

Research of Rapid Baton Handover Based on GIS

Jun Chen¹, Xian Li², Zongming Cai¹

¹FiberHome Telecommunication Technologies Co., Ltd., Wuhan Hubei

²Hubei Telecommunication Planning and Design Co., Ltd., Wuhan Hubei

Email: 18907189742@qq.com

Received: Jan. 28th, 2015; accepted: Feb. 8th, 2015; published: Feb. 12th, 2015

Copyright © 2015 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

Abstract

For the current baton handover technology of TD-SCDMA system, there are high rate of dropped calls and low switching efficiency in the high-speed environment. The thesis has made improvements for the relay switch algorithm. It advanced the rapid relay switching algorithm based on the location of base station, which could solve the situation of the mobile terminal dropped calls in the baton handover system; when the mobile terminal occurs to relay switching in the high-speed environment, this algorithm improves the performance of the system.

Keywords

TD-SCDMA, Baton Handover, NodeB Location

基于地理信息系统的快速接力切换算法研究

陈俊¹, 李 娴², 蔡宗明¹

¹烽火通信科技股份有限公司, 湖北 武汉

²湖北邮电规划设计有限公司, 湖北 武汉

Email: 18907189742@qq.com

收稿日期: 2015年1月28日; 录用日期: 2015年2月8日; 发布日期: 2015年2月12日

摘要

针对目前TD-SCDMA系统中接力切换技术在高速环境下存在着掉话率高，切换效率较低的情况，本论文对接力切换算法做了改进，提出了基于基站的地理位置信息的快速接力切换算法，这种算法可以解决接力切换在高速环境下移动终端来不及切换而发生掉话的情况，提高了系统的性能。

关键词

TD-SCDMA，接力切换，基站位置

1. 引言

2009年1月，工业和信息化部为中国移动、中国电信和中国联通发放了第三代移动通信(3G)牌照，此举标志着我国进入3G时代。但是，在目前已进行的网络测试及优化过程中，TD-SCDMA系统还存在着许多的问题，为推动TD-SCDMA网络的商用进程，TD-SCDMA网络优化工作势在必行，而在TD-SCDMA网络优化中，对接力切换性能的优化是重中之重[1]。

目前，中国已经研发成功时速500公里的高速列车，动车组速度为250 km/h以上，高铁时代来临了。对于高速行驶的列车，快速高效的切换很重要，而目前我国的TD-SCDMA的接力切换算法对于UE的速度只能达到120 km/h，因此在高速行驶的列车沿线，TD-SCDMA手机的掉话率非常高。针对这种情况我们提出基于基站地理信息的快速切换算法，该算法具有与时俱进的特征，从3G走向LTE网络时代，上行FE颗粒带宽有利于信息传输与控制。

2. TD-SCDMA 系统的接力切换算法

目前，TD-SCDMA系统中接力切换算法采用基于导频强度准则和滞后门限算法：

$$\begin{cases} \text{PCCPCH_RSCP}_{\text{candidate}} > \text{RSCP_ADD}, \text{且持续时间为} T_1; \\ \text{PCCPCH_RSCP}_{\text{candidate}} - \text{PCCPCH_RSCP}_{\text{servicing}} > \text{RSCP_COMP}, \text{且持续时间为} T_2; \end{cases}$$

当UE在T1时间内接收到的相邻小区的PCCPCH信号强度持续高于一个给定的门限值RSCP_ADD，并且在T2时间内接收到的相邻小区PCCPCH信号强度与接收到的当前服务小区PCCPCH信号强度之差持续大于切换迟滞(RSCP_COMP)时，将发生接力切换过程[2]。在TD-SCDMA系统中，移动台的精确定位采用了智能天线技术。基站利用天线阵估计UE的DOA，然后通过信号的往返时延或者路径损耗，确定UE到达NodeB的距离，这样，通过UE的方位DOA和UE与NodeB的距离信息，基站可以确知UE的位置信息，如图1所示。TD-SCDMA系统可以利用这个先天优势，将位置信息作为辅助信息来进行切换判决，图2表示为切换判决过程。

