

TD-SCDMA 系统接力切换技术

石文孝, 李海波, 龚 静

(吉林大学 通信工程学院, 长春 130012)

摘要:在对蜂窝网络中切换算法研究的基础上,提出了 TD-SCDMA 系统中基于预留信道的自适应门限优先排队算法,并进行了系统仿真。仿真结果表明,该算法实现了 VIP 和快速移动用户的优先接入,在系统切换呼叫到达率较高时,能有效地降低用户接力切换呼叫的掉线率,高效地利用信道资源,提高了系统的 QoS。本文提出的算法与优先级算法相比,切换失败率降低了 50%。尤其是在高速移动台环境下,这种改进更加明显。

关键词:通信技术; TD-SCDMA; 无线资源管理; 接力切换; 优先级

中图分类号: TN929.5 **文献标识码:**A **文章编号:**1671-5497(2009)05-1358-06

Technology of baton handover in TD-SCDMA systems

SHI Wen-xiao, LI Hai-bo, GONG Jing

(College of Communication Engineering, Jilin University, Changchun 130012, China)

Abstract: After the investigation of the existing Baton Handover (BH) algorithms in cellular networks, a new BH algorithm in the Time Division Synchronous Code Division Multiple Access (TD-SCDMA) system is developed, which is called resource reservation based preferential queuing scheme with self-adaptive threshold. Simulation results show that this algorithm improves the PRI of VIP and high rate users. When the call rate of handover is higher, the division of users can improve the QoS of the system and the efficiency of the total channel utilization. The BH lost rate by the new method is reduced by 50% compared with the PRI method. The advantage of this new method is more obvious as the user move rate is high.

Key words: communication; TD-SCDMA; radio resource management (RRM); baton handover (BH); priority(PRI)

TD-SCDMA (Time division synchronous code division multiple access) 是由中国提出的拥有自主知识产权的第三代移动通信标准, 其研发一直受到国家的高度重视, 很多关键技术已成为国内外研究的热点^[1-5]。接力切换(Baton handover)是 TD-SCDMA 系统的核心技术之一, 优秀的接力切换算法能够为有切换呼叫请求的用户在两个相邻基站间提供更加高效和可靠的切换

服务, 从而提高系统通信质量和系统容量^[6-7]。本文针对 TD-SCDMA 系统中现有接力切换算法的不足, 提出改进算法来降低用户呼叫的阻塞率, 提高信道利用率。

1 移动台属性分析

基站不断采集切换请求前的各种移动台(User equipment, UE)相关信息, 将切换前和切

收稿日期: 2008-04-22.

基金项目: 吉林省科技发展计划项目(20070526).

作者简介: 石文孝(1960-), 男, 教授, 研究方向: 宽带移动通信与无线接入技术. E-mail: swx@jlu.edu.cn

换时多次测量的导频强度($P(t)$)、进入队列的时间先后、距离、速度、方向、加速度、是否为 VIP 用户等属性按照一定的比例加以调整。

实际情况中,UE 的移动方向(F)是不断变化的,定义移动方向如下^[8]

$$F = \begin{cases} -1, & S(t) < 0 \text{ 移动台逐渐远离目标基站} \\ 1, & S(t) = 0 \text{ 移动台与目标基站相对稳定} \\ 1, & S(t) > 0 \text{ 移动台逐渐靠近目标基站} \end{cases}$$
(1)

UE 的速度为

$$V(t) = \frac{S(t+t') - S(t)}{t'} \quad (2)$$

加速度为

$$V'(t) = \frac{V(t+t') - V(t)}{t'} \quad (3)$$

在移动通信用户中,VIP 用户能够创造比普通用户更多的价值^[9],因此,移动通信网络提供商非常重视对 VIP 用户的服务质量。于是,本文在切换中赋予 VIP 用户更高的优先级,使得 VIP 用户的满意度显著提高。

2 基于预留信道的自适应门限优先排队算法

本文根据 UE 沿着基站方向的速度的高低将移动用户分为快速用户和慢速用户两种。对于慢速移动用户,切换参数门限值保持不变;对于快速移动用户,让切换参数门限值按照沿基站方向的速度的高低进行自适应改变,使切换参数门限要求适当降低,从而更容易满足切换条件,获得切换的优先权。本文在优先级排队算法的基础上,提出了一种基于预留信道的自适应门限优先排队算法,算法的切换判决流程如图 1 所示。

