

改善分组预约多址协议中话音业务性能的一种方法¹

李景峰 程时昕

(东南大学移动通信重点实验室 南京 210096)

摘要 本文在分析分组预约多址 (PRMA) 协议的基础上, 从用户角度和实际通信情况考虑, 提出了基于补偿性参数作为系统的性能参数, 并采用适当加大用户再次竞争信道的允许概率来提高 PRMA 系统中话音业务性能的方法 (VP-PRMA), 从计算机仿真的结果看, 该方法对提高 PRMA 系统中话音业务的性能确有帮助。

关键词 分组预约多址协议, 多址接入控制, 补偿因子

中图分类号 TN929.5

1 引言

无线移动通信特别是蜂窝移动通信在近一二十年来已成为世界电信方面的一大主要市场^[1]。但由于无线移动通信采用广播式传输媒体 (broadcast medium), 即无线信道, 因此它和有线通信有很大区别, 主要体现在无线信道带宽资源比有线环境窄^[2], 因此无论从用户还是从网络经营者的角度考虑, 有效地利用有限带宽资源是个重要话题。

多址接入控制 (MAC) 技术是网络如何使用户共享公共传输媒体的技术。从某种角度上讲 MAC 决定了系统的容量、远端设备的复杂程度等, 因此 MAC 一直是移动通信中一个古老而又充满魅力的话题。随着移动用户数急剧增加, 许多学者都在试图解决大量用户需求和系统有限带宽间的矛盾。1989 年, 由美国 Bell 实验室的 D.J. Goodman 等人提出的分组预约多址协议 (PRMA) 适于短距离无线通信网中实现话音和数据综合问题^[3-6]。本文提出了使用具有补偿性参数作为衡量系统性能的标准, 并针对通信的实际情况和用户需求, 提出了一种改进 PRMA 协议中话音业务性能的方法 (VP-PRMA)。通过用计算机仿真, 表明该方法对话音业务的性能确有提高。

2 PRMA 协议分析

与其他文献一样, 本文不考虑传输错误。而且是针对蜂窝结构的移动通信网进行讨论的, 小区内的各用户共享上行信道向基站传送信息, 因此在上行信道上存在着如何安排众多用户共享信道, 而在下行信道上此问题表现得不像上行信道那么明显, 因此, 本文主要从上行信道上考虑。另外本文只讨论话音业务。

图 1 是通常所采用的话音统计模型。在话音激活阶段, 话音终端按一定的周期产生话音分组, 而在静默阶段则不产生任何分组, PRMA 协议利用这种统计特性, 根据 Slotted ALOHA 协议, 使蜂窝小区内的用户共享上行信道。

¹ 1997-11-21 收到, 1998-09-12 定稿

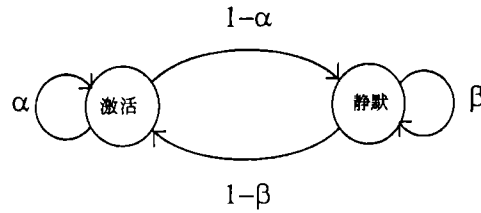


图1 经典的话音统计模型

系统将上、下行信道时隙化, N 个时隙组成周期为 T 的一帧。基站将一帧内的时隙按目前使用情况分为可用时隙和被预约时隙。当用户进入激活状态后, 就以竞争允许概率 p_{permit} 去竞争可用时隙。如果竞争成功, 就按照 TDMA 的方式工作到此次激活状态结束; 否则继续竞争其他可用时隙。

话音业务是一种实时业务, 当话音分组时延超过某一时限 D_{max} 后, 该分组将被丢失。虽说话音业务对误码率的敏感程度不像数据业务那样高, 但是当话音分组的丢失率 p_{drop} 超过一定极限时, 话音质量将下降得使人无法接受, 通常认为该极限值为 1%。因此通常认为 p_{drop} 是衡量系统性能的一个重要参数。 p_{drop} 可以用 (1) 式计算:

$$p_{\text{drop}} = \frac{\sum_{i=1}^{N_{\text{user}}} N_{\text{drop}_i}}{\sum_{i=1}^{N_{\text{user}}} N_{\text{gen}_i}}, \quad (1)$$

其中 N_{user} 为用户数, N_{drop_i} 为用户 i 丢失的分组数, N_{gen_i} 为用户 i 产生的分组数。

对用户 n 而言,

$$N_{\text{drop}_n} = \sum_{j=1}^{N_{\text{con}}} N_{\text{drop}_{n,j}}, \quad (2)$$

