

## 基于缓存的语音/数据呼叫无线接入控制算法

刘亚伟 荆涛 卢燕飞 冯玉珉

(北京交通大学电子信息工程学院多媒体实验室 北京 100044)

**摘要** 该文提出了一种新的无线网络中语音/数据的呼叫接入控制算法(DTQ-VBR 算法), 设置资源预留的双重门限及呼叫缓存, 兼顾数据业务的 VBR 特性, 动态改变其服务带宽, 并利用三维马氏链对其进行性能分析。大量的仿真实验表明, 与 DTR-Q、DTBR 算法相比, 该文算法的平均信道利用率、呼叫强拆率及阻塞率等性能具有明显的提高。

**关键词** 无线多媒体网络, 呼叫接入控制, 呼叫缓存, 可变速率, 阻塞率

中图分类号: TN919.3

文献标识码: A

文章编号: 1009-5896(2006)09-1654-05

## A Novel Voice / Data Call Admission Control Algorithm Based on Call Buffer in Wireless Networks

Liu Ya-wei Jing Tao Lu Yan-fei Feng Yu-min

(Multimedia Lab., Institute of Electronic Information Engineering, Beijing Jiaotong University, Beijing 100044, China)

**Abstract** A novel voice / data call admission control algorithm based on call buffer in wireless networks is presented in this paper, which is characterized by dual thresholds with queuing for Variable Bit-Rate Data Traffic call (DTQ-VBR). The algorithm gives attention to the VBR character of data traffic and can adapt its service bandwidth through different settings of the thresholds and the call buffer size. Theoretical performance analysis is made by using three dimensions Markovian chain, and it is also shown that compared with DTR-Q and DTBR algorithm, the performances of the presented algorithm such as average channel utility, call dropping probability and block probability can be improved significantly according to a number of simulations.

**Key words** Wireless multimedia networks, Call admission control, Call buffer, Variable Bit-Rate(VBR), Block probability

### 1 引言

无线环境下接入多媒体业务已成为一种趋势, 如何高效利用有限的无线信道资源的同时, 又能保证多媒体业务的 QoS, 其呼叫接入控制策略起着重要作用。如文献[1]中就该问题阐述了 3 种资源分配方案: 完全共享 CS(Complete Sharing)、完全隔离 CP(Complete Partitioning)及两者的混合方案, CS 策略仅能提供单一的 QoS 保证, 例如不能区分对待切换呼叫与新发起的呼叫, 但以此为代价换取了较大的信道吞吐量, 正与此相反, CP 策略能够通过分区来保证不同业务的 QoS 需求, 但降低了信道吞吐量。文献[2]将文献[3]中边界可变的控制方案扩展为动态隔离(Dynamic partition)方案, 取得了满意的切换呼叫强拆率指标, 但切换强拆率与新呼叫的阻塞率同时具有严格的 QoS 需求时, 文献[4]中的 DBTR 算法性能较佳。文献[5,6]提出了一种基于 GC(Guarded Channel)策略的双门限预留算法, 能够提供语音及数据不同的服务保证, 而且信道也能得到较为充分的利用。

本文提出了一种新的无线网络中接入语音/数据的呼叫控制算法(DTQ-VBR 算法), 该算法基于共享信道的方式设置

双重门限, 并且能够对速率可变的数据呼叫进行缓存, 在保证切换语音呼叫强拆率满足一定 QoS 要求的前提下, 本文算法考虑了数据业务的 VBR 特性, 动态改变其服务带宽, 使信道资源能够得到充分的利用, 同时设置了呼叫缓存, 在信道资源紧张的情况下, 用排队的方式代替对数据呼叫简单的丢弃, 进一步降低其被阻塞的机率。仿真实验表明, 与文献[4]中的 DBTR 算法、文献[6]中的 DTR-Q 算法相比, 本文算法在呼叫强拆率、阻塞率及平均信道利用率等方面的性能均有明显的优势。本文在算法描述与性能分析之后, 结合仿真结果, 分析了各参数对算法性能的不同影响, 并给出了结论。