3. 基于GIS的接力切换算法

根据TD-SCDMA设计标准，移动终端的速度在120 km/h的范围之内，实验室理论峰值为250 km/h，覆盖范围最大可以达到11.25 km [3] [4]，这个数值是可以根据上下行保护时隙计算得到的，那么我们在满足覆盖，容量和服务质量的小区，我们可以划分特定的区域，我们可以把接力切换的公式做一下如下的改进：

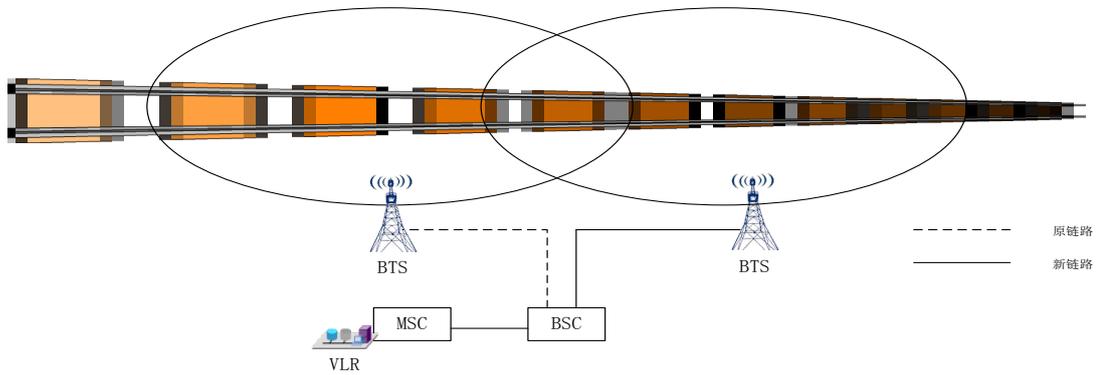


Figure 1. Schematic diagram of handoff with a BSC
图 1. 同一个 BSC 的越区切换示意图

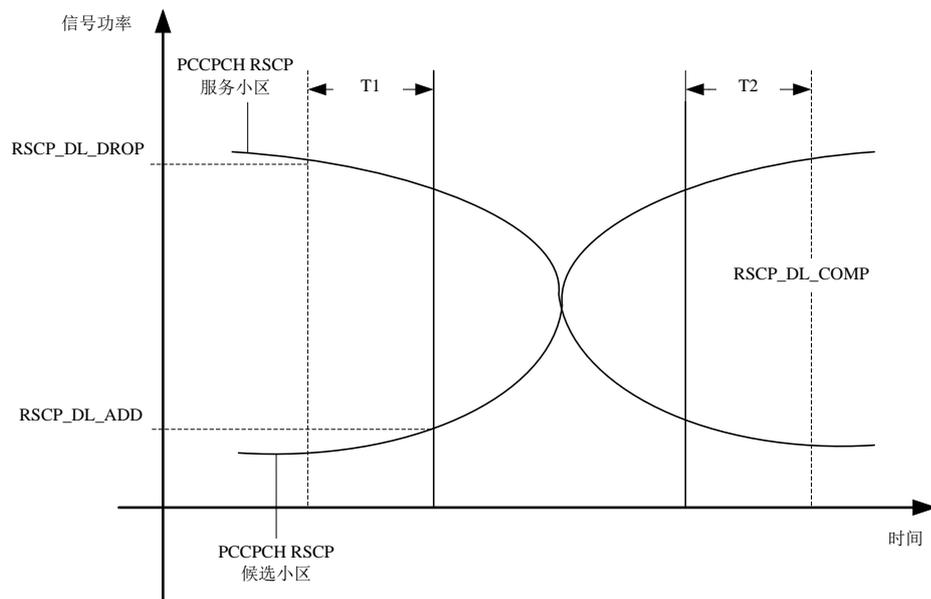


Figure 2. Schematic diagram of switching area planning
图 2. 切换区规划示意图

$$\begin{cases} R_{\text{PCCPCH_RSCP}_{\text{Serving}}} < r_{\text{PCCPCH_DROP}_{\text{UE}}}, R_{\text{PCCPCH_RSCP}_{\text{Serving}}} = R(\mu, \sigma, C_m, v) + r_m \\ r_{\text{PCCPCH_DROP}_{\text{UE}}} = r(\mu, \sigma, C_m, v) + r_n, r_{\text{PCCPCH_DROP}_{\text{UE}}} \leq R_s - v \cdot t_c \end{cases}$$

$R_{\text{PCCPCH_RSCP}_{\text{Serving}}}$ 是满足小区内移动终端的有效服务区; $r_{\text{PCCPCH_DROP}_{\text{UE}}}$ 是移动终端到基站的水平距离; μ 为路径损耗指数, σ 为阴影衰落标准差, C_m 为校正因子, r_m 和 r_n 是关于半径调整的校正因子, v 为移动台向基站移动的速度, t_c 为接力切换所需完成时间(包括必要处理时间和信令传递时间等), 和话务量以及覆盖率有关系, 同时也受到自然地物等环境因素的影响。

