

一种基于波分复用的 ATM 光交换结构*

张 涛** 邱 昆 邱 琪

(电子科技大学光纤通信国家重点实验室 成都 610054)

【摘要】 提出了一种新型的基于波分复用(WDM)技术的 ATM 光交换模型,即广播选台的改进模型,有效地克服了广播选台式光交换固有的内部阻塞,提高了系统性能。缓存采用共享光纤环输入缓存方式,有效地节省了大量的光纤环,减小了交换机的体积。通过对该系统的性能分析,得到了较为理想的结果。

关键词 波分复用; 异步转移模式; 光交换; 光纤环

中图分类号 TN253

随着信息产业的迅猛发展,要求未来的通信网具有数字化、综合化、宽带高速化的特点。ATM 交换技术,由于其具有高速率、大容量、低延时等特点,将是综合业务数字网(B-ISDN)的关键技术之一。为了满足高速、宽带、大容量的要求,全光通信网将成为必然,而光交换技术则是其中的核心技术之一。

在目前的 ATM 光交换研究中,由于波分复用器件的相对成熟,基于波分复用的 ATM 光交换已得到了较为广泛与深入的研究。目前,国内外提出的具有代表性的交换模型有以下几种:

1) 多路选通式^[1] 模型采用 n 度波分复用,在输入端根据到达端口地址,将到达信元波长分别变为 $\lambda_1, \dots, \lambda_n$;耦合后,在出口由滤波器将各自波长的信元检出,达到路由。该模型的控制简单,易于实现,但是该模型在发生端口竞争时有严重的同频串扰现象,使得信元丢失,丢失后的信元重传会加重网络负担,甚至会造成恶性循环,使网络瘫痪。可以加入缓存,使其性能改进。其中以 G. Bendelli 和 P. Cinato 的共享缓存方式为该类型的代表^[2]。

2) 广播选台式^[1] 该模型采用波长代表输入端口地址,由控制单元控制输出口调整可调谐滤波器来实现路由。该模型易于实现广播功能,在同一时隙内没有同波长干扰现象,但输出端口竞争造成信元丢失仍是一个重要问题。

