

# 一种新颖的光突发交换网络中高效传输 实时业务的协议\*

岳鹏,文爱军,易湘,张志卿

(西安电子科技大学 综合业务网国家重点实验室,西安 710071)

**摘 要:**提出一种光突发交换网络中高效传输低速实时业务的虚时分复用协议(VTDM-RT). 该协议的特点是信道不划分固定时隙,实时业务请求寻找空闲位置周期性占用信道,核心结点无须缓存,按照约定周期性转发实时业务数据. 理论近似分析和仿真表明,该协议可以有效降低实时业务呼损率和数据丢弃率;实时业务速率越低,呼损率越低,波长利用率越高.

**关键词:**光突发交换;实时业务;虚时分复用协议

**中图分类号:** TN929.11

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1004-4213(2008)05-0870-5

## 0 引言

随着业务需求的不断增长和传输技术的迅速发展,光网络将逐渐由目前的光传输、电交换系统演变成光传输、光交换的全光传送系统. 在目前提出的几种光交换技术中,光突发交换(Optical Burst Switching, OBS)<sup>[1-2]</sup>以其良好的分组业务支持能力和可实现性受到人们的关注. 但是由于 OBS 其采用单向预留信道资源的控制方式,数据突发从源结点发出时,源结点到目的结点之间的通路并未完全建立,所以在网络中的核心结点处一旦波长信道资源的预约失败,随后到来的数据突发将被丢弃. 这对于以 WEB、FTP 等为主的突发性的数据业务尚可容忍,但是对于视频点播、IP 电话等实时业务<sup>[3]</sup>就存在严重的问题. 因此在 OBS 网络中如何支持实时业务受到了越来越多的关注. OBS 网络有以下特点: 1)核心节点没有缓存; 2)实时业务发送速率远远低于波长带宽,这意味着在 OBS 网络中,应该采用合适的策略以实现低速实时业务的有效复用. 传统的基于 IP 的实时业务传输协议<sup>[4]</sup>由于时延和抖动大,不适合应用到 OBS 网络中. 文献<sup>[5-6]</sup>中对于实时业务采用的都是光路交换(Optical Circuit Switching, OCS)方式,预约的资源只能被一个请求独占而不能根据实时业务的特点进行复用,很可能由于实时业务的发送速率远远低于波长带宽而造成大量的带宽浪费<sup>[7]</sup>. 目前主要通过设计边缘节点的组装算法<sup>[8-9]</sup>来解决这个问题,然而这种方法并不能从根本上改变实时业务在 OBS 网络中的时延、抖

动及丢弃等问题,因此有很大的局限性. 为了很好的解决以上问题,本文提出了一种新颖的,在 OBS 网络中支持低速实时业务复用的技术—虚时分复用协议(Virtual Time Division Multiplexing for Real Time Traffic, VTDM-RT)协议,VTDM-RT 不需全网同步和缓存,具有呼损率和数据丢弃率低、抖动小、波长利用率高的特点.

## 1 VTDM-RT 协议

对于语音,视频等实时业务,可以用流体流模型刻画,这类业务的特点是数据的发送是周期性(连续业务可以看成是一种特殊的周期性业务)的. 利用实时业务的这种特性,我们采用下面的复用方式:当一个呼叫请求到达 OBS 网络的某个边缘节点(源节点)时,该边缘节点发送一个链路建立请求 LSM(Link Setup Message)消息,该请求包含所在波长,呼叫周期,数据长度等信息. 每经过一个核心节点,该核心节点都会查找它的数据的可插入区间,如果找到该区间,则认为本节点可以成功预约到资源,并将 LSM 发到下一个节点;如果没有查找到该区间(在它的查找时间内均与其它呼叫的数据冲突),则插入失败,返回 NAK 到源节点. 具体的操作流程如图 1.

