

# 环形无线网络呼叫接入控制模型研究

刘足江, 刘云

(昆明理工大学 信息工程与自动化学院, 云南 昆明 650051)

**摘要:**针对正交频分复用的无线网络中,当用户靠近基站覆盖区域的边缘且需切换通话时,传统排队模型切换失败率较高的问题,提出了在基站覆盖区域里建立一个多环呼叫接入控制模型的方案:将蜂窝设置在同心圆中,通过从所需的资源量中建立移动用户的信元平衡方程来降低切换失败率.仿真结果表明,该模型可降低切换失败率,提高资源利用率.

**关键词:**呼叫接入控制;排队模型;信元平衡方程;环形无线网络

**中图分类号:** TN929.5      **文献标志码:** A      **DOI:** 10.3969/j.issn.2095-476X.2012.06.026

## Study on call admission control model of ring wireless networks

LIU Zu-jiang, LIU Yun

(Faculty of Information Engineering and Automation, Kunming University of Science and Technology, Kunming 650051, China)

**Abstract:** In the orthogonal frequency division multiplexing wireless network (OFDM), when the user close to the edge of the base station coverage area, if you want to switch the call, the traditional queuing models switching have a higher failure rate. A new call admission control model based on the ring was established in a coverage area with cover of the base station, cellular will set in concentric circles, though the amount of resources required to establish the cell balance equation of the mobile users, to reduce switch failure rate. The simulation results showed that the model reduces switch failure rate in the protection channel, and improves resource utilization.

**Key words:** call admission control; queuing model; cell balance equation; ring wireless networks

## 0 引言

不同于传统的 FDMA, TDMA 和 CDMA 网络, OFDM 在接入无线网络(如 3GPP LTE 和 WiMAX)时,分配连接资源主要依靠调度方案和信道质量.比如,资源要求在功率、带宽和时间等方面支持一个固定数据速率,以便更好地定位离基站远的用户.特别是当手机水平切换时,通常位于蜂窝附近,因此要比其他用户消耗更多的资源.目前,国内外

的研究主要集中在网络性能、无线资源管理以及接入控制算法等方面,在资源分配方面,研究 OFDM 系统呼叫接入控制(CAC)性能的文献并不多.

在 CAC 模型中,呼叫通话和结束是利用泊松过程建立简单的 M/M/1 排队模型<sup>[1]</sup>.一些模型考虑信道等待时间和切换,一个电话的接听或者拒绝需要大量准确的资源来满足呼叫拒绝率、切换呼叫失败率以及当前的连接中断率.而在 CAC 中,最需要关心的是实时交换的服务质量(QoS)的速度和延迟

方面的需求.在简单的分析和匹配应用中,需要考虑恒定比特率的交换<sup>[2]</sup>.

CAC 是网络资源管理的重要手段,是解决用户服务质量和提高网络收益的技术关键. CAC 的目标是在保障已有接纳连接服务质量的前提下,充分利用网络资源,接受尽可能多的新连接. 目前, CAC 方案分为 4 类,即设置等待队列方案、完全分离方案、预留信道方案和基于实测网络状态方案. 设置等待队列方案和完全分离方案的缺点是切换呼叫掉线概率较高,静态保护信道方案虽然降低了呼叫掉线率,但新呼叫只能在系统空闲资源且一个特定的门限值时才能接入,有一定的局限性. 基于实测网络状态方案是目前 CAC 主要采取的方案,随着第 4 代移动通信系统模型的随机性越来越强,对 CAC 策略提出了更高的要求<sup>[3]</sup>. 因此,本文提出在基站覆盖区域建立一个多环的模型,来降低切换失败率,以适应第 4 代移动通信系统更强的随机性要求,并解决准确估计已有网络资源中的使用量以及有效地结合呼叫要求来判断能否接受新呼叫的问题.

## 1 系统模型

本移动模型为环型嵌套模型(见图 1). 它将蜂窝设置在同轴圆中,从所需的资源量中获取一个移动基站的距离,考虑一般优质信号和多用户的信道质量. 为了提高手机在信元边界时的切换性能,在各种环形区域中建立移动用户的信元平衡方程,并依据切换呼叫失败率确定手机移动到低信道质量地区时因消耗过多基站资源引起的呼叫失败.

