

基于动态信道预约的自适应 QoS 切换算法¹

张传福 吴伟陵

(北京邮电大学信息工程学院 北京 100876)

摘要: 未来无线网络将为固定和移动用户提供多媒体通信和计算业务。为移动用户提供无线多媒体业务的一个最关键的挑战是保证端到端连接的业务质量。通过重复使用无线频谱的微蜂窝或微微蜂窝结构是一个有前途的改善移动多媒体网络容量的方式。但切换次数随着蜂窝大小的降低而增加。移动多媒体网络的一个至关重要的问题是需要可以满足各种 QoS 需要且有更高资源利用率的有效切换方式。该文提出了一种称为基于动态信道预约的自适应 QoS 切换算法, 并与其它切换方式进行了性能比较。

关键词: 无线多媒体, 动态信道预约, 自适应, QoS, 切换

中图分类号: TN929.5 **文献标识码:** A **文章编号:** 1009-5896(2004)06-0853-06

Dynamic Channel Reservation Based Adaptive QoS Handoff Algorithm

Zhang Chuan-fu Wu Wei-ling

(Beijing University of Posts and Telecommunications, Beijing 100876, China)

Abstract Future wireless networks promise multimedia communication and computing services for both fixed and mobile users. One of the most important challenges of wireless multimedia service for mobile users is maintaining a guaranteed quality of service over end-to-end connections. The use of micro/pico-cellular architectures is one of the promising ways to improve the capacity of mobile multimedia networks with reuse of the scarce radio spectrum. However, the handoff rate is increased with decrease of the cell size. An efficient handoff supporting which can satisfy various QoS requirements and give high resource utilization is one of the critical issues for mobile multimedia networks. In this paper, a handoff scheme that called dynamic channel reservation based adaptive quality of service handoff algorithm is introduced. Performance comparisons are made to the performance of other handoff schemes.

Key words Wireless multimedia, Dynamic channel reservation, Adaptive, Quality of Service (QoS), Handoff

1 研究移动多媒体业务切换的原因

第三代移动通信系统的主要目标是提供多媒体业务, 传统的移动通信系统为用户提供话音和简单的数据业务。因此, 相关的控制结构、控制协议和管理方式都基于话音和数据媒体。随着移动通信系统中的各种业务需求的增加, 也迫切地需要无所不在的多媒体业务。

多媒体应用总是由不同媒体类型组成, 如文本、图形、图像, 这些称为静止媒体, 音频和视频, 这些称为连续媒体。连续媒体有些实时要求, 如视频数据流应在每秒内显示 30 个视频媒体单元来保持连续性, 但可以容忍一些差错。静态媒体需要无差错传送, 但没有实时要求。时间上的协调和合作过程称为媒体同步。多媒体同步在表达时序安排上起作用, 事实上是多媒体表达系统的核心部分。

在分布式多媒体系统中, 为了平滑随机网络时延的边界效应, 总是给客户显示端分配大量的缓存器来保持同步需要; 为了减少所需要的网络带宽, 媒体对象是以压缩形式传输。在静止

¹ 2002-11-28 收到, 2003-08-07 改回

图像、音频和视频媒体流中可以分别采用多种压缩技术,如基于单元内的 JPEG,基于单元间的 MPEG。

根据相关的多媒体特性,多媒体移动个人通信系统 (PCS) 中的切换管理不同于传统的移动通信系统。必须采用适当的切换过程来达到平滑多媒体在一定的可接受级别。因此,除了一般的过程,如测量信号的质量,然后决定何时何地进行切换外,切换过程必须能够处理多媒体同步的要求来保持多媒体在移动 PCS 中的连续特性。为了满足 RF 信道的低可用带宽的特性,无线传输的媒体应使用压缩格式,它的压缩比应比有线情况下的高。为了通过 RF 信道发送到移动设备上,媒体单元必须压缩并分解成多个称为移动块的移动数据单元。移动设备将多个移动块合并成一个压缩的媒体单元,然后将其解压缩进行显示。

传统的切换协议基于测量信号的质量来决定开始切换过程的时间和地点。大多数以前提出的切换方式不适合多媒体移动 PCS,因为它们没有考虑在执行切换过程期间数据间的依赖问题,即多媒体流间的压缩关系和同步关系。在移动设备将多个移动块合并成多媒体的媒体单元期间,由切换造成的信息丢失现象使合并和解压缩不完整。

多媒体移动 PCS 的另一个问题是缓存器问题,客户显示端总是需要分配许多缓存器来平滑随机网络时延,但为了降低费用,移动设备总是有受限的缓存器空间。因此,为了保持多媒体 PCS 中的同步要求,应提出适合多媒体移动通信的结构来管理媒体缓存问题。

动态切换方式^[1,2]利用它们各自的分析模型来计算切换请求所需的资源,以便保持所要求的切换失败概率。在这两种方式中,分析模型都假设所有的连接请求是同一的。然而如果无线网络支持多媒体业务,这种假设是无效的。因为多媒体连接在满足它们 QoS 要求所需的资源数量上可能不同。问题是基站应如何动态地适应为切换请求所预留的资源数量。增强的切换排队方式^[3]利用基于测量信号强度代替 FIFO 方式,调整队列中的切换请求位置来降低切换失败概率。然而调整队列中切换请求的位置产生很严重的信令负载,因为移动用户必须通知基站它所接收的信号强度。也有一些其它的解决方式来降低切换失败概率。在文献 [4, 5] 中分别研究了在由单蜂窝和成束蜂窝组成的环境中的两种信道预留方法(可变的防护信道方式)。但它们假定只有窄带呼叫需要切换。这在移动多媒体网络中不适用。在文献 [6] 中引入了阴影束的概念,此概念通过估计未来切换所需的资源来作出呼叫接入判决。此方法可能对系统产生严重的计算负载,因为对每个新呼叫请求和切换都需要执行阴影束操作,特别是在切换率非常高的微蜂窝/微微蜂窝系统。

