

一种适用于光突发交换的区分型资源预留机制

刘建平 黄伯虎 刘增基 文爱军

(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 将边缘结点突发汇聚算法与核心结点资源预留机制有机结合, 提出了一种适用于光突发交换的区分型资源预留机制. 引入“突发流”的概念, 在边缘结点采用基于线性预测的突发汇聚算法将输入 IP 分组汇聚为单个突发或突发流; 在核心结点引入“搭载请求”的思想, 对单个突发和突发流采用不同的资源预留方案. 仿真结果表明区分型资源预留机制可以明显改善光突发交换网络的丢失性能.

关键词 光突发交换; 资源预留; 汇聚

中图分类号 TN929.11 **文献标识码** A

0 引言

未来光互联网将是基于 IP over DWDM 框架下的全光网络, 光分组交换 (Optical Packet Switching, 简称 OPS) 将是全光网络的主要交换技术, 但是受到目前光信息处理技术的限制和缺乏简便灵活、可以随机存取的光存储器, OPS 在目前还无法实现. 光突发交换 (Optical Burst Switching, 简称 OBS) 被认为是迈向未来 OPS 的重要一步^[1,2].

OBS 最基本的概念是利用一条临时光通路发送一个称之为“突发 (burst)”的数据单元. 临时光通路的建立方式可以分为有确认和无确认两种方式, 分别称为“一步资源预留”和“两步资源预留”. “一步资源预留”方式具有链路利用率高、更适合于突发业务传送的特点. 目前大多数有关 OBS 的研究均采用这种资源预留方式, 典型代表为 JET 和 JIT 方式^[3,4]. 当采用 JET 或 JIT 方式预留资源时, 突发是网络资源预留的基本单位, 每发送一个突发必须请求一次网络资源预留, 当网络业务量较大时, 资源申请次数非常频繁, 再加上突发发送是在未得到网络资源成功预留确认的情况下进行的, 从而在核心结点造成大量的网络资源占用冲突. 如何减少和解决网络资源占用冲突是 OBS 研究面临的一个关键问题. 目前在如何解决这种冲突方面已有大量研究, 比如应用全波长转换器、光延迟线和偏射路由等^[5-8], 但在如何减少冲突方面还未见相关研究报告. 本文在 JET 机制的基础上将边缘结点汇聚算法与核心结点资源预留机制有机结合, 改变资源预留的基本单位, 提出一种区分型资源预留机制 (简称 DRR), 减少网络资源申请次数和冲突次数, 从而使 OBS 网络的丢失性能得到大大改善.

1 传统 OBS 中的资源预留机制

传统 OBS 的资源预留机制按照突发发送时是否收到资源预留确认消息可以分为“一步资源预留”和“两步资源预留”. 不需要收到确认消息的“一步资源预留”机制由于具有链路利用率高、适合传送突发性业务等特点而被普遍采用.

“一步资源预留”机制有多种实现方式, 文献[3]根据资源预留、资源释放的时间和方式将其分为四类: 1) 显式预留, 显式释放; 2) 显式预留, 估计释放; 3) 估计预留, 显式释放; 4) 估计预留, 估计释放. 所谓显式预留是指核心结点在收到控制分组后立即进行资源预留, 估计预留是指核心结点根据控制分组中携带的突发到达信息 (偏置时间) 进行预留. 同理, 显式释放是指核心结点在收到释放资源信令消息后释放资源, 而估计释放是根据控制分组中携带的突发长度信息进行释放. 从资源预留所需的信令消息数量、保持节点资源使用状态的调度器的复杂程度和带宽利用率等几方面来看, 上述几种方式在性能上有所区别, 其中 2) 和 4) 两种方式使用最为广泛, 典型代表为 JIT 方式和 JET 方式.

