

光突发交换及其预留机制

俞玉莲,王耀明

(上海师范大学 数理信息学院, 上海 200234)

摘要: 光突发交换是光通信领域中的前沿和热点技术. 作者首先对光层电路交换(OCS)、光分组交换(OPS)、光突发交换(OBS)进行了比较, 然后介绍了光突发交换技术的基本概念, 最后讨论了光突发交换的各种预留机制.

关键词: 光层电路交换; 光分组交换; 光突发交换; 预留机制

中图分类号: TN915 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-5137(2004)03-0048-05

1 概述

随着 Internet 和综合业务的发展,人们对网络带宽和网络交换速度提出了越来越高的要求. 光密集波分复用(DWDM)技术的应用无疑极大地利用了光纤的带宽,从而有效地提高了网络的传输速度. 目前人们已经能够进行 160 个波长的密集波分复用,使得单纤的传输速率已经超过 10Tb/s. 可以说光密集波分复用技术的应用已经有效地解决了宽带业务对光传输网或骨干网的带宽要求. 因此交换和路由技术很可能成为未来骨干网的速度瓶颈. 另外在下一代光网络中在光层上支持服务质量(QoS),也是当前交换技术所无法支持的,即便是 ATM 技术. 当前 IP 所提供的尽力而为的服务已远远不能满足实时业务和网络管理及控制的需求.

为了提高网络的性能,人们提出了多种光交换技术,其中光突发交换^[1-7]是在当前看来最有前途的一种光交换技术.

1.1 几种光交换技术的比较

常见的光交换技术有光层电路交换(OCS - optical circuit switching),光分组交换(OPS - optical package switching),光突发交换(OBS - optical burst switching)^[1]. 光层电路交换在光网络中的应用指的是光网络中的波长交换. 这种交换方式的最大的优点是实现简单,技术比较成熟. 但由于电路交换是以波长为粒度进行的,所以带宽的利用率不高;同时由于波长数量是非常有限的,因此呼叫很容易被拒绝(产生阻塞).

光分组交换是未来光交换发展的目标,光分组交换基于光时分复用和光信号处理,能够提供任意小的交换粒度和灵活的交换模式. 由于光逻辑器件和光储存器件的不成熟,当前要在全光领域实现光分组交换还不可能.

光突发交换综合了电路交换和分组交换的优点,是一种易于实现的交换技术. 在 OBS 中控制数据和负载数据在不同的通道中进行传输,负载数据的长度是可以灵活变化的. 光负载数据通常被称为突发数据,控制数据通常被称为突发头. 光突发交换介于电路交换和分组交换之间,具有二者的优点,避免了

收稿日期: 2004-04-16

作者简介: 俞玉莲(1979-),女,上海师范大学数理信息学院硕士研究生. 王耀明(1945-),男,上海师范大学数理信息学院教授.

其主要的不足;突发头和突发数据是分离的,突发头和突发数据不但在不同的通道中传输,且在时间上也是绝对分离的;资源的分配不采用双向端到端的信令,而是应用了一种称为单向预留的协议;突发数据分组的长度可以不一样;突发交换并非一定需要光缓存.当然实际光突发交换并不是要满足以上所有的特性或满足以上所有特征,如在光突发交换机中应用适当的缓存器(光纤延迟线^[8]FDLs),可以改善光突发交换的性能,减少丢包率.表1从不同方面比较了3种交换方案.

表1 3种交换方案的比较

光交换方式	带宽利用率	建立延迟	光缓冲	开销	适应性
电路	低	高	不要	低	低
分组	高	低	需要	高	高
突发	高	低	不要	低	高

1.2 光突发交换的基本概念

在光突发交换网中传输数据是以突发包为单位的.光突发交换网络如图1所示,包括光核心路由器和电边缘路由器.它们之间通过光密集波分复用(DWDM)链路进行连接^[2].分组首先在网络边缘入口由边缘路由器组装成突发包,然后通过光突发交换网络进行传输,最后在出口再拆分成分组继续传输.也就是说边缘路由器提供组装/拆装和接口转换功能,核心路由器完成光突发交换功能,主要有光交换矩阵和交换控制单元组成.

