

文章编号: 1001-3806(2005)06-0572-03

OBS核心节点中 FDL配置方式的研究

刘毅, 邱琪

(电子科技大学 宽带光纤传输与通信网技术教育部重点实验室, 成都 610054)

摘要: 通过仿真, 分析比较了在 $N \times M$ 交换节点中的分别采用共享式 FDLs 结构和非共享式 FDLs 结构的交换性能。结果表明, 在负载为 0.7 非共享式 FDLs 在级数大于 24 时, 其丢包率小于 10^{-6} 。而共享式 FDLs 在级数为 24 时, 其丢包率大于 0.1。非共享式 FDLs 的丢包率和平均时延水平都低于共享式的 FDLs 结构, 交换性能更优异。

关键词: 光突发交换; 光纤延迟线; 丢包率; 时延

中图分类号: TN929.1 文献标识码: A

Research of FDL structure in OBS core node

LIU Yi, QIU Qi

(Key Laboratory of Broadband Optical Fiber Transmission and Communication Networks, Ministry of Education, UESTC, Chengdu 610054 China)

Abstract In the $N \times M$ switching nodes, the performance of the share fiber delay lines (FDLs) is compared with that of the nonshare FDLs. When the load is 0.7 and the stage number is 24, the packet destroy rate of the share FDLs is 0.1 and that of the nonshare FDLs is 10^{-6} . Which shows that the nonshare FDLs are more efficient than the share FDLs.

Key words optical burst switching; fiber delay lines (FDLs); packet destroy rate; delay

引 言

近年来, 随着光网络的快速增长, 对克服传统电交换瓶颈的制约、实现光交换的需求越来越强烈。但是目前要实现光分组交换, 在光器件技术上尚存在难以克服的困难。而采用资源预约方式的光突发交换技术 (optical burst switching OBS) 的提出, 在一定程度上较好地满足了对高速业务的需求。一个典型的 OBS 交换网络由边缘节点和核心节点以及 WDM 链路构成, 其中核心节点主要完成对突发数据包的转发和交换。对核心节点而言, 其交换的数据速率可以高达 Tbit/s 数量级, 因此, 如何设计该节点以降低转发和交换时的分组丢包率, 减小因排队等候处理而产生的时延成为实际中需解决的首要问题。从理论上而言, 采用光突发交换协议, 如恰量时间 (just enough time, JET) 协议, 可以在核心节点中不使用光缓存, 但在实际中配置适当的光缓存可以较好地提高交换节点的交换性能。在现有的方案中都是用光纤延迟线 (fiber delay lines, FDLs) 来实现光缓存, 文献 [1] 中提供了 3 种 FDLs 的基本设计方案。按其交换节点中的配置形式可大致

分为传输型 (两级交换型) 和循环型 (反馈型)^[2,3]。其中对循环型配置方案, 因其能对 FDLs 循环使用, 故对 FDLs 级数的要求较小, 但对控制的要求较复杂。而对传输型配置, 若采用共享式则对 FDLs 级数要求较大。作者提出在传输型配置中采用非共享式的结构, 较好地解决了传输型配置的这个问题的。

1 OBS网络核心交换节点拓扑结构

从理论上而言, 采用光纤延迟线和可调波长变换器 (tunable wavelength converter, TWC) 有利于解决交换节点中的资源竞争问题。但从实现的技术难度和成本上考虑的话, 采用 TWC 的难度较大, 在此只考虑采用 FDLs 的情况。张劲松等^[4]从调度控制的角度分析了定长数据包情况下 FDL 的阻塞性能, 而作者则从硬件配置角度来研究变长数据包情况下的阻塞性能。图 1 为 OBS 核心交换节点结构。其中 1~N 为输入光纤和输出光纤。每根光纤复用 $M+1$ 个波长, λ_0 为控制波长通道, 专门传输突发数据控制包头 (burst head packet, BHP), $\lambda_1 \sim \lambda_M$ 为数据波长通道, 用于传输突发数据包 (burst packet, BP)。共有 M 个 $N \times N$ 空分光开关交换矩阵, 在交换矩阵的输入端配置 FDLs。在图 1a 中, 每个 $N \times N$ 空分光开关交换矩阵的每个输入都有单独的 FDLs, 则共有 $M \times N$ 个 FDLs, 这种结构称为非共享式 FDLs 结构。若对每个 $N \times N$ 空分光开关交