由于无线信道的带宽不足及差错,资源利用的效率是设计和实现一般无线移动网络和特殊移动多媒体网络的关键问题。由于微蜂窝/微微蜂窝有更好的无线频谱利用率、更低的移动设备传输功率需求和更小、更便宜的基站设备等优点,未来移动多媒体网络很可能采用微蜂窝/微微蜂窝结构。但随着移动设备在呼叫保持时间期间在蜂窝之间移动,增加了呼叫切换率。在支持多媒体业务的网络中,呼叫切换率的增加不仅增加了网络信令负载,而更重要的是当切换发生时对 QoS 有显著的负面影响。

预留信道方式虽然简单,但有许多缺点。首先,连续地预留信道极大地限制了总的传送业务量。其次,它不能对不同的业务类型有效地提供合理的 QoS。单纯的切换排队方式对微微蜂窝网络中的实时多媒体业务是不可行的,因为切换请求排队的可用时间间隔不足以等待可用的带宽资源,特别对宽带切换呼叫。文献 [7] 提出了用于 PCS 系统中一种类型业务的信道子速率切换方式。此方式允许将一个全速率信道暂时地分成两个半速率信道,一个用于原来的呼叫,另一个用于当切换呼叫到达时没有空闲信道可用的切换呼叫。它改善了系统的呼叫阻塞概率和切换失败概率。此方式利用了用户可以容忍话音质量有些下降的半速率编译码器的特点。实际上对包括音频和视频应用的绝大多数多媒体业务也适用,因为可以使用多级或分层信源/信道编码方式。文献 [8] 提出了用于多媒体业务的自适应 QoS 切换方式,它在用户可接受的 QoS 降低的情况下降低了呼叫的切换失败概率。它支持两类业务:一类是接受自适应 QoS,而另一类不接受 QoS 下降。

基于测量的动态带宽预约方式 (MBDBR)^[9] 根据移动用户接收的信号强度动态地预约带宽来降低呼叫的切换失败概率和增加带宽的利用。此方式可以避免严重的信令负载, 并可以容易地实现。结果表明, 根据呼叫阻塞率、切换失败概率和带宽利用率, MBDBR 比预留信道方式要好。本文提出一种新的、称为基于信道动态预约的自适应 QoS 切换方式。

2 基于动态信道预约的自适应 QoS 切换方式

为了有低的呼叫切换失败概率和高的资源利用率, 将滞后方式扩展到切换的资源预约。此切换方式在通信期间, 移动用户监听从邻近蜂窝接收的信号。在从当前蜂窝接收的信号强度低于从目的蜂窝接收的信号强度减去预约滞后时, 它意味着将可能发生切换。为了保持低的呼叫切换失败概率, 将对可能切换的资源预约请求发送到目的蜂窝。收到此请求后, 如果有足够的可用信道, 目的蜂窝预留请求所需的资源。否则, 将预约请求排队。当新呼叫到达蜂窝时, 只有当剩余信道 (总的可用信道减去预留给切换请求的信道) 可以满足新呼叫请求时才接受新呼叫请求。否则阻塞此新呼叫。当切换呼叫到达蜂窝时, 如果有足够的可用信道, 目的蜂窝将接受切换呼叫; 若没有足够可用的信道, 但可以提供满足较低可容忍的 QoS 级别的信道, 也接受切换请求; 否则将切换呼叫阻塞。可以调整预约和切换滞后的值来设计呼叫阻塞和切换失败概率达到要求的级别。

使用预约定时器来控制预约信道的时间间隔, 这将强迫当移动用户改变它的移动方向及在发送信道预约请求后未切换到目的蜂窝时将未使用的预约信道返回。在发送信道预约请求后移动用户启动定时器, 同时目的蜂窝接收到此请求时也启动定时器。如果移动用户的定时器终止, 并且从当前蜂窝接收的信号强度仍然低于从目的蜂窝接收的信号强度减去预约滞后, 移动用户重新发送请求和重新设置定时器。在目的蜂窝, 如果相应的定时器终止, 为切换预约的资源或排队的请求自动地释放。定时器的值越长, 产生的信令负载越低。

3 分析模型

假定使用的系统模型是固定的或准静态信道分配同类网络, 给每个蜂窝分配一定数量的信道。另外, 假定窄带业务是恒定速率业务, 它总是使用一个信道。另一类呼叫是可变速率宽带业务, 它一般需要使用两个信道, 但可允许使用一个信道来满足降低的 QoS。业务模型假定宽带和窄带的新呼叫分别是速率为 $\lambda_{w,n}$ 和 $\lambda_{n,n}$ 的泊松过程, 窄带和宽带呼叫的呼叫保持时间分别是均值为 $1/\mu_w$ 和 $1/\mu_n$ 的指数分布, 它们的蜂窝驻留时间也是均值分别为 $1/\eta_w$ 和 $1/\eta_n$ 的指数分布。切换到达速率 $\lambda_{w,h}$ 和 $\lambda_{n,h}$ 由下式给出:

$$\lambda_{k,h} = [\eta_k(1 - p_{k,n})/(\mu_k + \eta_k p_{k,h})]\lambda_{k,n}, \quad k \in \{w, n\} \tag{1}$$