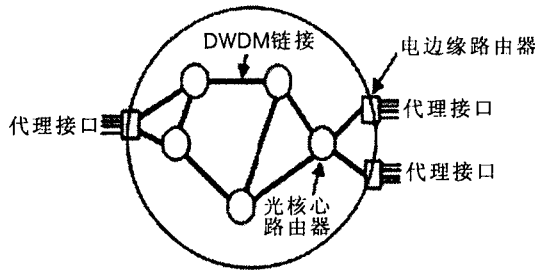


图1 光突发交换网络

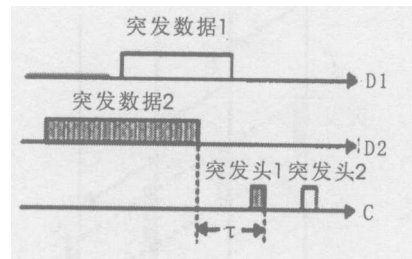


图2 突发数据和突发头传输通道

如前所述,突发包由突发头和突发数据及其负载组成.头和数据在不同的通道中传输,所谓通道是指一个波长通道或波长通道的一部分,并且头在时间上要提前数据进行传输^[2](如图2所示).在每一个核心路由器处突发头在电域被处理,核心路由器中的控制单元根据突发头中的信息为相应的突发数据选择路由,这种路由通道可以是基于连接的也可以是基于无连接的,同时头部的信息会被修改后继续传输.在整个过程中突发数据完全是在光域进行传输的.一个突发数据和它的头之间存在一个偏置时间 τ ,不同的数据具有的偏置时间是不同的.我们把传输突发数据的通道称为数据通道,传输控制包即突发头的通道称为控制通道,一系列的通道称为通道组,相应的就有数据通道组和控制通道组,它们可以在同一根光纤中也可以在不同的光纤中^[2].

2 光突发交换的预留机制

OBS在数据传输时是采用单向预留协议进行控制的,即数据分组紧跟头数据之后延迟一个偏置时间进行传输而无需确认^[3].如图3(a)所示.图中 T 为偏置时间,且满足 $T \geq \sum \delta(h)$,其中 $\delta(h)$ 为第 h 跳($1 \leq h \leq H$)的控制时延,此图中 $H = 2$, $\delta(h) = \delta$.OBS中常见的控制机制有:JIT(just in time),JET(just enough time),LAUC Algorithm(latest available unscheduled channel with FDLs),LAUC-VF(LAUC with void filling).

2.1 JIT 预留机制

JIT 预留机制是在分组尾部设置带内的结束标记或是采用 TAG(Tell and Go),这两种方法均没有在突发头中写入突发数据的长度信息.当预留请求到来时,若有可用资源则立即分配波长信道,否则请求被拒绝,相应的突发数据也就被丢弃.波长的分配使用将持续到突发数据通过该路由器,即在该数据通过该路由器之前此波长不能再分配给其他的任何突发数据,在路由器里唯一要保持记录的信息便是某个波长是否可以使用.JIT 机制的不足是降低了波长利用率,并且在没有任何的传输冲突时也可能出现阻塞.

2.2 JET 预留机制

基于 JET 的 OBS 网络采用一种所谓的时间延迟预留机制(DR - delayed reservation),控制头里既包括突发数据的起止时间也包括突发头的起止时间.核心路由器根据控制头的信息为相应分组分配一个波长,该波长在突发数据通过核心路由器时是由该数据所占用,并且这一段时间是提前预留的.也就是说当一个波长正在被一个通过的数据所占用时,该波长仍然可以分配给另一个即将到来的数据,为其预留一段没有分配给其他数据的时间^[3].如图 3(b)所示,该通道只在 t_s 到 $t_s + l$ 这一段时间内分配给某一个突发数据,在这一时间段之外该通道可以分配给任何一个需要使用该通道的突发数据.其中 t_s 是突发数据到达的时间,而不是突发头处理结束的时间(该时刻在图中用 t_a 表示), l 是指突发数据的长度, $T(f)$ 是突发头与突发数据之间的延时.因此 JET 预留机制可以极大地提高带宽的利用率.