基金项目: 国家“八六三”计划资助项目 (2002AA122021)

作者简介: 刘毅 (1974), 男, 讲师, 现主要从事光纤通信技术方面研究。

E-mail: lytiger234@163.com

收稿日期: 2004-09-14 收到修改稿日期: 2005-06-27

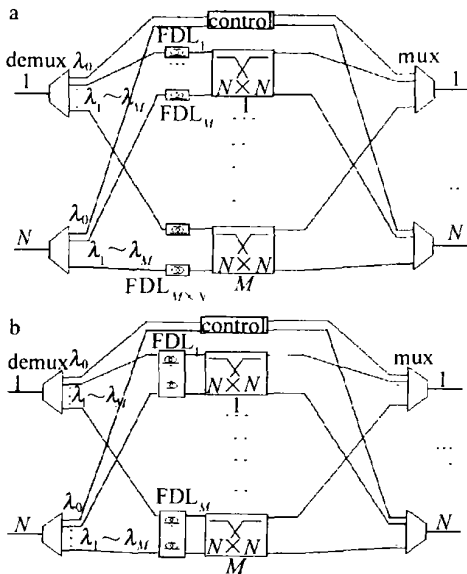


Fig 1 OBS $N \times M$ switching node

矩阵的输入端的所有输入只共配置 1 个 FDLs, 则共有 N 个 FDLs, 这种结构称为共享式 FDL 结构, 如图 1b 所示。对 FDLs 的设计有多种形式, 文献 [1] 中提供了 3 种 FDLs 的设计方案。在仿真中采用如图 2 所示结构。其中图 2a 用于非共享式 FDLs 中, 图 2b 用于共享式 FDLs 中。

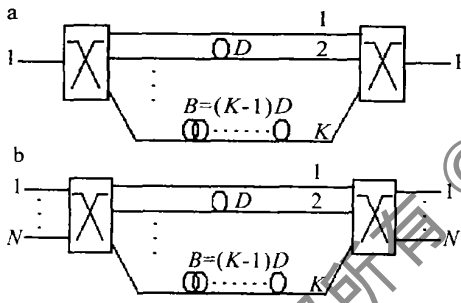


Fig 2 Fiber delay lines

2 交换节点的排队模型

假设输入的突发数据流为泊松流, 则可以用排队理论来加以分析。对图 1 的节点结构, 可视为多窗口混合制排队模型 $M/M/n/m$ 。其中服务窗可视为交换中可用的波长, 在无 TWC 的情况下, 其数目 n 等于输出光纤数。排队模型的系统容量即为 FDLs 所能提供的缓存空间, 其大小 m 等于所有 FDL 的级数和。由排队理论知, 系统的损失概率 (丢包率) 为:

$$p_m = \frac{n^m \rho^m}{n!} p_0 \quad (1)$$

式中,

$$\begin{cases} \rho = \frac{\lambda}{n} = \frac{\lambda}{\mu n} \\ p_0 = \left[\sum_{k=0}^{n-1} \frac{\rho^k}{k!} + \frac{\rho^n}{n!} \cdot \frac{1 - \rho^{m-n+1}}{1 - \rho} \right]^{-1} \end{cases} \quad (2)$$

