

多媒体业务在越区切换中服务质量保证方法的研究¹

黄 倩 陈惠民

(上海大学通信工程系 上海 200072)

摘 要 为了降低多媒体业务在移动环境中的呼叫中断率,提高无线信道的利用率,该文提出了一种动态预留带宽分配机制(DRBA)。该机制对到达的越区切换呼叫按业务类型区别处理,对于高优先级的实时业务,通过在邻近小区内预留带宽的方法降低呼叫中断率;对于非实时业务,当小区内的信道带宽不足以支持新到达的越区切换呼叫时,通过动态地借用实时业务过度预留的带宽,改善非实时业务的呼叫中断率,进一步达到提高无线信道利用率,为不同的业务类型提供公平的服务质量(QoS)的目标。

关键词 移动网络,越区切换,动态带宽分配

中图分类号 TN919.3

1 引 言

越区切换技术是移动通信中的一项关键技术,用于控制和保证用户业务在移动通信中的连续性和可靠性。多媒体无线 CDMA 网络采用软切换机制(soft handoff)实现移动业务在越区切换中的平滑过度^[1,2]。在越区切换机制中,呼叫阻塞概率(CBP, Call Blocking Probability)和呼叫中断概率(CDP, Call Dropping Probability)是衡量一个越区切换机制服务质量(QoS)的两个关键因素^[3]。特别是对于话音、图像等实时业务(RT 业务)而言,频繁的通信中断要比呼叫发起时受到阻塞更为恶劣。为了降低越区切换时的 CDP,文献[4,5]提出了在临近小区内为 RT 业务预留带宽的方法,来降低 RT 业务的 CDP;而对于非实时业务(NRT 业务),则尽可能的利用剩余的带宽资源,不做任何预留。文献[6-8]分别提出了一种基于 CBP 和 CDP 性能反馈的自适应带宽预留机制,在改善 CDP 性能的同时,确保呼叫业务的 CBP 性能不会因为带宽预留而恶化。综合以上这些越区切换的带宽分配机制,都侧重于通过预留带宽的方法来保证 RT 业务的 CDP 性能,而对 NRT 业务,没有提出明确的方法来保证适当的 CDP 和 CBP 指标。

采用上述预留带宽方法的一个问题是,为了降低 CDP,在移动用户最终不会到访的那部分临近小区内也预留了带宽,而且这部分过度预留的带宽(over-booked bandwidth)直到该移动用户的越区切换完成之后,才被释放给其他用户使用。这种带宽分配方法虽然保证了用户业务所要求的 CDP 指标,但也在一定程度上造成了有限的带宽资源的浪费。由于无线信道上有限的带宽资源大部分被 RT 业务占用和预留,分配给 NRT 业务的带宽就相对减少,从而造成 NRT 业务的 CDP 和 CBP 增大,以及无线信道利用率的下降。

针对越区切换机制中的以上问题,本文提出了一种新颖的动态预留带宽分配机制(DRBA, Dynamically Reserved Bandwidth Allocation),应用于承载多媒体业务的无线移动网络。对于 RT 业务中到达的越区呼叫,使用类似于文献[4]的预留带宽方法;对于 NRT 越区呼叫,当小区内的空闲带宽不足时,DRBA 机制动态把原先预留给一个 RT 越区呼叫,而当前正处于空闲状态的带宽,借给等待服务的 NRT 越区呼叫使用。如果预留带宽的 RT 越区呼叫到达,该 DRBA 机制将收回这些被借用的带宽,分配给预留带宽的 RT 越区呼叫使用。本文的最后,我们结合数学模型,采用 OPNET 仿真软件,就呼叫阻塞概率 CBP,呼叫中断概率 CDP 和无线信道的利用率等指标,与文献[4,5]中提出的方法作了性能比较和分析。

¹ 2001-12-17 收到, 2002-08-02 改回

2 DRBA 机制的实现

本文提出的 DRBA 机制, 建立在一个由 7 个相邻小区组成的 CDMA 蜂窝移动系统模型上。假设每个小区内有 N 个带宽单元 (BU)。我们将每个小区内既没有被占用也没有被预约的带宽定义为小区的空闲带宽。假设无线信道上的承载业务按 QoS 分为两类: RT 业务, 如话音业务, 记作 1 类业务; 以及 NRT 业务, 譬如文件传输 (FTP) 业务, 记作 2 类业务。一个简单的分布式呼叫接纳控制 (CAC, Call Admission Control) 机制结合本文提出的 DRBA 机制, 应用于本系统内的每个小区, 过程如下:

(1) 当一个 1 类业务的新呼叫到达时, 如果小区内的空闲带宽大于该新呼叫所要求的带宽 (记 1 类业务要求的带宽为 B_1 , $B_1 = 1 \cdot BU$), 这个 1 类业务新呼叫就被接入该小区, 相反, 该呼叫被阻塞。(2) 如果一个 2 类业务的新呼叫到达, 我们采用类似于 (1) 的控制方法, 区别是, 2 类业务要求的带宽为 B_2 , $B_2 = 2 \cdot BU$ 。(3) 对于被接入小区的 1 类业务呼叫, DRBA 机制将在该用户最可能到访的小区内为其预留所需的带宽 B_1 ; 对于被接入小区的 2 类业务呼叫, 因为非实时业务可以接受较大的时间延迟, 所以不为其进行带宽预留。(4) 对于 1 类业务呼叫, 本文采用的带宽预留方法类似于文献 [4] 中描述的 “movement and bandwidth-based reservation model”。假设每个用户的运动模型可以通过移动用户或网络估计出来^[4], 每个移动用户移动进入其邻近小区 m 的到访概率记为 $P_m (m = 1, 2, \dots, 6)$ 。不同之处在于, 本文的 DRBA 方法中还定义了一个到访概率门限, 记作 $P_v (0 < P_v \leq 1)$ 。对于 1 类业务呼叫, DRBA 机制只在到访概率 $P_m \geq P_v$ 的邻近小区内预留其所需的带宽 B_1 ; 对于其余的邻近小区, 由于到访概率低于预设的门限, $P_m < P_v$, 所以不预留带宽。事实上, 当一个呼叫发生越区切换后, 在其所有预留带宽的小区中, 最终只有一个小小区内的预留带宽被使用, 其余小区内的预留带宽直到发起下一次越区切换时才被释放。本文将这部分被预留却未被使用的带宽称为过预留带宽。(5) 如果一个 2 类业务的越区呼叫到达, 一旦目标小区内有足够的带宽, 足以支持这类呼叫的所要求的最小带宽 $B_{2\min}$, 该呼叫即被允许接入; 否则, 小区内的 CAC 机制将检查当前小区内是否有过预留带宽, 如果有, 那么这个 2 类业务越区呼叫通过借用一部分的过预留带宽接入该小区。(6) 我们将 1 类业务的越区呼叫分为两类: 预留带宽的和未预留带宽的。当一个预留带宽的 1 类业务越区呼叫到达时, 原先预留的带宽将被用于接入该目标小区; 如果其预留的带宽正被另一个 2 类业务呼叫借用, DRBA 将收回这部分预留带宽, 分配给 1 类业务越区呼叫使用, 同时为那个借用带宽的 2 类业务呼叫重新分配带宽。如果一个未预留带宽的 1 类业务越区呼叫到达, CAC 机制首先检查目标小区的空闲带宽是否足以支持该呼叫接入; 如果空闲带宽不够, CAC 机制将检查当前小区内正在通信的 2 类业务用户的数目; 如果有一个以上的 2 类业务用户存在, 这个未预留带宽的 1 类业务越区呼叫就从现有的一个那里借用其所要求的带宽 B_1 , 同时, 为这个 2 类业务用户重新分配带宽。采用这种动态带宽分配机制, 通过短时期内牺牲 2 类业务的吞吐量, 来改善 1 类业务, 也就是改善实时业务在越区切换中的 QoS。

3 性能分析

对于一般的呼叫业务 (设其类型为 i), 通常采用 Poisson 分布来描述业务的呼叫到达率 (设其均值为 λ_i), 用指数分布表示呼叫的持续时间^[9,10] (设均值为 $1/\mu_i$)。根据文献 [10] 的分析结果, 越区切换业务可以用一个 “单区的 Poisson 到达模型” 来表示, 即越区切换呼叫的到达服从均值为 λ_{h_i} 的 Poisson 分布, 而一个呼叫在各个小区内的驻留时间服从均值为 h_i 指数分布。同时, 我们将小区内的带宽资源 (W) 对设定的带宽单元 (BU) 作归一化, 得到小区内的带宽单

