



LTE-Advanced 中继系统基于辅助载波的协作切换算法 *

赵季红^{1,2}, 何炜扬¹, 曲桦²

(1. 西安邮电大学通信与信息工程学院 西安 710061; 2. 西安交通大学电子信息学院 西安 710049)

摘要: 切换是移动性管理的重要组成部分。在 LTE-Advanced 系统中, 由于中继、载波聚合等新技术的引入, 给系统的切换机制提出了更高的要求和挑战。通过对传统 LTE-Advanced 系统和 LTE-Advanced 中继系统切换过程的分析, 提出了 LTE-Advanced 中继系统基于辅助载波的协作切换算法。该算法利用低频载波传播范围广、高频载波资源相对较多的优势, 并结合中继技术和载波聚合技术, 达到了降低切换中断概率、提高系统吞吐量的目的。

关键词: LTE-Advanced; 中继; 辅助载波; 协作切换

doi: 10.3969/j.issn.1000-0801.2013.08.018

Cooperative Handover Algorithm Based on Auxiliary Carrier in LTE-Advanced Relay System

Zhao Jihong^{1,2}, He Weiyang¹, Qu Hua²

(1. School of Telecommunication and Information Engineering, Xi'an University of Posts & Telecommunications, Xi'an 710061, China; 2. School of Electronic and Information Engineering, Xi'an Jiaotong University, Xi'an 710049, China)

Abstract: Handover is one of the most important parts in mobility management. In the LTE-Advanced system, more new technologies such as relay and carrier aggregation and so on were introduced, which put forward higher requirements and challenges to the handover mechanism of system. The handover process of the traditional LTE-Advanced system and LTE-Advanced relay system were analyzed, the cooperative handover algorithm based on auxiliary carrier in LTE-Advanced relay system was proposed. This algorithm makes use of the advantages of wide spreading of low-frequency carrier and rich resources of high-frequency carrier, and in conjunction with relay technology and carrier aggregation technology, achieving the purpose of reducing the handover outage probability and improving the throughput of the system.

Key words: LTE-Advanced, relay, auxiliary carrier, cooperative handover

1 引言

在移动通信系统的移动性管理中, UE(用户)失去当前小区的覆盖时, 就会触发切换机制, 从而 UE 会从一个小区切换到另一个相邻小区中。而随着当前小区覆盖范围

的大小不同, 基于当前网络覆盖的切换质量会有所不同。因此, LTE-Advanced 系统将室外无线覆盖增强作为系统关键的性能指标之一。而在目前所有主流的研究覆盖增强的文献中, 都是通过采用中继(relay node, RN)技术来扩大小区覆盖面积, 为小区中节点阴影衰落严重的地区以及覆盖

* 国家自然科学基金资助项目(No.61071126), 国家科技重大专项“新一代宽带无线移动通信网”基金资助项目(No.2011ZX03005-004, No.2012ZX03001029-003, No.2012ZX03001008-003)

的死角提供服务信号,提供热点地区的覆盖以及室内覆盖等^[1],以达到增强覆盖的目的。因此,中继技术已经成为下一代无线通信系统的关键技术之一。而在LTE-Advanced系统相关技术标准的制定过程中,还引入了载波聚合(carrier aggregation, CA)、多用户MIMO (multi-input multi-output)、多点协同传输(coordinated multi point transmission/reception, CoMP)等新技术,以求获得更高的频谱效率和吞吐量。

对于传统的LTE-Advanced系统,标准规定了LTE-Advanced系统使用硬切换技术,其切换场景如图1所示,同时eNode B内的软切换机制仍然在考虑范围内^[2,3]。这种机制与LTE-Advanced系统中引入的一些新技术相结合,形成了其他一些新的切换机制,例如,参考文献[2]中提出的基于载波聚合的联合切换机制,参考文献[4]中提出的基于OFDM(orthogonal frequency division multiplexing)系统的半软切换机制,参考文献[5]中提出的部分软切换机制。这些切换机制不仅减小了切换中断的时间,而且使实时业务的QoS得到了保证。然而,这些机制在切换过程中,切换中断时延相对较大,切换容易失败;并且小区边缘UE在切换时,切换中断概率也会比较大,这对小区边缘UE的通信质量造成了很大的影响。在LTE-Advanced系统引入RN后,形成了LTE-Advanced中继系统,其切换场景如图2所示,并且参考文献[6]已经将LTE-Advanced中继系统基于集中式和分布式的切换过程做了详细的表述。与传统LTE-Advanced系统相比,LTE-Advanced中继系统保证了小区边缘UE性能,增加了小区覆盖面积;RN的加入,在降低运营商架设站点成本的同时,提升了系统吞吐量,提高了UE的数据传输速率。然而,对于LTE-Advanced中继系统的切换机制而言,只适用于单载波、小带宽的系统中,对于将来UE对多载波、大带宽的通信要求而言,已经具