1)全网在初始化的时候,通过一个测试信息了解各自发往不同节点的往返时延 RTT,该时延包含各个节点的处理时延和各个链路的传播时延. TO 表示各个节点的 LSM 处理时延,TP 表示两个节点之间的传播延.

2)当边缘节点(源节点)产生一个呼叫时,它估计出从呼叫产生到该呼叫的数据开始传输所需要的最短时间  $TIN_0$ ,  $TIN_0 = RTT + CT$  (CT 是为避免估计不准加上去的补偿时间).

\*国家自然科学基金重大研究计划(90104012)和高等学校学科创新引智计划(B08038)资助

Tel: 029-88204468 Email: pengy@xidian.edu.cn

收稿日期: 2007-12-13

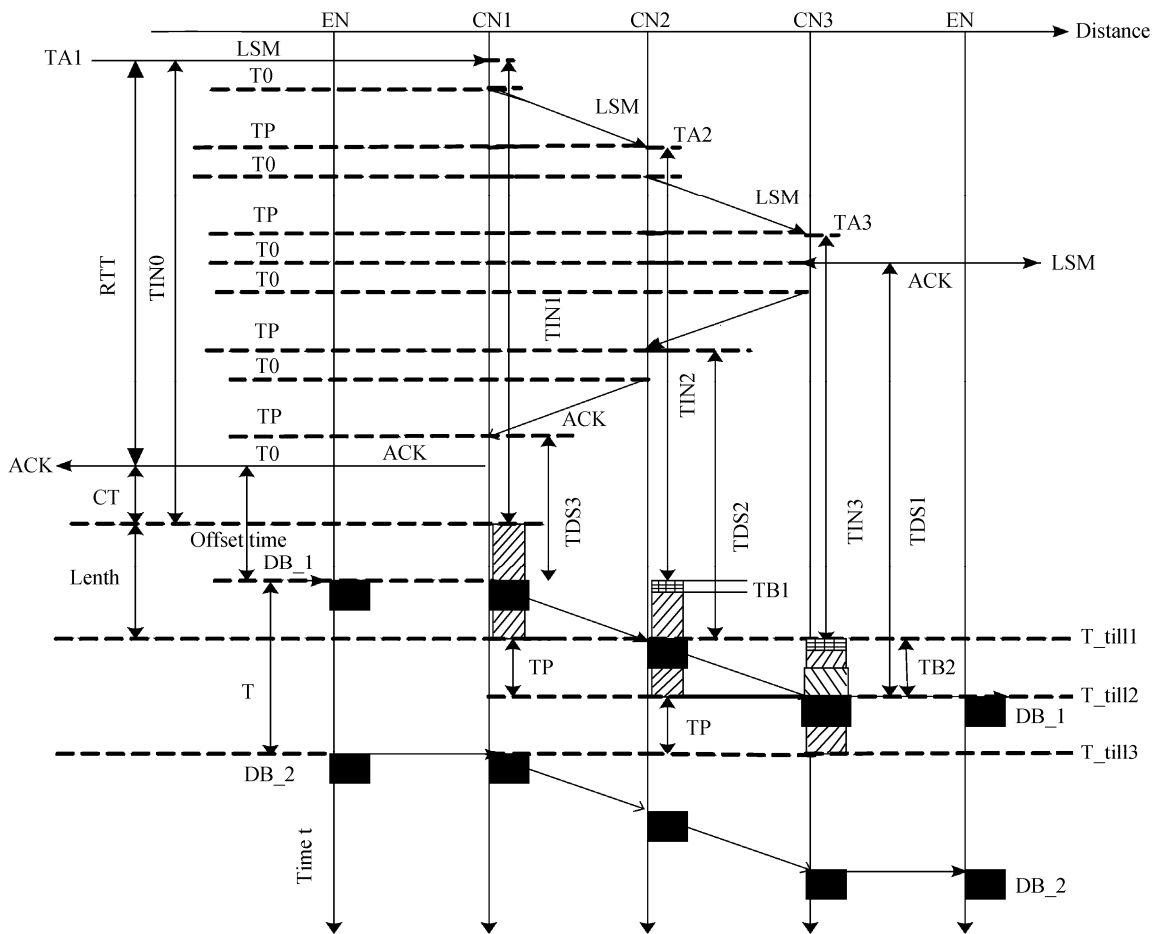


图1 VTDM-RT 协议流  
Fig.1 The VTDM-RT protocol

3) 呼叫到达核心节点 1(CN1)处,令  $TIN_1 = TIN_0$ , ( $TIN_1$  指的是从呼叫到达此节点到该呼叫的数据开始传输所需要的最短时间). 此时查找它的数据是否可以插入, 查找区间为  $(TA_1 + TIN_1, TA_1 + TIN_1 + Tlength)$ ,  $TA_1$  代表 LSM 到达 CN1 的时刻,  $Tlength$  可取实时业务产生突发数据的周期. 图中在 CN1 处发现该呼叫可以查找到合适的插入区间(该节点整个  $Tlength$  区间都可用). 将此区间暂时占为己有(不能再被其他呼叫用).

4) 呼叫到达核心节点 2(CN2)处, 此时由于上个节点的处理时延  $TIN_2 = TIN_1 - T_0$ , 查找区间为  $(TA_2 + TIN_2, TA_2 + TIN_2 + Tlength)$ , 此时发现查找区间有段时间 ( $TB_1$ ) 被其它呼叫占用, 因此可用区间变为  $(TA_2 + TIN_2 + TB_1, TA_2 + TIN_2 + Tlength)$ ,  $TB$  指的是每个核心节点处可用区间距离  $TIN$  的长度. 此处由于可以预约成功, 故将上面可用区间暂时占为己有.

