

# 一种动态带宽资源预留分配链路接入控制算法\*

郭小雪<sup>1</sup>, 秦勇<sup>2,3</sup>

- (1. 广东石油化工学院 理学院, 广东 茂名 525000;  
2. 华南理工大学 计算机科学与工程学院, 广东 广州 510641;  
3. 广东石油化工学院 教育信息技术中心, 广东 茂名 525000)

**摘要:** 传统的基于带宽请求的固定资源预留链路接入控制算法(BRLAC)不能适应网络状态和业务需求的变化, 针对该类算法接入成功率和系统带宽利用率不高的问题, 基于概率分析了系统预留带宽的大小, 并提出一种动态带宽资源预留分配链路接入控制算法(DBRRA), 该算法通过判断业务流优先级允许动态地从其他业务流调整预留带宽。仿真实验证明, DBRRA 算法有较高的接入成功率、系统带宽利用率和较好的时延特性。

**关键词:** 预留策略; 到达概率; 优先级; 可用带宽; 时延; 系统负载

中图分类号: TP393.02

文献标识码: A

文章编号: 1674-7720(2012)19-0057-04

## A link access control algorithm based on dynamic bandwidth resource reservation allocation

Guo Xiaoxue<sup>1</sup>, Qin Yong<sup>2,3</sup>

- (1. College of Science, Guangdong University of Petrochemical Technology, Maoming 525000, China;  
2. Department of Computer Science & Engineering, South China University of Technology, Guangzhou 510641, China;  
3. Education Information and Technology Center, Guangdong University of Petrochemical Technology, Maoming 525000, China)

**Abstract:** The traditional static resource reservation link access control algorithm based on bandwidth request can not adapt to the network state and business requirements, aiming at problems of low access success rate and low utilization ratio of bandwidth resource, the paper analyses the probability of bandwidth reservation, and proposes a link access control algorithm based on dynamic bandwidth resource reservation allocation. The algorithm allows adjusting bandwidth from other low level business traffic dynamically by judging the priority of business traffic. The experimental results demonstrate that the algorithm can improve the link access success proportion, system bandwidth utilization and have better delay character.

**Key words:** reservation strategy; reach probability; priority level; available bandwidth; delay; system load

在宽带接入网和多媒体业务不断发展的环境下, 各种各样的流媒体业务应用在接入网中占用了越来越大比例的带宽, 网络的业务模型也发生了变化, 并且流媒体业务对服务质量(QoS)要求相对较严格<sup>[1]</sup>。如何适应各种各样的流媒体业务的服务质量要求并提供高效的资源利用率是宽带接入网中的资源调度算法所面临的新挑战<sup>[2]</sup>。

保证应用业务流性能的前提是为其分配足够的带宽资源。因此, 资源预留是在 Internet 中提供服务质量

重要机制之一。在数据传输前, 系统首先检查是否有足够的带宽资源满足业务流的服务质量要求, 并做出是否允许进入网络的决定, 这是接入控制。

由于宽带接入网的带宽总容量是有限的, 当带宽容量已处于饱和状态时, 新发起的业务流连接将无法得到服务质量保证, 因此, 系统必须采取有效的接入控制策略, 使得各类业务的 QoS 在获得保证的同时, 尽可能为更多的用户提供服务。接入控制过程是根据系统的实际可用带宽容量和业务优先级决定是否接受新到达的业务流连接请求, 从而控制系统中通信连接的数量, 使系

\* 基金项目: 广东高校优秀青年创新人才培育项目(LYM08080); 茂名市科技计划项目(20101034, 20091022)

统的负载在一个比较稳定的水平<sup>[3]</sup>。

## 1 相关研究

目前部分宽带链路接入系统采用的是基于带宽请求的固定资源预留链路接入控制算法<sup>[4]</sup>,该类算法首先计算系统的剩余可用带宽,若新的链路接入请求带宽小于或等于系统的剩余可用带宽,则允许该链路接入,否则就拒绝该链路接入。该类算法实现简单、运算高效,在用户数量少、带宽充足的网络环境下能起到一定的效果。但是,随着网络规模的扩大,该类算法不能随系统状态和新到达业务需求变化而变化,导致用户链路接入成功率降低,而且系统总带宽利用率不高,浪费了宝贵的带宽资源,因此目前主要的研究方向为动态的资源预留算法<sup>[5]</sup>。

