

文章编号: 1001-3806(2004)06-0630-03

## 光突发交换中的突发业务流模型及其应用

陈春汉, 曹明翠, 罗志祥

(华中科技大学 激光技术与工程研究院, 武汉 430074)

**摘要:** 提出了一种光突发交换中的突发业务流模型, 采用该模型对光突发交换中的 LAUG-VF 输出调度算法在不同的突发业务强度和突发长度下的性能进行了模拟仿真, 分析比较了该算法在此突发业务流和普通业务流模型下的性能, 仿真结果表明, 该突发业务流模型具有一定的合理性。

**关键词:** 光突发交换; LAUG-SV 算法; 突发业务; 自相似业务

中图分类号: TN915.02 文献标识码: A

### The burst traffic model in optical burst switch and its application

CHEN Chun-han, CAO Ming-cui, LUO Zhi-xiang

(Institute of Laser Technology and Engineering, HUST, Wuhan 430074, China)

**Abstract:** A burst traffic model in optical burst switch(OBS) is introduced for the first time. With this model the performance of LAUG-VF output schedule algorithm in OBS is given. The performances of the algorithm under this burst traffic model and nonburst traffic are compared. The simulation results show that the burst traffic model is more reasonable to some extent.

**Key words:** optical burst switch(OBS); LAUG-SV algorithm; burst traffic; self similar traffic

### 引 言

随着信息时代的来临, 人们对通信需求迅速增长。发展迅速的各种新业务对通信网的带宽和容量提出了更高的要求。通信网的两大主要组成部分——传输和交换正在不断地发展和革新, 向着宽带、高速、Tbit/s 大容量的方向发展。随着光纤密集波分复用 DWDM 技术的日渐成熟, 已成功完成 Tbit/s 量级的传输, 目前大容量通信网的瓶颈在于大容量的交换技术。为了提高网络交换能力, 人们提出了各种 IP OVER ATM, IP OVER SDH, IP OVER WDM, 光包裹交换(optical packet switch, OPS)等技术, 但这些技术或者交换颗粒过小(以信元或单个 IP 包为单位), 受到电子处理速度瓶颈的限制; 或者交换颗粒过大(以波长为单位)失去了 IP 交换的灵活性。因此, 一种中等粒度的, 更适合于目前以及在相当长一段时间内技术条件的新交换方式——光突发交换

(optical burst switch, OBS), 成为人们更理想的选择<sup>[1,2]</sup>。

光突发交换域由边缘路由器和核心路由器组成, 路由器之间由 WDM 光纤连接。在光突发交换中, OBS 边缘路由器根据 IP 包的目的地、QOS 等级等把来自传统路由器的 IP 包组装成被称为突发(burst)的超长 IP 包, 对应于每一个突发, 形成一个突发控制分组 BCP, 以携带该突发的交换控制信息, 如目的地、QOS 等。数据突发与控制分组在不同的物理信道上传输, 数据突发以直通的方式通过 OBS 交换网络, 控制分组在每个节点经过光/电、处理、电/光转换, 完成对数据突发的控制处理。形成数据突发的目的是为了增大交换的颗粒。

OBS 路由器的交换核心结构由交换矩阵、光纤延时线和输出调度模块组成。突发分组首先进入一个  $(N \times K) \times (N \times K)$  交叉连接矩阵, 其中  $N$  为通道数,  $K$  为每通道的数据信道数, 然后经过光纤延时线组(FDLs)进入输出调度模块。FDLs 组中共有  $B$  个光纤延时线, FDLs 的单元延时时间为  $D$ , 第  $i$  个 FDL 的延时时间为  $i \times D$ 。输出调度模块负责采用一定的输出调度算法合理的控制使用 FDLs 和输出数据信道, 以尽可能低的丢包率把来自交叉连接矩

基金项目: 国家八六三计划资助项目(2002AA103064)

作者简介: 陈春汉(1963), 男, 副教授, 博士研究生, 主要研究方向为光突发交换, MPLS, EPON 等。

E-mail: cchbob@163.com

收稿日期: 2003-12-01; 收到修改稿日期: 2003-12-23

阵的突发分组调度输出到输出信道上。

所以, 突发分组的输出调度算法是光突发交换中的一项重要技术, 目前主要的调度算法有 LAUC (latest available unscheduled channel) 和 LAUG-VF (latest available unscheduled channel with void filling) 算法及其这两种算法的一些变种<sup>[3,4]</sup>, 其中, LAUC 算法以其算法的简单特别适用于高速信道场合, 而 LAUG-VF 算法较为复杂, 但其性能要远远优于前者。