无论采用哪种实现方式, “一步资源预留”机制进行资源预留的基本单位是单个突发, 每个突发发送完毕必须释放资源, 下一个突发发送时重新申请资源. 这样的资源申请方式类似为 ALOHA 方式 (不同之处在与每次总会有一个申请成功), 当网络负载较重时申请成功率较低, 核心结点资源冲突比较严重. 为了减小资源冲突次数, 降低丢失率, 本文提出一种新的资源预留机制, 称之为“区分型资源预留机制”, 简称“DRR 机制”.

2 区分型资源预留机制

DRR 机制将边缘结点的突发汇聚算法与核心

结点的资源预留机制有机结合,针对不同形式的突发采用不同的资源预留方式.与传统 OBS 资源预留机制相比,DRR 机制不同之处在于:第一,在边缘结点,引入“突发流”的概念,将资源预留的基本单位改变为单个突发或突发流,所谓突发流是指满足一定突发长度要求的连续发送的多个突发.为此采用一种基于线性预测的突发汇聚算法;同时引入“搭载请求”的概念,即控制分组除了为与自身相对应的突发申请资源外,还携带有是否为下一个突发继续保留资源的信息.第二,在核心结点针对单个突发和突发流采用不同的资源预留方式,即区分型资源预留方式,为突发(流)预留网络资源.

2.1 基于线性预测的突发汇聚算法

边缘结点的重要功能是按照一定的突发汇聚算法将输入 IP 分组汇聚成突发,并产生与之相应的控制分组.为了支持“突发流”和“搭载请求”,DRR 机制采用基于线性预测的突发汇聚算法,并且重新定义了控制分组的格式.

2.1.1 线性预测

突发流形成的先决条件是当前一个突发汇聚完成时能够预先知道下一个突发的长度,本文采用业务量预测方式来预测下一个突发的长度,从而形成突发流.在选择预测方法时综合考虑预测时间间隔、预测误差和预测计算成本等因素.对于网络数据业务,基于最小均方误差(LMS)的线性预测方法被认为是一种简便而有效的方法^[9].

基于LMS的线性预测方法基本原理^[10];若 $L_d(k)$ 为第 K 个突发长度,则第 $K+1$ 个突发的长度可以由前 M 个突发长度通过下式来预测

$$L_d(k+1) = \sum_{i=1}^M h(i) L_d(k-i+1) \quad (1)$$

式中: M 为预测器的阶数, $h(i)$, $i \in \{1, \dots, M\}$ 为预测器系数,每完成一次预测,利用下式对预测器系数更新一次

$$(h)^{k+1} = (h)^k + \mu \cdot e(k) \cdot (L_d)^k / \|(L_d)^k\|^2 \quad (2)$$

式中: $(L_d)^k = [L_d(k), \dots, L_d(k-M+1)]$, $e(k) = L_d(k) - \hat{L}_d(k)$ 为第 k 次预测误差, μ 为调节系数.

2.1.2 控制分组格式

为了能够为突发预留网络资源,控制分组通常必须包含源地址、目的地址、突发传送的起止时间和QoS等必要的控制信息,如图1.在DRR机制下,一个突发可能是单个突发或属于某个突发流,因而控制分组中还应包括一个标志域,用来进行“搭载请求”和标识与之相应的突发是单个突发还是属于某个突发流.定义标志域为1时表示突发属于某个突发流并且进行“搭载请求”,为0时表示单个突发.

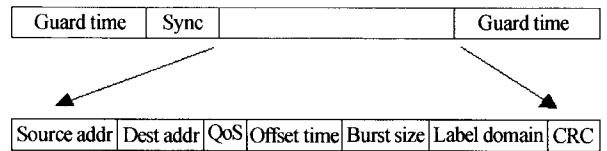


图1 控制分组的格式

Fig. 1 The format of the control packet

2.1.3 汇聚算法描述

OBS中突发汇聚算法可以分为基于时间门限和基于长度门限汇聚算法两大类,DRR机制下的汇聚算法采用基于时间门限的汇聚算法,同时为了能够形成突发流,保证突发流中的突发在传输时首尾相接,需要设定一个汇聚突发长度门限 B_{th} ,并且在算法中增加上述线性预测的功能,整个算法描述如下:

1) 设定汇聚时间门限 T_a 和判决门限 B_{th} .