有一定的局限性。

由于LTE-Advanced的潜在部署频段为450~470 MHz、698~862 MHz、790~862 MHz、2.3~2.4 GHz、3.4~4.2 GHz、4.4~4.99 GHz等,可以看出,这些潜在的频段呈现高低分化的趋势。而高频段在覆盖范围、穿透建筑物的能力和移动性能方面明显不如低频段^[7]。同时,随着无线资源的不断分配,更宽的通信频段只有在高频段才能实现。此外,无线信号在自由空间中的衰减与频率的平方成正比,更高的频段会带来更严重的空间衰落,无线蜂窝小区的覆盖半径因而会缩小^[8]。基于以上分析,结合参考文献[6]提出的LTE(long term evolution)系统中中继增强型网络切换算法的优点,利用低频载波覆盖范围广、高频载波资源丰富的优势,结合载波聚合技术,提出了LTE-Advanced中继系统基于辅助载波的协作切换算法。本算法不仅增强了小区的覆盖范围,减小了切换中断概率,同时提高了系统的吞吐量。

2 LTE-Advanced 中继系统中基于辅助载波的协作切换算法

本文提出基于辅助载波的协作切换算法,将利用LTE-Advanced系统中的载波聚合技术以及载波聚合系统中引入的辅载波激活/反激活机制。其中,载波聚合技术将接收到的高低频载波聚合成大带宽载波,以满足系统业务对多载波、大带宽的需求;同时,利用辅载波激活/反激活机制可以使UE在切换过程中减少切换中断时间,提升UE的通信服务质量。

2.1 算法描述

在本算法中,由于考虑了两跳中继系统和高低频率覆盖特性以及载波聚合技术,使所需要研究的系统场景呈现出如图3所示步骤(1)中的3条链路,分别是eNode B(基站)到RN的回程链路、RN到UE(用户)的接入链路以及eNode B到UE的直连链路。其中,eNode B到UE之间直连链路由于距离较远,采用低频载波传输信息,而eNode B到RN的回程链路、RN到UE的接入链路由于距离相对较近,采用高频载波传输信息。在切换前,如图3中步骤(1)所示,eNode B通过eNode B-UE的直连低频链路和eNode B-RN-UE的高频链路同时为UE提供服务,当UE收到这两条链路发来的信息时,通过载波聚合技术中不同频带内非连续载波聚合技术对接收到的载波进行聚合处理。在UE需要切换时,如图3中步骤(2)所示,运用“高频切换,低频辅助”的思想,先将UE与RN之间的高频载波进行切