## 1 光突发交换中突发业务流模型的定义

光突发交换中的仿真模型如图 1 所示, 自相似业务流<sup>[5]</sup>产生模块产生 IP, ATM 等自相似业务流; 然后进入组装模块, 根据各分组的目的地址和 QOS 级别等组装成突发包, 组装时间为  $T_a$ ; 突发分组进入分配模块后, 分配到各输出模块; 输出模块采用 LAUC 或 LAUG-VF 等算法将突发包调度输出。

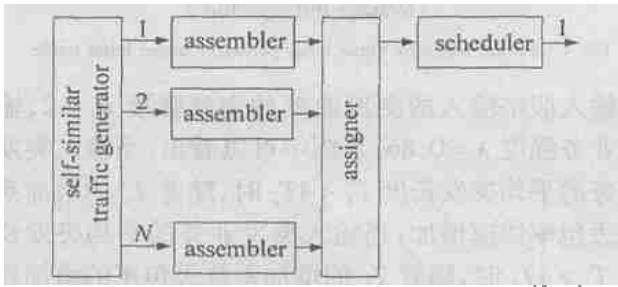


Fig. 1 Simulation model in OBS

在传统的非突发业务模式下, 对进入分配模块地每个突发包相互独立地以  $1/N$  的概率进入各个调度输出模块, 从而完成分配模块的功能。该非突发业务模型为典型的均匀业务模型, 不能较好地反映真实的业务流。

传统的突发业务定义如下: 设突发业务的输入强度为  $\lambda$ , 突发业务流分为突发周期  $T_1$  和非突发周期  $T_2$ ; 在突发周期  $T_1$  内, 分组连续到达, 或者说分组与分组之间的间隔为 0; 在非突发周期  $T_2$  内, 无分组到达; 突发与非突发周期交替产生。突发周期  $T_1$  与非突发周期  $T_2$  的长度是随机变量, 它们服从指数或平均或其它分布且相互独立, 其平均长度分别为  $L_1$  和  $L_2$ 。该突发业务的突发强度取决于平均突发周期的长度  $L_1$ ,  $L_1$  越长, 业务的突发性越强,  $L_1, L_2$  和  $\lambda$  的关系为:  $\lambda = L_1 / (L_1 + L_2)$ 。

传统的突发业务的定义对光突发交换性能的分析不太实用。首先它是针对传统业务而言的, 它能较好地反映传统业务如 IP 包、ATM 信元等的突发特性, 当对这些传统业务包进行组装成突发包后, 还能

否用这种方式来描述其突发特性, 目前没有定论; 其次, 光突发交换仿真模型的调度算法考虑的是  $N$  个输入端口输入的突发数据包竞争一个输出端口时的包丢失率, 如何描述这种  $N$  个输入竞争一个输出情况下的突发特性, 目前还没有较好的方法。如果采用传统的突发业务的定义来描述这种突发性, 即在突发周期内, 所有  $N$  个输入的突发包均向某指定端口输出, 在非突发周期内, 所有  $N$  个输入的突发包均不向该端口输出, 当各输入端口的业务相互独立, 且  $N$  较大时, 这种定义显然不合情理。

因此, 本文中定义  $N$  个输入竞争一个输出情况下的突发业务的突发业务模型如下: (1) 设系统的端口数为  $N$ , 单端口的突发业务的输入强度为  $\lambda$ , 突发业务的突发强度为  $B_i (1 \leq B_i \leq N)$ , 突发业务流分为突发周期  $T_1$  和非突发周期  $T_2$ , 其平均长度分别为  $L_1$  和  $L_2$ ; (2) 在突发周期, 突发包以  $B_i/N$  概率向某指定端口输出; (3) 在非突发周期, 若  $B_i \leq 2$ , 突发包以  $(2 - B_i)/N$  概率向指定端口输出, 且  $L_2 = L_1$ ; 若  $B_i > 2$ , 突发包以零概率向指定端口输出, 且  $L_2 = (B_i - 1) \times L_1$ ; (4) 突发与非突发周期交替产生, 突发周期  $T_1$  与非突发周期  $T_2$  的长度是随机变量, 它们服从指数或平均或其它分布且相互独立; (5) 突发强度  $B_i$  与突发周期  $T_1$  相互独立。

