

# 基于多业务的移动通信系统呼叫接入控制

王中伟<sup>1</sup>, 夏晓燕<sup>2</sup>, 邓磊<sup>2</sup>, 覃锡忠<sup>1</sup>, 贾振红<sup>1</sup>

(1. 新疆大学信息科学与工程学院, 乌鲁木齐 830046;

2. 中国移动通信集团新疆有限公司, 乌鲁木齐 830063)

**摘要:** 针对在可移动边界保护信道方法中新呼叫堵塞率高的问题, 提出一种呼叫接入控制策略。当切换呼叫的掉话率小于门限时, 新呼叫以一定的概率使用为切换呼叫预留的保护信道。当高优先级数据等待队列中的数据包包为空时, 传输普通数据等待队列中的数据包包。仿真结果表明, 在对切换呼叫掉话率影响较小的前提下, 该策略能够有效降低新呼叫的堵塞率和高优先级数据的掉包率。

**关键词:** 排队理论; 信道分配; 呼叫接入控制; 优先级; 马尔科夫过程

## Call Admission Control in Mobile Communication System Based on Multi-service

WANG Zhong-wei<sup>1</sup>, XIA Xiao-yan<sup>2</sup>, DENG Lei<sup>2</sup>, QIN Xi-zhong<sup>1</sup>, JIA Zhen-hong<sup>1</sup>

(1. School of Information Science and Engineering, Xinjiang University, Urumqi 830046, China;

2. Subsidiary Company of China Mobile in Xinjiang, Urumqi 830063, China)

**【Abstract】** Aiming at the problem of high call blocking rate in Movable Boundary and Guard Channel(MBGC) method, this paper presents a novel call admission control algorithm. The strategy is that the new call users can use the guard channel reserved for the handoff call users with a certain probability when the handoff call dropping rate is less than a threshold. The scheme also takes into account the priority of different data types, and only when the data packet in high-priority data queue is empty, the data packets in general data queue can be transmitted. Simulation results show that, in case of affecting dropped call rate of handoff calls smaller, it can effectively reduce the new call blocking rate and high-priority data blocking rate.

**【Key words】** queuing theory; channel allocation; call admission control; priority; Markov process

DOI: 10.3969/j.issn.1000-3428.2012.24.020

### 1 概述

呼叫接入控制是无线资源管理中的重要组成部分。随着移动用户的大规模增加以及数据业务的爆炸式增长, 无线频率变得很紧缺, 选择适当的呼叫接入控制方案非常重要。在多业务无线移动通信的呼叫接入控制中, 不仅要考虑语音呼叫的优先级、不同数据业务类型之间的优先级, 而且必须考虑切换呼叫的优先级。但很多算法的分析仅考虑了一种优先级或者 2 种优先级。

文献[1-2]在为切换呼叫预留信道的基础上考虑了非实时切换。文献[3]考虑了切换呼叫和新呼叫服务时间不同的问题, 提高了精确度。文献[4]考虑了为切换呼叫动态的预留保卫信道, 提高了系统的利用率, 但都没有考虑数据业务。文献[5]考虑了 2 种优先级: 语音业务和数据业务之间的优先级, 切换呼叫和实时呼叫之间的优先级, 提出了可移动边界保护信道法(Movable Boundary and Guard

Channel, MBGC), 该方法降低了切换呼叫掉话率, 但大大增加了新呼叫的堵塞率, 同时也没有考虑不同数据类型的优先级。

针对上述问题, 本文提出一种新的呼叫接入控制策略: 对文献[5]中的切换呼叫和实时呼叫之间的优先级做了改进, 即在语音切换呼叫掉话率小于某一个值时, 新语音呼叫可以以一定的概率使用为语音切换呼叫预留的保护信道, 从而在对切换呼叫影响较小的情况下, 降低新语音呼叫的堵塞率, 同时它还考虑了不同数据业务的优先级, 由此降低高优先级数据的掉包率。

### 2 呼叫接入控制算法

在多业务的信道分配算法中, 信道分配的框架如图 1 所示。设某小区总信道数为  $C$ , 分配给数据业务专用信道数为  $C_d$ , 其余的  $C_v(C_v=C-C_d)$  个信道分配给语音业务, 由