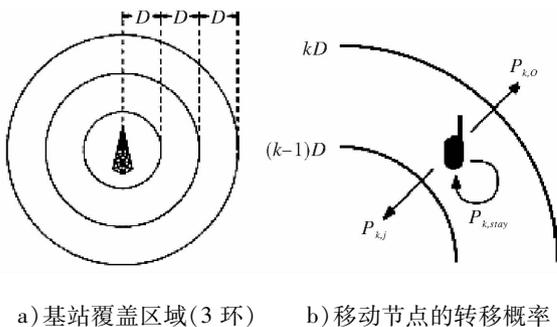


图 1 环型嵌套模型

在模型中,蜂窝是分在  $K$  个同心圆中,每个环的宽度是  $D$ ,最里面那个圆的半径是  $D$ ,图 1a) 展示的是当  $K=3$  时的布局.  $n_k$  是用户在  $k$  个环里面的数量,  $S = (n_1, n_2, \dots, n_k)$  是进入网络的状态,  $\lambda$  为新

呼叫到达速率,  $P_k$  是用户定位在  $k$  个环里的概率. 由此可以得出

$$P_k = \frac{k \text{ 个环区域}}{\text{信元区域}} = \frac{2k-1}{K^2}$$

$\lambda_k = \lambda P_k$  是在  $k$  个环的新呼叫到达速率. 在此假定呼叫等待时间以指数分布,设为  $1/\mu_s$ ,泊松过程切换发生的速率设为  $\lambda_h$ . 如图 1b) 所示,当手机移动进入一个给定的环时,假设在所给的环里的人使用情况符合指数分布,则剩余时间可以设为  $1/\gamma$ . 当通话时间结束后,手机向外移动、向内移动或者在原来环里移动的概率分别设为  $P_{k,0}, P_{k,1}, P_{k,stay}$ , 并且  $P_{k,0} + P_{k,1} + P_{k,stay} = 1$ .

如果手机在原来的环里不动,则符合另一个指数分布,可以设为  $1/\gamma$ .

设  $r_k$  为手机定位在  $k$  个环里的资源需求,如果网络允许交换多种不同类型的服务质量,那么  $r_k$  就是各个环的值. 本文假设环里只有一种类型交换,那么在各个环有一个简单值  $r_k$ ,对基站的总负载记为  $R(S) = \sum_{k=1}^K n_k r_k$ ,基站的容量是  $C$ ,并且切换预留资源的数量和移动性是  $C_g$ .

### 1.1 相关移动系数

现在计算移动系数,手机在临近的环之间移动,产生模型的平衡方程. 在每个环的边界上,向内移动平均速率应该等于向外移动平均速率. 由此,可得

$$\begin{aligned} P_1 \gamma_1 &= P_2 P_{2,1\gamma} \\ P_k P_{k,0\gamma} &= P_{k+1} P_{k+1,1\gamma} \quad k=2, \dots, K-1 \\ P_K P_{K,0\gamma} &= \gamma_R \end{aligned}$$

其中,  $1/\gamma$  和  $1/\gamma_R$  分别为第 1 圈的剩余时间和基站覆盖区域. 假设剩余时间与信元半径成正比,即

$$1/\gamma_R = \alpha R \quad 1/\gamma_1 = \alpha D \quad 1/\gamma = \alpha \frac{D}{2}$$

其中,  $R = KD$  是信元半径,  $\alpha$  取决于手机移动的常数. 假设用户移动的方向不变,得到  $P_{k,stay} = 1/2$ ,即用户在一个给定的环中,停留在环中的概率是  $1/2$ . 由平衡方程可以得到概率  $\{P_{k,1}\}_{k=1}^K$  和  $\{P_{k,0}\}_{k=1}^K$ <sup>[4]</sup>.

此外,切换率定义为  $\lambda_h = \lambda \frac{\gamma R}{\mu}$ ,  $\frac{\gamma R}{\mu}$  为呼叫等待时间与信元停留时间的比.

### 1.2 稳态分析

状态转换可能发生以下情况.

呼叫接听:当手机在第  $k$  个环内有新的呼叫时,如果  $R(S) + r_k \leq C - C_g$ ,那么  $n_k \rightarrow n_k + 1$ ,否则呼叫阻塞.

呼叫结束:当手机呼叫结束在第  $k$  个环内时,  $n_k \rightarrow n_k - 1$ .

切换接通:呼叫连接和切换接通只在第  $k$  个环时,如果  $R(S) + r_k \leq C$ ,那么  $n_k \rightarrow n_k + 1$ ,否则切换失败.

向外移动:当用户在第  $k$  个环里向外移动时,如果  $R(S) + \Delta r_k \geq C$ ,则用户需要保持连接.  $\Delta r_k = r_{k+1} - r_k$  是用户的手机向最外层环移动时所需要增加的资源,用户可以切换到邻近的信元,即  $n_k \rightarrow n_k - 1$ .