### 2 算法描述

#### 2.1 呼叫接入控制算法

无线网络中, 不同类型的多媒体业务大致上分为实时、非实时两种, 它们对服务带宽、时延、阻塞率等 QoS 指标的要求不尽相同。针对无线多媒体网络, 呼叫控制的目标具体地讲就是, 在各种网络负荷条件下, 保证新呼叫的阻塞率或切换呼叫的强拆率低于某个门限, 同时信道资源的平均利用率维持在较高的水平上。本文提出的新的呼叫接入控制算法主要考虑的是无线多媒体网络, 不失一般性, 假定网络是同质的, 即网络中各小区的呼叫到达率、用户移动性等参数都

是相同的，为了便于进行性能分析，业务类型选择实时语音、非实时的数据业务来进行阐述。

本文的呼叫接入控制算法基于信道共享的思想，如图 1 所示。每个小区中总的信道数为  $C$ ，两个门限  $K_1, K_2 (K_1 > K_2)$  将所有的信道分为 3 个部分，区分对待实时语音、非实时的数据业务，并建立了一个 FIFO 队列，用以缓存尚未得到服务的数据呼叫。由于语音呼叫对时延及抖动的敏感性，因此本文算法在其呼叫持续期间内为每个语音呼叫分配固定数量的带宽(假定为 1 个信道)；数据业务可以容忍时延及抖动，但对丢包较为敏感，数据丢失能够通过上层协议的分组重传功能来弥补，于是本文假定数据呼叫的服务带宽，可以根据信道的占用情况在一定的范围  $[B_{min}, B_{max}]$  内变动。

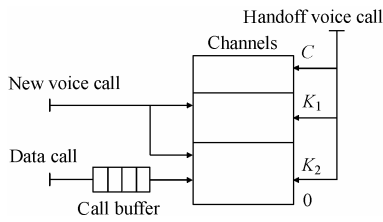


图 1 DTQ-VBR 算法示意图  
Fig.1 Illustration of DTR-VBR algorithm

由于非实时数据业务允许其 QoS 在一定程度上降低，故对其切换呼叫和新呼叫不再加以区分。假定当前系统中有  $i$  个语音， $j$  个数据呼叫，则本文的接入控制算法描述如下：

- (1) 当一个切换语音呼叫到达时，若  $(i+1)+jB_{min} \leq C$ ，则接入该呼叫；否则阻塞之；
- (2) 当一个新发起的语音呼叫到达，若  $(i+1)+jB_{min} \leq K_1$ ，则接入该呼叫；否则阻塞之；
- (3) 当一个数据呼叫(切换的或新发起的)到达时，若  $i+(j+1)B_{min} \leq K_2$ ，则接入该呼叫；若不允接入而此时呼叫对列未滿，则将该呼叫放入队尾缓存而不是丢弃；若呼叫对列已滿，才阻塞之；

当呼叫(语音或数据)完成后，释放它占用的信道，则系统中其他的数据呼叫可以公平地共享空闲出来的信道资源，直到达到其服务速率的最大值  $B_{max}$ 。从上述的方案可以看出，切换语音呼叫具有最高的优先级，可以占用所有的信道资源  $C$ ；次之的是新语音呼叫，在被占用的信道数不超过  $K_1$  时，允许接入该类型呼叫，而数据呼叫的优先级最低， $K_2$  个信道是语音、数据共享区，也仅在该区域中允许接入数据呼叫，但其服务速率是可变的，一旦有信道空余，就以大于  $B_{min}$  的带宽对其进行服务，从而保证了资源的有效利用。

## 2.2 算法的性能分析

本文算法作以下假设：

- (1) 假定切换或新到达的呼叫均服从泊松分布，每个小区具有相同的语音、数据呼叫的到达率和切换率，分别为  $\lambda_{vn}, \lambda_{vh}, \lambda_{dn}, \lambda_{dh}$ ，语音  $\lambda_v = \lambda_{vn} + \lambda_{vh}$ ，数据  $\lambda_d = \lambda_{dn} + \lambda_{dh}$ ，其中  $\lambda_{vh} = \text{cof} \cdot \lambda_v$ ，