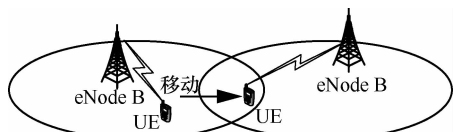


图1 LTE-Advanced系统切换场景

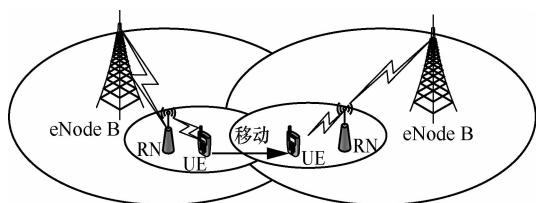


图2 LTE-Advanced中继系统切换场景

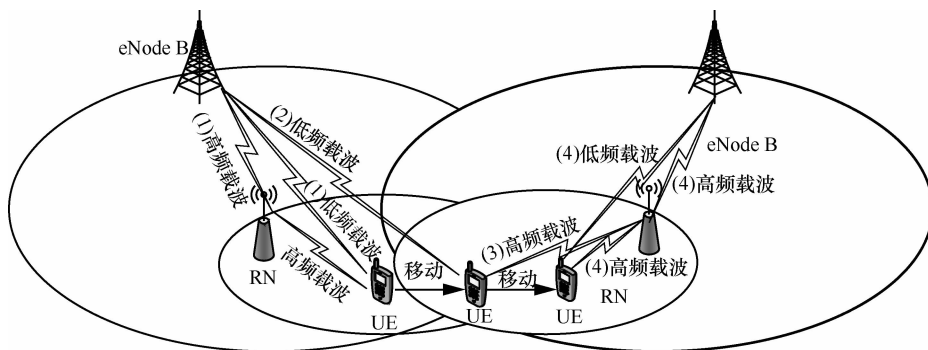


图3 LTE-Advanced 中继系统基于辅助载波的协作切换场景

换,在此过程中,UE 与 eNode B 之间的低频直连链路持续为 UE 提供服务。当 UE 与目标 RN 完成同步后,如图 3 中步骤(3)、步骤(4)所示,目标 eNode B 和源 eNode B 分别执行低频载波激活与反激活机制,使得源 eNode B 与 UE 之间的低频载波不再为 UE 提供服务,而目标 eNode B 开始利用低频载波向 UE 提供服务。通过这种切换策略,使得 UE 在进行切换时,减小了切换中断概率,降低了切换中断时延,并且提升了 UE 吞吐量。

2.2 算法控制流程

针对图 3 所示的 LTE-Advanced 中继系统切换场景,其切换算法如下。

(1)UE 对与之相连的 RN 和 eNode B 之间的高频载波信道和低频载波信道进行测量,并将测量报告发送给所述宏基站。

(2)eNode B 接收到高频和低频载波信道的测量报告后,结合无线资源管理(RRM)信息来判决是否发起切换:首先 eNode B 会先判断低频载波信号是否满足持续为 UE 提供服务数据的条件,如果不满足,则转至步骤(3);其次,如果高频载波信道满足通信的需求,则不发起切换,否则转至步骤(4)。

(3)在高频载波持续为 UE 提供服务数据的时候,eNode B 将为不能满足持续为 UE 提供服务数据条件的低频载波信道在所有剩余候选低频载波信道中重新选择低频载波信道,并用此信道代替原来的低频载波信道。

(4)判断各相邻 eNode B 及其覆盖范围内各个 RN 中是否有可接入的目标站点,如果没有,则高频载波信道切换失败;否则,选择最佳接入目标 RN,并向目标 RN 对应的目标 eNode B 发送切换指示。目标 eNode B 为 UE 分配相应的低频载波信道,同时控制目标 RN 为所述 UE 分配相应的高频载波信道,并将此低频载波信道和高频载波信道信息通过切换请求确认消息发送给源 eNode B。

(5)UE 同步到目标 RN 为其分配的高频载波信道上,此时源 eNode B 与 UE 之间的低频载波信道持续为 UE 提供服务数据。

(6)UE 与目标 RN 为其分配的高频载波信道同步完成后,目标 eNode B 与源 eNode B 分别执行低频载波信道激活与反激活机制,同时,目标 eNode B 会告诉网关 MME UE 的新位置,以便网关切换数据的下行路径能将收到的所有数据分组发往目标 eNode B。

(7)执行切换的其余过程,释放源 eNode B、源 RN 与 UE 之间的资源,切换完成。

由于在 LTE-Advanced 中继系统中同时存在着到达 UE 的两条链路,因此其控制平面信令流程也相对复杂。根据以上算法描述,LTE-Advanced 中继系统基于辅助载波的协作切换算法控制平面信令流程如图 4 所示。