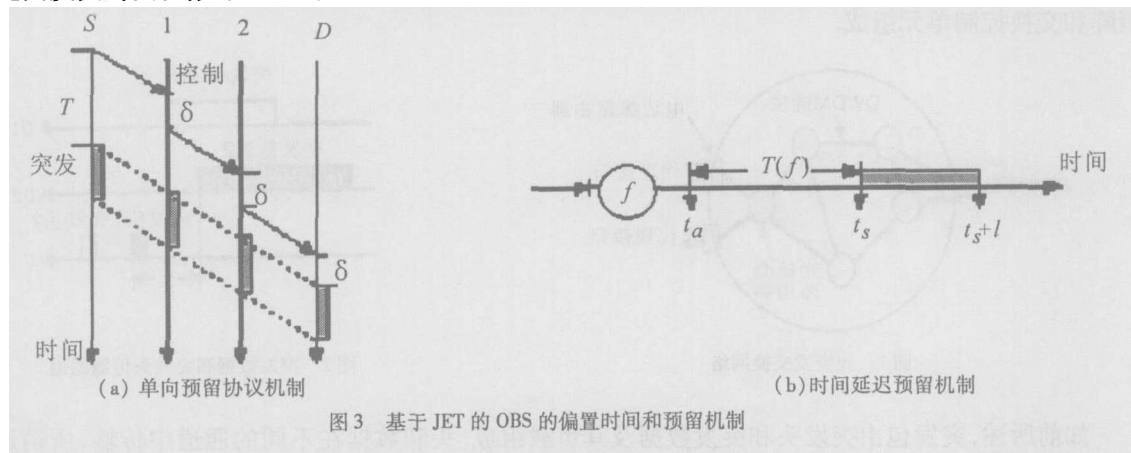


图3 基于JET的OBS的偏置时间和预留机制

2.3 LAUC 预留机制

如果光核心路由器使用了输入光纤延迟线(FDLs),那么路由器就可以对进入交换矩阵的数据进行缓存,从而使得交换控制单元(SCU)有足够的时间去处理突发头.这样就可以有效地降低数据包的丢失率.对于配有输入 FDLs 的 DWDM 光网络,预留和数据通道分配机制可以在 JET 的基础上进行改进,不但能降低数据丢失率而且能提高带宽的利用率.这里简要论述两种策略^[3],LAUC 和 LAUC - VF.在 LAUC 中路由器对每一个输出通道的状态只记录一个数据,就是通道的未预留时刻,即将来最早空闲时刻,记为 t_f .一个简单的例子如图 4 所示.假设有一个长度为 L 的突发数据在时刻 t 到达交换矩阵,交换矩阵首先在输出通道中搜索,在 t 时刻是否有空闲的通道可选择.如果至少存在一个这样的空闲通道,那么 SCU 就安排最后可用(latest available)的通道给该数据,也就是说时刻 t 和可用通道中最后一个突发数据之间间隔最小的那一个通道将被选择.同时该通道的未预留时刻更新为 $t + L$.例如在图 4(a)中,在 t 时刻通道 2、3 是空闲的,但由于 $t - t_2 < t - t_3$,所以 D_2 被选择.对于图 4(b)所示的情况,在 t 时刻没有空闲通道,这时突发数据将通过光纤延迟线 FDLs 延迟若干个 FDL 单元,直到找到空闲通道.图 4(b)中数据被延迟一个单元 D 选择 D_3 通道,同时 D_3 通道的可预留时刻更新为 $t + D + L$.

2.4 LAUC - VF 预留机制

对于 LAUC 机制,预留在同一通道中两个突发数据之间的间隔(void)是不能再被使用的,当这种间

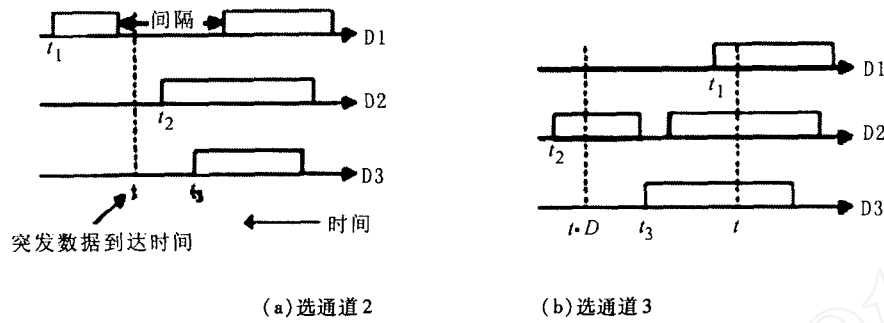


图4 LAUC 预留机制

隔比较大时,就会造成带宽的极大浪费, LAUC - VF 预留机制就是在 LAUC 的基础上进行改进,充分利用这种间隔. LAUC - VF 中可预留通道是指通道未被使用这样一种状态,与 LAUC 不同, LAUC 中是指在时刻 t 之后未被预留的通道为可预留通道(如图 5). 假设有一个长度为 L 的突发数据在时刻 t 到达, SCU 便首先在所有输出通道中寻找时间段 $(t, t + L)$ 可用的通道,如果至少存在一个这样的空闲通道,那么 SCU 就安排最后可用(latest available)的通道给该分组,也就是说在这些空闲通道中, t 之前最后一个突发数据与时刻 t 之间的间隔最小的通道将被选择. 在图 5 中,对于新突发数据只有 $D1, D2, D5$ 是可预留通道,由于 $t - t_2$ 最小,所以 $D2$ 通道被选择.