5) 呼叫到达核心节点 3(CN3)处, 此时  $TIN_3 = TIN_2 - T_0$ , 查找过程同上, 此时可用区间变成  $(TA_3 + TIN_3 + TB_2, TA_3 + TIN_3 + Tlength)$ , 将此区间暂时占为己有.

在 2)~5) 的步骤中, 一旦找不到可用区间, 可

以将呼叫转化到其他波长上查找, 如果仍然找不到, 返回 NAK, 将原来预约的信息删除.

6) LSM 到达目的节点(边缘节点), 发现可用区间为  $(TA_3 + TIN_3 + TB_2, TA_3 + TIN_3 + Tlength)$ , 可以找到自己的数据发送时隙, 选取时隙开始时间  $TA_3 + TIN_3 + TB_2$ , 并将其(此时刻为绝对时间)写进自己的 LSM 中, 然后将 LSM(变成 ACK)沿原路返回, 确定上游节点具体的数据传输时隙. 图中  $TDS_1$  为 LSM 到达目的节点时确定的数据开始时隙距离当前时间的长度.

7) ACK 到达 CN3, 确定本节点的时隙开始时刻, 图中用红色条块表示(CN3 处的时隙开始时刻为在目的节点确定的时隙开始时刻), 并将多预约的时间释放, 同时确定好光开关的开启时间和周期等.

8) ACK 到达 CN2, 确定本节点时隙开始时刻, 同样用红色条块表示(CN2 处的时隙开始时刻为在目的节点确定的时隙开始时刻-TP, 数据是在光域透明传输的, 从图中的对应关系也可以说明这点), 并将多预约的时间释放, 同时确定好光开关的开启时间和周期等. ACK 到达 CN1, 按照类似 8) 的操作处理, 直到返回源节点.

9) 源节点收到 ACK, 证明呼叫建立成功, 计算

出数据开始发送时刻与ACK返回时刻的差值 offset time, 由于核心节点设置好了光开关等参量, 数据在不出现链路故障的情况下可以顺利到达目的节点. 如果源节点收到的是 NAK, 证明呼叫建立失败.

10) 当认为不需要发送信息时, 发送拆除链路信息, 将链路拆除.