3 仿真及结果分析

3.1 UE 吞吐量

在本文中,主要仿真两跳用户(即边缘 UE)的吞吐量(吞吐量的计算见 3GPP TS 36.826 V0.13.0^[9]中关于吞吐量的计算式)。其中,低频载波频点为 800 MHz,高频载波的频点为 2 000 MHz,两者的带宽都为 10 MHz,这样运用载波聚合技术后,系统带宽被扩展到 20 MHz。每个小区分为 3 个扇区,每个扇区使用 120°的定向天线,在每个扇区边缘处部署两个固定 RN,RN 采用全向天线。UE 从一个小区以 3 km/h 的速度沿直线方向移动到另一个小区。eNode B 到 RN 之间的回程链路的路径损耗恒定。

表 1 为各项仿真参数。

从图 5、图 6 的 CDF 曲线可以看到,相比 LTE-Advanced 系统方案的吞吐量,LTE-Advanced 中继系统和新方案明显提升了边缘 UE 的吞吐量,而新方案对边

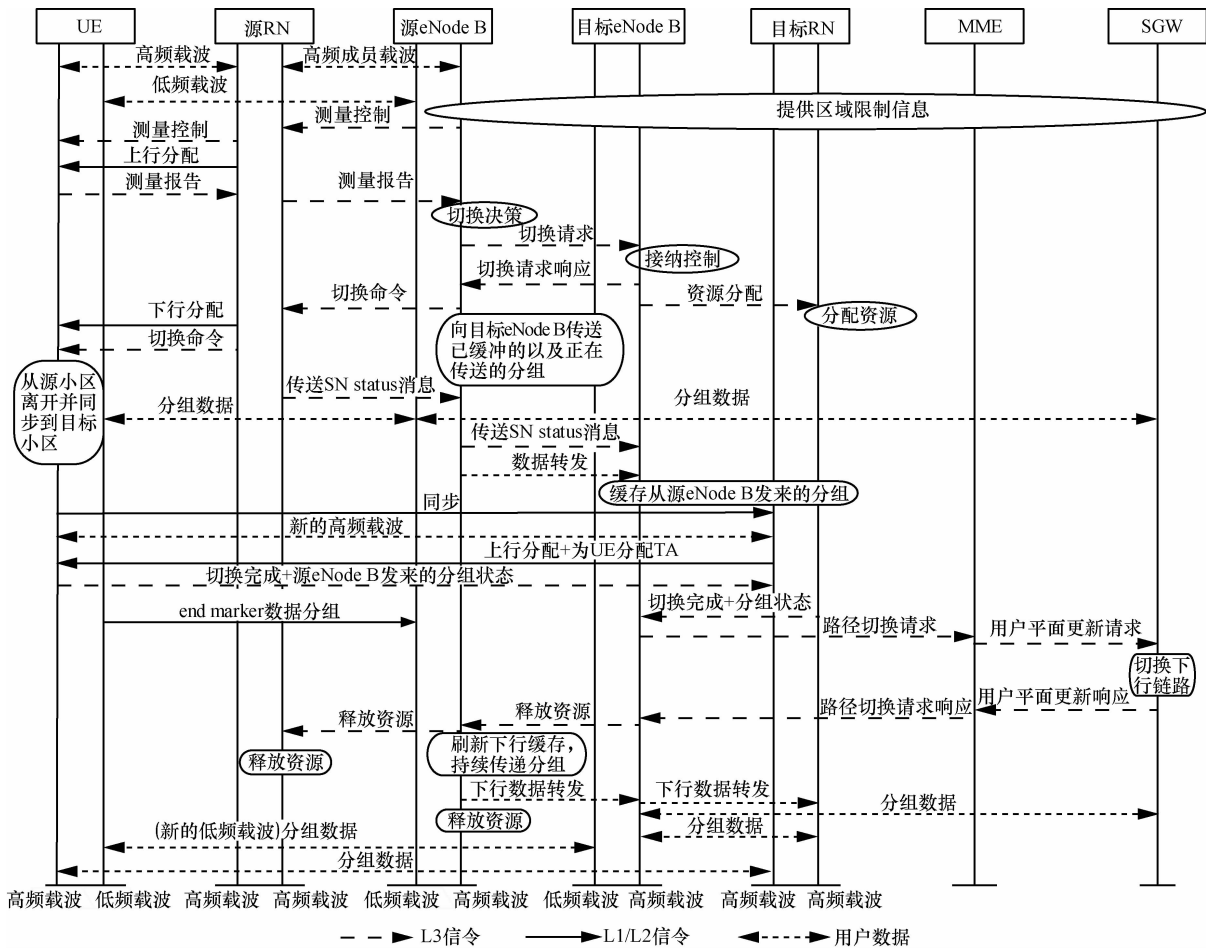


图 4 LTE-Advanced 中继系统基于辅助频率的协作切换算法控制平面信令流程

表 1 仿真参数

参数	属性
载波频率	800/2 000 MHz
系统带宽	2×10 MHz
站间距	case1:500 m, case3:1 732 m
eNode B 发射功率	46 dBm
RN 发射功率	30 dBm
eNode B 天线增益	14 dBi
RN 天线增益	5 dBi
业务模型	满队列 (full buffer)