系数  $\text{cof}$  体现了小区中用户的移动性；

- (2) 呼叫持续时间服从指数分布，均值：语音  $1/\mu_{vh}$ ，数据  $1/\mu_{dh}$ ；而且，用户在小区中的滞留时间也服从指数分布，均值：语音  $1/\mu_{vr}$ ，数据  $1/\mu_{dr}$ ；于是推导可知，语音或数据呼叫占用信道的的时间同样服从指数分布，均值分别为：语音  $1/\mu_v = 1/(\mu_{vh} + \mu_{vr})$ ，数据  $1/\mu_d = 1/(\mu_{dh} + \mu_{dr})$ ；

- (3) 呼叫强度：语音  $\rho_v = \lambda_v / \mu_v$ ，数据  $\rho_d = \lambda_d / \mu_d$ ；

表 1 DTQ-VBR 算法中所用的主要参数及其定义

Tab.1 Parameters used in DTR-VBR algorithm

参数	定义	符号	定义
$C$	小区中总的信道数	$\lambda_{vn}$	新语音呼叫的到达率
$K_1$	新语音呼叫的允许接入门限	$\lambda_{vh}$	切换语音呼叫的到达率
$K_2$	数据呼叫的允许接入门限	$\lambda_d$	数据呼叫的到达率
$L_{max}$	数据呼叫缓存的最大长度	$\mu_v$	语音呼叫的服务率
$B_{min}$	数据呼叫的最小服务带宽	$1/\mu_{dh}$	数据呼叫平均持续时间
$B_{max}$	数据呼叫的最大服务带宽	$1/\mu_{dr}$	数据呼叫平均滞留时间
$K$	$K = \lfloor K_2 / B_{min} \rfloor$	$M$	$M = \lfloor K_2 / B_{max} \rfloor, \lfloor \cdot \rfloor$ 为下取整

本文 DTQ-VBR 方案能够建模为一个三维马氏链，设系统中有  $i$  个语音呼叫， $j$  个数据呼叫，呼叫缓存的队列中有  $k$  个数据呼叫在等待服务， $P_{i,j,k}$  表示系统在状态  $(i, j, k)$  时的稳态概率。定义辅助函数如下：

$$I_v(i, j, k) = \begin{cases} 1, & (i+1) + jB_{min} \leq K_1 \\ 0, & \text{其他} \end{cases} \quad (1)$$

与系统状态相关的语音、数据呼叫到达率及服务率分别为

$$\lambda_{ijk}^V = \begin{cases} \lambda_{vh} + \lambda_{vn} \cdot I_v(i, j, k), & (i+1) + jB_{min} \leq C \\ 0, & \text{其他} \end{cases} \quad (2)$$

$$\lambda_{ijk}^D = \begin{cases} \lambda_d, & 0 \leq k \leq L_{max} - 1 \\ 0, & \text{其他} \end{cases} \quad (3)$$

$$\mu_{ijk}^V = \mu_v \quad (4)$$

由于数据业务的服务速率可变，其真正的瞬时离开率与该呼叫的实际服务带宽成正比，当分配给数据呼叫的带宽为  $B_{max}$ ，离开率为  $\mu_{dh}$ ，而当系统处于状态  $(i, j, k)$  时，数据呼叫实际得到的服务带宽为  $\min \{B_{max}, K_2 / j, (C-i) / j\}$ ， $(1 \leq i \leq C, 1 \leq j \leq K)$ ；同时，数据呼叫的平均滞留时间却不随服务速率的变化而变化，于是，数据呼叫的服务率表示为

$$\mu_{ijk}^D = \mu_{dr} + \mu_{dh} \cdot \frac{\min \{B_{max}, K_2 / j, (C-i) / j\}}{B_{max}} \quad (5)$$

根据上节中算法的描述，系统的平衡方程建立如下。

- (1) 若  $0 \leq i+(j+1)B_{min} \leq K_2$ ，且  $k=0$ ，则

$$(\lambda_{i,j,0}^V + \lambda_{i,j,0}^D + i\mu_{i,j,0}^V + j\mu_{i,j,0}^D)P_{i,j,0} = (i+1)\mu_{i+1,j,0}^V P_{i+1,j,0} + (j+1)\mu_{i,j+1,0}^D P_{i,j+1,0} + \lambda_{i-1,j,0}^V P_{i-1,j,0} + \lambda_{i,j-1,0}^D P_{i,j-1,0} \quad (6)$$