元数 $N = W/BU$ 。每个呼叫对带宽单元的占用时间等于 $\min\{\text{呼叫的持续时间, 呼叫在小区内的逗留时间}\}$ (\min 为最小函数)。这样一个 Poisson 到达、指数服务时间、 N 个服务单元的系统, 等效于一个 M/M/s 排队系统, 这里 $s = N$ 。

为了便于分析, 我们假设系统中的业务类型数为 2。设 1 类业务所需的带宽单元数为 1BU, 2 类业务所需的带宽单元数为 $r \cdot BU$ (r 为正整数)。

在下文中, 我们通过建立一个二维的 Markov 模型对上述 M/M/s 系统进行性能分析。令 $S = (s_1, s_2)$ 表示该二维 Markov 模型的状态变量, 对应的状态数为 0 到 s , 且 S 表示当前小区内 s_1 个 1 类业务和 s_2 个 2 类业务的状态; 令 $S' = (s'_1, s'_2)$ 表示当前状态变量 S 的前一时刻状态变量。该二维模型发生状态转移的条件如下:

(1) 一个新呼叫到达该小区时, 相应业务类型的呼叫数增加 1。对 1 类业务而言, 其状态转移方程为 $s_1 = s'_1 + 1$, $s_2 = s'_2$, 转移概率为 λ_1 ; 2 类业务的状态转移方程为 $s_1 = s'_1$, $s_2 = s'_2 + 1$, 转移概率为 λ_2 。

(2) 一个呼叫结束, 相应业务类型的呼叫数减去 1。对 1 类业务而言, 其状态转移方程为 $s_1 = s'_1 - 1$, $s_2 = s'_2$, 转移概率为 $\mu_1 \cdot s'_1$; 对于 2 类业务, 状态转移方程为 $s_1 = s'_1$, $s_2 = s'_2 - 1$, 转移概率为 $\mu_2 \cdot s'_2$ 。

(3) 一个呼叫离开当前小区进入新的服务区, 当前小区内相应业务的呼叫数减去 1, 不同于呼叫结束, 呼叫发生越区切换时, 状态变量依越区切换概率转移。对 1 类业务而言, 其状态转移方程为 $s_1 = s'_1 - 1$, $s_2 = s'_2$, 转移概率为 s'_1/h_1 ; 对于 2 类业务, 状态转移方程为 $s_1 = s'_1$, $s_2 = s'_2 - 1$, 转移概率为 s'_2/h_2 。

(4) 一个越区切换呼叫到达当前小区, 当前小区内相应业务的呼叫数增加 1。同时, 状态变量发生变化。1 类业务的状态转移方程为 $s_1 = s'_1 + 1$, $s_2 = s'_2$, 转移概率为 λ_{h_1} ; 对于 2 类业务, 其状态转移方程为 $s_1 = s'_1$, $s_2 = s'_2 + 1$, 转移概率为 λ_{h_2} 。

(5) 一个 1 类业务的越区切换呼叫到达, 而其所预留的带宽正被一个 2 类业务呼叫借用, 该越区呼叫将取回对预留带宽的使用权, 系统的状态转移方程为 $s_1 = s'_1 + 1$, $s_2 = s'_2 - 1$, 转移概率为 λ_{h_1} 。

根据状态转移条件 (1) ~ (5) 以及 DRBA 机制的原理, 我们可以得到二维 Markov 模型的状态转移概率矩阵 T ; T 是一个 $(S + 1) \times (S + 1)$ 的矩阵。令 $P(S)$ 表示系统处于状态变量 $S = (s_1, s_2)$ 的概率, $P(0)$ 表示 $S = (0, 0)$ 的概率, $P(1)$ 表示 $S = (1, 0)$ 的概率... , 用向量表示为 $P = (P(0), P(1), \dots, P(S))$; 对这个二维 Markov 模型求解的平衡方程式表示为

$$T \cdot P^t = 0 \quad (1)$$

同时满足

$$\sum_{j=0}^s P(j) = 1 \quad (2)$$

(1) 式中, P^t 表示向量 P 的转置向量。假设到达本小区的越区呼叫业务量和离开本小区的越区呼叫业务量相等^[9], 用迭代算法可以求出 (1) 式的稳态解 P 。