向内移动:当用户由第  $k$  个环向内移动,  $k = 2, \dots, K, n_{k-1} \rightarrow n_{k-1} + 1$  和  $n_k \rightarrow n_k - 1$ . 在稳定状态的概率下,  $\{\pi(S)\}_s$  可以从上述所给的状态转换和归一化条件中获得  $\sum all_s \pi(S) = 1$ . 过渡矩阵为  $M * M, M$  是总的状态数. 从上述描述的转换状态,当非零元素为  $M * (4K + 1)$  时最多,用稀疏计算更容易处理<sup>[5]</sup>.

呼叫拒绝率和切换失败率分别定义如下:

$$P_B = \sum_{k=1}^K \sum_{S \in \Omega_k} \pi(S) P_k$$

$$P_f = \sum_{S \in \Gamma} \pi(S)$$

$$\Omega_k = \{S \mid R(S) + r_k > C - C_g\}$$

$$\Gamma = \{S \mid R(S) + r_k > C\}^{[6]}$$

此外,呼叫拒绝率是由于手机的移动性,所以引入呼叫掉线率  $P_D$ . 一个呼叫被拒绝可能是因为向外移动需要更多的资源. 当用户向内移动,因为用户需要的资源较少,就不会阻塞. 由此,可以定义

$$P_D = \sum_{S \in \Psi_1} \pi(S) P_1 + \sum_{k=2}^K \sum_{S \in \Psi_k} \pi(S) P_k P_{k,0}$$

$$\Psi_k = \{S \mid R(S) - r_k + r_{k+1} \geq C\}$$

预留资源  $C_g$  可以配置向外移动呼叫,也可以切换呼叫. 否则,即使在移动性低的环境中,  $P_D$  比  $P_f$  更重要.

## 2 仿真结果与分析

### 2.1 模拟参数

首先在每个环上使用模拟来获得所需的资源  $r_k$ ,设置基于模拟参数的 3GPP LTE 系统,蜂窝边界

设为  $R = 300$  m,  $K = 3$ . 基站的总传送功率设为 43 dBm,误码率的目标为 0.1%,噪声功率密度  $N_0 = -174$  dBm/Hz,路径损耗  $39.95 + 43.375 \log_{10}(d/10)$ ,  $d$  是到基站的距离/m. 3GPP 是典型城市区域,将频率设为 6 个开发衰落信道,可用带宽为 5 GHz 频段,其中包含 25 个资源块,所有的资源块由 12 个组成,间距为 15 kHz. 在资源块  $j$  中,用户  $i$  的数据速率是  $R_{i,j} = 12 \log_2(1 + \beta SNR_{i,j})$ ,  $\beta = \frac{1.5}{-\ln(5BER)}$ ;  $SNR_{i,j}$  表示 SNR 的用户  $i$  在资源块  $j$  中覆盖超过 12,  $BER$  为误码率. 在基站和用户设备(UE)的单天线配置中,CBR 数据速率目标是 10 kb/s<sup>[7]</sup>.

当目标数据速率可以支持部分资源块时(即资源块不需要用于连续时间领域),假设基站用作分时. 在仿真中,模拟给一个用户的资源数量少于给其他用户的资源量,在 CBR 交换调度的基础上研究最大最小法<sup>[8]</sup>. 所需的资源是衡量支持 CBR 目标率的资源量,假设一个能量分配超过频分带宽,那么证明达到饱和后对多用户调度影响不大.

图 2 为用户在每个环中资源平均需求,观察当环为 500 圈的模拟情况. 在每个成员  $r$  足够小时注意差别,3 个环足够模拟信元模型. 如果当  $r_1 = 1$  时,  $r$  可以近似等于 (1, 1.5, 2),即一个用户在第 3 圈需要的资源可能是最内层用户所需资源的 2 倍.

### 2.2 性能分析比较

为了更好地证明所提出的基于环的模型,需要考虑当信元  $r = (1, 1, 1)$  时的情况,将它同传统的排队模型进行比较,在不同的信道以及不同的环中可以发现,阻塞和切换失败率更符合这 2 种模型.