2.1 自适应门限的确定

根据 UE 移动速度选定不同的门限值^[9-12]

$$RSCP_{DL_DROP}_{\text{自适应}} = RSCP_{DL_DROP} + (V_{\text{沿基站方向}}/V_{\text{门限}}) \times \omega_1 \quad (4)$$

$$RSCP_{DL_ADD}_{\text{自适应}} = RSCP_{DL_ADD} + (V_{\text{沿基站方向}}/V_{\text{门限}}) \times \omega_2 \quad (5)$$

$$RSCP_{DL_COMP}_{\text{自适应}} = RSCP_{DL_COMP} + (V_{\text{沿基站方向}}/V_{\text{门限}}) \times \omega_3 \quad (6)$$

$$T_{\text{自适应}} = T \times (V_{\text{门限}}/V_{\text{沿基站方向}}) \times \omega_4 \quad (7)$$

式中: $RSCP_{DL_DROP}$ 为切换测量启动门限; $RSCP_{DL_ADD}$ 为相邻小区 PCCPCH_RSCP (UE 测量到的当前服务小区主公共控制信道的

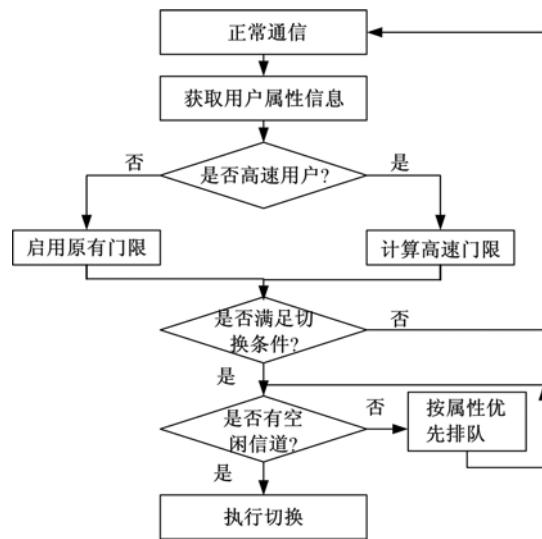


图 1 切换判决流程

Fig. 1 Adjudge flow of BH

接收信号功率)检测门限; $RSCP_{DL_COMP}$ 为切换过程中使用的滞后量; T 为切换计时器; ω_1 、 ω_2 、 ω_3 、 ω_4 为调整权值。

基于预留信道的自适应门限优先排队算法切换判决标准如下^[10]

$$\begin{aligned} PCCPCH_{RSCP}_{\text{serving}} < \\ RSCP_{DL_DROP}_{\text{自适应}} (\text{持续时间 } T_{1\text{自适应}}) \end{aligned} \quad (8)$$

$$\begin{aligned} PCCPCH_{RSCP}_{\text{adjacent}} > \\ RSCP_{DL_ADD}_{\text{自适应}} (\text{持续时间 } T_{2\text{自适应}}) \end{aligned} \quad (9)$$

$$\begin{aligned} PCCPCH_{RSCP}_{\text{adjacent}} - PCCPCH_{RSCP}_{\text{serving}} > \\ RSCP_{DL_COMP}_{\text{自适应}} (\text{持续时间 } T_{3\text{自适应}}) \end{aligned} \quad (10)$$

式中: $T_{1\text{自适应}}$ 、 $T_{2\text{自适应}}$ 、 $T_{3\text{自适应}}$ 为切换计时器门限。

2.2 优先级的确定

根据移动台属性的分析,本文对进入队列的优先级(PRI)定义如下

$$PRI = VIP \times \left\{ \sum_{i=1}^4 [V'(t) \times P(t) \times A] \right\} \times F + V_{\text{add}}(t) \times P_{\text{add}}(t) \times T_{\text{waited}} \quad (11)$$

式中: A 为切换前的 4 次对 $P(t)$ 和 $V'(t)$ 进行调整的调整因子; $\sum_{i=1}^4 [V'(t) \times P(t) \times A]$ 为前 4 次的调整值; $V_{\text{add}}(t)$ 为发出切换请求时的移动速度; $P_{\text{add}}(t)$ 为发出切换请求时的导频强度; T_{waited} 为 UE 在队列中的等待时间。