根据目前以导频信号强度测量为主的接力切换算法, 在高速环境下, 我们向利用基站地理信息或信号质量来判决切换, 是对目前接力切换的有效补充和完善。图 3 是根据改进后的公式在高速铁路上应用的示意图:

这里我们假设基站的覆盖半径为 R_s , 我们把服务小区划分为有效服务小区和切换小区, 当 UE 移动到有效服务区外的時候, 基站通知 UE 做好与相邻小区的切换准备。在这种情况下, 我们可以减少等待

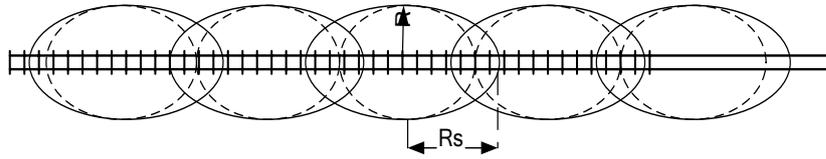


Figure 3. Cell coverage pattern on the main railway line
图 3. 铁路干线上的小区覆盖图

迟滞延时报告的时间，实现高效切换的目的。对于高速的行驶列车，快速高效的切换很重要，根据算法要求，我们从图中可以看出， R_s 为基站的覆盖半径， R 为有效服务小区半径，即 $R_{PCCPCH_RSCP_{Serving}}$ ，当移动终端移动到超过设定的边缘半径 R 的时候即发生切换准备，并将切换结果上报给 RNC，基站并随之对其做必要的校正，这对于高速运动的移动终端和减少基站负荷来说，在保证通话的前提下永不掉线有很重要的意义。

4. 基站有效服务区和覆盖区的确定

由于无线信道的随机性，在固定距离上的路径损耗可在一定范围内变化，我们无法使覆盖区域内的信号一定大于某个门限。但是我们必须保证接收信号能以一定概率大于接收门限。为了保证基站以一定的概率覆盖小区边缘，基站必须预留一定的发射功率以克服阴影衰落，这些预留的功率就是阴影衰落余量[5]。通常认为信号电平服从对数正态分布，阴影衰落余量取决于覆盖概率和阴影衰落标准差，按以下公式计算。

4.1. 边缘覆盖概率

所谓边缘覆盖概率，就是在半径为 R 的覆盖区与边缘上，接收到的信号功率大于接收机灵敏度的概率[6]。达到指定边缘覆盖概率所需的阴影衰落余量为：

$$P_{x_0} = \int_{x_0}^{\infty} \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left[-\frac{(x-\bar{x})^2}{2\sigma^2}\right] dx = \frac{1}{2} + \frac{1}{2} \operatorname{erf}\left(\frac{M}{\sqrt{2}\sigma}\right)$$