下面考虑当  $r = (1, 1.5, 2)$  以及  $C = 30$  时的情况,给出不同的保护信道,如  $0 < C_g < 7$ . 呼叫到达率  $\lambda = 0.08$  calls/s,呼叫等待时间  $1/\mu = 100$  s,并且令  $\alpha = 1/3$ ,所以  $\lambda_h = \lambda$ . 为了方便比较,本文改变了传统排队模型,得出手机在平均区域需要信元的资源. 图 3 为性能指标  $P_B, P_f$  和  $P_D$  在传统的和基于环的排队模型中的状况. 从中可以看出,只有  $P_D$  可以用于基于环的排队模型,并且误差值很小,因为保护通道可以配置手机,当手机向外移动时可以切换. 当  $C_g = 0, P_f$  稍微高于  $P_B$  所需的资源,所以不能在传统的排队模型中观察. 从图 3 可知,当基础模型  $K = 1$  时,只要  $C_g$  增加,  $P_f$  低估所关注 3 个环的模

型. 这是因为发生切换呼叫进入信元边界, 它需要比在信元内调用更多的资源.

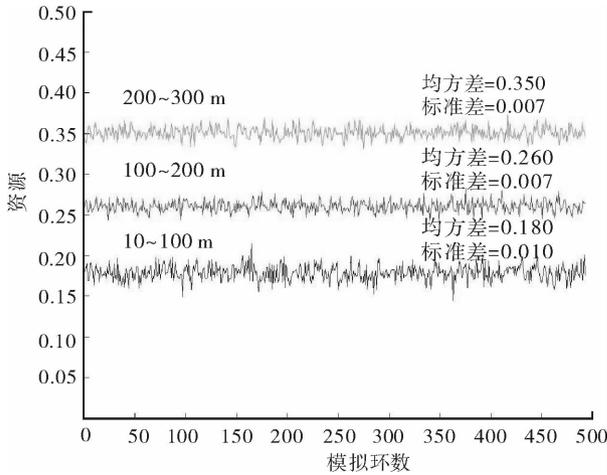


图2 在信元的3层环中所需的资源量

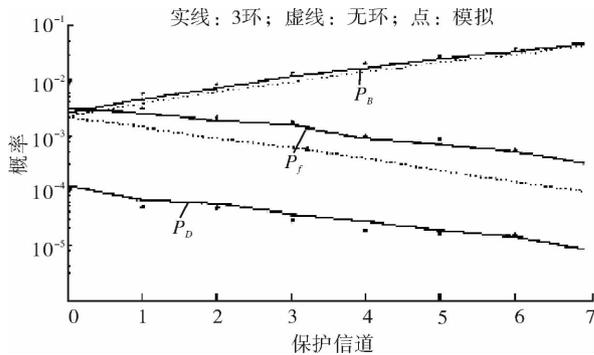


图3  $P_B, P_f$  和  $P_D$  在传统的和基于环的排队模型中的比较

### 3 结论

本文提出了在基站覆盖区域里建立一个多环移动呼叫接入控制模型, 将蜂窝设置在同心圆中, 通

过基于 3GPP LTE 系统的大量模拟, 获得每个环形区域 CBR 交换需要的资源量, 以此建立移动用户的信元平衡方程. 与传统的排队模型相比, 该模型更适合用于环形区域. 该模型主要是改进性能关系, 可以通过足够的保护信道来降低掉线率.

### 参考文献:

- [1] Niyato D, Hossain E. Call admission control for QoS provisioning in 4G wireless networks: Issues and approaches [J]. IEEE Network, 2005, 19(5):5.
- [2] Tao M, Liang Y C, Zhang F. Resource allocation for delay differentiated traffic in multiuser OFDM systems [J]. IEEE Trans Wireless Commun, 2008, 7(6):2109.
- [3] Shen Z, Andrews J G, Evans B L. Adaptive resource allocation in multiuser OFDM systems with proportional fairness [J]. IEEE Trans Wireless Commun, 2005, 4(6):2726.
- [4] Ali S H, Lee Ki-Dong, Leung V C M. Dynamic resource allocation in OFDMA wireless metropolitan area networks [J]. IEEE Wireless Commun, 2007, 14(1):6.
- [5] Rong Bo, Qian Yi, Lu Kejie. Integrated downlink resource management for multiservice WiMAX networks [J]. IEEE Transactions on Mobile Comp, 2007, 6(6):621.
- [6] Ramjee R, Nagarajan R, Towsley D. On optimal call admission control in cellular networks [J]. Wireless Networks, 1997, 3(1):29.
- [7] Majid G, Raouf B. Call admission control in mobile cellular networks a comprehensive survey [J]. Wireless Commun and Mobile Comp, 2006, 6(1):69.
- [8] Rhee W, Cioffi J M. Increase in capacity of multiuser OFDM system using dynamic subchannel allocation [C]//Proc IEEE VTC, Tokyo: IEEE Press, 2000:1085-1089.