**基金项目:** 中国移动新疆分公司研究发展基金资助项目(xjm2011-1)

**作者简介:** 王中伟(1986—), 男, 硕士, 主研方向: 人工智能, 移动通信; 夏晓燕、邓磊, 高级工程师; 覃锡忠, 副教授、硕士; 贾振红(通讯作者), 教授、博士、博士生导师

**收稿日期:** 2012-03-01 **修回日期:** 2012-04-19 **E-mail:** jzhh@xju.edu.cn

于语音通话过程被中断比被语音呼叫堵塞更难让人接受，因此在呼叫接入控制中，切换呼叫比新呼叫具有更高的优先级，为保证切换呼叫的优先级，再从  $C_v$  中分配出  $g$  个保护信道作为切换语音业务保护信道。



图1 语音和数据业务接入控制算法框架

对于数据业务，则以数据包的到达率来表示，且仅考虑2种数据业务，分别为高优先级数据和普通数据。当一个数据包到达时，系统先分辨出是高优先级数据包还是普通数据包，如果是高优先级数据包，则存储在队列  $B_2$  中，如果是普通数据包，则存储在队列  $B_1$  中。当数据包被传送后，数据包从队列中删除，只有当队列  $B_2$  中的高优先级数据包队列为空时，才能传输队列  $B_1$  中的普通数据包。当数据专用信道全忙时，分配给语音业务的信道在空闲时也可以被数据业务使用。

当一个语音呼叫到达时，系统从  $M(M=C_v-g)$  个信道中分配一个空闲信道以服务该呼叫，如果这些信道因被数据业务占用而无空闲信道，则从数据业务所占用的语音信道中分离出一个信道供语音呼叫使用，而被中断的数据业务加入到等待队列等待系统为其再分配信道以便恢复传输。如果  $M$  个信道全部被语音业务所占用，则根据该次呼叫的类型而作不同的处理；如果是切换呼叫且  $g$  个信道中有资源可用，则为其分配出一个以服务该切换呼叫；如果为新呼叫且当前的切换呼叫掉话率小于某一个门限，则以一定的概率接受该新呼叫，否则，该新呼叫被堵塞；如果  $g$  个信道已经被全部占用，则该呼叫被拒绝。

### 3 模型描述及性能分析

假设语音呼叫和数据包的到达都服从 Poisson 分布，它们的服务时间都服从负指数分布，普通数据包和高优先级数据包的等待队列的最大长度分别为  $B_1$  和  $B_2(B_1 > B_2)$ ，排列规则为 FCFS，则语音呼叫的到达率为  $\lambda_v = \lambda_{vn} + \lambda_{vh}$ ，平均服务时间为  $1/\mu_v = 1/\mu_{vs} + 1/\mu_{vh}$ ，其中， $\lambda_{vn}$  和  $1/\mu_{vs}$  分别为新呼叫的到达率和服务时间； $\lambda_{vh}$  和  $1/\mu_{vh}$  分别为切换呼叫的到达率和服务时间。普通数据包的到达率和高优先级数据包的到达率分别为  $\lambda_{d1}$  和  $\lambda_{d2}$ ，分组包长都为均值  $L_d$  比特的负指数分布，再假设数据包传输使用一种编码方式，在该编码方式下每个信道的数据包传输速率都为  $S_d/s$ ，则普通数据包和高优先级数据包分组平均传输时长都为  $1/\mu_d = L_d/S_d$ 。以状态向量  $(i, j, k, l)$  表示系统的状态，其中， $i$  为系统中的新呼叫数； $j$  为系统中的切换呼叫数； $k$  为系统中总的数据包数； $l$  为等待队列  $B_2$  中高优先级数据包

数。则全部状态集为：

$$E = \{(i, j, k, l) | 0 \leq i < C_v, 0 \leq j < C_v, 0 \leq k < C + B_1 + B_2, 0 \leq l < B_2\}$$