- (2) 若  $B_{min} > 1$ ，且  $K_2 - B_{min} < i+jB_{min} < K_2$ ，且  $k=0$ ，

则

$$\begin{aligned} (\lambda_{i,j,0}^V + \lambda_{i,j,0}^D + i\mu_{i,j,0}^V + j\mu_{i,j,0}^D)P_{i,j,0} &= (i+1)\mu_{i+1,j,0}^V P_{i+1,j,0} \\ &+ (j+1)\mu_{i,j+1,0}^D P_{i,j+1,0} + j\mu_{i,j,1}^D P_{i,j,1} + \lambda_{i-1,j,0}^V P_{i-1,j,0} \\ &+ \lambda_{i,j-1,0}^D P_{i,j-1,0} \end{aligned} \quad (7)$$

(3)若  $B_{\min} > 1$ , 且  $K_2 - B_{\min} < i + jB_{\min} < K_2$ , 且  $k > 0$ , 则

$$\begin{aligned} (\lambda_{i,j,k}^V + \lambda_{i,j,k}^D + i\mu_{i,j,k}^V + j\mu_{i,j,k}^D)P_{i,j,k} &= (i+1)\mu_{i+1,j,k}^V P_{i+1,j,k} \\ &+ (j+1)\mu_{i,j+1,k}^D P_{i,j+1,k} + j\mu_{i,j,k+1}^D P_{i,j,k+1} \\ &+ \lambda_{i-1,j,k}^V P_{i-1,j,k} + \lambda_{i,j,k-1}^D P_{i,j,k-1} \end{aligned} \quad (8)$$

式中  $\lambda_{i-1,j,k}^V P_{i-1,j,k}$  项, 当且仅当  $i + jB_{\min} > K_2 - B_{\min} + 1$  时, 才存在;

(4)若  $i + jB_{\min} = K_2$ , 且  $k = 0$ , 则

$$\begin{aligned} (\lambda_{i,j,0}^V + \lambda_{i,j,0}^D + i\mu_{i,j,0}^V + j\mu_{i,j,0}^D)P_{i,j,0} &= (i+1)\mu_{i+1,j,0}^V P_{i+1,j,0} \\ &+ (j+1)\mu_{i,j+1,0}^D P_{i,j+1,0} + j\mu_{i,j,1}^D P_{i,j,1} + \lambda_{i-1,j,0}^V P_{i-1,j,0} \\ &+ \lambda_{i,j-1,0}^D P_{i,j-1,0} + (i+1)\mu_{i+1,j-1,1}^V P_{i+1,j-1,1} \end{aligned} \quad (9)$$

(5)若  $i + jB_{\min} = K_2$ , 且  $k > 0$ , 则

$$\begin{aligned} (\lambda_{i,j,k}^V + \lambda_{i,j,k}^D + i\mu_{i,j,k}^V + j\mu_{i,j,k}^D)P_{i,j,k} &= (i+1)\mu_{i+1,j,k}^V P_{i+1,j,k} \\ &+ (j+1)\mu_{i,j+1,k}^D P_{i,j+1,k} + j\mu_{i,j,k+1}^D P_{i,j,k+1} + \lambda_{i-1,j,k}^V P_{i-1,j,k} \\ &+ \lambda_{i,j,k-1}^D P_{i,j,k-1} + (i+1)\mu_{i+1,j-1,k+1}^V P_{i+1,j-1,k+1} \end{aligned} \quad (10)$$

式中  $\lambda_{i-1,j,k}^V P_{i-1,j,k}$  项, 当且仅当  $B_{\min} > 1$  时, 才存在;

(6)若  $K_2 < i + jB_{\min} < K_1$ , 则

$$\begin{aligned} (\lambda_{i,j,k}^V + \lambda_{i,j,k}^D + i\mu_{i,j,k}^V + j\mu_{i,j,k}^D)P_{i,j,k} &= (i+1)\mu_{i+1,j,k}^V P_{i+1,j,k} \\ &+ (j+1)\mu_{i,j+1,k}^D P_{i,j+1,k} + \lambda_{i-1,j,k}^V P_{i-1,j,k} + \lambda_{i,j,k-1}^D P_{i,j,k-1} \end{aligned} \quad (11)$$