$N_{\text{drop}_{n,j}}$ 为用户 n 在处于第 j 次激活状态时丢失的分组数, N_{con} 为用户处于激活状态的次数。

由以上分析可以看出, 除了当用户数超过可用时隙数会引起分组丢失外, 当竞争信道的允许概率 p_{permit} 较小时, 用户会因长时间得不到发送许可, 造成话音分组时延过长, 引起分组被丢弃; 但当 p_{permit} 较大时, 则会导致在某个时隙内, 同时有多个用户被允许发送而发生碰撞, 产生数据丢失。由此可见, p_{permit} 的选取从一定程度上确定了 PRMA 系统的性能。

如上所述, 话音通信可看作是话音终端在激活状态和静默状态不断交替的过程。我们应承认这样一个事实, 当一个用户发起的呼叫被接受后, 不论该用户终端处于激活状态和静默状态的时间长短如何, 用户在由静默状态再次转入激活状态后, 系统应尽可能地使用该用户尽快地重新进入通信状态, 而不应使用户的通信中断时间过长, 因为拒绝一个正在进行的通信要比拒绝一个新的呼叫更令人难以接受。因此用户初次进入激活状态和以后所进入的激活状态不应等同视之。就是说, 用户建立呼叫和用户呼叫被接受后所引起的话音分组的丢失对系统的影响程度是不一样的。而在其他一些文献中, 这个情况通常被忽视。基于这个观点, 本文提出, 用补偿性参数——补偿性分组丢失率 $P_{p_{\text{drop}}}$ 来衡量系统的性能。

3 补偿性分组丢失率和 PRMA 改进方法 VP-PRMA

补偿代价函数是根据各种情况对系统的影响程度,对系统的某些参数进行补偿性地考虑。由以上分析知道用户在其呼叫被接受后和在建立呼叫时所引起的分组丢失对系统的影响是不一样的。基于这种考虑,我们对(2)式引入补偿因子

$$N_{\text{drop}_n} = \sum_{j=1}^{N_{\text{con}}} \omega_j N_{\text{drop}_{n,j}}, \quad (3)$$

其中 $N_{\text{drop}_{n,j}}$ 和 N_{con} 与(2)式中的含义一样, ω_j 为补偿因子,它表示了用户在不同的激活状态下,出现分组丢失后对系统的影响程度。为了表示方便,可使 $\omega_j (j > 1)$ 取对应 $\omega_1 = 1$ 时的值。当认为用户在初次呼叫时所引起分组丢失对系统的影响程度比其他情况小时, $\omega_j > 1 (j > 1)$ 。为处理方便,不妨假设 $\omega_j = \omega (j > 1)$ 。这样(3)式变为(4)式:

$$N_{\text{drop}_n} = N_{\text{drop}_{n,1}} + \omega \sum_{j=2}^{N_{\text{con}}} N_{\text{drop}_{n,j}}. \quad (4)$$

这样我们就得到补偿性分组丢失率 Pp_{drop} 为

$$Pp_{\text{drop}} = \sum_{i=1}^{N_{\text{user}}} \left(N_{\text{drop}_{i,1}} + \omega \sum_{j=2}^{N_{\text{con}}} N_{\text{drop}_{i,j}} \right) / \left(\sum_{i=1}^{N_{\text{user}}} N_{\text{gen}_i} \right), \quad (\omega > 1). \quad (5)$$

显然当 $\omega = 1$ 时, (4)式将变为(2)式,也就是通常所用的求分组丢失率的方法。通常人们认为拒绝一个正在进行的通信要比拒绝一个新的呼叫更令人难以接受,因此,(4)式中的 $\omega > 1$ 。

当引入补偿性分组丢失率后,由于不同条件下分组丢失对系统的影响程度不一样,因此作为影响分组丢失率的因素之一——竞争允许概率也应该按不同条件取不同值。由此我们提出了变竞争允许概率的方法(简记为VP-PRMA)来改善PRMA系统中话音业务的性能。

当用户初次发起呼叫时,用户以允许概率 p_{permit} 竞争可用时隙,而当竞争成功后,该用户就预约到一个时隙,我们可以称该用户为它所预约时隙的宿主。需要说明的是宿主这个概念是为了下文表述方便而定义的,其寿命为用户连续两次激活状态下预约到可用时隙的间隔,也就是从上次预约成功到下次预约成功之间的间隔。当该用户激活状态结束经过静默状态后,再次进入激活状态时,为了使其能尽快地获取信道,我们使用该用户以较大的允许概率 p_{max} ($p_{\text{max}} > p_{\text{permit}}$) 竞争该用户上次曾经预约过的时隙,而以允许概率 p_{permit} 竞争其他时隙。这样处理的结果,一方面使得处于通信中的用户可以以较大的概率迅速竞争到可用时隙,保持继续通信状态;另一方面,由于用户在部分时隙上采用大几率竞争信道,而且各用户用大几率竞争的时隙也不一定相同(只是大几率竞争它上次预约到的时隙),因此避免了由于竞争概率增大而引起碰撞次数增大的情况。

4 仿真和分析

为了便于与前人结果进行比较, 本文在进行计算机仿真时仍采用 D.J. Goodman 等人所采用的系统参数^[4]. 具体参数如表 1 所示. 本文仿真所采用的话音模型为图 1 所示的经典统计模型. 模拟时间为 1,000,000 帧, 根据表 1 中的参数, 对应通话时间为 16,000ms.