参考文献[6]提出的算法是根据业务流的特点动态预留资源,在该算法中,实时性要求较高的业务被优先进行处理,优先级低的非实时业务则被尽力而为服务进行处理,该算法考虑了业务的优先级,提高了系统容量。参考文献[7]提出了一个 QoS 自适应的资源预留机制,考虑了多媒体业务 QoS 需求的动态适应性。当系统可用资源不足时,将最低优先级和最不可能使用的预留资源释放出来,增大系统的可用资源。参考文献[8]提出一种面向多媒体业务的动态分组预留机制,该方法对接入链路的到达进行估计,根据到达时刻落在不同的时间段内,将用户链路分成不同的组,资源面向不同的组进行预留,提高了资源预留成功的概率。

本文提出了一种动态带宽资源概率预留链路接入控制算法(DBRRA),该算法基于概率为系统中不同接入点上的不同业务预留带宽,并且根据带宽预留接入控制算法为新到达的业务流提供接入和 QoS 保证。通过对比基于带宽请求的固定资源预留链路接入控制算法(BRLAC),实验证明本文算法有较高的接入成功率、系统带宽利用率和较好的时延特性。

## 2 算法分析与设计

多链路宽带接入网络支持语音、数据和视频等业务,接入点支持的业务具有多样性和随机性,并且每一种业务流的发送速率也是随时间随机变化的,因此,本文采用基于概率来设计带宽资源预留接入控制方法。

带宽的分配是针对每一个接入点内不同业务的带宽请求,根据当前系统的带宽资源使用情况和各种业务的 QoS 需求,将为该接入点分配的总带宽授予这个接入点,接入点收到带宽授权后,依据当前各个业务的 QoS 需求,在接入点内部再次进行带宽分配。因此,从执行带宽预留的中心调度系统侧来看,应该以接入点为单位进行带宽预留分配。

### 2.1 基于概率的带宽预留分析

设整个宽带接入系统内共有  $i$  个接入点  $AP_i$  ( $i=1, 2, \dots, m$ ),  $\phi_i$  为接入点  $i$  的权重系数,并且满足:

$$\sum_{i=1}^m \phi_i = 1 \quad (1)$$

设系统支持  $j$  种业务类型 ( $j=1, 2, \dots, n$ ),  $\omega_j$  为业务  $j$  的权重系数,并且假设各业务的权重系数满足:  $\omega_1 \geq \omega_2 \geq \dots \geq \omega_n$ , 即高优先级业务的权重系数大于低优先级业务的权重系数。

设  $P_i^{\text{res}}$  为系统为接入  $i$  点预留带宽的概率,由于本文提出的动态带宽预留链路接入控制方法允许在某一时刻可以为系统内不同接入点进行带宽预留,因此,对于  $P_i^{\text{res}}$  应该满足:

$$\sum_{i=1}^m P_i^{\text{res}} \leq 1 \quad (2)$$

设  $P_{i,j}^{\text{res}}$  是系统为接入点  $i$  上的第  $j$  类业务预留带宽的概率,  $P_{i,j,s}^{\text{in}}$  为  $s$  个第  $j$  类业务流进入接入点  $i$  的概率,  $S_{i,j}$  为最大化  $P_{i,j,s}^{\text{in}}$  进入接入点  $i$  的第  $j$  类业务流的个数,因此可利用式(3)计算  $P_{i,j}^{\text{res}}$ :

$$P_{i,j}^{\text{res}} = P_{i,j,s}^{\text{in}} \times S_{i,j} \quad (3)$$

对于为接入点  $i$  预留带宽的概率,它等于接入点  $i$  上各类业务预留带宽概率的总和,而且还要考虑接入点  $i$  在系统内的权重系数,因此,系统为接入点  $i$  预留带宽的概率  $P_i^{\text{res}}$  可以表达如下:

$$P_i^{\text{res}} = \phi_i \sum_{j=1}^n P_{i,j}^{\text{res}} \quad (4)$$

设  $B_{\text{system}}^{\text{res}}$  为系统的总可用带宽,  $B_i^{\text{res}}$  为接入点预留的带宽,  $B_{i,j}^{\text{res}}$ 、 $B_{i,j}^{\text{req}}$ 、 $B_{i,j}^{\text{all}}$  分别为接入点  $i$  上  $j$  类业务的请求带宽、预留带宽和实际分配带宽。那么,对于接入点  $i$  需要预留带宽的大小  $B_i^{\text{res}}$ , 等于系统的可用带宽和接入点  $i$  预留概率的乘积,也等于接入点  $i$  上各类业务预留的带宽的总和,因此可以得到:

$$\begin{cases} B_{i,j}^{\text{res}} = B_{\text{system}}^{\text{res}} \times P_{i,j}^{\text{res}} \\ B_i^{\text{res}} = B_{\text{system}}^{\text{res}} \times P_i^{\text{res}} = \sum_{j=1}^n B_{i,j}^{\text{res}} = B_{\text{system}}^{\text{res}} \times \sum_{j=1}^n P_{i,j}^{\text{res}} \end{cases} \quad (5)$$