为便于分析,本文赋予 4 个优先级:普通低速

用户最低,普通高速用户次之,VIP 低速用户次高,VIP 高速用户最高。根据以上的分析,本文确定的优先排队切换过程如图 2 所示。

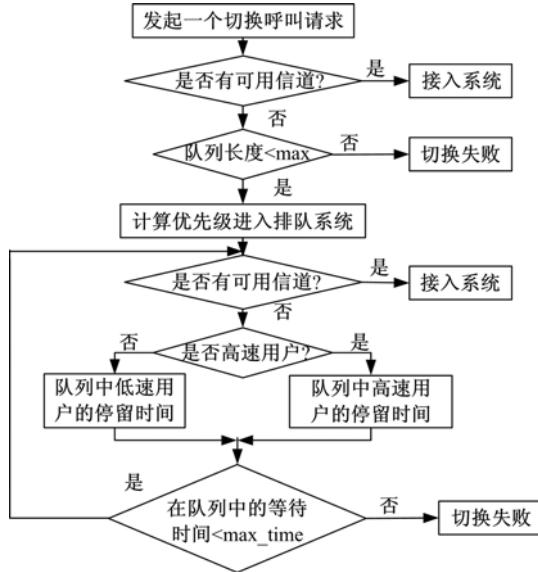


图 2 优先排队的切换执行过程

Fig. 2 Handover implement process of preferential queuing

2.3 性能分析

为了分析基于预留信道的自适应门限优先排队算法的系统性能,建立一个二维 Markov 排队模型,如图 3 所示。模型的每个节点(i, j)代表系统的一个状态, i 表示小区中切换用户数, j 表示

$$\begin{aligned}
 & (\lambda_0 + \lambda_n) p(0,0) = \mu(p(0,1) + p(1,0)) \\
 & (\lambda_0 + \lambda_n + j\mu) p(0,j) = \lambda_n p(0,j-1) + \min(c, j+1)\mu p(0,j+1) + \mu p(1,j), 1 \leq j \leq S-1 \\
 & (\lambda_0 + \min(c, S)\mu) p(0,S) = \lambda_n p(0,S-1) + \mu p(1,S) \\
 & (\lambda_i + \lambda_n + i\mu) p(i,0) = \lambda_{i-1} p(i-1,0) + \mu p(i,1) + (i+1)\mu p(i+1,0), 1 \leq i \leq c_4 - 1 \\
 & (\lambda_i + \lambda_n + i\mu + \min(N+M-i, j)\mu) p(i,j) = \lambda_n p(i,j-1) + \lambda_{i-1} p(i-1,j) + \\
 & \quad \min(N+M-i, j+1)\mu p(i,j+1) + (i+1)\mu p(i+1,j) \begin{cases} 1 \leq i \leq c_4 - 1 \\ 1 \leq j \leq S-1 \end{cases} \\
 & (\lambda_i + i\mu + \min(N+M-i, S)\mu) p(i,S) = \lambda_n p(i,S-1) + \lambda_{i-1} p(i-1,S) + \\
 & \quad (i+1)\mu p(i+1,S), 1 \leq i \leq c_4 - 1 \\
 & (\lambda_n + c_4 \mu) p(c_4,0) = \lambda_{c_4-1} p(c_4-1,0) + \mu p(c_4,1) \\
 & (\lambda_n + c_4 \mu + \min(N, j)\mu) p(c_4,j) = \lambda_n p(c_4,j-1) + \lambda_{c_4-1} p(c_4-1,j) + \\
 & \quad \min(N, j+1)\mu p(c_4,j+1), 1 \leq j \leq S-1 \\
 & (c_4 \mu + \min(N, S)\mu) p(c_4,S) = \lambda_n p(c_4,S-1) + \lambda_{c_4-1} p(c_4-1,S) \\
 & \sum_{i=1}^{c_4} \sum_{j=0}^S p(i,j) = 1
 \end{aligned} \tag{15}$$

小区中新呼叫用户数;这里假设小区内有 $N+M$ 个信道,其中 M 个预留给切换用户使用, N 个信道被本小区产生的新呼叫用户使用^[13]; λ_n 为新呼叫用户请求的平均到达率; $1/\mu$ 为新呼叫或者切换用户对应的一个服务持续时间; c_1, c_2, c_3, c_4 分别为 VIP 高速、VIP 低速、普通高速、普通低速的切换用户业务信道; S 为等待队列长度最大值,排队规则为先到先服务。