其中， $\operatorname{erf}(x) = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_0^x e^{-t^2} dt$ ； x ：接收信号功率； x_0 ：接收机灵敏度； P_{x_0} ：接收信号 x 大于门限 x_0 的概率； σ ：阴影衰落的标准差； \bar{x} ：接收信号功率的中值； M ：衰落余量， $M = \bar{x} - x_0$ 。如下图 4 所示，其中横坐标表示的是对数正态衰落余量(dB)，纵坐标表示的是边缘覆盖率(100%)。

4.2. 面积覆盖概率

所谓面积覆盖率，就是在整个覆盖区域范围内接受信号功率大于接收解调门限值的概率，即可通信区的覆盖率：

$$P_a = \frac{1}{2} \times \left[1 - \operatorname{erf}(a) + \exp\left(\frac{1-2ab}{b^2}\right) \left(1 - \operatorname{erf}\left(\frac{1-ab}{b}\right) \right) \right] \quad a = \frac{M}{\sigma\sqrt{2}}; b = \frac{10 \cdot \mu \cdot \lg e}{\sigma\sqrt{2}}$$

上图 5 是 $\mu = 3$ ， $\sigma = 8$ dB 的时候面积覆盖概率和阴影衰落余量的仿真图。蓝色的 linespoints 表示面积覆盖效率，绿色的 linespoints 表示边界覆盖效率。

如何保证上下行链路的有效服务半径相同，需要对系统进行前反向链路平衡，使前向链路覆盖与反向链路损耗在容许范围的区域边界恰好重叠，即尽可能使前向链路小区尺寸与反向链路小区尺寸相同。这样我们才能更好的在地理环境区域划定切换的有效半径，从而实现无缝覆盖，提高接力切换的有效性。