由上面的协议描述可以看到每个核心节点均不需同步, 不需缓存, 就可以实现实时业务的统计时分复用.

## 2 VTDM\_RT 近似理论分析

考虑两种典型的实时业务类型, 即连续性实时业务和周期性实时业务. 如图2, 服务类型1代表在

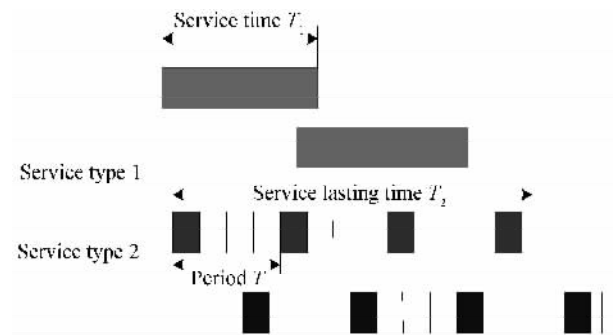


图2 两种不同的服务类型  
Fig. 2 Two different service types

业务的持续时间内, 连续地对该业务进行服务, 与连续性业务对应. 服务类型2代表在业务的持续时间内, 周期地对业务进行服务, 与周期性业务对应. 填充区域代表实际处于服务的时间. 对于服务类型1, 定义业务加载强度

$$\rho_1 = \lambda / \mu$$

式中  $\mu = 1/T_1$ , ( $\mu$  是服务速率,  $T_1$  是服务时间),  $\lambda$  是每个波长上的业务到达率. 假如设有  $w$  个波长, 采用全波长转换器, 容易得到这种业务的呼损率符合 Erlang B 公式

$$P_{\text{Blocking1}} = B(A, n) = \frac{(\rho_1 \cdot w)^w / w!}{\sum_{i=0}^w (\rho_1 \cdot w)^i / i!} \quad (1)$$

对于服务类型2, 定义业务加载强度

$$\rho_2 = \frac{\lambda}{u} \times \frac{1}{m} = \frac{\lambda}{u \times m} = \frac{\lambda}{u_2}$$

式中  $\mu = 1/T_2$ ,  $\lambda$  是每个波长上业务到达率,  $m$  是每个周期包含的时隙数. 设实时业务发送速率是  $R$ , 核心节点处理速率是  $G$ , 那么  $m = G/R$ . 由于周期性到达的数据会对下一个呼叫的到达产生影响, 简单的按照 Erlang B 公式是不合理的, 精确分析这种业务的呼损是一个非常困难的过程, 因此采用等效业务强度的方法近似分析: 一方面服务速率最大可以达到  $u_2 = m \times u$ , 对应的情况是一个周期时间内所有的时隙都被不同的呼叫占用. 根据服务类型2的负载

公式, 得出的等效业务强度最小 (分母  $u_2$  最大)

$$\rho_{\text{equivalent\_min}} = \rho_2$$

另一方面, 服务速率最小为  $u_2 = m \times u/2$ , 对应的情况是一个周期内只有一半的时隙被不同的呼叫占用. 根据服务类型2的负载公式, 相应的等效业务强度最大, 即:  $\rho_{\text{equivalent\_max}} = 2 \times \rho_2$ .

综合上面两种情况可近似认为等效业务强度的均值为最大和最小的均值, 即  $\rho_{\text{equivalent\_average}} = 1.5 \times \rho_2$ , 此时用等效业务强度的方式计算呼损率为

$$P_{\text{loss2}} = B(A, n) = \frac{(\rho_{\text{equivalent\_average}} \cdot w)^w / w!}{\sum_{i=0}^w (\rho_{\text{equivalent\_average}} \cdot w)^i / i!} \quad (2)$$

因此, 根据不同的业务服务类型, 可以根据式(1)、(2)容易的确定 VTDM\_RT 的呼损率.

## 3 计算机仿真

利用 OPNET 仿真平台[10]对 VTDM\_RT 协议的性能进行仿真, 并和 OCS 进行比较. 仿真的基本参量如表1.