(7)若  $K_1 \leq i + jB_{\min} \leq C$ , 则

$$\begin{aligned} (\lambda_{i,j,k}^V + \lambda_{i,j,k}^D + i\mu_{i,j,k}^V + j\mu_{i,j,k}^D)P_{i,j,k} &= (i+1)\mu_{i+1,j,k}^V P_{i+1,j,k} \\ &+ (j+1)\mu_{i,j+1,k}^D P_{i,j+1,k} + \lambda_{i-1,j,k}^V P_{i-1,j,k} + \lambda_{i,j,k-1}^D P_{i,j,k-1} \end{aligned} \quad (12)$$

对于该三维马氏链而言, 并不是每个状态都有意义, 如状态  $(i=C, j \neq 0, k)$ , 由于语音呼叫已经占用了所有的信道资源, 所以此时, 系统中具有  $j(j \neq 0)$  个数据呼叫的状态是没有意义的, 即  $P_{i,j,k} = 0$ 。另外, 对于其余存在的状态, 可能是非稳定的滑过态, 例如, 若状态  $(i, j > 0, k > 0)$  满足  $i + (j+1)B_{\min} \leq K_2$ , 这意味着允许再接入一个数据呼叫, 而此时呼叫缓存中恰有  $k(k > 0)$  个数据呼叫正在排队, 于是系统将以概率 1 滑动到另一状态  $(i, j+1, k-1)$ , 也就是说, 状态  $(i, j, k)$  是一个滑过态<sup>[7]</sup>, 其稳态概率为 0。故状态  $(i, j, k)$  不是滑过态, 则必须满足  $i + (j+1)B_{\min} > K_2$ , 才具有稳态概率  $P_{i,j,k} (P_{i,j,k} \neq 0)$ 。

前述的平衡方程加上归一化条件  $\sum_i \sum_j \sum_k P_{i,j,k} = 1$ , 可以得到系统的稳态分布。  $j$  个数据呼叫的服务带宽介于  $[B_{\min}, B_{\max}]$  之间, 但其可占用的信道数  $\leq K_2$ , 则系统处于状态  $(i,$

$j, k)$  时, 信道的占用情况为

$$S(i, j, k) = \begin{cases} \min\{C, i + jB_{\max}\}, & 0 \leq i \leq C, \quad 0 \leq j \leq M \\ \min\{C, i + K_2\}, & 0 \leq i \leq C, \quad M \leq j \leq K \end{cases} \quad (13)$$

系统的性能指标定义如下:

$$P_{vd} = \sum_{i=0}^C \sum_{j=0}^K \sum_{k=0}^{L_{\max}} P_{i,j,k} \quad (14)$$

$(i+1) + jB_{\min} > C$

新语音呼叫阻塞率:

$$P_{vb} = \sum_{i=0}^C \sum_{j=0}^K \sum_{k=0}^{L_{\max}} P_{i,j,k} = \sum_{i=0}^C \sum_{j=0}^K \sum_{k=0}^{L_{\max}} P_{i,j,k} \cdot [1 - I_v(i, j, k)] \quad (15)$$

$(i+1) + jB_{\min} > K_1$

$$P_{db} = \sum_{i=0}^C \sum_{j=0}^K \sum_{k=L_{\max}}^{L_{\max}} P_{i,j,k} \quad (16)$$

$i + (j+1)B_{\min} > K_2$

$$\eta = \frac{1}{C} \sum_{i=0}^C \sum_{j=0}^K \sum_{k=0}^{L_{\max}} S(i, j, k) \cdot P_{i,j,k} \quad (17)$$

$$\bar{Q} = \sum_{i=0}^C \sum_{j=0}^K \sum_{k=0}^{L_{\max}} k \cdot P_{i,j,k} \quad (18)$$

$i + (j+1)B_{\min} > K_2$

利益函数:  $F_{\text{award}} = -(\alpha_1 \cdot \log_{10} P_{vb} + \alpha_2 \cdot \log_{10} P_{db}) + \eta$  (19)

上式中,  $\alpha_1 + \alpha_2 = 1$ 。利益函数的表达式中, 并没有考虑切换语音呼叫的强拆率, 而是将  $P_{vd}$  单独作一个较为重要的指标, 并认为  $P_{vd}$  低于某个门限  $P_{QoS}$  时才达到了 QoS 的要求。