### 2.2 基于带宽预留的接入控制算法设计

本文提出的 DBRRA 算法的思想是:系统首先通过概率计算接入点上为业务流预留的带宽,当业务流到达接入点并请求带宽时,系统对比业务流的请求带宽和预留带宽,若请求带宽小于预留带宽,则接受业务流;若请求带宽大于预留带宽,则暂时不接受业务流,转到判断业务流和其他业务流的优先级。计算其他比业务流优先级低的业务是否有空闲预留带宽,若有,则从低优先级的业务借用空闲预留带宽,若借用后能够满足业务流的请求带宽,则接受业务流,否则拒绝接入。算法具体步骤如下:

Initialize Reservation Probability  $P_{i,j}^{\text{res}}$  and Bandwidth  $B_{i,j}^{\text{res}}$  of All Traffic;

```

traffic j arrive at APi;
if ( $B_{i,j}^{req} \leq B_{i,j}^{res}$ ) //如果业务 j 的请求带宽小于预留带宽
{
    accept traffic j; //接受业务流
    bandwidth allocation for traffic j;
     $B_{i,j}^{res} = B_{i,j}^{res} - B_{i,j}^{req}$ ;
}
else
{
    for ( $k=1; k \leq n; k++$ )
    {
        if ( $\omega_j \geq \omega_k$ ) //判断业务优先级
        {
             $B_{i,j}^{res} = B_{i,j}^{res} + (B_{i,k}^{req} - B_{i,k}^{all})$ ; //调整业务流 j 的预留带宽
        }
        if ( $B_{i,j}^{req} \geq B_{i,j}^{res}$ )
        {
            accept traffic j; //接受业务流
            bandwidth allocation for traffic j;
             $B_{i,j}^{res} = B_{i,j}^{res} - B_{i,j}^{req}$ ;
            break; //退出循环
        }
        drop traffic j; //拒绝业务流
    }
}

```

### 3 仿真实验及结果分析

#### 3.1 仿真实验环境及对指标设计

为了评估 DBRRA 算法的性能指标, 本文基于 OPNET Modeler 建立仿真模型, 仿真实验环境中包括 50 个接入点, 每个接入点连接的链路的固定时延为 2 ms, 最大传输速率为 100 Mb/s, 系统的总可分配带宽为 100 Mb, 产生的流量包含 3 种不同优先级的业务流, 并且假设每个链路业务流接入到达接入点的时刻、请求带宽都是服从平均分布的随机变量。评估的主要方法是将 DBRRA 算法与基于带宽请求的固定资源预留链路接入控制算法(BRLAC)进行比较, 主要对轻负载情况下和重负载环境中的以下 3 个方面的性能指标进行比较:

(1) 新业务流接入成功率。该指标表示新发起的业务流请求接入成功数与业务流请求接入总数的比率。

(2) 系统带宽资源利用率。该指标表示网络中各种业务流使用的带宽资源综合与系统所能提供的总的可用带宽资源之比。

(3) 时延。即链路端到端数据传输的时延监测。

#### 3.2 仿真实验结果分析

图 1 和图 2 表示在不同负载情况下的接入成功率比较。由图 1 可以看出, 在业务流请求数比较低, 大约少于 100 时, 由于业务流请求数少且系统的可用剩余带宽较充足, 因此, 在轻负载情况下 DBRRA 算法与 BRLAC

算法的接入成功率较为接近, 两者相差约 3%。由图 2 可以看出, 随着业务流请求数不断增大到 1 000, 系统的剩余可用带宽不断减少, 由于 BRLAC 算法部分较大带宽资源请求的业务流无法得到全部保证带宽, 导致无法接入, 接入成功率下降较快, 而本文 DBRRA 算法对每个接入点的不同业务进行了带宽资源预留, 并且允许从其他空闲业务流动态调整带宽分配, 使得较多的业务流仍然可以接入, 成功率相对 BRLAC 算法有较好的性能提高。