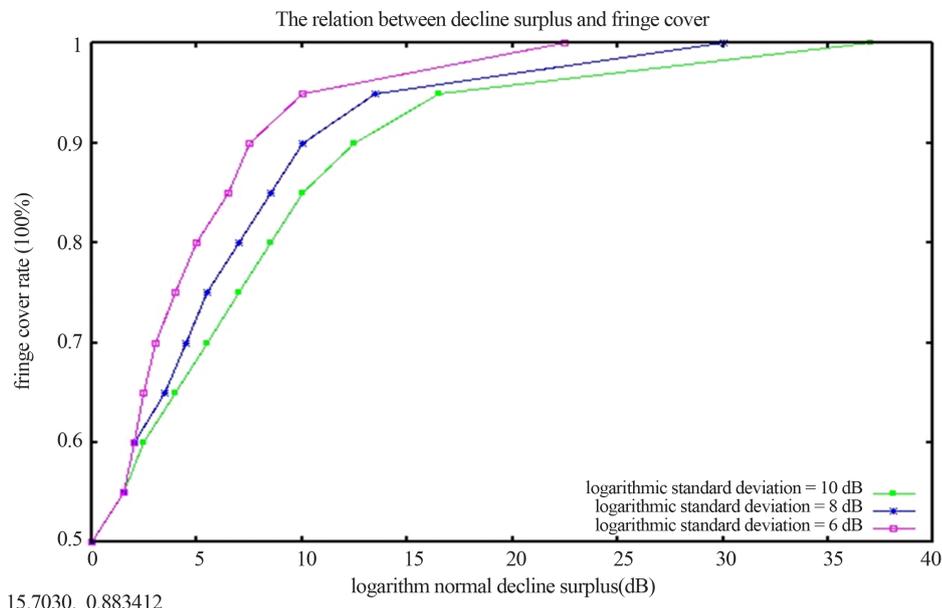


Figure 4. Coverage edge relation of shadow fading margin

图 4. 边缘覆盖率与阴影衰落余量的关系变化

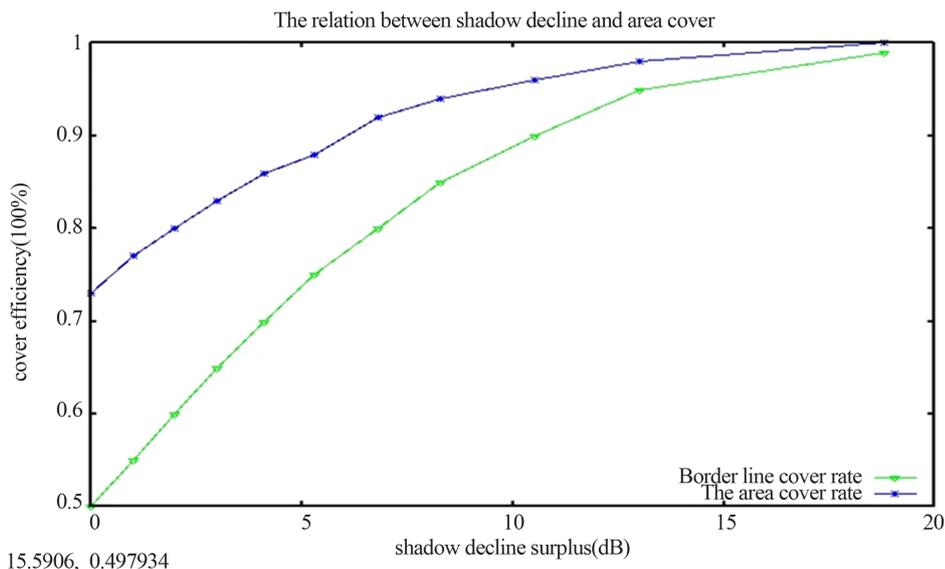


Figure 5. Relationship between edge and area of coverage

图 5. 边缘覆盖率与面积覆盖率的关系

有效服务区和基站覆盖区域存在着这样的关系,即 R 和 R_s 的相互关联,这里我们假设上行链路速率为 38.4 kb/s, 容量负荷为 85%, 路径损耗指数 $\mu = 3$, 阴影衰落标准差 $\sigma = 8$ dB, 通过公式变为:

$$R = \frac{\text{边缘覆盖概率 } P_{x_0}}{\text{积面覆盖概率 } P_a} R_s - v \cdot t_c + r_m$$

R 为设定的有效服务区区域, 在这个半径区域内的移动设备能够满足正常的移动通信业务, 不需要越区切换; R_s 为基站的覆盖半径; $v \cdot t_c$ 为移动终端在整过切换过程完成前移动的距离(t_c 不包括切换迟滞触发时间和事件延迟触发时间); r_m 为校验因子或者预留值。

4.3. 多普勒效应的解决方案

对于高速行驶的列车而言，UE 发射的上行信号到达基站天线时，其频率为 $f_0 + 2\Delta f$ ，该频率与基站主载频的偏差为 $2\Delta f$ 。在列车时速达到 350 km/h，多普勒频移达到 $\Delta f = 519$ Hz，多普勒频移对基站和终端解调信号都产生影响。

因此，基站需要对上行信号频率进行频率补偿，其解决方案系统结构图如图 6 所示。

同时，在铁路沿线采用 BBU + RRU 组网，采用小区分集和高速频偏补偿算法，在高速列车上装载直放站克服穿透损耗，同时增加了移动越区切换的重叠区域，根据工程经验及理论分析，完成一次软切换的时间为 1 s，完成一次跨交换机硬切换时间为 5 s。故完成一次切换，两个基站重叠覆盖区域长度应该大于 $2 \times V \times T/3600$ (km)，其中 V (km/h) 为终端移动速度， T 为切换所需时间。