以上的假定是为了保证输出端口的平均业务强度保持与输入的业务强度  $\lambda$  不变。若  $B_i \leq 2$ , 在突发周期内, 平均输出强度为  $\lambda_1 = N \times \lambda \times \frac{B_i}{N}$ , 在非突发周期内, 平均输出强度  $\lambda_2 = N \times \lambda \times \frac{2 - B_i}{N}$ , 总平均强度为  $\lambda \times \frac{L_1}{L_1 + L_2} + \lambda_2 \times \frac{L_2}{L_1 + L_2} = \lambda$  (因为  $L_1 = L_2$ ); 若  $B_i > 2$ , 在突发周期内, 平均输出强度为  $\lambda_1 = N \times \lambda \times \frac{B_i}{N}$ , 在非突发周期内, 平均输出强度  $\lambda_2 = 0$ , 总平均强度为  $\lambda_1 \times \frac{L_1}{L_1 + L_2} + \lambda_2 \times \frac{L_2}{L_1 + L_2} = \lambda$  (因为  $L_2 = (B_i - 1) \times L_1$ )。

根据以上定义的突发业务的特性取决于两个独立的参数: 突发强度  $B_i$  和平均突发周期  $L_1$ , 而  $L_2$  依赖于  $L_1$ 。  $B_i$  越大, 表示业务的突发性越强;  $L_1$  越大, 表示突发的持续时间越长。显然当  $B_i = 1$  时, 该定义等同于非突发业务; 当  $B_i = N$  时, 该定义等同于传统的突发业务的定义。所以说, 非突发业务和传统的突发业务只是本定义的两个特例。

## 2 LAUG-VF 算法在突发和非突发业务流下的性能分析和比较

本文中采用突发业务流和非突发业务流对 LAUG-VF 算法下的丢包率进行了模拟仿真, 仿真中采用 Fourier 变换法<sup>[5]</sup>产生自相似业务流, 突发和非突发业务流如前述, LAUG-VF 算法按文献[3]中所描述, 具体采用 MATLAB 程序实现, 仿真中采用如下参数: 交换矩阵端口数  $N = 8$ , 数据信道的个数为  $K = 8$ , 信道速率  $R = 10\text{Gbit/s}$ , 光纤延时线 FDLs 的单元延时时间为  $D(\mu\text{s})$ , 光纤延时线 FDLs 的个数为  $B = 8$ , 输入的业务强度为  $\lambda = 0.86$ , 组装时间间隔为  $T_a = 2\mu\text{s}$ , 输入业务强度  $\lambda$ , 自相似业务的 Hurst 参数为  $H = 0.8$ , 突发周期  $T_1$  和非突发周期  $T_2$  服从均匀分布。

LAUG-VF 在突发和非突发业务下的丢包率与输入业务强度  $\lambda$  的关系见图 2。图中取光纤延时线 FDLs 的单元延时时间  $D = 6\mu\text{s}$ , 对突发业务输入, 假定输入的突发业务的平均突发长度  $L_1 = 10T_a$ , 突发强度  $B_i = 2$ , 从图中可以看出, 输入业务强度  $\lambda = 70\%$  时, 系统在非突发和突发业务业务条件下的丢包率分别为  $10^{-3}$  和  $10^{-1.3}$ ; 输入业务强度  $\lambda = 80\%$  时, 系统在非突发和突发业务业务条件下的丢包率分别为  $10^{-2}$  和  $10^{-1}$ ; 两者相差一个数量级以上。

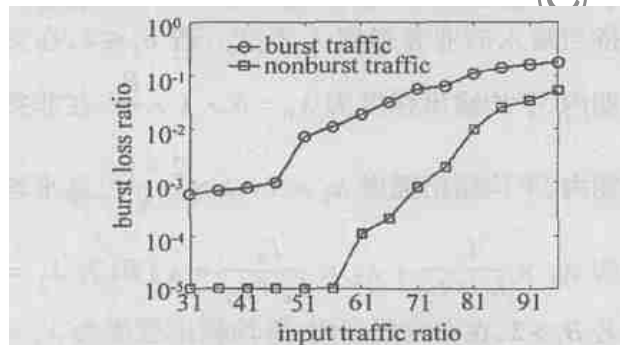


Fig. 2 Packet loss ratio versus  $\lambda$  under burst traffic and nonburst traffic