令 N_h 表示小区内为 1 类业务预留的带宽单元数, 根据 DRBA 机制对多业务呼叫请求的控制原理, 对于新产生的 1 类业务呼叫请求, 当小区内的空闲带宽小于 1 类业务所需的带宽单元

数 1BU，即小区内被占用的带宽单元数大于或等于 $(N - N_h)$ 时，呼叫请求被拒绝。由此，1 类业务呼叫的呼叫阻塞概率 CBP 可由下式计算得到，

$$P_{CBP_1} = \sum_{(S_1+r \cdot S_2) \geq N-N_h} P(S_1, S_2) \quad (3)$$

同理，可以得到 2 类业务呼叫阻塞概率的表达式为

$$P_{CBP_2} = \sum_{(S_1+r \cdot S_2) > N-N_h-r} P(S_1, S_2) \quad (4)$$

对于 1 类业务的越区呼叫请求，根据 DRBA 机制的工作原理，只有当目标小区内的全部带宽资源都被占用，且没有一个 2 类业务呼叫借用 1 类业务的预留带宽时，才出现掉话现象。由此，1 类业务在越区切换中的掉话率表示为

$$P_{CDP_1} = \sum_{(S_1+r \cdot S_2) \geq N} P(S_1, S_2) \quad (5)$$

对于 2 类业务的越区呼叫，当目标小区没有可用的空闲带宽资源支持 2 类业务所需的带宽单元数 $r \cdot BU$ ，且所有预留的带宽资源都被占用时，2 类业务的越区呼叫请求被拒绝，相应的掉话率表示为

$$P_{CDP_2} = \sum_{(S_1+r \cdot S_2) > N-r} P(S_1, S_2) \quad (6)$$

4 性能比较

这里，采用 OPNET 工具对本文提出的 DRBA 机制进行分析和仿真，并与文献 [4, 5] 中提出的方法进行了比较。记文献 [4] 中的方法为 Oliv98，文献 [5] 中的方法为 Arms98。假设 1 类业务和 2 类业务两种业务呼叫的到达分别服从平均呼叫到达率为 λ_1 和 λ_2 的 Poisson 分布；呼叫持续时间分别是平均时长为 $1/\mu_1$ 和 $1/\mu_2$ 的指数分布；移动用户在一个小区内的逗留时间假设为平均时长分别是 $1/h_1$ 和 $1/h_2$ 的指数分布。令 BU 的大小为 64kbps，每个小区内的 BU 数目 N 等于 30。

图 1, 图 2 分别给出了以上 3 种方法在越区切换过程中对 1 类业务和 2 类业务的呼叫中断概率 CDP 的影响。在图 1 中，使用 DRBA 和 Arms98 方法的 1 类业务获得的 CDP 明显低于 Oliv98 方法的结果，原因是，在前两种方法中，当小区内的空闲信道不足时，未预留带宽的 1 类业务越区呼叫可以通过借用当前的 2 类业务用户的带宽来接入，从而降低了 1 类业务的 CDP。对于 2 类业务，图 2 显示，即使当系统总的平均呼叫到达率 $(\lambda_1 + \lambda_2)$ 达到相当高的数值时（例如 0.2 呼叫 / 秒），采用本文提出的 DRBA 方法在越区切换中经历的 CDP 仍然远低于方法 Oliv98 和 Arms98。这是因为，通过借用过预留带宽，DRBA 机制可以允许更多的 2 类业务越区呼叫接入系统，同时，两种业务的 CBP 性能仍然能得到保证。

图 3, 图 4 分别给出了 3 种方法对应的 1 类业务和 2 类业务的 CBP 性能。同理，由于 DRBA 和 Arms98 方法中，未预留带宽的 1 类业务越区呼叫可以通过借用当前 2 类业务用户的带宽来接入，因此当这些呼叫结束时，系统可以获得更多的空闲带宽用于接入新的 1 类业务呼叫，所以，这两种方法下 1 类业务的 CBP 略低于 Oliv98 的结果。同时，这种方法使得更多的未预留带宽的 1 类业务越区呼叫接入，并与 2 类业务分享有限的空闲带宽资源，因此，如图 4 所示，采用 DRBA 和 Arms98 方法会使 2 类业务的 CBP 略高于 Oliv98 的数值。