其中 $p_{k,n}$ 和 $p_{k,h}$ 分别是 k 类业务的新呼叫阻塞概率和切换呼叫失败概率, k 类业务未成功完成 (由于新呼叫阻塞或切换失败) 的概率由下式给出:

$$p_{k,nc} = 1 - (1 - p_{k,n})/[1 + (\eta_k/\mu_k)p_{k,h}], \quad k \in \{w, n\} \tag{2}$$

因为网络是同一类型的, 系统性能可以用单一蜂窝来推导。单一蜂窝的系统可以用二维 Markov 过程来模拟。每个状态用 (i, j) 来定义, $i, j > 0$ 且 $0 \leq (m_n i + m_w d j) \leq N$, 其中 i 是正在进行的窄带呼叫数, j 是正在进行的宽带呼叫数。设 ψ 表示可行状态组, $\phi(i, j)$ 是指示函数, 定义为 $\phi(i, j) = 1 \{(i, j) \in \psi\}$ 。对所有 $(i, j) \in \psi$ 平衡等式为

$$\begin{aligned} P_{ij}(\lambda_{np}\phi(i+1, j) + \lambda_{wp}\phi(i, j+1) + i(\mu_n + \eta_n)\phi(i-1, j) + j(\mu_w + \eta_w)\phi(i, j-1)) \\ = \lambda_{np}P_{i-1, j}\phi(i-1, j) + \lambda_{wp}P_{i, j-1}\phi(i, j-1) + (i+1)(\mu_n + \eta_n)P_{i+1, j}\phi(i+1, j) \\ + (j+1)(\mu_w + \eta_w)P_{i, j+1}\phi(i, j+1) \end{aligned} \tag{3}$$

其中 λ_{np} 和 λ_{wp} 由下式给出:

$$\lambda_{np} = \begin{cases} \lambda_{n,n} + \lambda_{n,h}, & (i + m_w j) < N \\ \lambda_{n,h}, & (i + m_w j) \geq N \end{cases} \quad (4)$$

$$\lambda_{wp} = \begin{cases} \lambda_{w,n} + \lambda_{w,h}, & (i + m_w j) < (N - m_w) \\ \lambda_{w,h}, & (i + m_w j) > N \end{cases} \quad (5)$$

应用限制条件 $\sum P_{ij} = 1$, 可以得到平衡状态概率, 并使用下列公式计算呼叫阻塞概率和切换失败概率:

$$p_{n,n} = \sum_{(i+m_w j)=N} P_{ij}, \quad p_{w,n} = \sum_{(i+m_w j)>(N-m_w)} P_{ij} \quad (6)$$

$$p_{n,h} = \sum_{(i+m_w d j)>(N-m_n)} P_{ij}, \quad p_{w,h} = \sum_{(i+m_w d j)>(N-m_w d)} P_{ij} \quad (7)$$

另外, 预计正在进行的宽带和窄带呼叫数由下式给出:

$$E[N_w] = \sum_{j=0}^{[N/m_w d]} j \left(\sum_{i=0}^N P_{ij} \right) \quad (8)$$

$$E[N_n] = \sum_{i=0}^N i \left(\sum_{j=0}^{[N/m_w d]} P_{ij} \right) \quad (9)$$

预计正在进行的降低 QoS 级别的宽带呼叫数为

$$E[N_{wd}] = \sum_{i=0}^N \sum_{j=[(N-i)/m_w]+1}^{[(N-i)/m_w d]} \{2[j - ((N - i)/m_w)] - \text{mod}(i, 2)\} P_{ij} \quad (10)$$

宽带呼叫经历降低 QoS 级别的概率为 $D = E[N_{wd}]/E[N_w]$.

4 仿真模型和仿真结果

在仿真中考虑两种类型的业务: 每次需要 1 个信道的窄带实时业务和每次需要 2 个信道的宽带实时业务. 宽带业务的呼叫到达速率是窄带业务的呼叫到达速率的 1/2, 它们的呼叫保持时间和蜂窝驻留时间是相同的. 假定在呼叫期间用户的移动速度是恒定的.

在与基站距离为 K 处接收的信号强度 $P_r(k)$ 为

$$P_r(k) = P_t(k_0) - 10\alpha \log(k/k_0) - X_\sigma(k) \quad (11)$$

其中 $P_t(k_0)$ 是基站在 k_0 时的参考传输功率, α 表示路径损失随距离增加的比率, $X_\sigma(k)$ 是慢衰落, 它是零均值, $\sigma=6$ dB 的 Gauss 分布随机变量. 对测量的分离样值, 使用指数窗口对它们进行平均:

$$\bar{P}_r(k) = \rho \bar{P}_r(k-1) + (1-\rho)P_r(k) = (1-\rho) \sum_{j=0}^{\infty} \rho^j P_r(k-j) \quad (12)$$

其中 ρ 是权值, 且 $|\rho| < 1$.