假设 $\lambda_{vqh}, \lambda_{vsh}, \lambda_{nqh}, \lambda_{nsh}$ 分别为切换业务的 VIP 高速、VIP 低速、普通高速、普通低速用户的切换到达率,那么切换用户的到达率为

$$\lambda_i = \begin{cases} \lambda_{vqh} + \lambda_{vsh} + \lambda_{nqh} + \lambda_{nsh}, 0 \leq i \leq c_1 \\ \lambda_{vqh} + \lambda_{vsh} + \lambda_{nqh}, c_1 \leq i \leq c_2 \\ \lambda_{vqh} + \lambda_{vsh}, c_2 \leq i \leq c_3 \\ \lambda_{vqh}, c_3 \leq i \leq c_4 \end{cases} \tag{12}$$

系统呼叫强度为

$$\rho = \frac{\lambda_n + \lambda_{vqh} + \lambda_{vsh} + \lambda_{nqh} + \lambda_{nsh}}{\mu} \tag{13}$$

相对移动因子为

$$\epsilon = \frac{\lambda_{vqh} + \lambda_{vsh} + \lambda_{nqh} + \lambda_{nsh}}{\lambda_n + \lambda_{vqh} + \lambda_{vsh} + \lambda_{nqh} + \lambda_{nsh}} \tag{14}$$

图 3 从横向看,是一个一维的独立概率分布;从纵向看,是一个一维的独立条件概率分布,由图 3 可求得系统的平衡状态方程组为

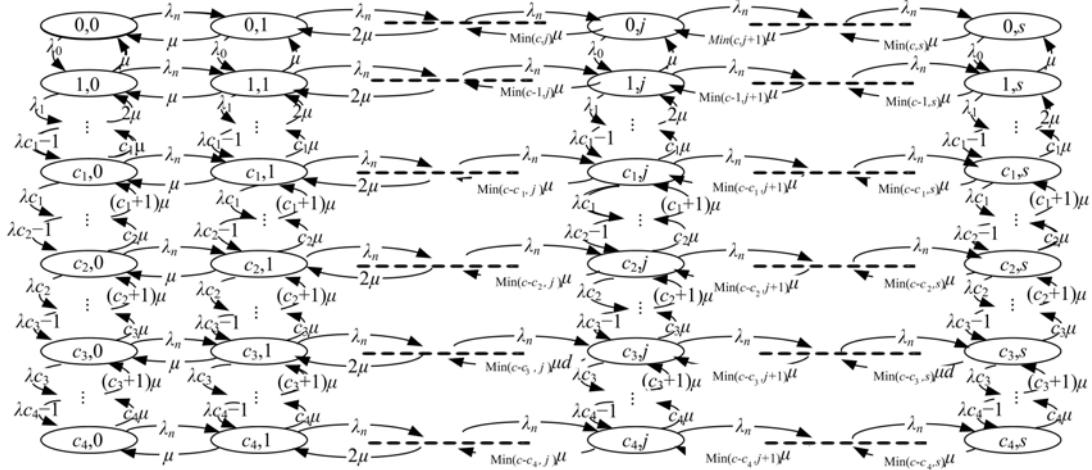


图 3 改进方案马尔柯夫排队模型

Fig. 3 Markov model of improved scheme

通过解式(15)能得到 $p(i, j)$, 由此可以得到

$$P_{\text{vqb}} = \sum_{i=c_1}^{c_4} \sum_{j=0}^s P(i, j) \quad (16)$$

$$P_{\text{vsb}} = \sum_{i=c_2}^{c_4} \sum_{j=0}^s P(i, j) \quad (17)$$

$$P_{\text{nqb}} = \sum_{i=c_3}^{c_4} \sum_{j=0}^s P(i, j) \quad (18)$$

$$P_{\text{nsb}} = \sum_{j=0}^s P(c_4, j) \quad (19)$$

$$P_{\text{nrb}} = \sum_{i=0}^{c_4} P(i, s) \quad (20)$$

式中: P_{vqb} 、 P_{vsb} 、 P_{nqb} 、 P_{nsb} 分别为 VIP 高速用户、VIP 低速用户、普通高速用户和普通低速用户的切换掉线率。