### 3 仿真结果与性能分析

本节对 DTQ-VBR 算法进行仿真, 与文献[4]中的 DBTR 算法、文献[6]中的 DTR-Q 算法的性能进行比较。仿真中的部分参数取值如下: 小区中总的信道数  $C = 30$ , 用户移动性参数  $\text{cof} = 0.2$  或  $0.4$ , 分别对应于低、高移动性, 语音呼叫服务率  $\mu_v = 0.0083/\text{s}$  (相应于平均持续时间为 2min), 数据呼叫平均服务率  $\mu_d = 0.001/\text{s}$ , 其中,  $\mu_{dr} = 0.0002/\text{s}$ ,  $\mu_{dh} = 0.0008/\text{s}$ , 出于对切换呼叫用户接受程度的优先考虑, 假定切换语音呼叫的目标强拆率为  $P_{QoS} = 10^{-3}$ , 以下计算过程中, 语音、数据呼叫强度分别为  $\rho_v = 5 \sim 17$ ,  $\rho_d = 11 \sim 23$ , 而考察的性能指标为: 切换语音呼叫强拆率  $P_{vd}$ , 新语音呼叫阻塞率  $P_{vb}$ , 数据呼叫阻塞率  $P_{db}$ , 信道平均利用率及利益函数  $F_{\text{award}}$ 。

#### 3.1 DTQ-VBR, DTBR 及 DTR-Q 算法性能的比较

图 2~图 4 是本文算法与文献[4]中的 DBTR、文献[6]中的 DTR-Q 算法在相同门限 ( $K_1 = 28, K_2 = 23$ ) 下性能的比较, 其中  $B_{\min} = 1, B_{\max} = 2$ , 数据呼叫到达率  $\lambda_d = 0.011/\text{s}$ 。以图 2 为例, 本文算法比 DBTR, DTR-Q 算法在相同门限及其它参数条件下,  $P_{vd}$  概率要低得多; DTR-Q 也对数据呼叫进行缓存, 但为其分配固定数量 ( $B = B_{\min}$ ) 的带宽, 与之不同的是, 本文算法假设数据业务是“弹性”的, 视信道占用情况, 其服务带

宽在  $[B_{\min}, B_{\max}]$  之间可变, 因此服务速率( $B \geq B_{\min}$ )

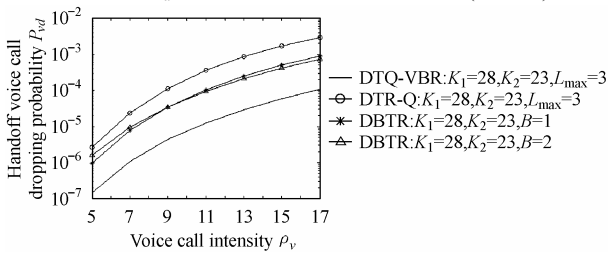


图2 DTQ-VBR, DTR-Q 及 DBTR 算法在  $K_1=28, K_2=23$  时  $P_{vd}$  性能比较

Fig.2 Comparison of  $P_{vd}$  of DTQ-VBR, DTR-Q and DBTR algorithm when  $K_1$  is 28 and  $K_2$  is 23

与DTR-Q算法相比, 本文算法中数据呼叫占用信道的时间短, 意味着有更多的信道会很快结束被占用状态, 而准备为其他呼叫服务, 故  $P_{vd}$  概率就相应地低得多。同理, DBTR算法为数据呼叫分配固定数量的带宽, 也缺乏动态改变服务速率的灵活性, 故本文算法的  $P_{vd}$  性能比DBTR算法优越。

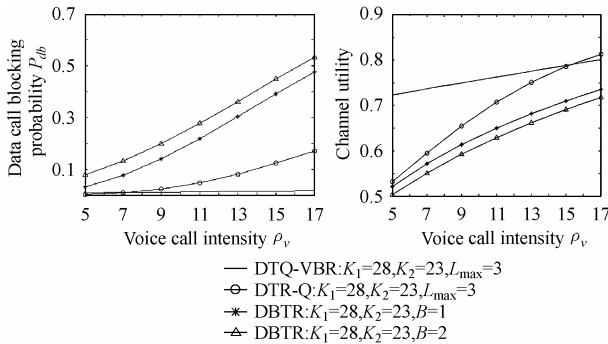


图3 DTQ-VBR, DTR-Q 及 DBTR算法在  $K_1=28, K_2=23$  时  $P_{db}$  性能比较

Fig.3 Comparison of  $P_{db}$  of DTQ-VBR, DTR-Q and DBTR algorithm when  $K_1$  is 28 and  $K_2$  is 23