5 讨论和结论

图 1 和图 2 分别示出了窄带业务和宽带业务使用不同切换算法时, 新呼叫阻塞概率的比较。在图 1 中, 预留信道方式的预留信道数为 3。预留信道方式的新呼叫阻塞概率最大, 自适应 QoS 算法的新呼叫阻塞概率最小, 动态信道预约算法的阻塞概率要小于预留信道算法, 而基于信道预约的自适应 QoS 算法要比纯自适应 QoS 算法的阻塞概率要高。因为它为切换呼叫动态地预约信道, 但差别不是很大。宽带业务与窄带业务的情况相同。

图 3 和图 4 分别示出了窄带业务和宽带业务使用不同切换算法时, 切换呼叫的切换失败概率的比较。在图 3 中, 窄带业务使用预留信道方式的切换失败概率最大, 而基于信道预约的自适应 QoS 算法的切换失败概率最小。在业务负载较小的情况下, 自适应 QoS 算法和基于信道预约的自适应 QoS 算法的切换失败概率都较小。但当业务负载增大时, 基于信道预约的自适应 QoS 算法要远远优于自适应 QoS 算法。因此, 基于信道预约的自适应 QoS 算法可以在稍微增加新呼叫阻塞概率的情况下大幅度降低切换失败概率。宽带业务与窄带业务的情况相同。

由于宽带实时业务需要的信道数比窄带实时业务的多, 因此宽带业务的新呼叫阻塞概率和切换呼叫的切换失败概率都比窄带业务的要大。当业务负载越大时, 这种差距越明显。图 5 和图 6 分别示出使用基于动态信道预约的自适应算法的新呼叫阻塞概率和切换呼叫的切换失败概率的比较。