λ 为数据包到达平均强度, μ 为交换节点的平均服务

率, p_0 为排队系统中数据包为 0 的概率^[5]。参照图 1, 在 FDLs 采用不同的配置方式下, 也可有相同的级数和 m 。例如在 4×8 的交换节点中, 图 1a 中在每个交换矩阵的每个输入端都分别配置了单独的 FDL (非共享式), 共有 32 个 FDLs; 图 1b 中对同一个交换矩阵的所有输入端共用同一个 FDLs (共享式), 则为 8 个 FDLs。显然两种方式都可提供相同的级数和 m (例如: $m = 32 \times 4$ 级 = 8×16 级 = 128 级)。由 (1) 式知这两种方式在同样条件下的丢包率相同。可实际情况如何, 以下通过仿真结果加以说明。

3 仿真结果及其分析

3.1 丢包率

仿真软件采用的是 OPNET, 其中控制波长通道的速率为 155 Mbit/s, 突发数据通道的速率为 1 Gbit/s, 交换节点为 N 根输入光纤, N 根输出光纤。每根光纤复用 $M + 1$ 个波长。对 4×8 和 8×16 两种情况的交换节点进行了仿真。图 3 为 4×8 交换节点在数据流

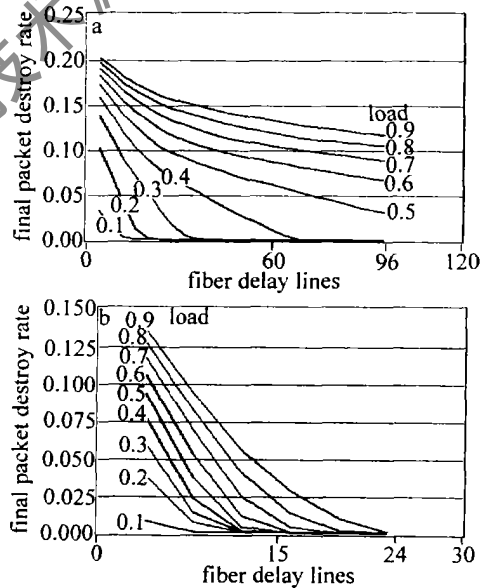


Fig 3 4×8 switching nodes

量负载为 0.1~0.9 下的丢包率随 FDLs 的变换仿真曲线。图 3a 为共享式 FDLs 结构, 共有 8 个 FDLs, 每个 FDL 有 96 级, 其延时范围为 0~96D, D 为基本延时单元 (delay unit), 在仿真中 D 的大小取为突发数据包的平均持续时间大小, 突发数据包的平均大小为 10000 bit; 图 3b 为非共享式 FDLs 结构, 共有 32 个 FDLs, 每个 FDLs 有 24 级, 其延时范围为 0~24D。

图 4 为 8×16 交换节点在数据流量负载为 0.1~0.9 下的丢包率随 FDLs 的变换仿真曲线。图 4a 为共享式 FDLs 结构, 共有 8 个 FDLs, 每个 FDL 有 320 级, 其延时范围为 0~320D; 图 4b 为非共享式 FDLs 结构, 共有 128 个 FDLs, 每个 FDL 有 24 级, 其延时范围为 0~24D。