3) 全链路式^[3] 该模型在小端口的条件下有较强优势;但在大端口下,由于连线与端口数是平方关系,所以连线太多,解分复用器也较为复杂。

我们采用广播选台的改进型交换结构,对广播选台式进行输入缓存,但输入缓存由于设计上的巧妙,没有输入缓存所固有的排队头阻塞问题。

1 模型描述

1.1 系统模型

我们的光交换结构采用改进型的广播选台式,如图 1 所示。该模型为一 $n \times n$ 光交换,信元由

1998 年 1 月 12 日收稿

* 霍英东教育基金会资助项目

** 男 25 岁 硕士

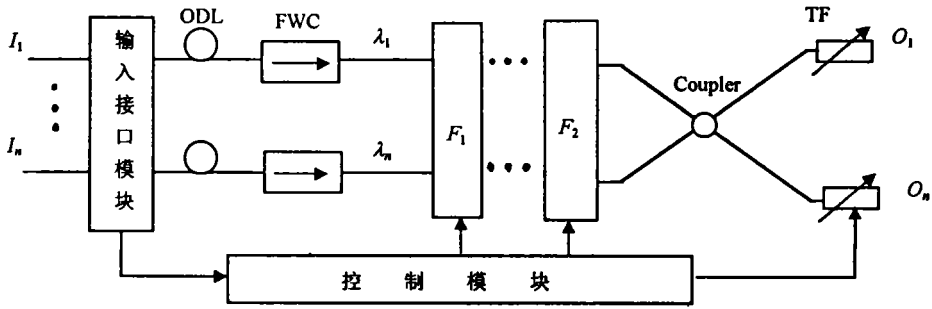


图 1 基于波分复用的 ATM 光交换模型

输入端口 I_1, \dots, I_n 口进入,在输入接口模块检测出信元的头信息,主要是 VCI、VPI(虚通路标识),将信元路由信息传到控制模块进行处理。由于光速远大于电子线路处理速度,为了达到输入信元与控制模块同步,须利用 OD L(Optical Delay Line)进行 Δt 的时间延迟,再由 FWC(Fixed Wavelength Converter)将输入信元变为代表各自入口地址的波长。例如, I_1 口变为 λ_1 , I_r 口变为 $\lambda_r, f_i (i = 1, \dots, k)$ 为光缓存,由控制模块根据端口竞争情况决定哪一个缓存存贮或释放信元。Coupler 为一个 $n \times n$ 的光耦合器,TF(Tunable Filter)由控制模块决定某给定间隙将 TF 调谐在某个波长上。例如, $I_i \rightarrow O_j$,由第二个 FWC 将 I_i 波长变为 λ_i ,而由控制模块将第 j 个 TF 调谐在 λ_i 上,因而得到路由。

1.2 缓存模型

由于光纤环是目前较为成熟、廉价而广泛运用的光缓存结构,我们也采用光纤环进行缓存,但由于光纤环是时延缓存,在 155 Mb/s 的速率下,存贮一个 ATM 信元(53 字节,424 b)需约 450 m 光纤(设光纤的折射率 $n = 1.8$),这样,缓存数量较大时,交换机的体积也相当大,所以我们采用波分复用利用光纤环共享的方法,可以在同样大小缓存容量下将光纤环缩小到 $1/n (n$ 为端口数),如图 2 所示。

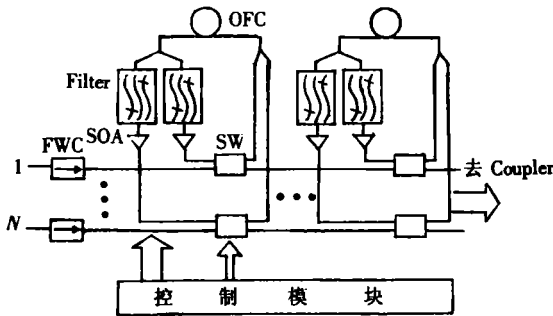


图 2 共享光纤环型 ATM 光缓存

当两个以上信元在同一间隙要到达同一输出端口(即发生端口竞争)时,一个间隙一个端口只能输出一个信元,其他信元便通过缓存存贮起来。当需要向缓存中存入或取出信元时,由控制模块控制 SW(Switch)为 Cross 状态,如图 3a 所示,则信元进入缓存器,多条线路上的信元可复用到 OFC(Optical Fiber Circle),经过 OFC 后,由 FF(Fixed Filter)将各自波长的信元选出再送到 SOA(Semi-conductor Optical Amplifier),由 SOA 补偿增益,最后再回到 SW,若需要取出信元,则 SW 变为 Cross 态,若需信元继续存贮,则

SW 变为 Bar 态,如图 3b 所示。该缓存中 SW 与 SOA 均由控制模块控制,以确定是否取出或存入信元。OFC 的长度为恰好存贮一个信元的长度。当不取出信元时,SW 为 Bar 态,新来信元照样可以通过 SW,这样存取信元完全由控制模块根据输出端 TF 的空闲状态而确定,即“谁空谁取原则”,所以这样的输入缓存不存在排头(HOL)阻塞,根据情况,可以在系统中设许多个这样的缓存,该缓存除了 OFC 以外,均易于做到光电集成,可以看出光纤环的数目至少为不采用共享方式的 $1/n (n$

为端口数)。

2 性能分析

我们以信元丢失率 P 来研究该系统的性能。

为了简化分析过程,首先作如下假设:

- 1) 输入信元满足以 λ 为参数的伯努利分布;
- 2) 各端口信元到达某给定输出口的概率相等,都为 $1/n$;

3) 信元到达是相互独立的;

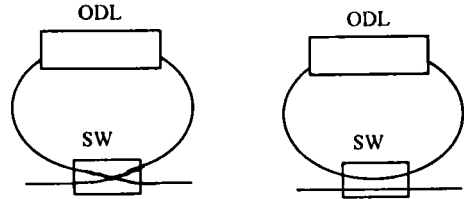
4) 缓存信元的取出满足“输出口空闲优先原则”,则在某时隙,给定输出口有 m 个信元同时到达的概率为

$$P(m) = \binom{m}{n} \left(\frac{\lambda}{n}\right)^m \left(1 - \frac{\lambda}{n}\right)^{n-m} \tag{1}$$