为了反映不同类型用户的服务质量对整个系统的影响, 本文引入了参数 CBP(Combined Block Probability), 所以不同类型用户切换呼叫掉线率的加权平均表达式为^[14]

$$P_b = \alpha(\gamma P_{\text{vqb}} + \lambda P_{\text{vsb}}) + \beta(\gamma P_{\text{nqb}} + \lambda P_{\text{nsb}}) \quad (21)$$

式中: $\gamma + \lambda = 1$, 且 $\gamma > \lambda$; $\alpha + \beta = 1$, 且 $\alpha > \beta$ 。

3 仿真结果与分析

为了验证所提出算法的系统性能, 本文进行了计算机仿真分析比较。仿真条件简述如下:

(1) 网络模型: 7 小区单载频 WrapAround 模型^[15], 小区半径 1500 m, 每个小区的覆盖相同, 负荷均匀, 上下行时隙对称, 均为 3 个, 用户位置均匀随机分布。

(2) 系统模型: 基站的信道为 60 个, 排队队列长度为 20 个。

(3) 移动性模型: 主要考虑服务区域内行人和车辆的移动速度和速度变化, 假定 UE 在发出切换请求后, 移动速度为匀速。

(4) 业务模型: 移动台速度大于 40 km/h, 停留时间为 60 s; 低于 40 km/h, 停留时间为 120 s。

通过 Matlab 仿真得到仿真结果如图 4~图 10 所示。

图 4 为不同切换算法切换失败情况对比结果, 由图可见, 改进算法的失败率有所降低。在系统趋于稳定时, 改进算法系统的失败率为 0.08 次/s, 优先级的失败率为 0.16 次/s, 切换的失败率降低了 50% 左右。这是因为改进算法在原有的优先级排队算法的基础上增加了 VIP 这一排队属性, 在某种程度上提高了系统的效益, 并且考虑了根据移动台移动速度的大小自适应改变门限的问题, 从而大大改变了切换效果。通过仿真分