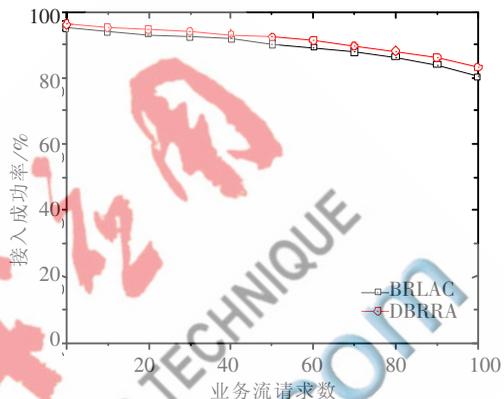


图 1 轻负载情况下接入成功率比较

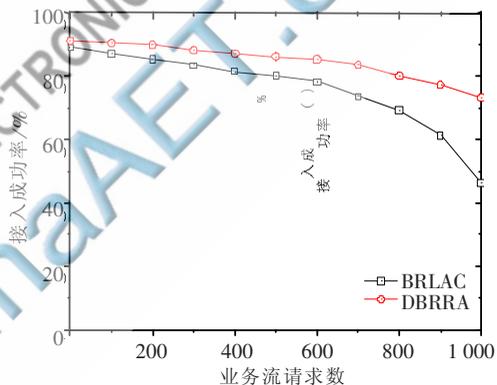


图 2 重负载情况下接入成功率比较

图 3 和图 4 表示在不同负载情况下系统总带宽利用率的比较。由图 3 可以看出, 在轻负载情况下, 由于系统剩余可用带宽比较多, 大部分业务流的带宽能得到满足, 随着业务流接入数的增加, DBRRA 算法与 BRLAC 算法的平均系统带宽利用率基本呈线性增长关系, DBRRA 算法比 BRLAC 算法的平均系统带宽利用率大约只高 2%。图 4 表示在重负载情况下, 由于业务流到达时刻、离开时刻和请求带宽大小不同的随机性, BRLAC 算法不能满足部分有较大带宽请求的业务流而拒绝该业务流接入, 同时, 由于某些业务流服务完毕释放带宽, 因此导致系统的剩余可用带宽较多, 平均系统带宽利用率最高只能维持在 83% 左右; DBRRA 算法由于保持较高的接入成功率, 并且为链路预留的带宽可以重新分配给新接入的高优先级的业务流, 系统总带宽利用率可以达到约 96%, 在重负载情况下比 BRLAC 算法提高约 10% 的性能。

图 5 和图 6 分别表示在轻负载和重负载情况下系统中数据包的传输时延对比。由图 5 可以看出, 轻负载

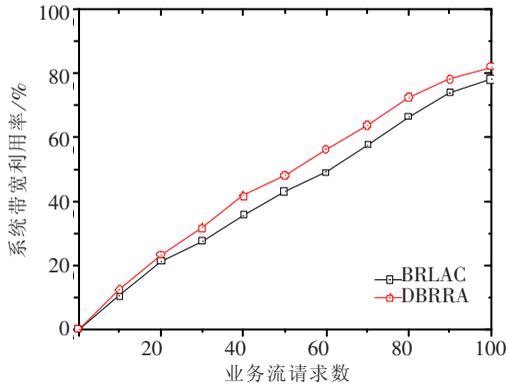


图3 轻负载情况下系统带宽利用率比较

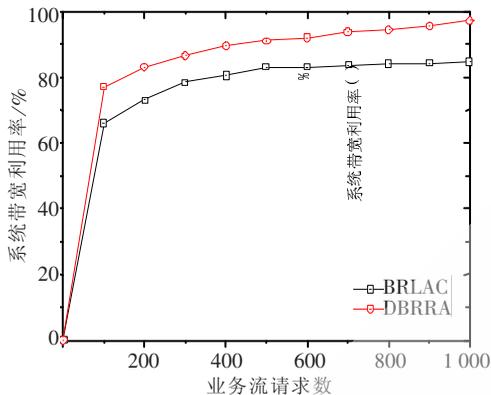


图4 重负载情况下系统带宽利用率比较

情况下由于系统剩余带宽较多, DBRRA 算法与 BRLAC 算法控制的业务流处于非拥塞状态, 相邻数据包的在缓冲区中的排队等待时间基本相同, 系统处理时延随着业务流的数量增加稍为增大, 数据包的端到端时延呈平稳趋势, 总体上 DBRRA 算法与 BRLAC 算法在轻负载情况下时延性能相差不大。图 6 表示随着业务流的不断增加, 在重负载情况下, 系统处于拥塞阶段, 链路不断有数据包排队, 队列不断加大, 数据包的端到端时延也同时加大, 由于 BRLAC 算法不区分不同优先级的业务流, 随着高优先级业务流带宽请求的变化, 部分高优先级的业务流无法得到服务质量保证, 平均时延比 DBRRA 算法上升得快。