由于多维的连续时间马尔科夫过程的稳态分布不易求解，并且实际系统中有  $\mu_d / (\mu_{vs} + \mu_{vh}) \gg 1$ ，因此可以采用文献[6]中分解技术方法。将四维的连续时间马尔科夫过程分解为2个连续的二维连续时间马尔科夫过程。

#### 3.1 语音呼叫部分

$T$  为系统更新周期， $H$  是每个周期  $T$  内切换呼叫到达数， $DH$  为每个周期  $T$  内切换呼叫的掉话数， $TH$  为切换呼叫掉话率的门限。当一个新呼叫到达且语音共用信道资源为空时，采用如下算法：

```

If(DH/H ≥ TH)
    flag=1;
if((flag!=1)&&(i+j ≥ M)&&(i+j < C_v))
    {For(h=1, h ≤ n, h++) //其中, n=C_v-(i+j)
    {If(rand(0,1) < r_{g-n+h}) // 0 < r_g ≤ ... ≤ r_2 < r_1 ≤ 1, 0 < rand(0,1) < 1
    {接收新呼叫;
    Break;
    }}}
    
```

在本文的算法中，当切换语音呼叫的掉话率小于  $TH$  和系统中有空闲的保护信道时，新呼叫可以以一定的概率使用保护信道，并且空闲的保护信道数越多，新呼叫被接受的可能性越大，与传统的保护信道方法相比，可以在对切换呼叫影响较小的情况下，有效降低新呼叫的堵塞率，提高语音呼叫的服务等级，有助于改善系统的性能。语音呼叫的状态转移如图2所示，状态  $(i, j)$  中的  $i$  和  $j$  分别为系统中的新呼叫数和切换呼叫数， $\delta$  在  $DH/H < TH$  时为1，其他值为0。由于二维连续时间马尔科夫过程的稳态分布不易求解，因此可以采用文献[7]中的一种近似计算方法来估计性能。 $\rho_v = \lambda_{vn} / \mu_{vs}$ ， $\rho_h = \lambda_{vh} / \mu_{vh}$ ， $\rho_v$  和  $\rho_h$  分别为新呼叫和切换呼叫的呼叫强度。那么可以认为新呼叫和切换呼叫的到达分别服从  $\rho_v$  和  $\rho_h$  的 Poisson 分布、服务时间都为1的负指数分布。以  $P_s$  表示语音呼叫占用  $s(s=i+j)$  个信道的概率，那么可以得：

$$P_s = \begin{cases} \frac{(\rho_v + \rho_h)^s}{s!} P_0 & s \leq M \\ \frac{(\rho_v + \rho_h)^M}{s!} (\delta \alpha_1 \rho_v + \rho_h) & \\ (\delta \alpha_2 \rho_v + \rho_h) \cdots (\delta \alpha_{s-M} \rho_v + \rho_h) P_0 & M < s \leq C_v \end{cases} \quad (1)$$

其中：

$$P_0 = \left[ \sum_{i=0}^M \frac{(\rho_v + \rho_h)^i}{i!} + \sum_{v=M+1}^{C_v} \frac{(\rho_v + \rho_h)^M}{v!} (\delta \alpha_1 \rho_v + \rho_h) (\delta \alpha_2 \rho_v + \rho_h) \cdots (\delta \alpha_{i-M} \rho_v + \rho_h) \right]^{-1}$$

$$\alpha_i = \begin{cases} r_i + (1-r_i)\gamma_{i+1} + \cdots + (1-r_i)(1-\gamma_{i+1}) \cdots (1-r_{g-1})r_g & 1 \leq i < g-1 \\ r_g & i = g \end{cases}$$

新呼叫阻塞率  $P_{vn}$  和切换呼叫掉话率  $P_{vh}$  分别为：

$$P_m = \frac{(\rho_v + \rho_h)^M}{M!} + \sum_{i=M+1}^C \frac{(\rho_v + \rho_h)^M}{i!} (\delta\alpha_1 \rho_v + \rho_h) \cdots (\delta\alpha_{i-M} \rho_v + \rho_h) \sum_{j=0}^M \frac{(\rho_v + \rho_h)^j}{j!} + \sum_{v=M+1}^C \frac{(\rho_v + \rho_h)^M}{v!} (\delta\alpha_1 \rho_v + \rho_h) (\delta\alpha_2 \rho_v + \rho_h) \cdots (\delta\alpha_{i-M} \rho_v + \rho_h) \quad (2)$$