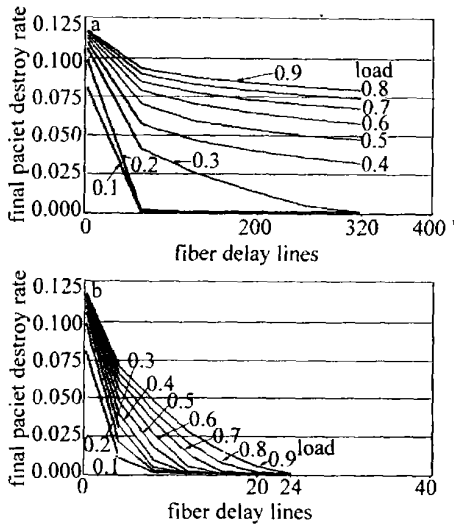


Fig 4 8×16 switching nodes

如图3所示,以4×8的交换节点为例,当负载为0.5时,非共享式FDLs在级数大于20时,其丢包率小于 3×10^{-6} ;而共享式FDLs在级数为20时,其丢包率大于0.1,当级数为96时,其丢包率小于0.05。当负载为0.7时,非共享式FDLs在级数大于24时,其丢包率小于 10^{-6} ;而共享式FDLs在级数为24时,其丢包率大于0.1,当级数为96时,其丢包率大于0.075。由此可见,对非共享式FDLs而言,当其级数取为24时,即可获得较低的丢包率。而共享式FDLs结构即使设置了较高的级数,也不能达到较低的丢包率。同样8×16的交换节点中的情况亦是如此。可见,采用非共享式FDLs结构能更有效地降低丢包率。

3.2 时延

突发数据包在由源端到目的端的传输过程中,会产生时延问题。该时延包括一个固定的传输时延和通过OBS MAC层的时延。其中固定的传输时延由突发数据包的大小和传输速率决定。而通过OBS MAC层的时延是可变的。该可变时延部分包括将数据包进行突发组装的时延,突发数据包排队等待处理的队列时延和额外的偏置时延。其中的队列时延除了与突发数据包到达的统计特性,资源调度算法有关外,在采用FDLs来解决资源竞争问题的交换节点中还与FDLs的设计有关。该延时大小同样是表征核心节点交换性能优劣的重要指标。在本文中,主要对因FDLs的不同配置而产生的时延进行比较分析。图5记录了在相同的调度算法下,相同的网络流量、相同的FDLs级数和的情况下,4×8和8×16交换节点中分别采用非共享式FDL和共享式FDLs的平均延时水平。

从仿真的记录结果来看,在提供相同的FDLs总级数(相同的排队系统容量)的情况下共享式FDLs结构所产生的附加传输延时大于非共享式。如图5所

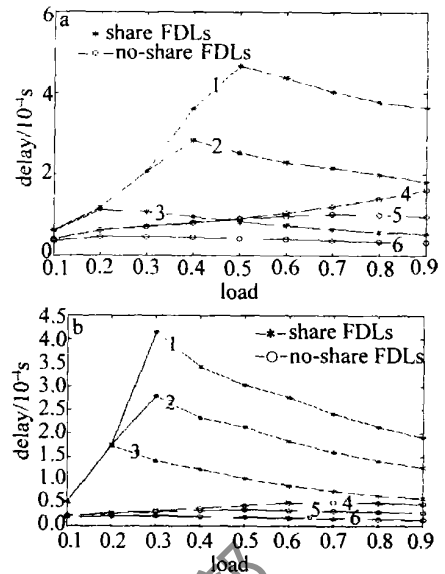


Fig 5 Average queue delay of the switching nodes
a—4×8 switching nodes, b—8×16 switching nodes

示,图5a中,曲线1,4的FDL=768D;曲线2,5的FDL=384D;曲线3,6的FDL=128D;图5b中,曲线1,4的FDL=1536D;曲线2,5的FDL=1024D;曲线3,6的FDL=512D。以4×8交换节点为例,负载为0.5时,在FDLs的总级数都为128D时,共享式FDLs的平均时延大于 8×10^{-5} s,非共享式FDLs的平均时延小于 5×10^{-5} s;在FDLs的总级数都为384D时,共享式FDLs的平均时延大于 2×10^{-4} s,非共享式FDLs的平均时延小于 7×10^{-5} s;在FDLs的总级数都为768D时,共享式FDLs的平均时延大于 4×10^{-4} s,非共享式FDLs的平均时延小于 1×10^{-4} s。

3.3 结果分析

由于光缓存器件的不成熟,只能采用FDL来实现动态的缓存。不管采用何种形式的FDLs结构,其共同点和基本特征是只能提供由其长度所决定的离散的固定延时值,因此配置光纤延时线缓存的交换排队系统和传统意义的交换排队系统不同,会产生增量负载现象(excess bad)^[6]。虽然按(1)式来分析时,若共享式和非共享式有相同的系统容量,理论上的丢包率应相等,可在实际中,共享式FDLs的增量负载现象较非共享结构严重。另外随着FDLs中级数的增加,在同一个FDLs中被延时的数据包在FDLs的出端的冲突也加剧,从而导致额外的丢包。所以,导致共享式结构的丢包率高于非共享式结构。这点从仿真结果来看也是如此。