噪声密度	-174 dBm/Hz
UE 与 eNode B 间最小距离	35 m
UE 与 RN 间最小距离	10 m
UE 移动速度	3 km/h
小区 UE 数	25
路径损耗 ^[10]	eNode B-UE: $PL=119.7+37.6\lg(R)$ (800 MHz) RN-UE: $PL=128.1+37.6\lg(R)$ (2 000 MHz)
阴影衰落标准差	eNode B-UE: 8 dB RN-UE: 10 dB

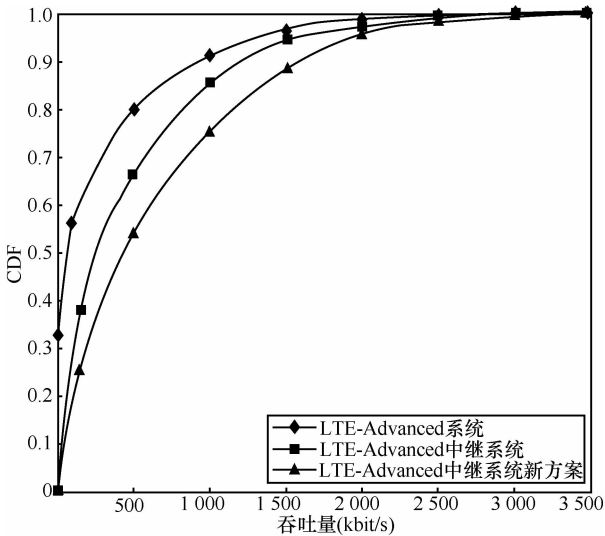


图 5 城市宏小区 (case1) 环境下的 CDF 曲线

缘 UE 的吞吐量的提升最为明显。这是由于 UE 不断靠近小区边缘,小区边缘的路径损耗不断增加,使得信干噪比 SINR 随着距离的增加而降低,从而,UE 的吞吐量逐渐下

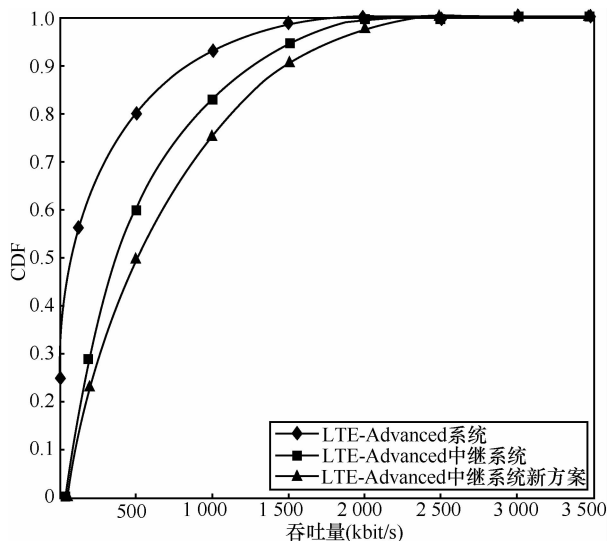


图6 郊区宏小区(case3)环境下的 CDF 曲线

降。而对于 LTE-Advanced 中继系统,由于 RN 的引入,降低了 UE 与服务站点间的距离,使得小区的边缘 UE 接收到的信号强度大幅增加,因而提高了 UE 的传输数据率,从而 UE 的吞吐量有了大幅提升。新的方案,不仅引入了中继技术,同时结合了载波聚合技术以及低频载波特性,使小区边缘 UE 的接收信号强度大幅增强的同时,小区边缘的路径损耗大大降低,从而进一步提升了小区边缘的吞吐量。