$$P_h = \frac{(\rho_v + \rho_h)^M}{s!} (\delta\alpha_1 \rho_v + \rho_h) (\delta\alpha_2 \rho_v + \rho_h) \cdots (\delta\alpha_g \rho_v + \rho_h) \sum_{i=0}^M \frac{(\rho_v + \rho_h)^i}{i!} + \sum_{v=M+1}^C \frac{(\rho_v + \rho_h)^M}{v!} (\delta\alpha_1 \rho_v + \rho_h) (\delta\alpha_2 \rho_v + \rho_h) \cdots (\delta\alpha_{i-M} \rho_v + \rho_h) \quad (3)$$

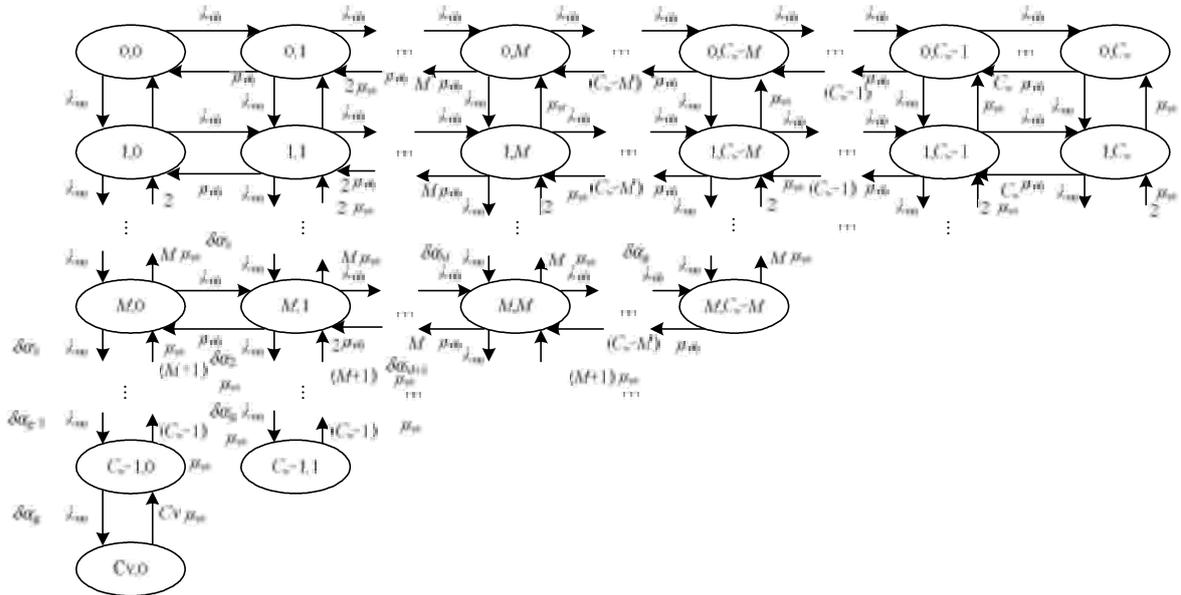


图2 语音呼叫的状态转移

3.2 数据呼叫部分

当系统中语音呼叫占用  $s(s=i+j)$  个信道时, 系统最多可以同时服务  $m(m=C-s)$  个数据呼叫, 状态  $(k, l)$  中的  $k$  为