LAUG-VF 在突发业务下的丢包率与输入突发业务的突发强度  $B_i$  的关系见图 3。图中取光纤延时线 FDLs 的单元延时时间  $D = 6\mu\text{s}$ , 对突发业务输入假定输入的突发业务的平均突发长度  $T_1 = 10T_a$ , 输入业务强度  $\lambda = 0.86$ , 从图中可以看出, 随着输入突发业务的突发强度  $B_i$  的增加系统丢包率快速增加。

LAUG-VF 在突发业务下的丢包率与输入突发业务的平均突发长度  $L_1$  的关系见图 4。图中取光纤延时线 FDLs 的单元延时时间  $D = 6\mu\text{s}$ , 对突发业

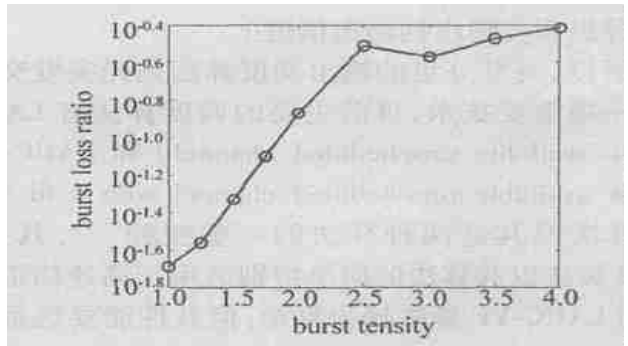


Fig. 3 Packet loss ratio versus burst intensity  $B_i$  under burst traffic

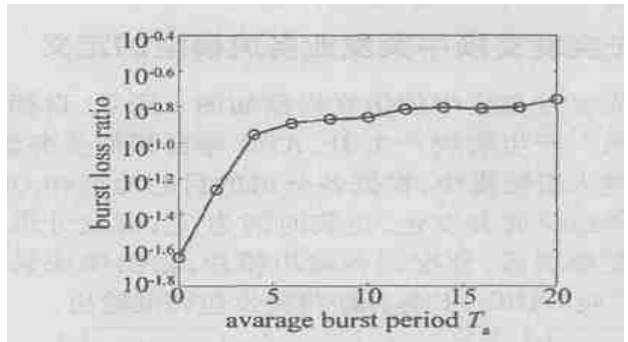


Fig. 4 Packet loss ratio versus burst period  $L_1$  under burst traffic

务输入假定输入的突发业务的突发强度  $B_i = 2$ , 输入业务强度  $\lambda = 0.86$ , 从图中可以看出, 当输入突发业务的平均突发长度  $T_1 < 4T_a$  时, 随着  $T_1$  的增加系统丢包率快速增加; 当输入突发业务的平均突发长度  $T_1 > 4T_a$  时, 随着  $T_1$  的增加系统丢包率的增加趋于平缓。

## 3 结 论

对光突发交换中的突发业务模型做了初步探讨, 提出了一个光突发交换中的突发业务模型, 也许该模型并不能真实地反映现实世界的业务流, 只是希望提供逼近现实世界业务流的一种分析方法。

## 参 考 文 献

- [1] TURNER J. Terabit burst switching [J]. Journal of High Speed Networks, 1999, 8: 3~ 16.
- [2] QIAO C, YOO M. Optical burst switching (OBS)- A new paradigm for an optical internet [J]. Journal of High Speed Networks, 1999, & 69~ 84.
- [3] XIONG Y. Control architecture in optical burst switched WDW networks [J]. IEEE Journal on Selected Areas in Communications, 2000, 18(10): 1838~ 1851.
- [4] YOO M, QIAO Ch M. QoS performance of optical burst switching in IP Over WDM networks [J]. IEEE Journal on Selected Areas in Communications, 2000, 18(10): 2062~ 2071.
- [5] PAXSON V. Fast approximate synthesis of fractional Gaussian noise for generating self similar network traffic [J]. Computer Communications Review, 1997, 27(5): 5~ 18.