竞争)都是一个不可避免的技术问题。因此本文利用 FDL 建立一个光交换竞争机制以解决光包交换中的冲突, 并建立数学分析模型, 利用 Matlab 对模型进行仿真并得出结论。

关键词: FDL; 前置; 反馈; 共享; 丢包率

中图分类号: TN2 **文献标识码:** A

Study on solution of packet contention in DPS by FDL

LI Shang-pan, SUN Qiang

(School of Electronic and Information Engineering, Beijing Jiaotong University, Beijing 100044, China)

Abstract: with the rapid requirement of wideband and huge capacity of network, the optical packet switch(OPS) would take the absolutely position in the future switch technology. However, packets contention existed in optical domain was the same as in electronic domain. Thus, the paper proposed an efficient contention mechanism for packets contention of OPS with FDL, formed an analytical model and simulated the analytical model to a conclusion with the software of Matlab.

Key words: FDL(Fiber Delay Line); forward; feed-back; shared; packet loss

随着网络对传输带宽的需求越来越高, 传统的电交换由于传输速率的限制成为信息流通的瓶颈, 因此光包交换将成为未来交换技术的主要方式, 其结合光路交换和光突发交换的特点, 能够有效准确的将数据包传送至密度端口。但是在光交换节点处, 来自不同输入端口以同一波长传输的数据包到达同一输出口时, 就会产生对输出口资源的竞争, 如果不采取合适的解决措施, 将造成包的丢失, 严重的会造成系统混乱, 而且丢包率是考核一个系统是否能用于实际中的重要指标之一。为了能够使 OPS 网络能够得到推广, 必须先解决交换时的资源竞争。

传统的电交换领域中通过 RAM(Random Access Memory) 进行缓冲, 但在光领域中却必须通过其他的方式对竞争资源失败的包进行缓冲, 从而使数据包能够在一定时隙后继续对输出端口发起竞争, 以减少被丢弃的数据包的数量。利用 FDL(光延迟线)对光数据包缓冲成为解决光分组冲突的一种解决方法, 不同于电缓冲 RAM, 光数据包在相应的 FDL 中进行一定的缓冲之后, 从 FDL 中

输出, 再次进入交换结构, 无法像电子缓冲那样可以随时读取。本文将介绍前置 FDL、反馈 FDL 和共享反馈 FDL3 种缓冲模型。

1 FDL 模型

FDL 模型对于光数据包的缓冲是指光在光纤中传播的时延, 不同时延将需要不同长度的光纤。为了节约总体成本, 暂且不考虑交换网络中有无波长转换器。不同波长传输的数据包将单独进行交换, 且假设输入的数据包的长度不同, FDL 中最小的延迟是一个光数据包的传输距离。

1.1 前置 FDL 模型

前置 FDL 位于输出端口前端, 经过交换的数据包将被传到不同的端口, 对于同一输出端口的数据包, 可通过前置缓冲, 优先权高的数据包先通过, 优先权低的先在 FDL 中缓冲, 直至高优先权的数据包通过, 低优先权的数据包再传到输出端口, 再次与其他到达特定输出端口的数据包发生竞争, 其模型如图 1。

因为光缓冲 FDL 不同于电 RAM 缓冲, 所以经过缓冲的光数据包如果在 FDL 输出时在交换结构

收稿日期: 2010-09-10

作者简介: 李尚攀, 在读硕士研究生; 孙 强, 教授。

竞争中失败的话，则直接被丢失。这种模型中通过增加输出 FDL 的数目可以降低系统的丢包率，提高系统成本，引入复杂的交换结构，在实际运用中是不可取的。

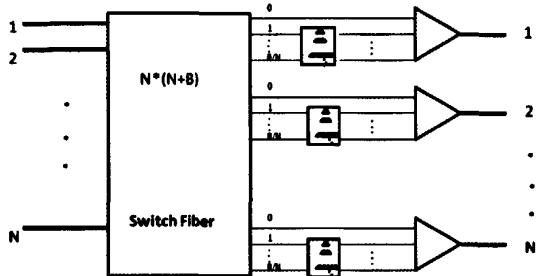


图1 前置 FDL 结构

1.2 反馈 FDL 模型

交换采用 $(N+B) \times (N+B)$ 的结构，当发生冲突时，竞争胜利的数据包将直接送至目的端口，而竞争失败的数据包反馈至输出端，这些数据包与刚到达输入端口的数据包重新进行竞争，其模型如图 2。