系统中总的数据包数,  $l$  为等待队列  $B_2$  中高优先级数据包数。

数据呼叫的状态转移如图3所示。

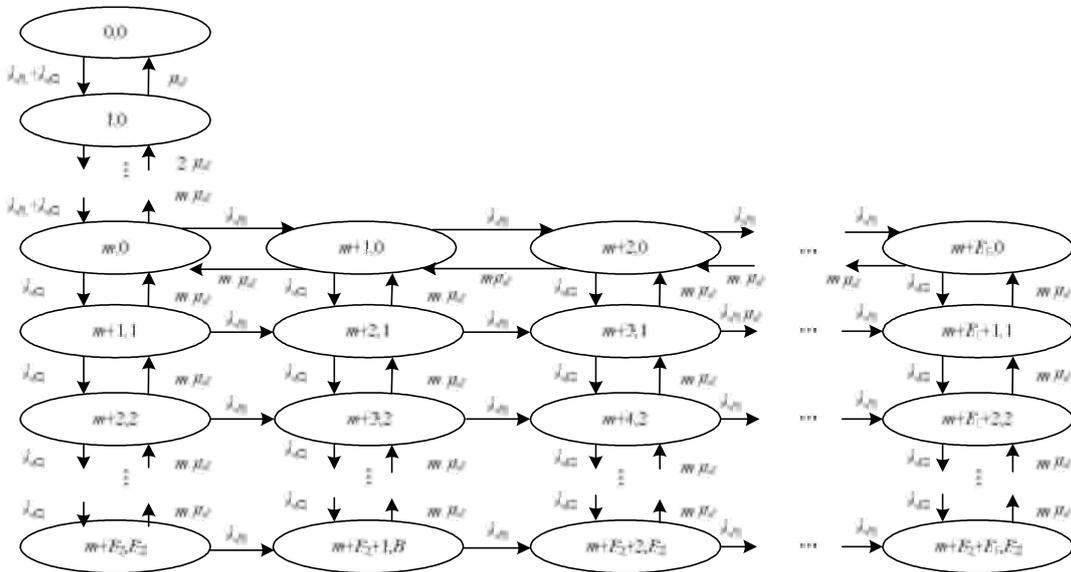


图3 数据呼叫的状态转移

通过图3描述的几个状态转移概率图, 可以采用的原则是流量守恒。对每个状态, 令“流入速率=流出速率”, 则稳态时的平衡方程为:

当  $0 \leq k < m-1, l=0$  时:

$$(\lambda_{d1} + \lambda_{d2})\pi(k, l) = (k+1)u_d\pi(k+1, l) \quad (4)$$

当  $m \leq k < m+B_1+B_2, 0 < l < B_2$  时:

$$([1-u(k-m-l-B_1)]\lambda_{d1} + [1-u(l-B_2)]\lambda_{d2} + [1-u(k-m-l)]\delta_1(l)mu_d + lmu_d + \delta_1(l)\delta_1(k-m)mu_d)\pi(k, l) = \lambda_{d1}\pi(k-1, l) + u(l-1)\lambda_{d2}\pi(k-1, l-1) + \delta_1(l)\delta_1(k-m)\lambda_{d2}\pi(k-1, l) + u(B_2-l-1)mu_d\pi(k+1, l+1) + \delta_1(l)u(l+m+B_1-k-1)mu_d\pi(k+1, l) \quad (5)$$

其中,  $\pi(k, l)$  是系统处于状态  $(k, l)$  的稳态概率。步进函数  $u(x)$  在  $x \geq 0$  时为 1, 在  $x < 0$  时为 0;  $\delta_1(x)$  在  $x=0$  时为 1, 其他值为 0。

对于式(4)和式(5)的状态方程, 一共有  $(m+(B_1+1) \times (B_2+1))$  个方程, 再加上状态概率的归一化条件:

$$\sum_{k=0}^{m-1} \pi(k, 0) + \sum_{k=m+l}^{m+B_1+B_2} \sum_{l=0}^{B_2} \pi(k, l) = 1 \quad (6)$$

就可以通过求解线性方程得出各个状态的稳态解。普通数据包掉包率  $P_{d1}$  和高优先级数据包的掉包率  $P_{d2}$  分别为:

$$P_{d1} = \sum_{l=0}^{B_2} \pi(m+B_1+l, l) \quad (7)$$

$$P_{d2} = \sum_{k=m+B_2}^{m+B_1+B_2} \pi(k, B_2) \quad (8)$$

### 4 仿真结果与分析

设小区总的信道数  $C=16$ ,  $C_d=2$ ,  $g=3$ ,  $M=11$ ,  $B_1=200$ ,  $B_2=10$ , 分组平均包长  $L_d=12\ 000$  bit, 门限  $TH=0.015$  (小于 2%),  $T=30$  min (从实验中取得),  $r_1=0.5$ ,  $r_2=0.3$ ,  $r_3=0.1$ , 假定采用单一信道编码方案, 数据包速率  $S_d$  为 9.05 Kb/s,  $\lambda_{vn}=1.5\lambda_{vh}$ , 新语音呼叫每小时的到达数从 105 变为 180,  $\lambda_{d1}=2\lambda_{d2}$ ,  $\lambda_{d1}=0.25$  个/s,  $1/\mu_{vs}=120$  s,  $1/\mu_{vh}=100$  s。使用 opnet modeler<sup>[8-10]</sup> 仿真软件, 当改变  $\lambda_{vn}$  时, 仿真可得新呼叫阻塞率  $P_{vn}$ 、切换呼叫掉话率  $P_{vh}$  与普通数据包掉包率  $P_{d1}$ 、高优先级数据包掉包率  $P_{d2}$  与  $\lambda_{vn}$  的关系。为方便比较, 在仿真结果中, 建议的信道分配方案和传统的保护信道方案都考虑了不同数据类型的优先级, 见图 4~图 6。

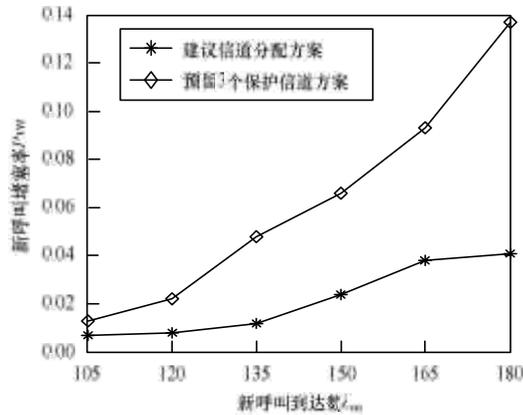


图 4 新呼叫到达数与新呼叫堵塞率的关系

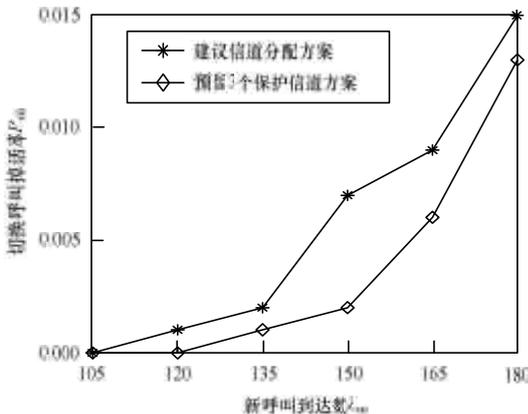


图 5 新呼叫到达数与切换呼叫掉话率的关系

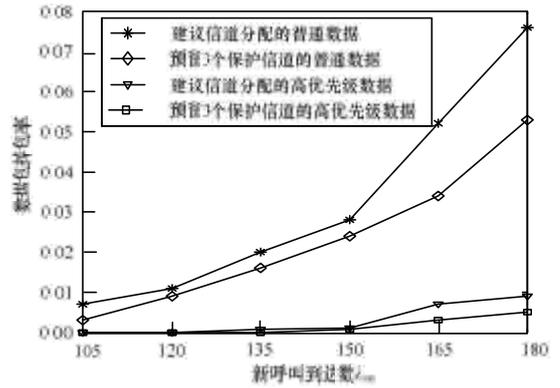


图 6 新呼叫到达数与数据掉包率的关系

本文建议的信道分配方案在切换呼叫的掉话率小于门限  $TH$  时, 实时呼叫可以以一定的概率使用为切换呼叫预留的保护信道, 与仅预留 3 个保护信道方案相比, 随着新呼叫到达率的增加, 尽管  $P_{vh}$ 、 $P_{d1}$  和  $P_{d2}$  稍有增长, 但  $P_{vn}$  得到很大的改善。从图 6 可以看出, 对于不同类型的数据业务, 本文采用只有在高优先级数据队列中的数据为空时, 才能在空闲信道传输低优先级数据的策略, 与  $P_{d1}$  相比,  $P_{d2}$  也得到很大的改善。