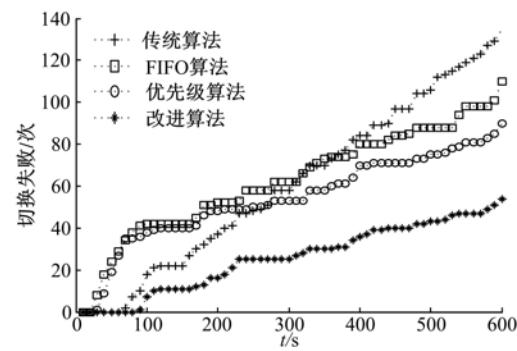


图 4 四种算法切换失败的对比结果

Fig. 4 Lost handover of four arithmetics

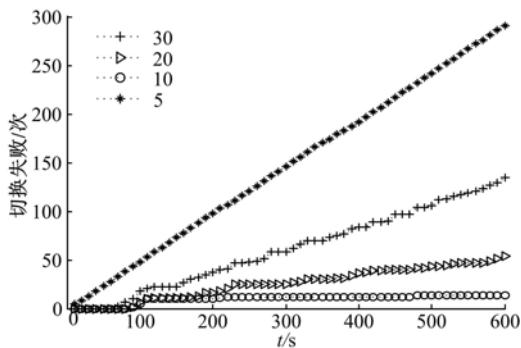


图 5 不同缓存长度的仿真结果

Fig. 5 Lost handover of different catabatic length

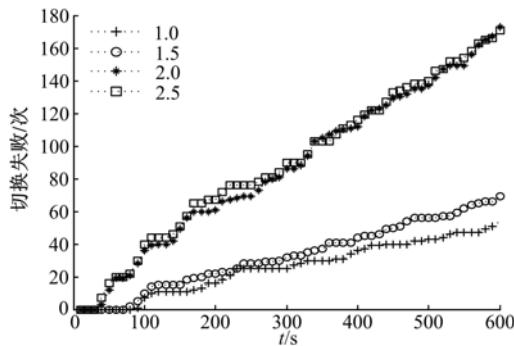


图 6 不同用户到达率的仿真结果

Fig. 6 Lost handover for come rate of different users

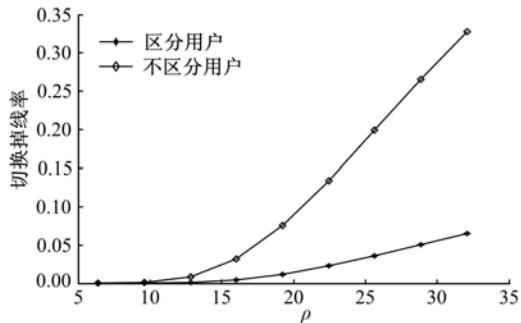


图 7 区分用户后的切换掉线率对比

Fig. 7 Lost rate handover of partition users

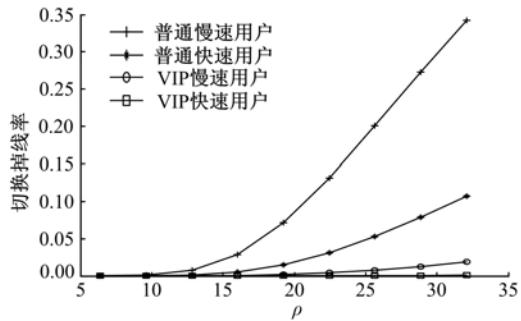


图 8 不同属性用户的切换掉线率

Fig. 8 Handover lost rate of different users

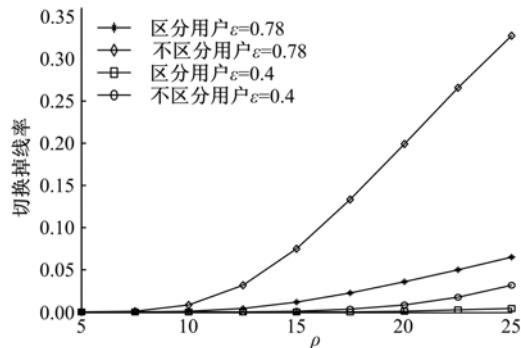


图 9 不同移动因子的切换掉线率

Fig. 9 Handover lost rate of different move factor

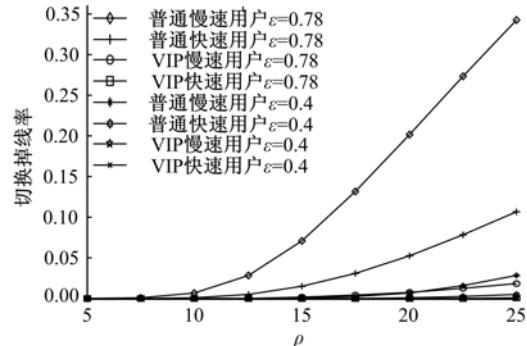


图 10 不同用户的不同移动因子的切换掉线率

Fig. 10 Handover lost rate for diff move factor of different users

析还可以看出,改进算法适合在多个用户高速移动台的环境下使用。

图 5 为不同缓存队列长度的仿真结果,可以看出,缓存队列不能过长,也不能过短,系统的缓存队列在 10~20 比较合适,如何使缓存队列与系统负荷达到平衡,要根据具体的应用环境进行调整。

图 6 为不同的用户到达率对切换性能的影响。从图中可以看出,每秒到达 1~1.5 个用户时的系统性能要比每秒到达 2~2.5 个的好一些。

图 7 为 $\epsilon=0.4$ 时,区分用户与未区分用户的切换掉线率对比结果,可见,随着系统呼叫强度的增加,系统的各种呼叫阻塞率都处于增加的趋势;有用户区分的切换掉线率明显低于未进行用户区分的切换掉线率。当 $\rho=25$ 时,掉线率降低了 15%。这是因为进行了用户区分后,按照优先级顺序进行排队,使得基于切换的高速移动用户和给系统带来较大收益的 VIP 用户得到了优先服务,提高了切换的成功率。

图 8 为 $\epsilon=0.4$ 区分用户属性的用户切换失败率,从图中可以看出,随着用户优先级的增加,

切换失败率依次递减,验证了本文所研究的提高优先级用户的切换成功率的算法。

图9和图10分别为 $\epsilon=0.4$ 和 $\epsilon=0.78$ 的情况下,区分和未区分用户的切换失败率的对比情况。从图中可以看出,随着相对移动因子的增大,各种切换用户的掉线率都有所增加,并且未区分的用户掉线率的增加速度高于进行区分的用户掉线率的增加速度,从而可以看出本文提出的算法对切换用户的切换掉线率得到了一定的控制。