对突发数据包交换时的排队延时是由FDLs对数据包缓存所导致的。在保证低丢包率的前提下,共享式结构中的每个FDL需提供较大的延时范围,需

(下转第578页)

分结构等, 这些都影响到纳米材料的导电、发光和场发射等特性。同时适应场发射平板显示需要, 可进行定向的一维纳米材料阵列的激光烧蚀法制备研究。并在此基础上找到能大量生产的制备工艺, 以便能用于工业化生产。

参 考 文 献

- [1] IIJMA S Helical microtubules of graphitic carbon [J]. Nature, 1991, 354(7): 56~ 58
- [2] KOKA IE, TAKAHASHI K, KASUYA D *et al*. Synthesis of single wall carbon nanotubes by millisecond-pulsed CO₂ laser vaporization at room temperature [J]. Chem Phys Lett 2000, 332(5~ 6): 449~ 454.
- [3] MUNOZE, MASER W K, BENITO A M *et al*. Gas and pressure effects on the production of singlewalled carbon nanotubes by laser ablation [J]. Carbon, 2000, 38(10): 1445~ 1451.
- [4] MORALES A M, LIEBER C M. A laser ablation method for synthesis of crystalline semiconductor nanowires [J]. Science, 1998, 279(9): 208~ 211
- [5] ZHANG Y F, TANG Y H, WANG N *et al*. Silicon nanowires prepared by laser ablation at high temperature [J]. A P L, 1998, 72(15): 1835 ~ 1837
- [6] YU D P, LEE C S, BELLO I *et al*. Synthesis of nanoscale silicon wires by excimer laser ablation at high temperature [J]. Solid-State Commun, 1998, 105(6): 403~ 407.
- [7] WANG N, TANG Y H, ZHANG Y F *et al*. Transmission microscopy evidence of the defect structure in Si nanowires synthesized by laser ablation [J]. Chem Phys Lett 1998, 283(5~ 6): 368 ~ 372
- [8] ZHOU G W, ZHANG Z, BAI Z H *et al*. Transmission electron microscopy study of Si nanowires [J]. A P L, 1998, 73(5): 677~ 679
- [9] WANG N, ZHANG Y F, TANG Y H *et al*. SO₂-enhanced synthesis of Si nanowires by laser ablation [J]. A P L, 1998, 73(26): 3902~ 3904
- [10] TANG Y H, ZHANG Y F, PENG H Y *et al*. Silicon nanowires synthesized

by laser ablation of mixed SiC and SiO₂ powders [J]. Chem Phys Lett 1999, 314(1~ 2): 16~ 20.