表1 OBS网络仿真基本参量

核心节点数	6
边缘节点数	11
光纤链路速率	10 GHz
网络规模(端到端平均长度)	200 km
数据信道数/ $w$	8
控制信道数	1

此外, 所有节点内配置全范围波长转换器(Full-Range Wavelength Converter, FRWC 可以将输入波长转换到结点所用的任意一个波长), 设置网络的平均负载强度 load 变化范围为 0.1~0.8, 间隔为 0.1.

图3给出了 VTDM\_RT 在不同的时隙情况下呼损率的仿真和理论结果, VTDM\_RT,  $m=4$  指的是一个周期的时隙数为4的 VTDM\_RT 的呼损; VTDM\_RT,  $m=4$ , appr 指的是时隙数为4的 VTDM\_RT 的近似理论呼损. 从图中可以看出, 仿真曲线和近似的理论分析曲线是比较吻合的 ( $m=4$ ), 随着时隙的增加, VTDM\_RT 的呼损下降, 并且等效业务强度也下降, 等效业务强度的降低意味着 VTDM\_RT 逐渐接近同步网络. 同时也应该注意到, 时隙越多, LSM 记录的信息越多, VTDM\_RT 协议带来的开销也就越大. 图中还与 OCS 进行了比较, 当  $m > 4$  时, VTDM\_RT 的呼损率在整个负载强度变化区间内均优于 OCS, 只是在  $m=4$  的情况下, 当负载强度超过 0.6 时, OCS 的呼损率才与 VTDM\_RT 相当, 但是实际的网络中一个 OCS 连接的速率远小于波长带宽, 也就是说 OCS 连接的负载强度普遍较小, 图中当负载强度低于 0.4 时, VTDM\_RT 的呼损率大大低于 OCS. 可见在 OBS 网络中采用

VTDM\_RT协议较之OCS能高效的传输实时业务.

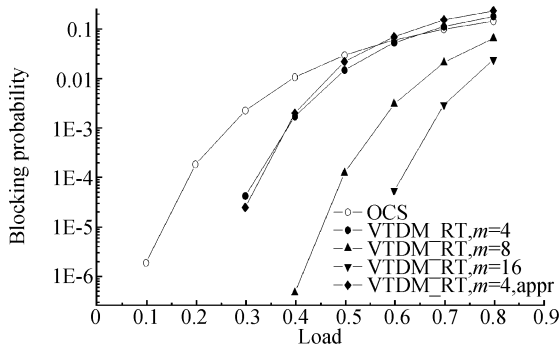


图3 呼损率比较

Fig. 3 Comparison of blocking probabilities

考察采用VTDM\_RT协议的OBS网络时延特性.图4是不同时隙情况下,给定网络的平均边(edge,边缘节点)到边时延.从图中可以看出,当负载强度一定时,边到边时延随着一个周期中时隙数量的增加而增大,但总体而言增加的幅度不大,对实时业务的性能没有影响;另一方面,当时隙数一定时,边到边时延随着负载强度的增大而增大,这部分增长的时延主要是中间节点处理时延的增长,尽管时延有所增加,但增长的程度不足以对实时业务的性能产生影响.图中还给出了OCS的时延曲线,可以看到OCS的时延特性要优于VTDM\_RT,这和OCS机制(严格的全网同步)有关.