3.2 切换中断概率

本节通过仿真来比较传统 LTE-Advanced 网络切换、LTE-Advanced 中继系统网络切换和新方案切换的中断概率。在仿真中,分析了 LTE-Advanced 系统中的两种典型场景:城市宏小区和郊区宏小区。其中,eNode B 到 UE 的信道模型阴影衰落标准差为 8 dB,RN 到 UE 的信道模型阴影衰落标准差为 10 dB,eNode B 到 RN 的信道模型阴影衰落标准差为 6 dB。假设,系统中断的目标门限值 ε 为 3 dB,切换判决门限值 Γ 为 3 dB, $BWPRB/Rb=19\ 200$ bit/(s·Hz),小区的负载率为 25%。城市宏小区和郊区宏小区的站间距分别为 500 m 和 1 732 m。同时,将 UE 距 RN 距离根据 RN 覆盖半径归一化。

从图 7、图 8 中可以看出,在两种场景下,UE 距离 RN 位置较近时,3 种切换方案的中断概率较低。然而,由于 UE 是从离 RN 最小距离开始向小区边缘移动,因此对于传统 LTE-Advanced 网络切换而言,具有一定的中断概率值,其值随着 UE 的移动而不断增大,而且比中继蜂窝网络切换和新方案切换中断概率大。而对于后两者切换的中断概率而言,其中断概率值是从接近于 0 开始,并随着 UE

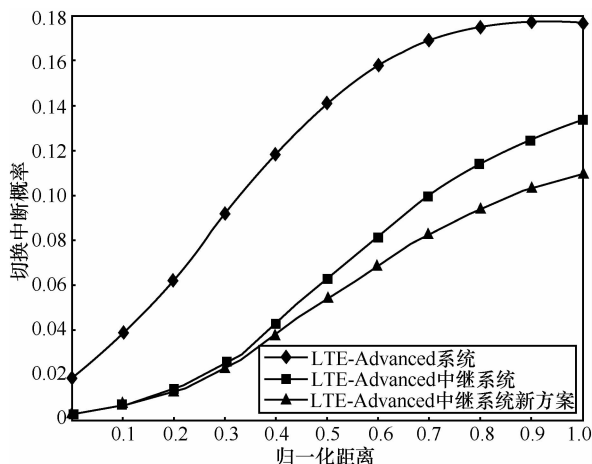


图7 城市宏小区(case1)的切换中断概率

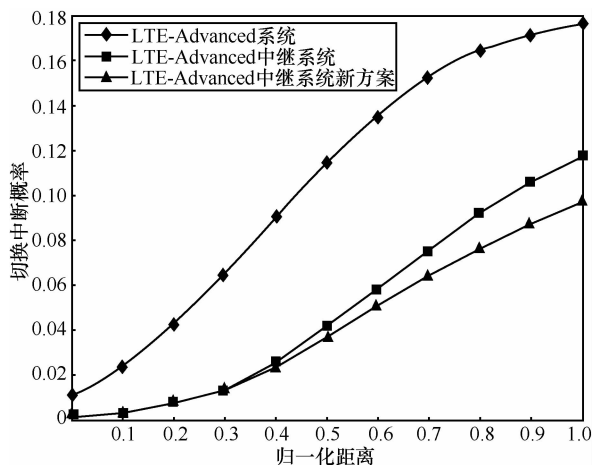


图8 郊区宏小区(case3)的切换中断概率

不断向小区边缘移动而呈现上升的趋势。

在两种场景下,传统 LTE-Advanced 网络切换的中断概率最大,LTE-Advanced 中继蜂窝网络切换次之,新方案切换的中断概率最小,这是由于以上 3 种方案都采用硬切换技术。前两者在切换时 UE 在与目标 eNode B 或 RN 建立连接之前,先断掉与源 eNode B 或 RN 的连接。同时,LTE-Advanced 中继蜂窝网络中,RN 的引入,拉近了 UE 与连接站点之间的距离,有效地改善了小区边缘的链路质量。因此,LTE-Advanced 中继蜂窝网络的切换中断概率要比传统网络切换中断概率小。而对于新方案而言,切换时在 RN 接入链路断开后,eNode B 到 UE 的直连链路仍然为 UE 提供服务,从而进一步减小了切换中断概率。