在图3中, 由于本文采用了呼叫缓存, 在队列溢出之前, 不会立即阻塞新到达的数据呼叫, 与DBTR算法比较,  $P_{db}$  性能明显改观, 即使与采用了缓存策略的DTR-Q算法相比, 本文算法也因兼顾了数据业务的VBR特性, 可以节省更多的信道资源来提供服务, 而使得阻塞概率  $P_{db}$  大幅度降低。此外, 本文算法在  $P_{db}$  性能方面的另一个优越之处在于, 数据呼叫的阻塞率随语音呼叫强度的增大, 变化十分平缓, 而其它两种算法随着到达语音呼叫的增多, 因竞争不到信道资源而被阻塞的数据呼叫数量剧增, 系统的  $P_{db}$  性能会迅速恶化, 接入性能不稳定, 在这一点上, 本文算法的表现是占优的。

考虑到平均信道利用率, 另两种算法的性能容易受到呼叫强度的影响, 当呼叫强度变大或变小时, 其性能优劣变化较为明显, 与之不同的是, 本文DTQ-VBR算法在呼叫强度不断增大过程中, 同样具有性能变化相对平缓的优点, 在图4中的各种参数条件下, 均能取得较高的信道利用率( $>0.7$ ), 原因在于, 本文假定数据呼叫在信道较为空闲时, 可以得到

较为充足的带宽(直到  $B_{\max}$ ), 而在信道资源占用情况紧张时, 又以略高于或等于  $B_{\min}$  的速率接受服务, 以降低阻塞率, 这样在不同的语音呼叫强度条件下,  $K_2$  个信道的数据呼叫接纳区都能够得到充分的利用, 于是平均信道利用率可以维持在一个较高的水平。

### 3.2 DTQ-VBR 与 DTR-Q 算法排队性能的比较

图5是本文算法与文献[6]中DTR-Q的算法在不同语音呼叫强度下  $P_{vd}$  性能的对比较, 其中, 门限( $K_1=28, K_2=23$ ), 数据呼叫到达率  $\lambda_d=0.011/s$ 。由本文算法的排队性能可知,  $P_{vd}$  会随着呼叫强度或缓存对长的增加而变大, DTR-Q算法也具有相同的趋势, 但在呼叫强度级缓存尺寸相同的情况下, 因本文算法的数据业务服务速率灵活可变的特点, 通过其占用带宽一定程度的缩减, 能够接入较多新到达的呼叫, 使得  $P_{vd}$  阻塞概率比DTR-Q算法大幅度降低,  $P_{vb}$  性能与此类似。

图6是本文算法与DTR-Q算法在不同数据呼叫到达率下  $P_{db}$  性能的对比较, 本文算法因考虑到数据业务的VBR特性, 而使其阻塞率进一步降低的优点同样得到了体现, 从图6可以看出, 当越来越多的数据呼叫到达时, 被DTQ-VBR算法阻塞的数据呼叫要少, 故  $P_{db}$  概率要低一些。本文算法在阻塞了一部分数据呼叫的同时, 系统内接受服务的数据业务的带宽均已降至  $B_{\min}$ , 在相同的数据呼叫到达率的条件下, DTQ-VBR算法对  $K_2$  个信道的利用程度要比DTR-Q算法充分得多, 因此, 其平均信道利用率性能较优。