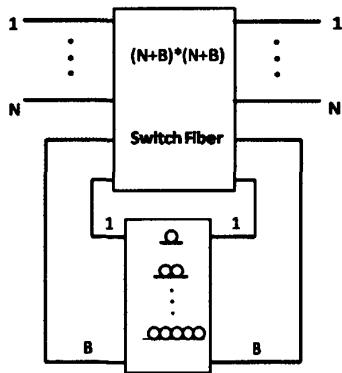


图2 反馈 FDL 结构

交换结构共有 $N+B$ 个输入接口，其中从外部输入的 N 个光纤输入端口，另外 B 个输入端口为光缓冲 FDL 的输出端口，对于这两类端口的数据包的优先权不同，在这个模型中， B 各端口的数据包的优先权高于来自外部光纤输入端口的数据包。与前置 FDL 模型比较，对于将传输至不同端口的分组可以在不同的时间段中在同一 FDL 中进行缓冲，因此在相同的负载和丢包率的条件下，反馈 FDL 模型所需的 FDL 比共享 FDL 模型所需的要少。竞争失败的数据包在 FDL 中进行缓冲，而多

次竞争失败将在光缓冲 FDL 中循环，致使光信号的信噪比降低，同时如果要增加 FDL 的数量 B ，则光交换结构的输出和输入端口将相应的增加，提高了系统成本。

1.3 前置共享 FDL 模型

结合前置和反馈模型结构的特点，对数据包进行缓冲。共享 FDL 模型结构如图 3，无冲突的数据包直接传送到相应的输出端口，竞争失败的数据包将被传送至适当的 FDL 中进行缓冲，经一特定缓冲之后进入 $B \times N$ 光交换中，并交换至需要到达的目的端口。因此在某一特定时隙边界到达的数据包，系统分析目的端口和相同的数据包的数目，检测目的端口目前是否空闲，如果空闲，则从需要传送的数据包中等概率传至某一特定端口，剩余的则被传送至 FDL 缓冲，如果竞争失败的数据包被安排至某一 FDL 中，而该 FDL 被其他输出端口的缓冲数据包占用，则该数据包将被丢弃。

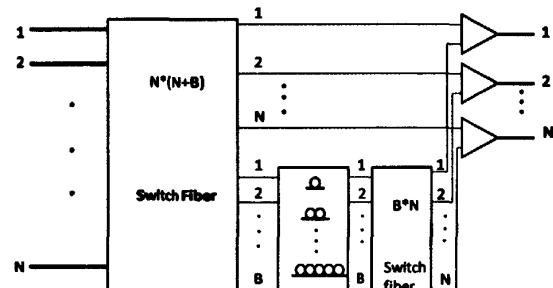


图3 共享 FDL 模型结构图

2 模型性能比较

在交换结构中衡量一个系统的性能主要有 2 个方面：延时和丢包率。

一个从输入端口 M 出发要达到输出端口 N，首先由交换决策系统判定输出端口 N 是否空闲以及其他端口是否也有要到达端口 N 的数据包，如果上述 2 种情况存在 1 种则由系统决策进入缓冲结构。而进入 FDL 的数据包遵循 FIFO 原则，这样可以避免造成更高的丢包率和延时。

从输入端口的数据包经过交换结构后有 3 种情况：

- (1) 无阻碍直接传送到目的端口；

- (2) 被送进缓冲结构中；
 (3) 端口和 FDL 竞争失败，被丢弃。延时主要由缓冲造成。

造成丢包率则有 2 方面：

- (1) 直接被丢弃的包；
 (2) 从 FDL 输出后再次在目的端口竞争中失败而被丢弃的数据包。

在前置 FDL 结构中，从缓冲中输出的数据包无法再次进入缓冲结构，所以从缓冲 FDL 中输出的数据包未能被传送至输出端口，将被丢失。显然对于这种结构，交换调度不影响丢包率，而缓冲调度算法将直接影响丢包率，这种结构简单有效但还存在着很大的丢包，对于负载过高的系统会引起高的丢包率。而对于反馈 FDL 结构，缓冲的数据包（资源竞争失败的数据包）可以在缓冲结构中循环缓冲直至信号失败或者信号强度已经低于最低阈值，此结构比较灵活，对于缓冲的数据包能有效的存储和传送。