- [11] 吴旭峰, 凌一鸣. 激光烧蚀法制备半导体纳米丝的研究进展 [J]. 激光与红外, 2002, 32(2): 67~ 69
- [12] ZHANG Y F, TANG Y H, DUAN X F *et al*. Yttrium-barium-copper oxygen nanotubes synthesized by laser ablation [J]. Chem Phys Lett 2000, 323(1~ 2): 180~ 184
- [13] THESSA, LEE R, NKOLAIEV P *et al*. Crystalline ropes of metallic carbon nanotubes [J]. Science, 1996, 273(52~ 74): 483~ 487.
- [14] DILLON A C, PARILLA P A, ALLEMAN J L *et al*. Controlling single wall nanotube diameter with variation in laser power [J]. Chem Phys Lett 2000, 316(1~ 2): 13~ 18.
- [15] KANZOW H, SCHMALZ A, DING A. Laser assisted production of multiwalled carbon nanotubes from acetylene [J]. Chem Phys Lett 1998, 295(5~ 6): 525~ 530
- [16] HIRAHARA K, SUENAGA K, BANDOW S *et al*. Boron catalyzed multiwalled carbon nanotube growth with the reduced number of layers by laser ablation [J]. Chem Phys Lett 2000, 324(1~ 3): 224~ 230
- [17] GOLBERG D, BANDO Y, EREMETSM *et al*. Boron nitride nanotube growth defects and their annealing out under electron irradiation [J]. Chem Phys Lett 1997, 279(3~ 4): 191~ 196
- [18] GOLBERG D, BANDO Y, EREMETSM *et al*. Nanotubes in boron nitride laser heated at high pressure [J]. A P L, 1996, 69(14): 2045~ 2047.
- [19] ZHANG Y, GU H, SUENAGA K *et al*. Heterogeneous of B-C-N nanotubes by laser ablation [J]. Chem Phys Lett 1997, 279(5~ 6): 264~ 269.
- [20] ZHANG Y, SUENAGA K, COLLIEX C *et al*. Coaxial nanocable: silicon carbon and silicon oxide sheathed with boron nitride and carbon [J]. Science, 1998, 281(53~ 79): 973~ 975
- [21] AREPALLIS, NKOLEAV P, HOLMES W *et al*. Diagnostics of laser-produced plume under carbon nanotube growth conditions [J]. Appl Phys 2000, A70(2): 125~ 133

(上接第 574 页)

排队等候交换的数据包被设置较大的延时量的可能性较大, 即有更多的数据包被赋予较大的延时值。而非共享式只需较小的延时范围(仿真中为 0~ 24D)即可达到要求。所以, 在共享式 FDLs 中, 突发数据包被延时的值大于在非共享式中的情况。因此, 由共享式 FDL 所导致的延时的平均水平高于非共享式 FDLs 结构, 这点从仿真的结果得到了验证。

4 结 论

从仿真的结果可以看出, 非共享式的 FDLs 结构在丢包率和延时水平这两方面的交换性能都优于共享式的 FDLs 结构。在 4 × 8 交换节点中, 负载大于 0.5 时, 每个非共享式 FDLs 只需 24D 即可达到较低的丢包率(小于 10⁻⁶)和较小的时延(小于 10⁻⁴ s)。在 8 × 16 交换节点中, 负载大于 0.4 时, 即使为每个共享式 FDLs 配置了 0~ 320D 的大延时值, 依然不能达到较低的丢包率(大于 0.025)。除此之外, 从控制的角度来

看, 每个非共享式 FDLs 的出端间的冲突也弱于同等情况下的共享式结构, 其控制上的复杂程度低于共享式的。另外, 与文献 [2] 中的交换节点方案比较, 文献 [2] 中的共享传输型还需配置一预延迟单元, 其成本较高。因此, 综合各方面的因素来看, 非共享式的 FDL 结构是设计 OBS 交换核心节点的优先选择。

参 考 文 献

- [1] YOO M, QIAO Ch D K I F S. QoS performance of optical burst switching in IP-over-WDM networks [J]. IEEE J Select Areas in Commun 2000, 18(10): 2062~ 2071
- [2] 黄安鹏, 谢麟振. 基于同波长光纤延迟线集光突发交换结构及其性能分析 [J]. 通信学报, 2003, 24(12): 21~ 31
- [3] 池 灏, 赵焕东, 曾庆济 *et al*. 光突发交换的交换控制策略和光缓存配置 [J]. 光子学报, 2003, 32(2): 129~ 132
- [4] 张劲松, 曹明翠, 罗风光 *et al*. 定波长突发下的 FDL 缓存和调度 [J]. 激光技术, 2005, 29(2): 153~ 155.
- [5] 陆传贵. 排队论 [M]. 北京: 北京邮电学院出版社, 1994, 100~ 104
- [6] CALLEGATIE. Optical buffers for variable length packets [J]. IEEE Commun Lett 2000, 4(9): 292~ 294.