在上文的基础上,  $\lambda_{vn}=150$  个/h, 预留的信道数从 1 变化到 6,  $r_1=0.5$ ,  $r_2=0.3$ ,  $r_3=0.1$ ,  $r_4=0.1$ ,  $r_5=0.1$ ,  $r_6=0.1$ , 仿真新呼叫阻塞率  $P_{vn}$ 、切换呼叫掉话率  $P_{vh}$  与切换呼叫、普通数据包掉包率  $P_{d1}$ 、高优先级数据包掉包率  $P_{d2}$  与预留不同的信道数之间的关系, 见图 7~图 9。

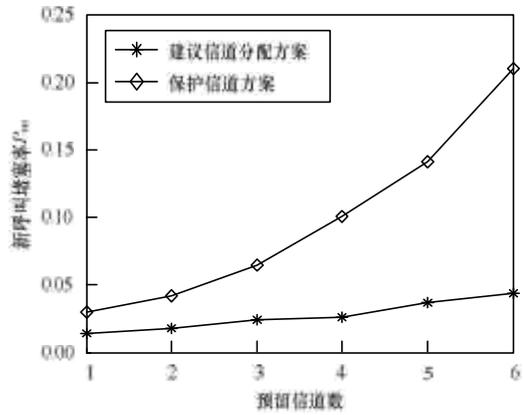


图 7 预留信道数与新呼叫堵塞率的关系

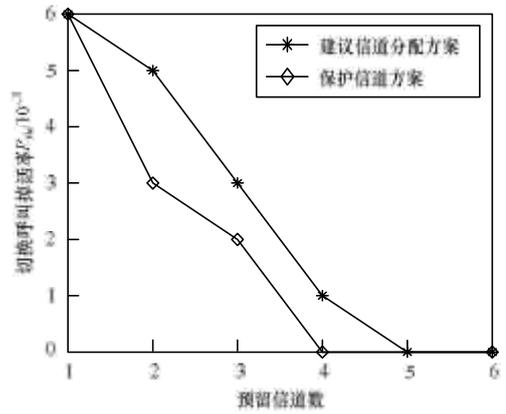


图 8 预留信道数与切换呼叫掉话率的关系

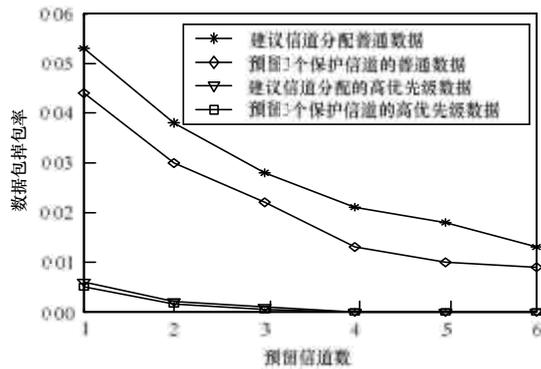


图9 预留信道数与数据包掉包率的关系

从图7~图9可以看出,随着预留信道数的增加,本文建议的信道分配方案与仅预留保护信道方案相比,随着预留信道数的增多, $P_{vn}$ 、 $P_{vh}$ 、 $P_{d1}$ 和 $P_{d2}$ 都在下降,相差不大。但 $P_{vn}$ 增长很慢,得到很大的改善;对于不同类型的数据业务,考虑了不同数据类型的优先级,由图9可得, $P_{d2}$ 远远小于 $P_{d1}$ 。

## 5 结束语

本文提出一种新的基于多优先级业务的呼叫接入控制策略,当切换呼叫的掉话率小于某门限时,新呼叫能以一定的概率使用为切换呼叫预留的保护信道,并考虑了不同数据类型的优先级。通过仿真分析表明,本文的策略在对切换呼叫掉话率影响较小的情况下,可以改善新呼叫的堵塞率,并对数据业务的掉包率影响较小。在数据业务中,采用只有在高优先级队列的数据包为空时普通数据包才能在空闲信道中传输的策略,大大降低了高优先级数据的掉包率。同时考虑了切换呼叫和新呼叫的服务时间不同的情况,能更好地反映实际问题,对网络优化有一定辅助作用。

### 参考文献

- [1] Candan I, Salamah M. Analytical Modeling of a Time-threshold

Based Bandwidth Allocation Scheme for Cellular Networks[J]. Computer Communications, 2007, 30(5): 1036-1043.