表 1 系统仿真参数

有声期平均持续时间	1.00s	帧持续时间	16ms
无声期平均持续时间	1.35s	每帧时隙数	20slots
信道速率	720kbps	话音最大时延限制	32ms
话音编码速率	32kbps	话音分组缓冲器大小	2packets

首先我们对 PRMA 进行了仿真, 图 2 表示了利用和不利用补偿时, 经典 PRMA 系统在不同的 p_{permit} 下, 话音分组丢失率与系统可以支持的同时通话终端数的关系, 其中实线表示利用补偿后的情况 (对应用 Pp_{drop} 的情况), 虚线为不用补偿的情况 (对应用 p_{drop} 的情况); 不考虑补偿时, 其结果与 D.J. Goodman 等人的结果非常接近. 由图也可看出, 在考虑了补偿后, 在同样的条件下, $Pp_{\text{drop}} > p_{\text{drop}}$. 图 3 表示了在不同的补偿因子下, 所得到的分组丢失率曲线, 由图可以看出, ω 越大, 分组丢失率越大, 由此, 补偿因子在一定程度上反映了不同情况对分组丢失率的影响, 补偿因子越大, 表示这种情况对系统的影响越大.

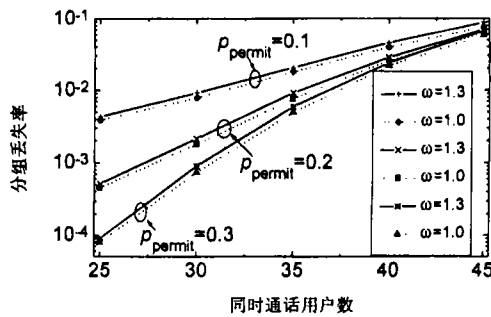


图 2 使用 PRMA 时, 分组丢失率与同时通话用户数的关系

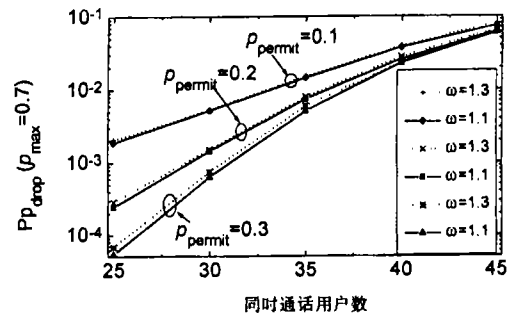


图 3 分组丢失率与补偿因子的关系

图 4 表示了当 $\omega = 1.1$ 时, p_{max} 分别为 0.8 时, 系统在不同 p_{permit} 下, 话音分组丢失率与系统可以支持的同时通话终端数的关系, 为了与前人的结果进行比较, 图中实线表示使用 VP-PRMA 时的情况, 虚线为 PRMA 的情况. 图 5 是使用 VP-PRMA 的方法后, 当 p_{max} 分别为 0.5 和 0.8 时的情况.

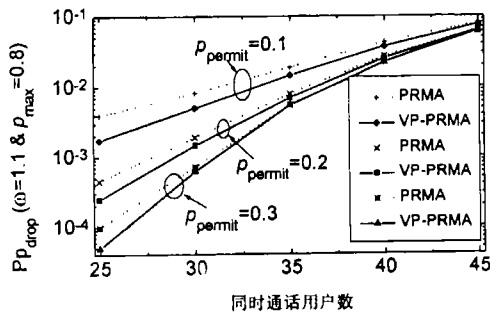
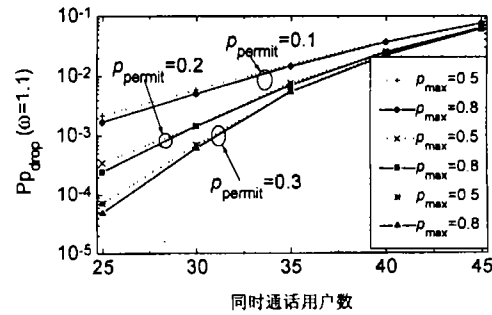