5. 基于地理信息系统的路测数据分析

对于高速环境下的移动终端，移动路线不仅是直线下的运动，很大一部分包括街角部分的掉话因素，因为在这个环境下，移动终端受到阴影衰落和多普勒频移的影响。

在街角效应测试过程中，UE 发起呼叫并保持，当 UE 分别以 10 km/h 和 30 km/h 的速度通过街角时，测试切换参数对切换性能的影响。测试区域为绿色和紫色小区之间的一个街角(图 7)，两个小区为同频小区，且基站的覆盖半径为 1.25 km，有效服务半径为 1.15 km。

在测试过程中，在六套不同参数(表 1)下对街角效应进行了测试，分别对同频小区切换迟滞，延迟触发时间，同频测量滤波系数做了配置情况的说明，从中可以了解到这些参数对切换的影响。在本次测试过程中，在 UE 分别以速度 30 km/h 和 50 km/h 通过街角的情况下均测试 10 次。

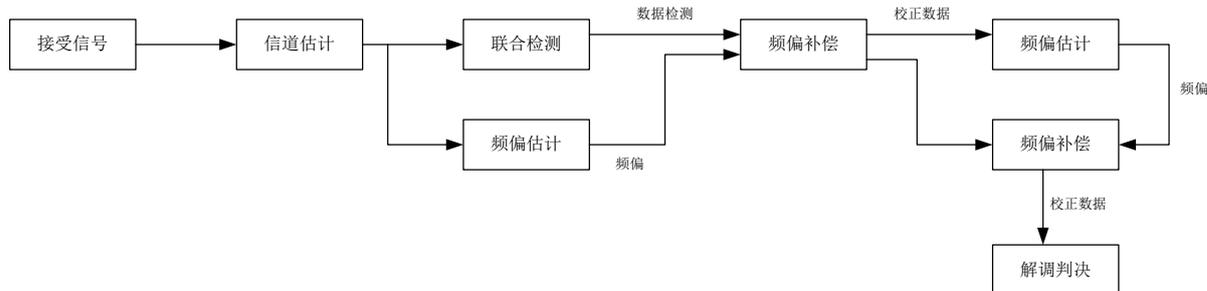


Figure 6. Base station frequency offset compensation process map

图 6. 基站频偏补偿过程图

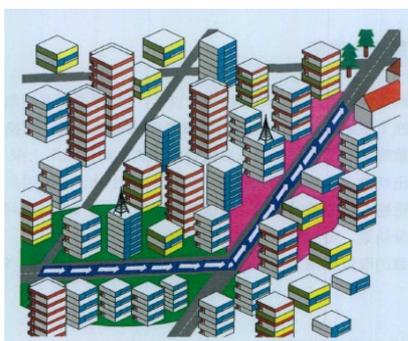


Figure 7. Test environment

图 7. 测试环境

其中参数配置 1 为 3GPP 规定的系统默认配置。对于表 1 的 6 套参数配置情况，对于不同参数配置情况下合移动速度下的测试结果如表 2 所示。

由于参数的选择和设置的不同，在不同的速度下，切换出现了不同的掉话情况，以及乒乓效应，切换区域提前或者延后等情况，因此选择合适的参数设置至关重要，这对于优化地理条件下的有效服务半径有着重要的重用。参数配置 4 中切换迟滞设置为一个较小值(2.5 dB)，所有切换全部成功，所有切换的切换区域比参数配置 3 的测量结果提前了 10 至 15 m，但 UE 以 30 km/h 的速度运动时有 6 次测试过程发生了乒乓切换，在较快速(50 km/h)的速度运动时，10 次测量结果中没有发现乒乓切，但在参数配置 6 中，切换带延后 15 m 左右。

Table 1. Six sets of switching parameter Configuration

表 1. 六套切换参数的配置情况

序号	同频切换类型	1G 迟滞	1G 事件延迟触发时间	同频测量滤波系数
1	事件上报	7 dB	5000 ms	D15
2	事件上报	7 dB	5000 ms	D0
3	事件上报	7 dB	640 ms	D0
4	事件上报	2.5 dB	640 ms	D0
5	事件上报	5 dB	640 ms	D0
6	事件上报	5 dB	640 ms	D9