在 2 种结构中，当总负载小时，两者性能相近，当负载较大时，在相同的丢包率下，前置 FDL 所需的 FDL 数量是反馈 FDL 的 3 倍之多。结构图中共享 FDL 模型结合了前置 FDL 的简单性和后置 FDL 的灵活性，从成本考虑，这个结构比前两者结构要高很多，在目前的研究水平下，暂不考虑其造价，从缓冲的效率考虑，共享结构是一种利用 FDL 解决光交换中竞争冲突的有效办法。

3 模型分析及仿真比较

根据图 3 研究 FDL 在不同条件下对于系统的丢包率的影响。

仿真前假定：

- (1) $B \times N$ 结构出来的数据包能够从目的输出端口输出，即缓冲输出后无竞争发生；
 (2) 传送至不同的输出端口经过 τ_1 ，输出可以在不同的时间间隔到达所有的 FDL；
 (3) 需要被缓冲的数据包在第一时间内能达到指定缓冲的 FDL，得到较小的时延。

定义一个二维 Markov 链 (X, Y) 来描述光延迟线的缓冲机制。其中 $X \in (0, 1)$ ， $Y = i \in (0, B)$ ，当 $X=0$ ，表示进入长度为 L_i 的 FDL 的数据包的长度小于 L_i 与 L_B 之差，即当长度为 τ_1 的数据包

进入 L_i 之后还可以储存数据包，即需要缓冲的数据包可继续进入 L_i 进行缓冲， $X=1$ 表示进入长度为 L_i 的 FDL 的数据包的长度大于 L_i 与 L_B 之差。 $Y=i \in (0, B)$ 表示有数据包进入 L_i ，定义 $A_i=(X, Y)=(0, i)$ 和 $A_i=(X, Y)=(1, i)$ ，当系统处于 A_i 时表示需要缓冲的数据包可继续进入 FDL 进行缓冲；当系统处于 F_i ，表明系统无法继续容纳数据包。缓冲机制如图 4。

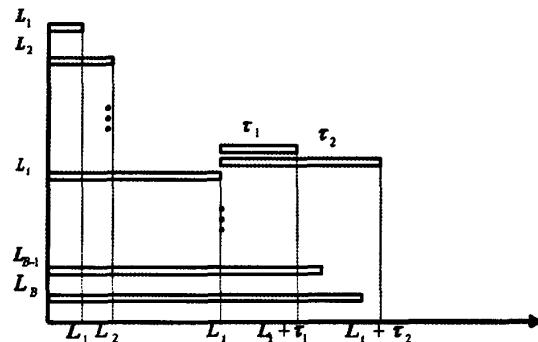


图 4 缓冲机制

共享 FDL 模型包括 2 个交换结构：

(1) $N \times (N+B)$ ；

(2) $B \times N$ 。缓冲结构包括 B 条 FDL，且每条 FDL 的大小依次为 $1 \cdots B$ ，用 $L_i (1 \leq i \leq B)$ 表示第 i 条 FDL 能够缓冲的数据包数，则 FDL 缓冲的总共大小为： $B \times (B+1)/2$ 。没竞争发生的情况下，数据包直接传送到目的端口，发生竞争的数据包就要被送到对应的 FDL 中去，采用的缓冲机制，把需要缓冲数据包 Y 送至跟其长度 \geq FDL 中。