2) IP分组到达时,按目的地址将其送入相应队列,同时启动定时器.

3) 当汇聚时间达到时间门限 T_a 时,将队列中的分组组装成突发,并产生与之对应的控制分组.

4) 在生成控制分组时,利用线性预测方法预测下一个汇聚周期内可能到达的IP分组长度,若预测长度大于 B_{th} ,则在控制分组中使用“搭载请求”,将标志域置为“1”;否则不使用,将标志域置为“0”.

5) 定时器归零,返回第2步.

2.2 区分型资源预留方式

在DRR机制下,由于存在单个突发和突发流两种突发形式,因而采取不同的资源预留方式.当核心结点收到控制分组时,根据其所携带的标志域信息判定突发类型,若为单个突发,则按突发长度信息预留资源,发送完毕释放资源,整个过程完全与JET方式相同;若为突发流,只确定预留资源的起始时刻,突发传送结束不释放资源,继续传送下一个突发,直到发送完突发流的最后一个突发(标志域为0)后释放资源.

如果出现资源冲突,可以采用部分丢弃或完全丢弃策略^[11],本文采用完全丢弃策略.当发生冲突时,若竞争资源的突发为单个突发,则丢弃整个突发;若为突发流,则按传送次序从前至后丢弃发生冲突的突发,突发流中剩余的突发继续传送.

3 性能仿真与分析

为检验DRR机制的性能,利用Opnet建立了OBS网络仿真模型,对DRR和JET机制下的OBS网络丢失性能进行了比较分析.仿真中采用如图2中的NSFNET网络拓扑结构,每个网络结点具有全波长转换能力,没有配置光缓存,均可同时作为源

结点和宿结点. 其他仿真条件如下:输入 IP 业务源采用由多个 ON/OFF 源叠加而成的自相似业务源^[12];IP 分组长度服从负指数分布,平均长度为 600 byte;目的地址在各输出边缘结点间均匀分配;采用 5 阶线性预测器;偏置时间为固定值(50 μ s);对传统 OBS 采用基于时间的汇聚算法,汇聚时间门限为 60 μ s;每条链路配置 25 个数据波长通道,每个波长的传送速率为 2.5 Gbit/s.

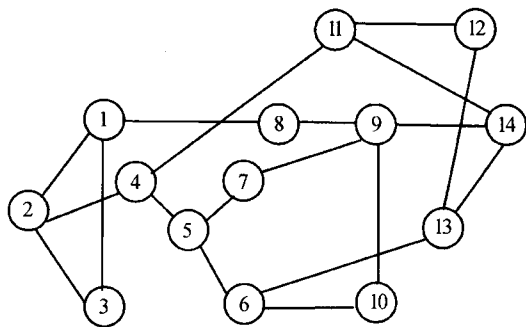


图 2 NSFNET 网络拓扑
Fig. 2 The topology of NSFNET

图 3 为两种机制下(简称 OBS_DRR 和 OBS_JET)的分组丢失率曲线. 可以看出当业务量强度大于 0.4 时, OBS_DRR 的丢失性能优于 OBS_JET,且随着业务量强度的增加优势越明显,当业务量强度大于 0.7 时,两者的丢失率几乎相差一个数量级;当强度小于 0.4 时,两者曲线基本重合. 这是由于业务量大小直接影响网络中突发流的数目,业务量越大,突发流数目越多,突发流数目的增多可以减少资源冲突次数,从而改善网络丢失性能. 另外,图中还绘出了不同突发长度门限 B_{th} 时 OBS_DRR 的丢失性能曲线,可以看出 B_{th} 对丢失性能也有影响,因而必须确定最佳的 B_{th} .