宽带接入网多媒体业务应用的日益丰富需要合理利用网络资源, 并在网络中进行有效的接入控制机制才能消除网络拥塞和保证业务的服务质量。本文针对宽带接入

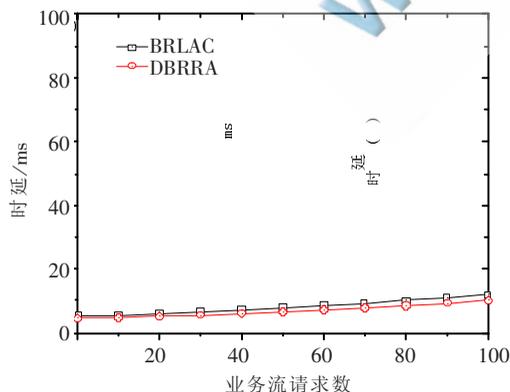


图5 轻负载情况下时延比较

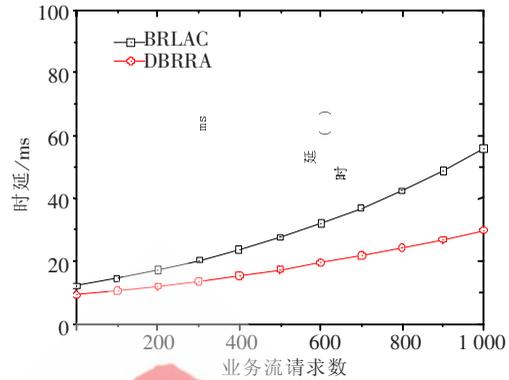


图6 重负载情况下时延比较

网中不同的业务流提出了基于概率预留的带宽分配机制, 并设计了相应的业务流接入控制算法。该算法可以根据业务优先级从其他比其优先级低的业务调用空闲预留带宽, 改善了系统带宽资源利用率。未来的研究工作主要在本文的基础上基于时延限制进行带宽分配调度研究。

#### 参考文献

- [1] 林闯, 李寅, 万剑雄. 计算机网络服务质量优化方法研究综述[J]. 计算机学报, 2011, 34(1): 1-14.
- [2] 马宏伟, 葛敬国, 秦松, 等. 基于速率测量的资源预留速率调整机制[J]. 计算机工程, 2010, 36(13): 242-244.
- [3] 伍仁勇, 朱光喜. 无线网络一种新的基于实测的呼叫接入控制算法 [J]. 小型微型计算机系统, 2007, 28(4): 615-618.
- [4] 戴新发, 徐火生, 陈鹏, 等. 基于分布策略的微移动资源预留方案[J]. 计算机工程, 2008, 34(15): 114-116.
- [5] ALI S H, LEE K D, LEUNG V C M. Dynamic resource allocation in OFDMA wireless metropolitan area networks[J]. IEEE Wireless Communications, 2007, 14(1): 6-13.
- [6] Huang Lei, KUMAR S, KUO C C J. Adaptive resource allocation for multimedia QoS management in wireless networks [J]. IEEE Transactions on Vehicular Technology, 2004, 53(2): 547-558.
- [7] Wang Ming, KUO G S. A QoS-adaptive resource reservation scheme for MPEG4-based services in wireless networks [C]. Proceedings of 2005 IEEE International Conference on Communications (ICC 2005), 2005(5): 3261-3265.
- [8] KOWN T, CHO D H. Quasi-dedicated access scheme for uplink real time services in future wireless communication systems [C]. Proceedings of IEEE Vehicular Technology Conference, 2005: 3117-3121.

(收稿日期: 2012-04-15)

#### 作者简介:

郭小雪, 女, 1979年生, 硕士, 副教授, 主要研究方向: 计算机网络系统算法。

秦勇, 男, 1970年生, 博士, 教授, 主要研究方向: 网络并行分布式处理技术与应用。