当 $n \rightarrow \infty$ 时,即大端口数情况下,可以将输入流看成 Poisson 分布^[4]

$$P(m) = \frac{\lambda^m}{m!} e^{-\lambda} \tag{2}$$

即排队过程满足 $M/D/1$ 过程。该过程易于解出^[5],其信元丢失率与缓存的关系如图 4 所示。



(a) Cross 态 (b) Bar 态
图 3 决定缓存存取两种状态

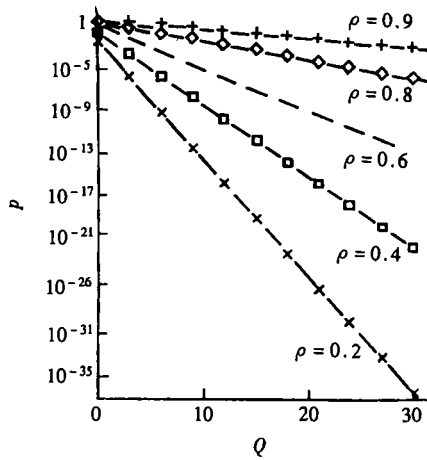


图 4 理论计算结果

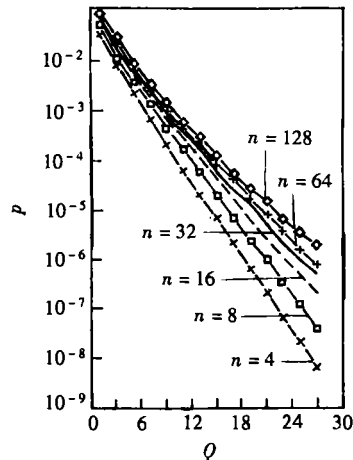


图 5 计算机模拟结果

当端口有限,即 n 非为无限大时,Bernoulli 过程不能近似为 Poisson 过程,则不宜采用以上的估算方法,但可采用计算机模拟求解。计算机模拟求解时仍以上述假设为前题,解得的结果见图 5。由图可见,当 $n = 128$ 时,其结果已很接近 $n \rightarrow \infty$ 的结果,这与通常分析的输出缓存结果无异。

3 结论

通过以上的描述和分析,我们提出的该交换模型有以下的优异特点:

- 1) 系统结构简单,复杂度低;
- 2) 综合了多路选通与广播选台式的优点,性能较好;

3) 巧妙运用 WDM 技术,使用作缓存的光纤环数目较少,利用率高,缓存中没有排头阻塞。可看成输出缓存系统;

4) 该系统易于做到光电集成;

5) 控制简单。

该模型的实验系统难点在于光电同步。

参 考 文 献

- 1 Sasayama Koji, Yamada Yoshiaki, Habara Keishi. Frontlernet: fequency-routing-type time-division interconnection network. *Journal of Lightwave Technology*, 1997, 3(15): 418 ~ 422
- 2 Bendelli G, Cinato P. An ATM photonic switch module: dimemsional and architectural analysis. *ECOC'94*, 1994: 821 ~ 824
- 3 Le Nguyen Binh, Hock Choong Chong. Improved WDM packet switch architectures with output channel grouping. *Communication Network*, 1997, 1-2(8): 99 ~ 109
- 4 陆凤山. 排队论及其应用. 长沙: 湖南科学技术出版社, 1984: 24 ~ 25
- 5 Bruneel Herwig, Kim Byung G. *Discrete-time models for communication systems including ATM*. USA: Kluwer academic publishers, 1993: 147 ~ 149

ATM Photonic Switch Architecture Based on WDM Technology

Zhang Tao Qiu Kun Qiu Qi

(National Key Lab. of Broadband Optical Transmission and Communication Systems, UEST of China Chengdu 610054)

Abstract A new pattern ATM photonic switch architecture based on WDM technology is presented in this paper. Improved broadcast-tuning module is used in this architecture, which overcomes the internal cell-blocking and improves the system's performance. Using optical fiber circle for input buffer, a mount of optical fiber circle is saved. Hence, the bulk of the system is diminished, which is proved to have good performance.

Key words wavelength division multiplex; asynchronous transfer mode; photonic switch; optical fiber circle

编辑 黄 辛