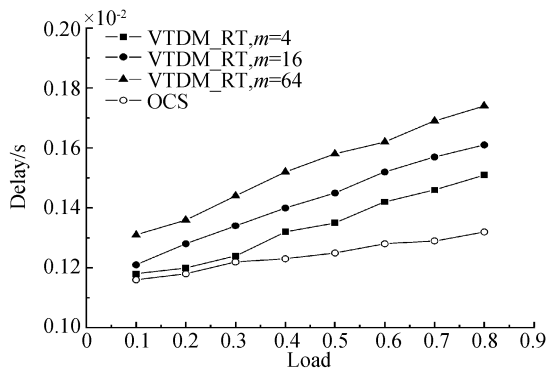


图4 边到边时延比较

Fig. 4 Comparison of edge to edge delay

## 4 结论

本文针对OBS网络不能高效的传输实时业务的问题,提出了VTDM\_RT协议,并在理论上对该

协议进行了分析,最后通过仿真研究了该协议的呼损率和时延特性.仿真结果表明在无须全网同步和缓存的情况下采用该协议可以实现实时业务较低的呼损率,较之OCS提高了带宽利用率,并且边到边时延控制在较低的水平.

### 参考文献

- [1] QIAO C M, YOO M. Optical burst switching (obs)-a new paradigm for an optical internet [J]. *Journal of High Speed Networks*, 1999, **8**(1): 69-84.
- [2] YOO M, QIAO C. Choices, features and issues in optical burst switching [J]. *Optical Networks Magazine*, 2000, **1**(2): 36-44.
- [3] SHENG Ling-zhi, HUANG Fu-wei, LEI Wen, et al. Performance study of real-time traffic in wireless local area network with different kind of stations [J]. *Journal on Communications*, 2006, **27**(4): 678-684.
- [4] LU Xiang, XUE Xiang-yang, WU Li-de. A real time transport protocol of multimedia on internet-rpt [J]. *Computer Engineering*, 1999, **25**(1): 44-46.
- [5] CHLAMTAC I, GANZ A, KARMI G. Lightpath communications: an approach to high-bandwidth optical WANs [J]. *IEEE Transactions on Communications*, 1992, **40**(7): 1171-1182.
- [6] XIN Chun-sheng, QIAO Chun-ming, YE Ying-hua, et al. A hybrid optical switching approach: Global Telecommunications Conference, 2003[C]. 2003, **7**: 3808-3812.
- [7] COUPELEN T, ELBIAZE H, JAUMARD B. Performance comparison of OCS and OBS switching paradigms: Transparent Optical Networks, 2005, Proceedings of 2005 7th International Conference[C]. IEEE, 2005, **1**: 212-215.
- [8] GUO Yan-tao, WEN Ai-jun, LIU Zeng-ji, et al. Analysis of a novel signaling protocol for optical burst switching networks [J]. *Acta Photonica Sinica*, 2007, **36**(7): 1485-1490.
- [9] GUO Hong-tao, WU Gui-ling, ZUO Yu, et al. Edge router design for hybrid optical burst switching and optical circuit switching [J]. *Acta Photonica Sinica*, 2006, **35**(8): 1238-1242.
- [10] Optimized Network Engineering Tool Version: 10. 0A [EB/OL]. [2006-3-21]. <http://www.opnet.com>.

## A Novel Protocol for Effect Transmission of The Real Time Traffic in Optical Burst Switching Networks

YUE Peng, WEN Ai-jun, YI Xiang, ZHANG Zhi-qing

(State Key Lab. of Integrated Service Networks, Xidian Univ., Xi'an 710071, China)

Received date: 2007-12-13

**Abstract:** A protocol called VTDM\_RT is proposed for OBS networks to support low rate real time traffic. No fixed-position time slot is defined for the channel. The real time service request will search for free positions of the channel and occupy the channel periodically, the core switch has no buffer, and will forward the real time traffic periodically. Approximate theoretical analysis and simulation show that the protocol can decrease the blocking probability and data loss rate. The lower the data rate is the lower the blocking probability and the higher the wavelength utilization.

**Key words:** Optical burst switching; Real time traffic; VTDM\_RT



**YUE Peng** was born in 1976. He received the B. S. degree in communication engineering in 1998 and the Ph. D. degree in communication and information systems in 2006, from Xidian University. He is now working at the State Key Laboratory on Integrated Services Networks (ISN) as an instructor. His research interests include optical communication, photonic materials and QoS of Internet.