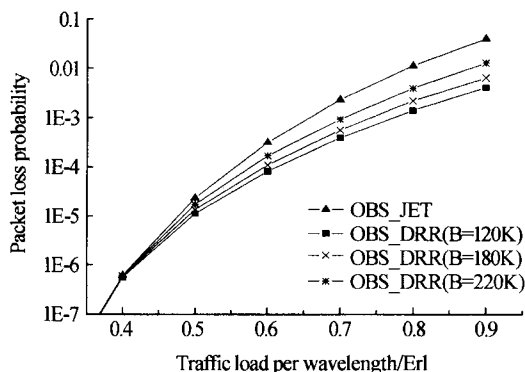


图 3 不同机制下分组丢失性能比较
Fig. 3 Comparison of the packet loss probability under different mechanism

图 4 为 OBS_DRR 的分组丢失率随突发长度门限 B_{th} 的变化情况,可以看出存在一个最佳判决门限区间(大约为 100~150 Kbit),当 B_{th} 属于这个区间时,丢失率较小,而当 B_{th} 小于最佳区间值时,由于长

度较短的突发也有机会形成突发流,造成突发流中各突发间存在传输空隙,这些空隙占用的网络资源未被有效利用,相当于增大了业务量强度,使得丢失率增大. 与此相反,对于 B_{th} 大于最佳区间值的情况,长度较长的突发形成突发流的概率随着 B_{th} 增加而减小,丢失率增大,最终当 B_{th} 大于最大突发长度时,网络中全部为单个突发, OBS_DRR 变为 OBS_JET.

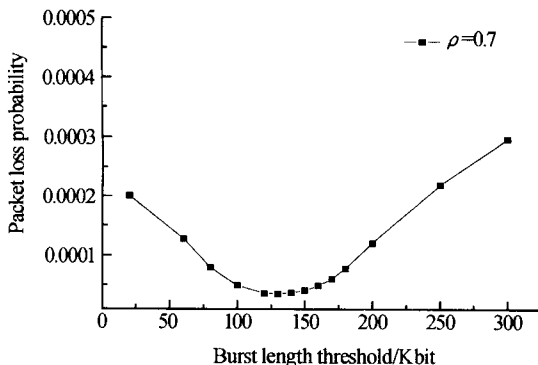


图 4 突发长度门限对丢失率性能的影响
Fig. 4 The impact of burst length threshold on the loss performance

除了 B_{th} 外,线性预测算法的准确度也会影响 OBS_DRR 的丢失性能,影响预测准确度的主要因素为汇聚时间(也是预测长度)、业务量强度等. 图 5 是对线性预测算法精确度的分析,准确度用 $p = (\sum e^2(k) / (\sum L^2(k)))$ 来度量, p 越小预测准确度越高. 从仿真结果看出,同样存在一个最佳汇聚时间区间使得 p 较小(约为 0.06~0.15 ms). 另外,随着业务量强度的增大,预测准确度也逐渐增高.

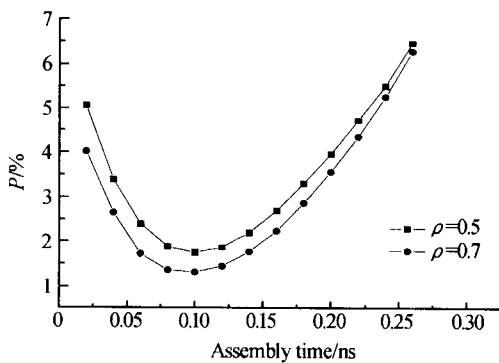


图 5 线性预测算法准确度分析
Fig. 5 The analysis of LPF accuracy

4 结论

将核心结点的资源预留方式与边缘结点的汇聚算法相结合,本文提出的区分型资源预留机制通过改变资源预留基本单位,有效的减小了资源冲突次数,明显改善了 OBS 的丢失性能. 有关 DRR 机制的研究目前还在进行,有待进一步解决的问题包括:

DRR 机制下丢失性能的理论分析,部分丢弃策略的应用及如何支持 QoS 等。

参考文献

- 1 Qiao C, Yoo M. Optical burst switching (OBS)-a new paradigm for an optical internet. *Journal of High Speed Networks*, 1999, **8**(1): 69~84
- 2 Battestilli T, Perros H. An introduction to optical burst switching. *IEEE Optical Communication*, 2003, **41**(8): 10~15
- 3 Baldine I, Rouskas G, Perros H G, et al. JumpStart: a just-in-time signaling architecture for WDM burst-switched networks. *IEEE Communication Magazine*, 2002, **40**(2): 82~89
- 4 Yoo M, Qiao C. Just-Enough-Time (JET): A high speed protocol for bursty traffic in optical networks. IEEE/LEOS Conf. on Technologies for a Global Information Infrastructure Montreal; IEEE, 1997: 26~27
- 5 Gauger C M. Contention resolution in optical burst switching networks, Advanced Infrastructures for Photonic Networks; WG 2 Intermediate Report. Brussels; COST, 2002. 62~82
- 6 刘华, 王建新, 肖石林, 等. 光突发交换的交换控制策略和光缓存配置. 光子学报, 2003, **32**(2): 129~132
- 7 Liu H, Wang J X, Xiao S L, et al. *Acta Photonica Sinica*, 2003, **32**(2): 129~132
- 7 张民, 张帆, 王建, 等. 有优先权的光突发交换中光缓存的性能分析. 光子学报, 2002, **31**(10): 1190~1195
- 8 Zhang M, Zhang F, Wang J, et al. *Acta Photonica Sinica*, 2002, **31**(10): 1190~1195
- 8 张治中, 雒江涛, 曾庆济, 等. 光突发交换中支持区分业务的混合封装和改进的头部丢弃策略. 光子学报, 2004, **33**(10): 1200~1203
- 9 Zhang Z Z, Luo J T, Zeng Q J, et al. *Acta Photonica Sinica*, 2004, **33**(10): 1200~1203
- 9 Liu J X, Ansari N, Ott T. FRR for latency reduction and QoS provisioning in OBS networks. *Journal on Selected Areas in Communications*, 2003, **21**(7): 1210~1219
- 10 丁玉美, 高西全. 数字信号处理. 西安: 西安电子科技大学出版社, 2002. 72~76
- 11 Ding M, Gao X Q. Digital Signal Processing. Xi'an: Xidian University Press, 2002. 72~76
- 11 Rosberg Z, Vu H L, Zukerman M. Burst segmentation benefit in optical switching. *IEEE Communications Letters*, 2003, **7**(3): 127~129
- 12 Taquu M S, Willinger W, Sherman R. Proof of a fundamental result in self-similar traffic. *Computer Communication Review*, 1997, **27**(2): 5~23

A Differentiated Resource Reservation Mechanism for Optical Burst Switching

Liu Jianping, Huang Bohu, Liu Zengji, Wen Aijun

National Key Lab. of Integrated Service Networks, Xidian Univ., Xi'an 710071

Received date: 2004-12-24

Abstract A differentiated resource reservation (DRR) mechanism for optical burst switching (OBS), in which the burst assembly algorithm is combined with the resource reservation scheme, is proposed. Introducing the idea of "burst flow" and "piggyback request" respectively, a linear prediction-based assembly algorithm is used in the edge node to create a burst or burst flow, and different resource reservation manner are presented for per burst and burst flow in the core node. Simulation results show that the packet loss performance of OBS can be significantly improved.

Keywords Optical burst switching; Resource reservation; Assembly



Liu Jianping was born in 1970. He received the B. S. degree in optical communication from PLA Communication Engineering College in 1992 and the M. S. degree in communication and information system from Xidian University in 2001 respectively. Currently, he is pursuing his Ph. D in Xidian University. His researches mainly focus on optical burst switching and optical network.