当一个新的数据包到达交换的输入端口时，计算系统的丢包率主要有 2 方面：

(1) 系统处于 F_i 的概率；

(2) 系统处于 A_i ，但需要缓冲的数据包所分配的 FDL 被其他缓冲数据包占用的概率。

假定数据以 ρ 的泊松方式到达输入端口，而且每个数据包的目的端口为 j 是等概率的。则在一时间隙到达的数据包中其目的地是某一特定输出端口的数目为 k 的概率为：

$$P(k) = \frac{n!}{(n-k)!} (\rho/N)^k (1-\rho/N)^{n-k}$$

根据以上的分析和假定对反馈模型和共享模型进行仿真比较。

图 5 中，在低负载的情况下共享模型能够得到

比较高的丢包率，随着负载的增加，2种模型的丢包率都逐渐增加，当负载大于0.78后反馈模型的丢包率低于共享模型。

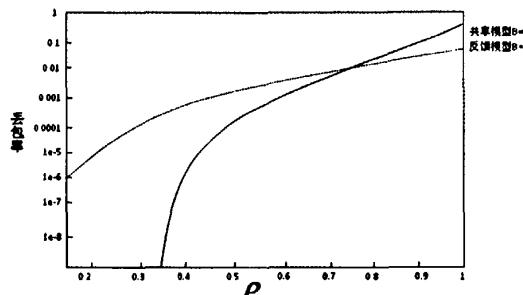


图5 反馈模型与共享模型对比

在不同的负载情况下可以利用共享 FDL 模型对发生冲突的数据包进行缓冲，因此对于不同数量 FDL 的共享模型进行仿真，结果如图6。通过增多 FDL 的数量使得丢包率变小，且在负载低于0.8的情况下，FDL 的数量越多，则系统的丢包率越小，但是随着负载的变大，无论 FDL 的容量多大，系统的丢包率都会显著增加。

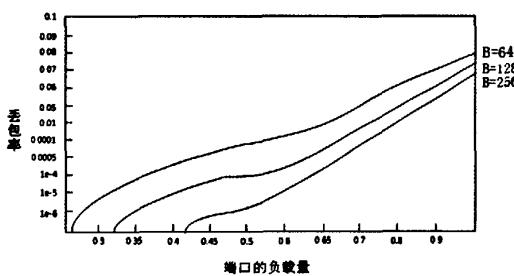


图6 丢包率与端口负载、FDL 数量的关系

4 结束语

从仿真结果得出2个结论：

- (1) 在低的负载情况下，FDL 能够解决端口的资源竞争，使得系统能够满足一定的丢包率；
- (2) 在同样的丢包率要求下，FDL 的数量越多，系统所能承载的业务量越大。利用 FDL 的弊端，在输出端口具有较大负载时，FDL 已经无法解决竞争冲突，丢包率迅速上升。

在实际运用中，缓冲机制往往是利用 FDL 解

决数据包在时间上的冲突，利用波长变换器解决波长的竞争，利用路由偏移解决空间的竞争，得到满足要求的系统性能，这是未来光交换缓冲的方向。波长转换器可将发生传送至相同输出端口的2个竞争数据包切换至不同的波长从而避免了竞争，也降低了丢包率。路由偏移通过可达到目的端口的不同路由以解决对资源的竞争，但是不可避免的引入了时延，尤其对于同步数据将会造成顺序的混乱，从而出现更严重的错误。因此对于路由偏移在实际中的应用很少，在实际的应用中采用波长转换跟 FDL 的相结合来设计满足系统要求性能的模型。

参考文献：

- [1] M.C. China, D.K. Hunter, I. Andonovic, P. Ball, I. Wright, S. P. Ferguson, K.M. Guide, and M.J. OMahony. Packet Loss and Delay Performance of Feedback and Feed-Forward Arrayed-Waveguide Gratings-Based Optical Packet Switches With WDM Inputs Output[J], Journal of Lightwave Technology, 2001, 19(9): 1241-1254.
- [2] D. Fiems, K. Laevens, H. Bruneel. Performance analysis of an all optical packet buffer[C], Conference on Optical Network Design and Modeling, 2005.
- [3] R.S. Tucker and W. De Zhong. Photonic packet Switching: An interview[J], IEICE Trans. Commun, 1999, E82-13(2): 254-264.
- [4] T. Zhang, K. Lu and J.P. Jue. Shared Fiber Delay Line Buffer in Asynchronous Optical Packet Switches. IEEE Journal on Selected Areas in Commun[C], 2006.
- [5] 蒋耀友, 陈海燕. 高速光交换竞争调度策略[J]. 光通信技术, 2009, (5): 50-53.
- [6] De Leenheer, M., Develder,C., Vermeir,J., Performance analysis of a hybrid optical switch[C]. Optical Network Design and Modeling 2008.
- [7] Rosberg Z., hai Le Vu, Design and Performance and FDL Buffers in Optical Swicthes[C]. Sydney Transporparent Optical Networks, 2007.
- [8] 季伟, 张民, 叶培大. 光分组交换网络中的光缓冲技术研究 1[J], 光通信技术, 2004, 28 (10): 26-28.
- [9] 刘婉琳, 庞俊宇. 光分组交换网络中光纤延迟缓存技术 [J]. 光电子技术应用, 2009, 24 (1): 1-5.
- [10] 潘勇, 叶培大. 异步光分组交换网的流量建模[J]. 光通信研究, 2005, 127 (1): 12-14.

责任编辑 陈善