4 结束语

本文在研究了TD-SCDMA技术和现有切换算法的基础上,提出了基于预留信道的自适应门限优先排队算法,并进行了仿真分析。仿真结果表明,与传统算法、FIFO算法、优先级算法相比,本文提出的算法进一步降低了切换的失败率。其中本文提出的算法与优先级算法相比降低了50%。本文提出的算法适合在高速移动台终端环境下使用。

参考文献:

- [1] Song Wei, Zhuang Wei-hua. Load balancing for cellular/WLAN integrated networks[J]. IEEE Network 2007, 21(1):27-33.
- [2] Liao Ching-yu, Chang Chung-ju, Wang Li-chun, et al. A joint power and rate assignment algorithm for multirate soft handoffs in mixed-size WCDMA cellular systems[J]. IEEE Transactions on Vehicular Technology, 2007, 56(3):1388-1398.
- [3] Zeng Qing-an, Agrawal Dharma P. Modeling and efficient handling of handoffs in integrated wireless mobile networks[J]. IEEE Transactions on Vehicular Technology, 2002, 51(6):1469-1478.
- [4] Wang Ying, Ho Pin-han, Shen Sherman, et al. Modularized two-step vertical handoff scheme in integrated WWAN and WLAN[C]// High Performance Switching and Routing, Hongkong, China, 2005.
- [5] Cho Hyang Duck, Park Jae Kyun, Ko Wadin, et al. A study on the MCHO method in hard handover and soft handover between WLAN and CDMA[C]// Consumer Electronics, Las Vegas, NV, United States, 2005.
- [6] 朱东照,罗建迪,汪丁鼎,等. TD-SCDMA无线网络规划设计与优化[M].北京:人民邮电出版社,2007.
- [7] 彭木根,王文博. TD-SCDMA移动通信系统[M].北京:机械工业出版社,2007.
- [8] 郭伶燕. 接力切换对TD-SCDMA的影响和控制[D].广州:中山大学信息科学与技术学院,2005. Guo Ling-yan. The influence and control of baton handover in TD-SCDMA mobile system[D]. Guangzhou: School of Information Science and Technology, Zhongshan University, 2005.
- [9] 李世鹤. TD-SCDMA第三代移动通信系统标准[M].北京:人民邮电出版社,2003.
- [10] 田雨,李方伟. TD-SCDMA系统的自适应门限接力切换[J].中国无线电,2006, 6:43-46. Tian Yu, Li Fang-wei. The auto suit limit baton handover of TD-SCDMA system[J]. Chinese Wireless, 2006, 6:43-46.
- [11] 文红玲,谢永斌. TD-SCDMA系统接力切换技术[J].中国无线电,2005, 8(12): 40-42. Wen Hong-ling, Xie Yong-bin. Baton handover technology of TD-SCDMA system [J]. Chinese Wireless, 2005, 8(12):40-42.
- [12] 李春滨,马建仓. TD-SCDMA系统接力切换技术及仿真[J].信息安全与通信保密,2006(7):157-159. Li Chun-bin, Ma Jian-cang. Analysis and simulation of baton handover technique in TD-SCDMA system [J]. Information Safety and Communication Secrecy, 2006(7): 157-159.
- [13] 曹水仁. 移动通信系统中的切换控制算法研究[D].昆明:昆明理工大学信息工程与自动化学院,2006. Cao Shui-ren. The study of handoff control in mobile communication system[D]. Kunming: School of Information Engineering and Automation, Kunming Science and Industry University, 2006.
- [14] 桂宁,秦亮杰,陈松乔,等. 基于用户区分的无线蜂窝网络的呼叫接入控制[J].计算机工程与应用,2006, 10:125-127. Gui Ning, Qin Liang-jie, Chen Song-qiao, et al. The call admission control algorithm in the wireless cell network based on customer differentiating[J]. Computer Engine and Application, 2006, 10: 125-127.
- [15] 文红玲,秦飞,孔祥德,等. TD-SCDMA系统接力切换的研究及其仿真[J].移动通信,2005, 29(11): 95-98. Wen Hong-ling, Qin Fei, Kong Xiang-de, et al. The study and simulation of baton handover technology in TD-SCDMA system[J]. Mobile Communication, 2005, 29(11):95-98.