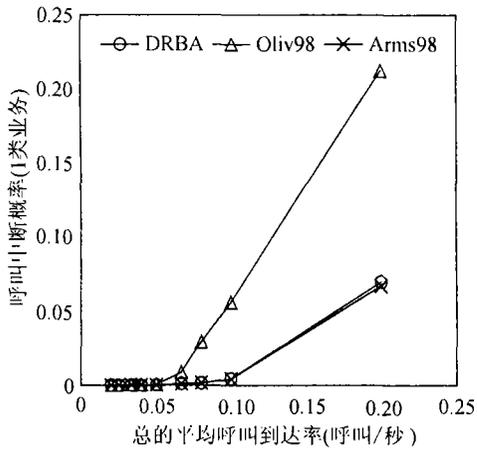


图 1 1 类业务的呼叫中断概率 (CDP)

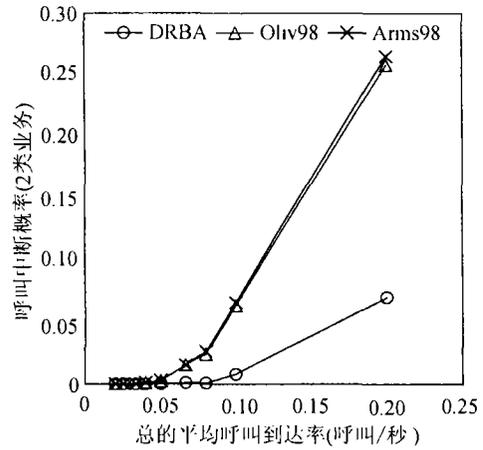


图 2 2 类业务的呼叫中断概率 (CDP)

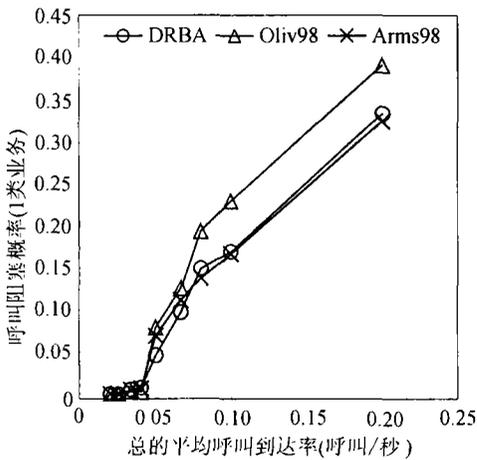


图 3 1 类业务的呼叫阻塞概率 (CBP)

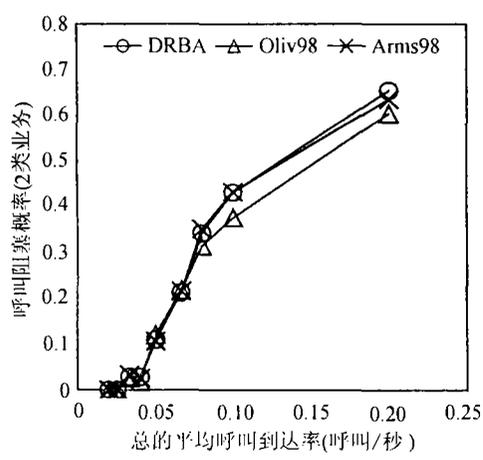


图 4 2 类业务的呼叫阻塞概率 (CBP)

最后, 我们比较了 3 种不同机制作用下, 无线信道带宽的利用率。图 5 表明, 采用 DRBA 机制可以获得更大的带宽利用率。这是因为, 在 Oliv98 和 Arms98 方法中, 由于空闲带宽资源不足而可能被中断的 2 类业务越区呼叫, 在 DRBA 机制, 可以通过借用过预留带宽接入网络, 从而提高了信道带宽的利用率。