根据仿真结果, 此切换方式的性能优于其它切换算法。

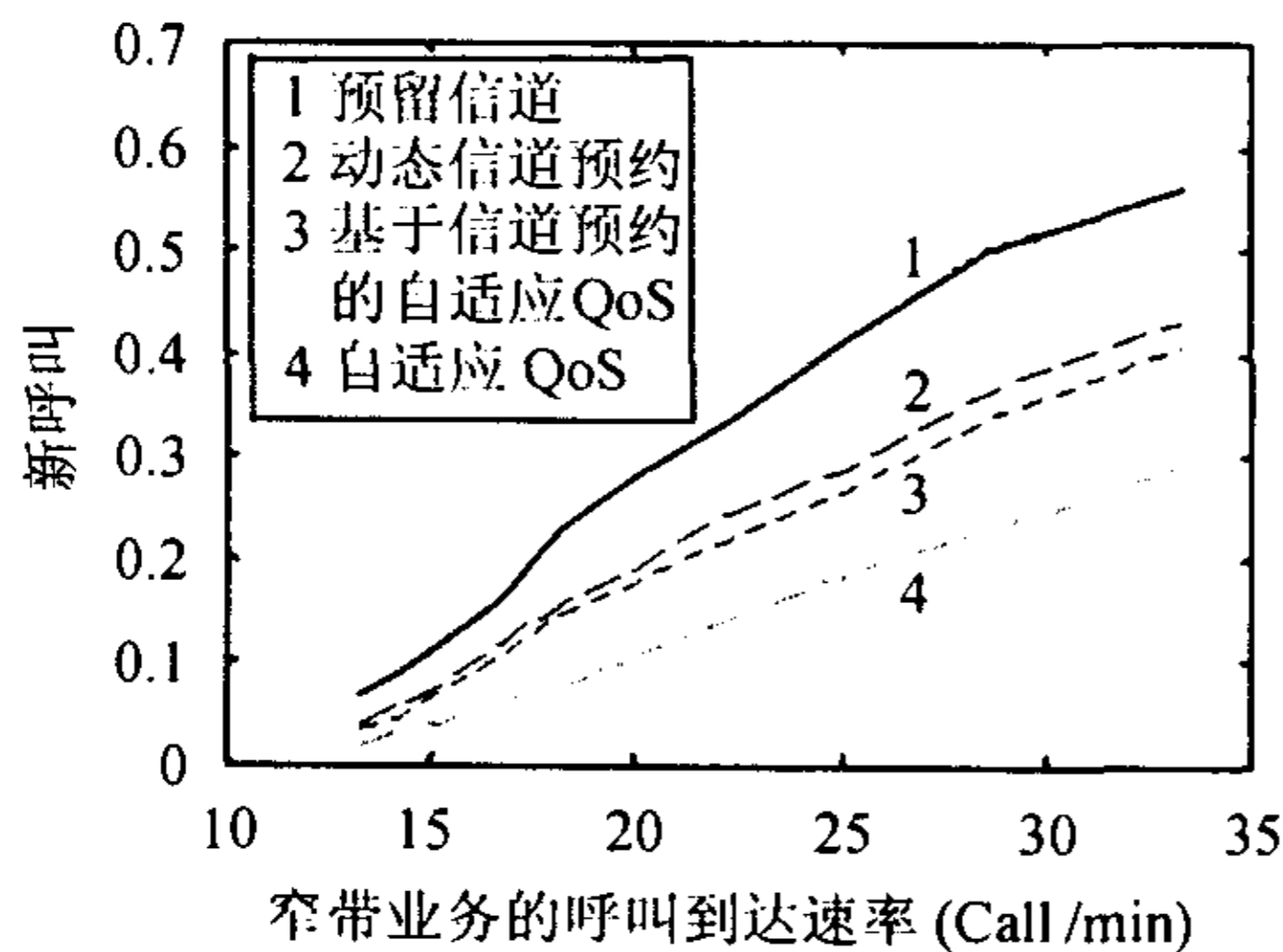


图 1 窄带业务的新呼叫阻塞概率的比较

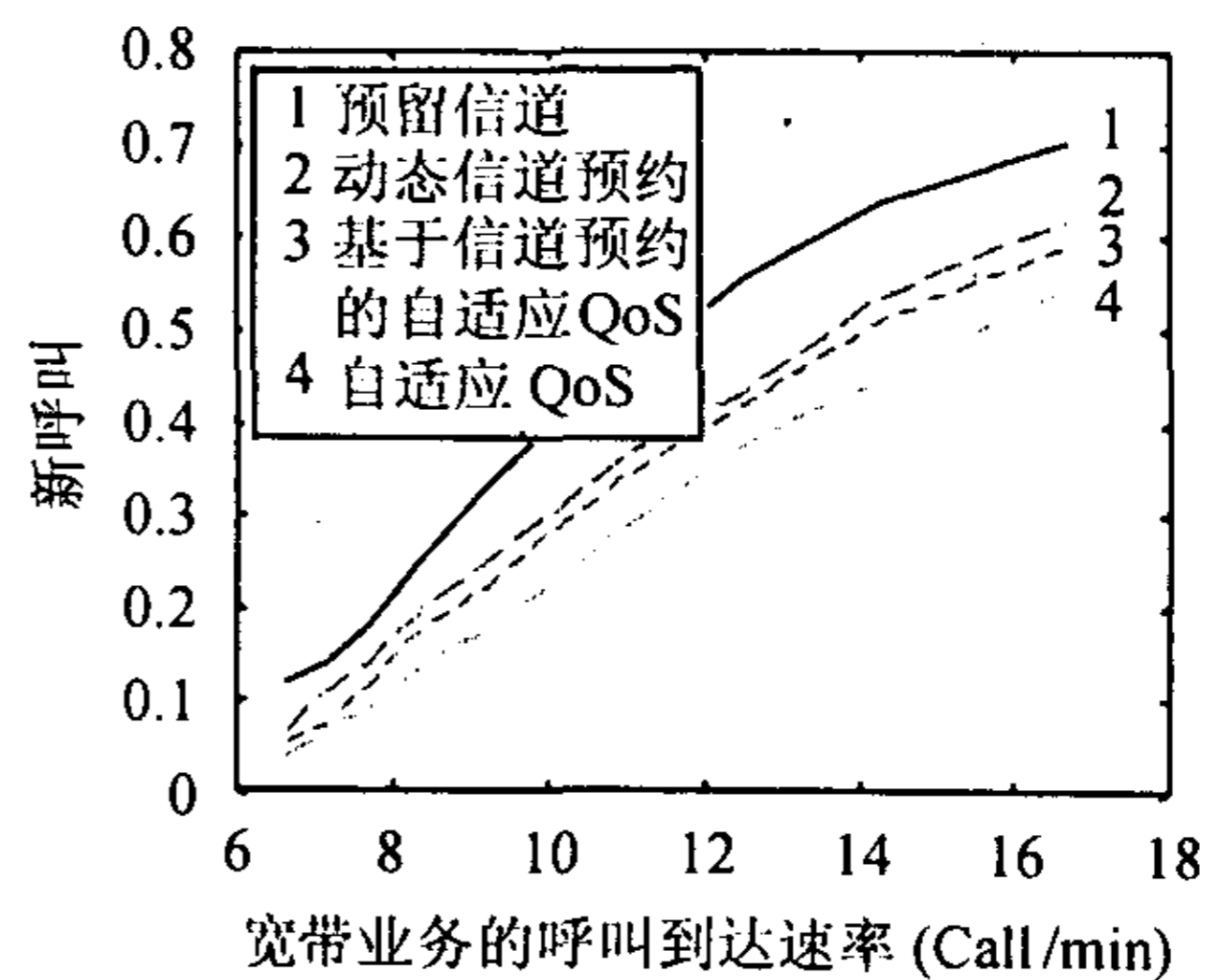


图 2 宽带业务的新呼叫阻塞概率的比较

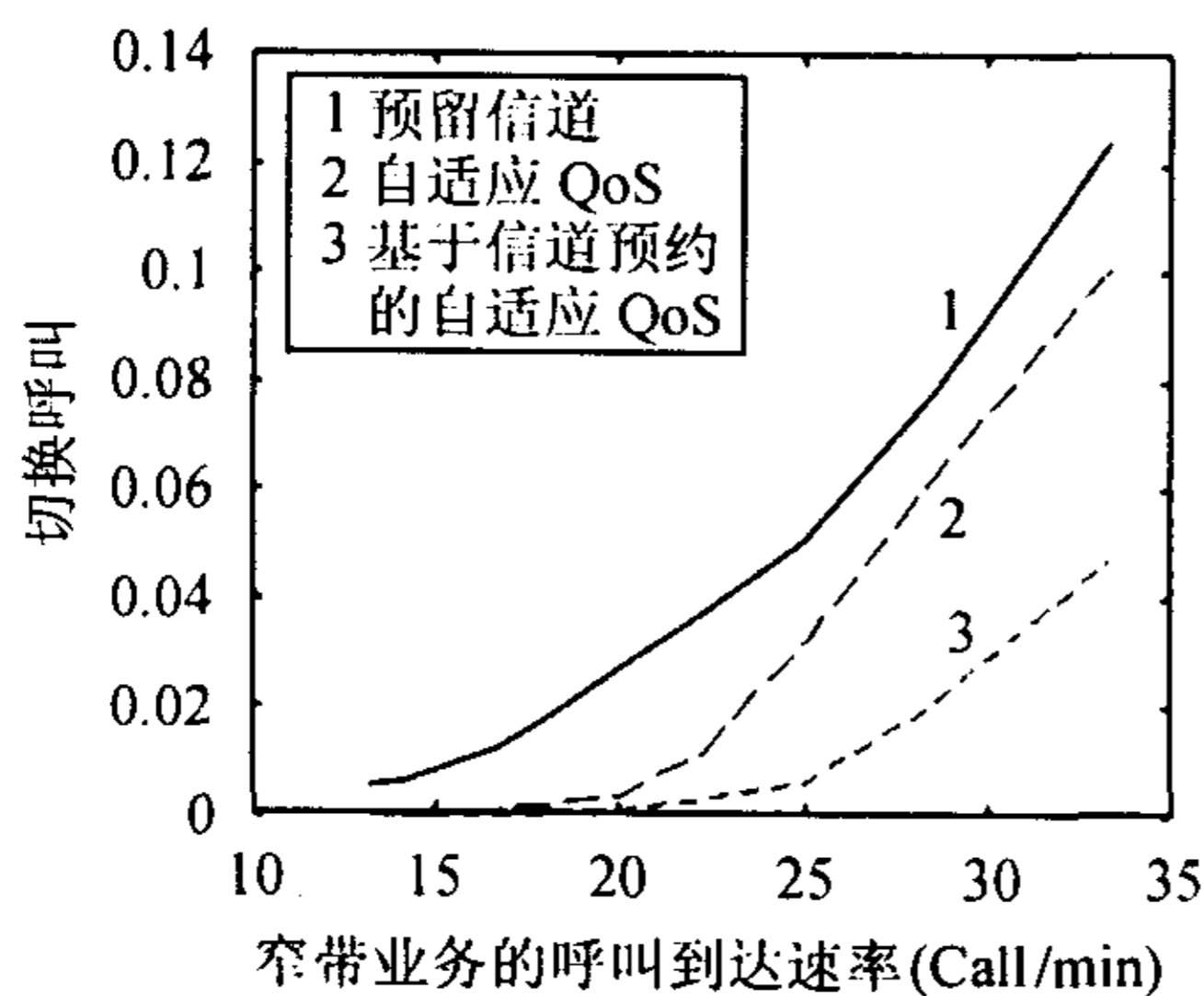


图 3 窄带业务的切换失败概率的比较

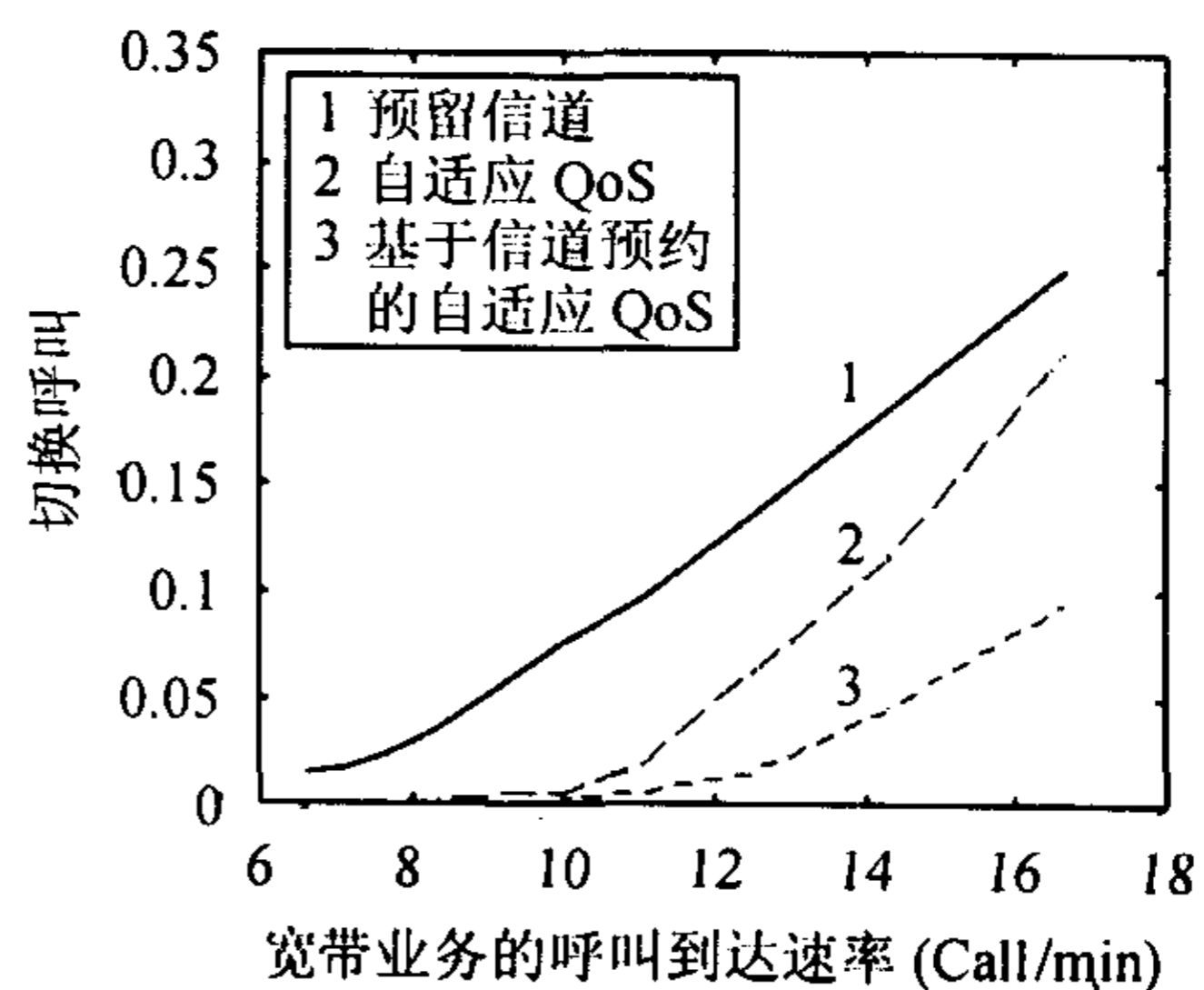


图 4 宽带业务的切换失败概率的比较

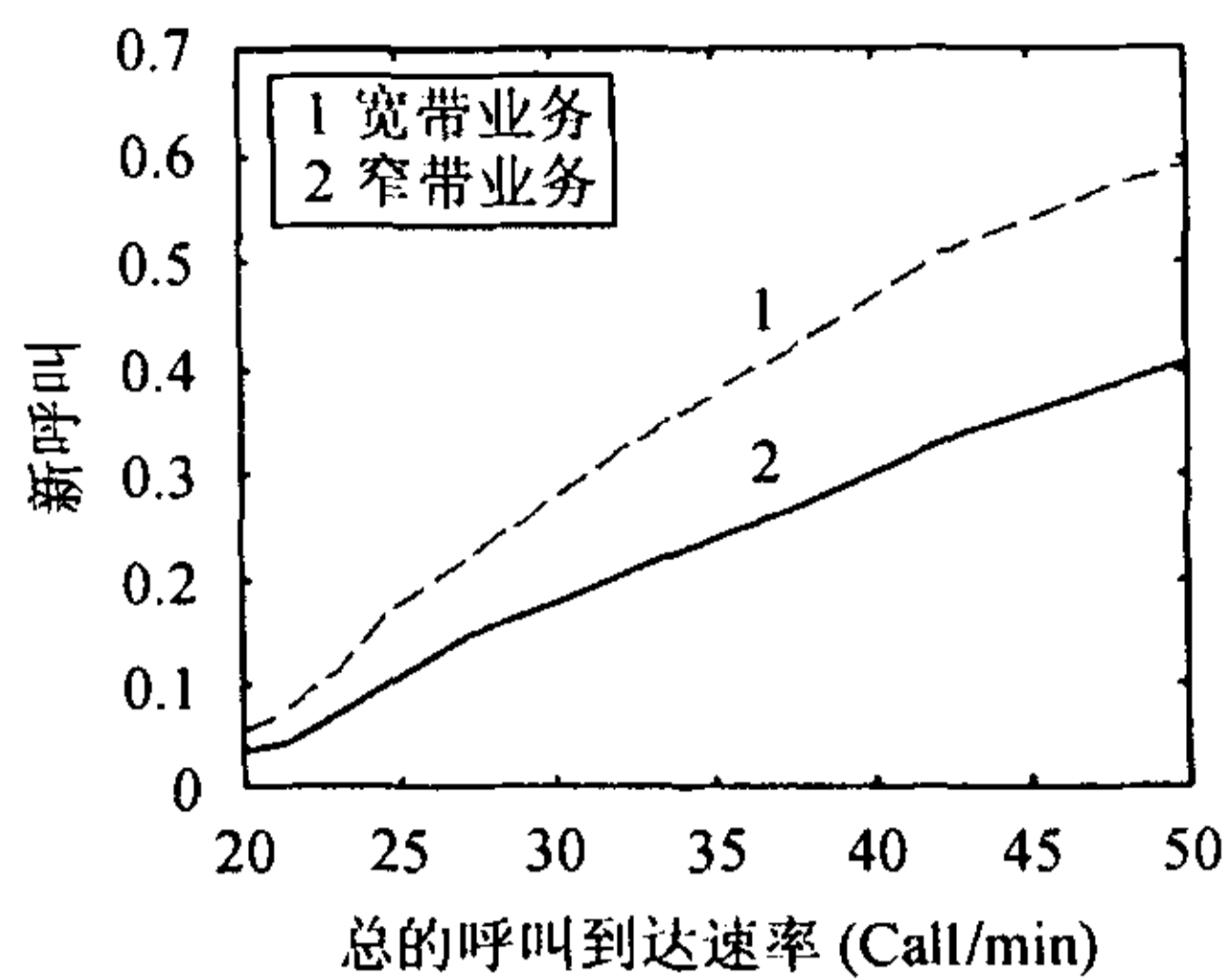


图 5 窄带和宽带业务的新呼叫阻塞概率的比较

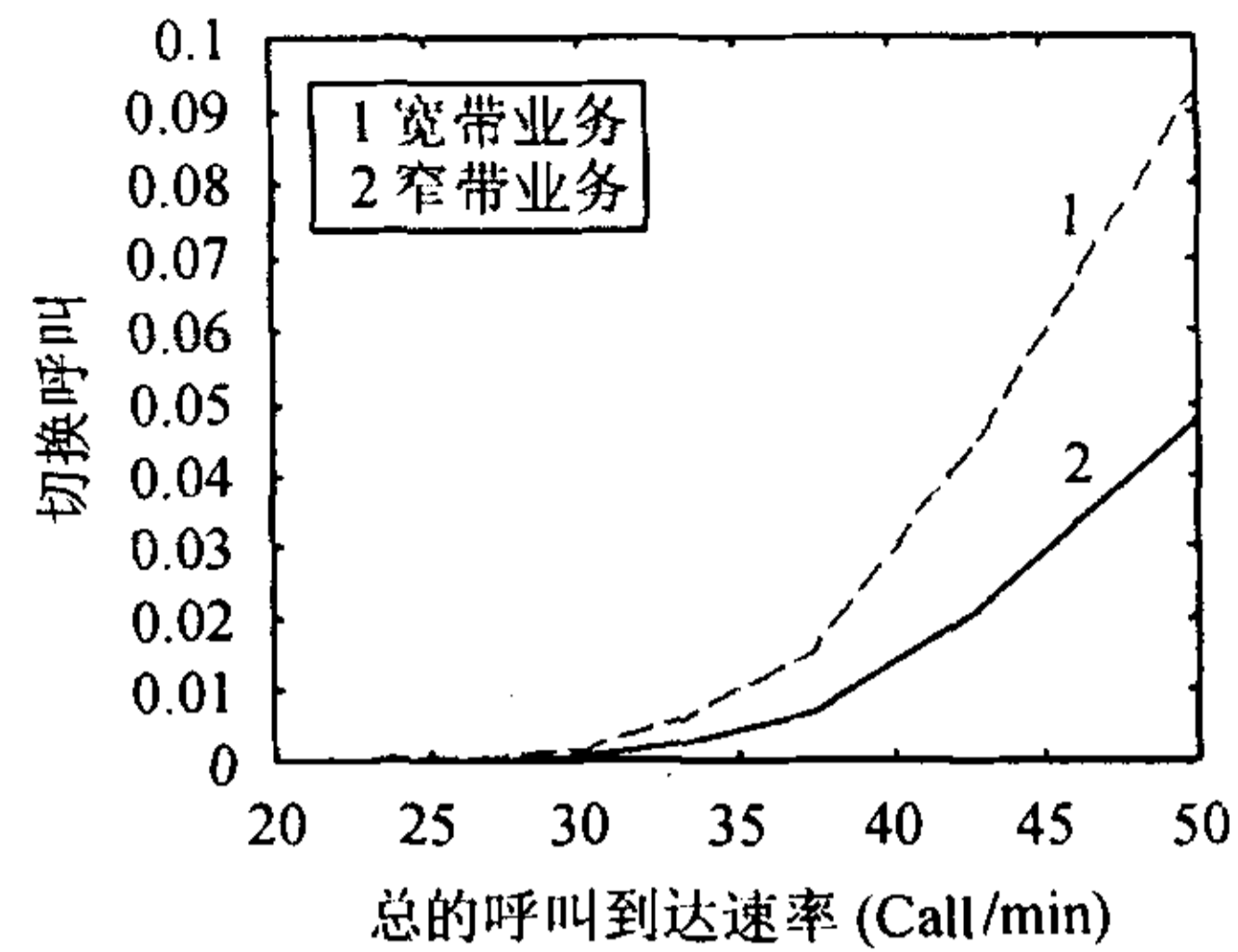


图 6 窄带和宽带业务的切换失败概率的比较

参 考 文 献

- [1] Yuo T W, Leung W C M. Adaptive resource allocation for prioritized call admission over an ATM-based wireless PCN. *IEEE J. on Select. Areas Comm.