图 4 VP-PRMA 与 PRMA 方法的比较

图 5 VP-PRMA 方法中不同 ρ_{\max} 下的情况

由图 4 和图 5 也可以看出, 当适当加大用户竞争某些可用时隙的允许概率后, 话音分组的丢失率有所下降, 特别是当用户数目较少时, 效果较为明显, 但是当用户数过大后, 虽然该方法对分组丢失率降低的程度不是很大, 但基本上还是有所改善。其原因是, 虽然较大的竞争概率会带来碰撞, 但是当我们有针对性地增大竞争概率时, 又会使碰撞适当地降低。当用户数较小 (如 30 个) 时 (一帧有 20 个时隙), 最多有 10 个时隙存在两个宿主, 那么在这 10 个时隙上仅对其宿主而言存在碰撞机会会大于其他时隙, 而至少还有 10 个时隙对用户而言碰撞的机会仍和小竞争允许概率的条件下一样, 在这种情况下由于碰撞的机会最多只是局限于 10 个时隙的宿主同时处于激活状态的情况, 对系统而言, 由碰撞带来丢失率增大的程度远不及由较大竞争概率所带来的丢失率降低的程度, 因此总的效果是丢失率降低。当用户数很大时, 大多数时隙将会有两个或两个以上的宿主, 那么, 宿主在其预约的时隙上发生碰撞的机会将会增大, 丢失率会随着增加, 但是由于宿主在竞争其他时隙时仍为小概率 ρ_{permit} , 因此从总的效果看丢失率主要还是由 ρ_{permit} 决定。另一方面, 对一个时隙的两个宿主而言, 由于只可能是一个宿主进入静默状态后, 另一个才竞争到该时隙, 而从话音业务的统计结果看, 用户处于激活状态的平均持续时间 (约为 1s) 要比处于静默状态的平均持续时间 (约为 1.35s) 短, 因此, 一个时隙的两个宿主同时进入激活状态的机会不是很大, 而且先进入激活状态的宿主有可能由于竞争这个时隙的概率较大, 先预约到这个时隙的可能性也越大, 而一旦它预约到这个时隙, 该时隙就变为预约时隙, 那么在后进入激活状态的那个宿主就不可能在下一帧去竞争这个时隙, 从而避免了碰撞。即使同时进入激活状态, 并在其预约过的时隙上发生碰撞, 它们还会去竞争其他时隙, 这样的结果可以使它们预约到不同的时隙, 从而使得某一个时隙的宿主永远是两个或者两个以上固定用户的可能性减小, 也减小了碰撞机会累积的情况。因此我们从图看到的改进方法的结果是除了性能明显改善的区域外, 在其他区域丢失率是与竞争允许概率为相应小竞争概率的情况非常接近, 而不是与相应的大竞争概率情况下的结果接近。总之, 虽然较大的竞争概率会带来碰撞, 但是由于仅局限于某些时隙上, 因此从总体上看, 还是具有小竞争概率的趋势。

5 总 结

本文在总结前人工作的基础上, 提出了从用户角度和实际通信情况考虑, 引入了补偿性的参数来衡量系统的性能, 同时提出了适当加大用户再次竞争信道的允许概率来提高 PRMA 系统中话音业务性能的方法。从计算机仿真的结果看, 该方法对提高 PRMA 系统中话音业务的性能确有帮助。

参 考 文 献

- [1] Cox D C. Wireless network access for personal communications. IEEE Communications Mag., 1992, 30(12): 96-115.
- [2] Pahlavan K, Levesque A H. Wireless information networks. New York: John-Wiley & Sons, INC., 1995, 443-540.
- [3] Goodman D J, Valenzuela R A, Gayliard K T, Ramamurthi B. Packet reservation multiple access for local wireless communications, IEEE Trans. on Commun., 1989, COM-37(8): 885-890.
- [4] Nanda S, Goodman D J, Timor U. Performance of PRMA: A packet voice protocol for cellular systems, IEEE Trans. on VT. 1991, VT-40(8): 584-598.
- [5] Goodman D J, Wei S X. Efficiency of reservation multiple access, IEEE Trans. on VT, 1991, VT-40(2): 170-176.
- [6] Nanda S. Stability evaluation and design of the PRMA joint voice data system, IEEE Trans. on Commun., 1994, COM-42(5): 2095-2104.

AN IMPROVEMENT METHOD FOR PRMA'S VOICE SERVICE

Li Jingfeng Cheng Shixin

(National Mobile Communications Research Lab., Southeast University, Nanjing 210096)

Abstract A method (VP-PRMA) based on the users' demand to improve the performance of voice service in PRMA system is proposed. In the paper, a new system measurement based on relative penalty factor is used. After the analysis of PRMA, the new method, using variable contend probability according to the actual condition, is presented. According to the simulation, the proposed method improves the voice performance as expected.

Key words PRMA, Multiple access control, Penalty factor

李景峰: 男, 1969 年生, 博士生, 目前主要从事第三代移动通信系统关键技术的研究.

程时昕: 男, 1936 年生, 教授, 博士生导师, 移动通信国家重点实验室主任, 中国通信学会和电子学会会士. 曾任 863 通信高技术计划第一届专家领导小组成员. 目前研究方向为数字移动通信与个人通信网理论与实现技术.