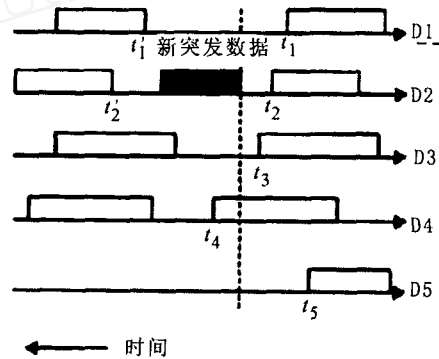


图5 LAUC - VF 预留机制

鉴于以上光突发交换的各种预留机制特点的阐述,表 2 比较了它们的性能.

表 2 光突发交换预留机制性能比较

光突发交换 预留机制	特 点				优 点	缺 点
	突发头中 包含数据 长度	独占路由	引入存储器	利用突发 数据之间 间隔		
JIT	否	是	否	否	实现简单	带宽利用率低,吞吐量 $\leq 40\%$
JET	是	否	否	否	实现较简单	带宽利用率不高,吞吐量 $\leq 50\%$
LAUC	是	否	是	否	带宽利用率较高, 吞吐量 $\approx 90\%$	实现较复杂,数据延时较大, 重发次数较多
LAUC - VF	是	否	是	是	带宽利用率很高, 吞吐量 $\geq 90\%$	实现很复杂,数据延时大, 重发次数多

3 结论

通过对光突发交换(OBS)技术的特点、原理及其预留机制的讨论,可以看出 OBS 是一种现实且可行的解决全光网络的方案. OBS 充分利用了 DWDM 技术的带宽潜力,大大提高了交换速率,使得单纤的传输速率已经超过 10Tb/s, OBS 是很有前景的全光网技术.

当然,OBS还在发展之中,还有一些问题需要解决,如自适应路由及其相关控制、偏置时间管理和保护恢复机制等技术实现问题.

参考文献:

- [1] 周虚,孙强. 光突发交换(OBS)预留机制的研究[J],铁道学报,2002,24(4):63-66.
- [2] XIONG Y J. Control Architecture in Optical Burst - Switch WDM Network[J]. IEEE Journal on Selected Areas in Communications. 2000,18(10):1838-1851.
- [3] QIAO C. Labeled Optical Burst Switching for IP-over- WDM Integration[J]. IEEE Commun Mag,2000. 38(9):104-114.
- [4] YOO M, QIAO C, DIXIT S. QoS performance of optical burst switching in IP-over-WDM networks[J]. IEEE J Select Areas Commun. ,2000,18(10):2062-2071.
- [5] DANIELSEN S, JOERGENSEN C, MIKKELSEN B, STUBKJAER K. Optical packet switched network layer without optical buffers[J]. IEEE Photon Technol Lett, 1998,10(6):896-898.
- [6] GAMBINI P, et al. Transparent optical packet switching: Network architecture and demonstrators in the KEOPS project [J]. IEEE J Select Areas Commun,1998,16(9):1245-1259.
- [7] VERMA S, CHASKAR H, RAVIKANTH R. Optical burst switching: Aviable solution for terabit IP backbone[J]. IEEE Network, 2000,14(6):48-53.

Optical burst switching and its reservation mechanisms

YU Yu-lian, WANG Yao-ming

(Mathematics and Sciences College, Shanghai Teachers University, Shanghai, 200234, China)

Abstract: Optical burst switching is the advanced and hot technology in the field of the optical communication. In this paper we compare some aspects about Optical Circuit Switching(OCS), Optical Package Switching(OPS), and Optical Burst Switching(OBS), and then introduce some basic concepts of OBS as well as discuss its several reservation mechanisms.

Key words: optical circuit switching(OCS); optical package switching(OPS); optical burst switching(OBS); reservation mechanisms