- [2] Krishna P V, Misra S. An Efficient Approach for Distributed Dynamic Channel Allocation with Queues for Real-time and Non-real-time Traffic in Cellular Networks[J]. Journal of Systems and Software, 2009, 82(7): 1112-1124.
- [3] Yavuz E A, Victor C M. Efficient Methods for Performance Evaluations of Call Admission Control Schemes in Multi-service Cellular Networks[J]. IEEE Trans. on Wireless Communications, 2008, 7(9): 3468-3476.
- [4] Zheng Zhihua. Performance Analysis of a QoS Guaranteed Dynamic Channel Reservation for Handoff Prioritization in Cellular Mobile Networks[C]//Proc. of the 4th International Conference on Wireless Communications. [S. l.]: IEEE Press, 2008: 1-4.
- [5] 龚文斌, 甘仲民. 多业务移动通信系统中的呼叫接入控制[J]. 通信学报, 2004, 25(3): 18-25.
- [6] Ghani S, Schwartz M. A Decomposition Approximation for the Analysis of Voice/Data Integration[J]. IEEE Trans. on Communications, 1994, 42(7): 2441-2451.
- [7] Fang Yuguang. Call Admission Control Schemes and Performance Analysis in Wireless Mobile Networks[J]. IEEE Trans. on Vehicular Technology, 2002, 51(2): 371-382.
- [8] Performance Analysis of a Cell-based Call Admission Control Scheme[EB/OL]. (2011-11-11). <http://dl.acm.org/citation.cfm?id=1815290>.
- [9] Cellular Neural Networks and Their Applications[EB/OL]. (2011-11-11). <http://www.worldscientific.com/worldscibooks/10.1142/5067>.
- [10] 高嵩. OPNET Modeler 仿真建模大解密[M]. 北京: 电子工业出版社, 2010.

编辑 张正兴

(上接第80页)

### 参考文献

- [1] 周万幸. 天波超视距雷达发展综述[J]. 电子学报, 2011, 39(6): 1374-1378.
- [2] Hu Hongcan, Guo Li, Zhu Junzhu. The Application of Kalman Filter in Initial Alignment Method of Platform Inertial Navigation System[J]. Microelectronics & Computer, 2006, 23(2): 163-165.
- [3] 刘慧霞, 梁颜, 陈绪元, 等. 一种自适应天波超视距雷达航迹融合算法[J]. 电子学报, 2009, 37(6): 1349-1352.
- [4] Pulford G W. OTHR Multipath Tracking with Uncertain Coordinate Registration[J]. IEEE Transactions on Aerospace and Electronic Systems, 2004, 40(1): 38-56.
- [5] 韩崇昭, 朱洪艳, 段战胜. 多源信息融合[M]. 北京: 清华大学出版社, 2006.

- [6] Pulford G W, Evans R J. A Multipath Data Association Tracker for Over-the-horizon Radar[J]. IEEE Transactions on Aerospace and Electronic Systems, 1998, 34(4): 1165-1182.
- [7] 刘慧霞, 杨峰, 梁彦, 等. 基于UKF的超视距雷达跟踪算法研究[J]. 计算机测量与控制, 2005, 13(10): 1094-1095.
- [8] 潘泉, 杨峰, 叶亮, 等. 一类非线性滤波器综述[J]. 控制与决策, 2005, 20(5): 482-487.
- [9] 张学润, 王中东, 何珂, 等. 基于UKF的主动段弹道跟踪算法[J]. 火力与指挥控制, 2011, 3(3): 96-97.
- [10] Su Wanxin. Application of Improved UKF Algorithm in Initial Alignment of SINS[C]//Proc. of the 2nd International Conference on Artificial Intelligence, Management Science and Electronic Commerce. [S. l.]: IEEE Press, 2011: 187-190.

编辑 顾逸斐