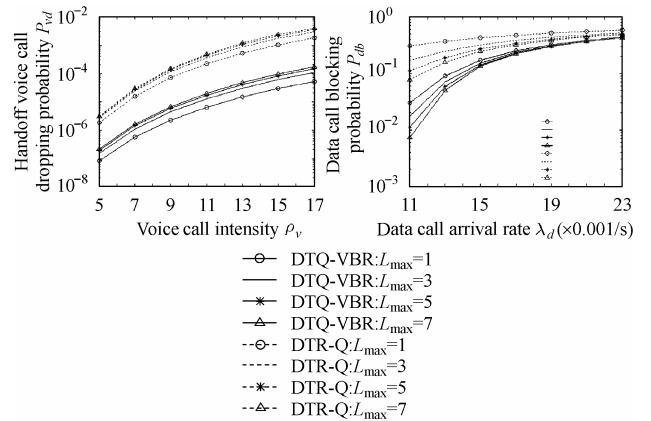


图5 DTQ-VBR 及 DTR-Q 算法在不同的语音呼叫强度下  $P_{vd}$  性能的比较

Fig.5 Comparison of  $P_{vd}$  of DTR-VBR, DTR-Q under different voice call intensities

图6 DTQ-VBR 及 DTR-Q 算法在不同数据呼叫到达率下  $P_{db}$  性能的比较

Fig.6 Comparison of  $P_{db}$  of DTR-VBR, DTR-Q under different data call arrival rates

## 4 结束语

无线环境中多媒体业务的接入是近几年来颇受关注的研究课题之一, 本文提出了一种新的无线网络中接入语音/数据呼叫的控制算法(DTQ-VBR 算法)。设置呼叫缓存, 在信道资源紧张的情况下, 用排队的方式代替对数据呼叫简单的丢弃, 进一步降低其阻塞率; 并以三维马氏链对其进行建模,

分析算法的性能。对算法在不同呼叫强度、缓存长度下的性能加以仿真及阐述。与 DTR-Q, DTBR 算法相比, 本文算法的平均信道利用率、呼叫强拆率及阻塞率等性能具有明显的提高。

### 参 考 文 献

- [1] Epstein B, Schwartz M. Reservation strategies for multimedia traffic in a wireless environment[A]. 1995 IEEE the 45<sup>th</sup> Vehicular Technology Conference[C], Chicago, Illinois, USA, July 1995, Vol.1 : 165-169.
- [2] Li Z L, Li B, Li B, *et al.*. Performance analysis of bandwidth allocations for multi-services mobile wireless cellular networks[A]. 2003 IEEE Wireless Communications and Networking Conference (WCNC 2003)[C], New Orleans, LA, USA, March 2003, Vol.2 : 1072-1077.
- [3] Haung Y R, Lin Y B, Ho J M. Performance analysis for voice/data integration on a finite-buffer mobile system[J]. *IEEE Trans. on Vehicular Technology*, 2000, 49(2) : 367-378.
- [4] Li B, Li Z L, Bo L, *et al.* Call admission control for voice/data integrated cellular networks: performance analysis and comparative study[J]. *IEEE J.on Selected Areas in Communications*, 2004, 22(4) : 706-718.
- [5] Li Y, Li B, Zhang Z S, *et al.*. Performance analysis of a dual-threshold reservation (DTR) scheme for voice/data integrated mobile wireless networks[A]. 2000 IEEE Wireless Communications and Networking Conference (WCNC 2000)[C], Chicago, Illinois, USA, Sept. 2003, Vol.1 : 258-262.
- [6] Wu Hailiang, Li Lizhong, Li Bin, *et al.*. On handoff performance for an integrated voice/data cellular system[A]. The 13th IEEE International Symposium on Personal, Indoor and Mobile Radio Communications(PIMRC'2002) [C], Lisbon, Portugal, Sept. 2002, Vol.5 : 2180-2184.
- [7] 柳金甫, 李学伟. 应用随机过程[M]. 北京: 中国铁道出版社, 2000 : 86-87.
- 刘亚伟: 男, 1977 年生, 博士生, 研究方向为 IP 多媒体技术、视频信息处理及其网络应用等.
- 荆 涛: 男, 1969 年生, 博士, 副教授, 研究方向为多媒体通信、通信与信息系统等.
- 卢燕飞: 男, 1971 年生, 硕士, 副教授, 研究方向为多媒体通信、智能网技术等.
- 冯玉珉: 男, 1940 年生, 教授, 博士生导师, 现任中国图像图形学会理事, 研究方向为现代通信理论、IP 多媒体通信、视频信息处理与网络业务等.