4 结束语

本文提出了一种 LTE-Advanced 中继系统基于辅助载波的协作切换算法,该算法主要是利用高低频率在无线信

道传播过程中的路径损耗不一样,其传播距离不一样的特性,并结合载波聚合技术中不同频带内非连续载波聚合技术对高低频率进行聚合,以达到 UE 对大带宽的需求,同时运用“高频切换、低频辅助”的协作切换思想,使得 UE 在切换过程中切换中断时延相对降低,并且减小了切换中断概率。通过进一步的仿真得知,UE 的切换中断概率相较于传统的 LTE-Advanced 系统和 LTE-Advanced 中继系统有所降低,并且 UE 的吞吐量也得到了提升。

参考文献

- 1 郑毅,李中年,王亚峰等. LTE-A 系统中继技术的研究. 现代电信科技, 2009(6):45~49
- 2 Lee Y, Zhao J H, Qu H. A combined handover scheme for LTE-Advanced. Proceedings of IEEE ICAC, Seoul, Korea, 2012: 154~157
- 3 3GPP TS 36.300 V11.1.0. Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA) and Evolved Universal Terrestrial Radio Access Network (E-UTRAN); Overall Description; Stage 2, 2012
- 4 Lee H K, Son H K, Lee S H. Semisoft handover gain analysis over OFDM-based broadband systems. IEEE Transactions on Vehicular Technology, 2009, 58(3):1443~1453
- 5 Chang J R, Li Y J, Feng S L, *et al.* A fractional soft handover scheme for 3GPP LTE-Advanced system. Proceedings of IEEE International Conference on ICC Workshops 2009, Piscataway, USA, 2009
- 6 Teyeb O, Phan V V, Raaf B, *et al.* Handover framework for relay enhanced LTE networks. Proceedings of IEEE International Conference on ICC Workshops 2009, Dresden, Germany, 2009:14~18
- 7 沈嘉,索士强,全海洋等. 3GPP 长期演进 (LTE) 技术原理与系统设计. 北京:人民邮电出版社, 2010
- 8 封彪. LTE-Advanced 无线中继网络切换算法研究. 北京邮电大学硕士学位论文, 2012, 3
- 9 3GPP TS 36.826 V0.13.0. Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA); Relay Radio Transmission and Reception, 2012
- 10 3GPP TS 36.942 V10.3.0. Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA); Radio Frequency (RF) System Scenarios, 2012

[作者简介]



赵季红, 女, 博士, 西安邮电大学教授, 主要从事新一代无线宽带无线通信技术的研究工作。



何炜扬, 男, 西安邮电大学硕士研究生, 主要从事宽带移动通信网的研究工作。



曲桦, 男, 博士, 西安交通大学教授, 主要从事新一代无线宽带无线通信技术的研究工作。

(收稿日期 2013-04-25)

(上接第 68 页)

- 管理层: 区域之间维护界面清晰, 谁主管谁负责, 易于分析管理与维护界面。
- 数据层: 增强了数据及应用的安全性; 跨业务系统非授权互访易于监控和管理; 业务系统间的应用访问进行了安全域的隔离, 有效控制数据流, 保护信息安全。
- 系统层: 加强了域内系统的访问安全; 防范了安全域之外的威胁来源; 加强了安全事件的追根溯源。
- 网络层: 各业务域具有清晰、简洁的网络及系统架构; 明确安全域网络出口; 安全问题易控制、处理、

调查; 保证网络与系统间的安全互联; 业务系统间互连互通统一控制规范; 从边界进行安全防护, 从来源进行安全控制。

- 物理层: 边界互联清楚, 接口统一。

做好业务平台的安全域改造工作, 可以更好地保证电信业务平台的安全性, 保证业务正常连续地运行, 提高电信服务水平。中国电信的其他业务平台, 可以参考短信平台安全域改造的研究成果进行安全域改造, 以提高平台的安全性。

(收稿日期: 2013-08-01)