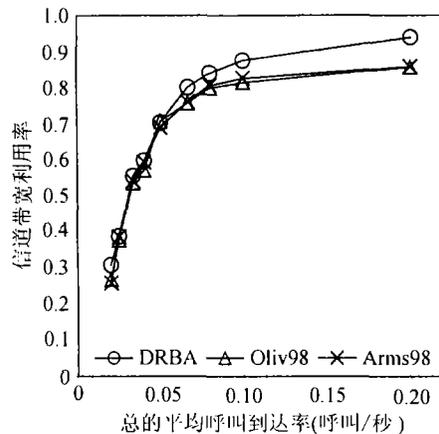


图 5 小区内的信道带宽利用率

5 结 论

本文针对多媒体移动网络中的越区切换机制,提出了一种保证 QoS 的 DRBA 机制,用于改善越区切换中的呼叫中断性能和网络的带宽利用率。当系统业务量增大,网络进入拥塞时,DRBA 机制动态地把原先预留给实时业务而当前空闲的过预留带宽,分配给非实时的越区切换业务使用。系统仿真结果显示,采用 DRBA 机制,可以降低越区切换时的呼叫中断率,同时也提高了无线信道带宽的利用率。

参 考 文 献

- [1] D. Wong, T. J. Lim, Soft handoff in CDMA mobile systems, IEEE Personal Communications Magazine, 1997, 4(10), 6-17.
- [2] A. J. Viterbi, *et al.*, Soft handoff extends CDMA cell coverage and increase reverse link capacity, IEEE J. on Selected Areas in Communications, 1994, 12(8), 1281-1288.
- [3] S. Su, J. Chen, J. Huang, Performance analysis of soft handoff in CDMA cellular networks, IEEE J. on Selected Areas in Communications, 1996, 14(9), 1762-1769.
- [4] C. Oliveira, J. B. Kim, T. Suda, An adaptive bandwidth reservation scheme for high-speed multimedia wireless networks, IEEE J. on Selected Areas in Communications, 1998, 16(6), 858-874.
- [5] A. Armstrong, A. Hac, A new resource allocation scheme for QoS provisioning in microcellular networks, Proceedings, IEEE ICC'98, Atlanta, GA, USA, 1998, 1685-1689.
- [6] L. O. Guerrero, H. Aghvami, A prioritized handoff dynamic channel allocation strategy for PCS, IEEE Trans. on Vehicular Technology, 1999, 48 (4), 1203-1215.
- [7] L. Yin, B. Ai, Z. Zhang, Y. B. Lin, Performance analysis of a Dual-Threshold Reservation (DTR) scheme for voice/data integrated mobile wireless networks, IEEE WCNC 2000, Chicago, IL, USA, 2000, 258-262.
- [8] J. Y. Lee, S. Bank, Cell-oriented adaptive admission control for QoS support in wireless multimedia networks, Electronics Letters, 2000, 36(21), 1826-1828.
- [9] S. S. Rappaport, Blocking, hand-off and traffic performance for cellular communication systems with mixed platforms, IEE Proc.-I, 1993, 140(5), 389-401.
- [10] P. V. Orlik, S. S. Rappaport, On the handoff arrival process in cellular communications, Wireless Networks, 2001, 7(2), 147-157.

STUDYING ON THE QoS GUARANTEED METHOD FOR MULTIMEDIA TRAFFIC HANDOFF

Huang Qian Chen Huimin

(Dept. of Communication Eng., Shanghai University, Shanghai 200072, China)

Abstract A Dynamical Reserved Bandwidth Allocation scheme (DRBA) for handoff in multimedia mobile networks is presented to reduce the call dropping probability and improve the bandwidth utilization. The proposed scheme reserves bandwidth for real-time handoff calls and allows non-real-time handoff calls to borrow the over-booked bandwidth from real-time handoff calls when the free bandwidth is deficient. Simulation results show that reduction in dropping probability and increase in bandwidth utilization are obtained in our proposed DRBA scheme. It also provides fair QoS for different types of services.

Key words Mobile network, Handoff, Dynamical bandwidth allocation

黄倩: 女, 1975年生, 博士生, 目前的研究兴趣是无线IP接入中的QoS问题。

陈惠民: 男, 1946年生, 教授, 博士生导师, 长期从事无线通信领域关键技术的研究。