*, 1997, 15(7): 1208-1225.
- [2] Naghsineh M, Schwartz M. Distributed call admission control in mobile/wireless networks. *IEEE J. on Select. Areas Comm.*, 1996, 14(4): 711-717.
- [3] Tekinay S, Jabbari B. A measurement-based prioritization scheme for handovers in mobile cellular networks. *IEEE J. on Select. Areas Comm.*, 1992, 10(8): 1341-1350.
- [4] Epstein B, Schwartz M. Reservation strategies for multimedia traffic in a wireless environment. 45th IEEE VTC'95, Chicago, Illinois, USA, 1995: 165-169.
- [5] Chen J, Schwartz M. Two-tier resource allocation for a multimedia micro-cellular mobile system: performance summary. PIMRC'95, 1995.
- [6] Lin Y B, Noerpel A, Harasty D. The sub-rating channel assignment strategy for PCS handoffs. *IEEE Trans. on Vehicular Technology*, 1996, 45(1): 122-130.
- [7] Bensaou B, Chua K C, Zhuang W. Call and packet level performance of an adaptive QoS handoff priority scheme for mobile multimedia networks. IEEE 1999: 754-759.
- [8] Levine D A, et al.. The shadow cluster concept for resource estimation and call admission in wireless ATM networks. *IEEE/ACM Trans. on Networking*, 1997, 5(1): 1-12.
- [9] Zhuang W, Chua K C, Jiang S M. Measurement-based dynamic bandwidth reservation scheme for handoff in mobile multimedia networks. ICUPC'98, 1998: 311-315.

张传福: 男, 1963年生, 博士, 主要研究方向是第三代移动通信系统的网络结构及无线资源管理等方面的问题. 现在中华通信系统有限责任公司设计院从事网络优化工作.

吴伟陵: 男, 1938年生, 教授, 博士生导师, 中国电子学会信息论分会主任委员. 主要从事信息论、信息处理与移动通信方面的教学和科研工作.