Table 2. The test results of different parameter configurations and moving speeds

表 2. 不同参数配置情况下和移动速度下的测试结果

配置	车速	结果	UE 不同运动速度的切换成功率	总的切换成功率
1	30 km/h	失败 3 次，掉话 7 次	0	15%
	50 km/h	成功 3 次，掉话 7 次	30%	
2	30 km/h	全部失败	0	0
	50 km/h	全部失败	0	
3	30 km/h	全部成功	100%	100%
	50 km/h	全部成功	100%	
4	30 km/h	全部成功，并且切换带比参数配置 3 提前 10 m 左右。其中有 3 次测试过程反复切换 3 次，有 3 次测试过程反复切换 4 次，有 4 次测试过程只发生一次切换。	100% (伴有乒乓切换)	100% (伴有乒乓切换)
	50 km/h	全部成功，并且每次测试过程均发生 1 次切换。其中有 7 次测试过程切换带比参数配置 3 提前 10 m 左右，有 3 次测试过程切换带比参数配置 3 提前 15 m 左右。	100%	
5	30 km/h	全部成功	100%	100%
	30 km/h	全部成功	100%	
	10 km/h	全部成功	100%	
6	30 km/h	全部成功，且切换带延后 15 m 左右。	100% (伴有切换延后现象)	100% (伴有切换延后现象)

6. 小结和展望

随着 3G 网络演进以及 LTE 准 4G 试验网的建设, 各大运营商开始着手逐步从 3G 向 4G 终极目标平滑过渡。这不仅是体现信号覆盖和基本服务的范畴, 更是服务质量和满足各种业务的需求, 特别是对于高速移动的终端而言, 保持高速环境下切换不掉话是技术的要求。本文提出的基于 GIS 的快速接力切换技术, 可以大大的弥补目前以信号导频强度进行切换算法的不足, 更好的适用于高速环境下移动的终端设备, 对于不同地理环境下的切换有着重要的意义。越区切换技术作为移动通信中的关键技术, 在 3G 网络优化以及建设中的 LTE 网络中扮演着极其重要的角色, 技术的成熟与否直接决定了网络提供丰富服务的能力和运行的质量, 直接影响用户的使用效果和评价, 是当前以及将来移动通信技术中的重点, 热点, 也是难点。然而技术具有时间性, 市场的变化要求我们能够随时满足业务的需求, 相信基于地理信息系统的越区切换技术必将得到广泛的关注和研究。

参考文献 (References)

- [1] 朱虹 (2011) TD-SCDMA 系统接力切换技术的研究. 吉林大学, 长春.
- [2] 冉松 (2009) TD-SCDMA 越区切换算法研究和改进. 湖北省通信学会、武汉通信学会 2009 年学术年会论文集.
- [3] 李世鹤 (2003) TD-SCDMA 第三代移动通信系统标准. 人民邮电出版社, 北京, 174-180.
- [4] 田雨, 李方伟, 等 (2006) TD-SCDMA 系统的自适应门限接力切换. *中国无线电*, **6**, 43-46.
- [5] Zheng, Y.R. and Xiao, C.S. (2003) Simulation models with correct statistical properties for Rayleigh fading channels. *IEEE Transactions on Communication*, **51**, 920-928.
- [6] 管君 (2010) TD-SCDMA 系统中功率控制算法的研究. 青岛科技大学, 青岛.

汉斯出版社为全球科研工作者搭建开放的网络学术中文交流平台。自2011年创办以来，汉斯一直保持着稳健快速发展。随着国内外知名高校学者的陆续加入，汉斯电子期刊已被450多所大中华地区高校图书馆的电子资源采用，并被中国知网全文收录，被学术界广为认同。

汉斯出版社是国内开源（Open Access）电子期刊模式的先行者，其创办的所有期刊全部开放阅读，即读者可以通过互联网免费获取期刊内容，在非商业性使用的前提下，读者不支付任何费用就可引用、复制、传播期刊的部分或全部内容。

