

LTE 系统中家庭基站的切换机制优化研究

浦灵敏¹, 胡宏梅¹, 张 健²

(1. 健雄职业技术学院 电气工程学院, 江苏 太仓 215411; 2. 上海无线通信研究中心, 上海 200050)

摘要:针对现有标准中家庭基站(HeNB)重新启动后,可能存在的频率和物理小区标识(PCI)改变,从而影响终端(UE)向家庭基站切换的问题。提出了一种改进的 HeNB 切换解决方案,优化了切换测量过程,防止宏基站(MeNB)对终端进行错误的测量配置。通过仿真验证表明优化方案与已有方案相比,降低了测量时延,并提高了切换成功率。

关键词:LTE 系统;家庭基站;切换机制

中图分类号:TN929.5 **文献标识码:**A **文章编号:**1671-5322(2013)01-0056-05

在 LTE(Long Term Evolution, 长期演进)的标准化进程中,一种家庭式基站(Home eNodeB, HeNB)的概念和技术应运而生,并迅速在全世界范围内得到关注与研究,家庭基站的出现缩小了基站的物理尺寸,并得到更广泛和更密集的覆盖范围^[2]。本文基于 LTE 系统中家庭基站的移动性优化研究,针对日前 LTE 3GPP 标准中向家庭基站切换时可能存在的失败问题,提出可行性的解决方案,具有重要的现实意义。本文涉及无线蜂窝通信系统,更具体地说,是对 LTE 移动通信系统中终端向家庭基站切换之前的测量汇报过程的改进。

1 HeNB 切换机制

LTE 网络由宏基站(Macro eNodeB, MeNB)、家庭基站(HeNB)和演进分组交换中心(Evolved Packet Core, EPC)组成。HeNB 对用户的接入支持闭合订购组(Closed Subscriber Group, CSG)、混合(Hybrid)及开放(Open)3 种模式。eNB(包括 MeNB、HeNB)和 EPC 通过 S1 接口连接,MeNB 之间能通过 X2 连接,HeNB 之间以及 HeNB 与 MeNB 之间,目前不存在 X2 接口。S1、X2 是逻辑接口。一个 EPC 可以管理一个或多个 eNB,一个 eNB 也可以受控于多个 EPC,一个 eNB 可以管理一个或多个小区。

对于目标小区为 CSG 或 Hybrid 的家庭小区

(终端以 CSG 模式接入,以下统称为向 CSG 小区)的切换,与目标小区为宏基站的切换不同, LTE 系统中称为 Inbound Mobility^[3]。在这种切换过程中,具体流程与普通的 LTE 切换过程^[4]有所不同,因为终端需要通过其正式切换之前的测量配置过程来确保自己优先接入 CSG 小区,从而享受更好的用户体验。为了达到上述目的,如果服务小区不是 CSG 小区的话,即使当前服务小区还能提供信号,终端也需要启动对 CSG 小区的测量。这就需要识别其邻居小区是家庭小区还是普通小区。

根据 TS36.331-910 文档^[5],终端需要根据自己的指纹匹配(fingerprint)结果来触发对邻居 CSG 小区的搜索,并向服务 eNB 发起 CSG 小区的测量,并读邻区的系统信息,从而对其 CSG ID 是否匹配进行判断。对于异频情况,终端会存储其之前接入该 CSG 小区时使用的频率信息。当需要再次接入时,终端可使用接近指示(Proximity Indication, PI)消息来通知当前的服务小区进行相应的测量配置,PI 消息中可以包含进入/离开 CSG 小区范围的指示,以及 CSG 小区的频率信息。当终端在测量时,通过读取邻居区的系统信息,来确定是否是 CSG 小区,以及其 CSG ID 是否匹配,如果匹配,则使用优先的门限进行测量上报。当满足切换条件时,当前服务基站则通过 S1 接口向邻居 CSG 小区发起切换请求。与普通的

收稿日期:2012-11-25

作者简介:浦灵敏(1982-),男,江苏太仓人,讲师,主要研究方向为电子与通信技术。

切换不同的是,此时,服务基站发送的切换请求中需要包含终端的 CSG 订购信息,邻居 CSG 小区则会根据终端的订购信息进行网络侧的 CSG 匹配,从而完成 CSG 小区特有的接入控制。如果接入控制成功的话,终端开始数据链路切换过程,这些切换过程与普通的切换过程一致。

另一方面,由于 HeNB 的布设是由用户确定的,不受运营商网络规划的限制,因此,为了避免 HeNB 与宏基站,以及 HeNB 之间的干扰,LTE 系统允许 HeNB 具有下行接收功能,及 HeNB 可以像终端一样接收基站的下行广播信道,公共导频信号的下行信号,从而,HeNB 启动时可以通过对周边基站的广播信道和导频信号的接受进行测量,并根据自己测量到的当前无线环境,进行自动的网络规划,自动配置本小区的频率、功率和 PCI 等参数。其中,PCI 是每个小区对自己上下行信号中加扰序列以及导频信号等的特征标识,相邻的小区间使用不同的 PCI 来使互相之间的加扰序列及导频信号正交,从而有效避免小区间的干扰。此外,而对于 HeNB(尤其是 CSG 模式的 HeNB)而言,节能也是一个重要的特性,当没有用户接入达到一定时间时,会自动进入节能状态,其无线发射功能会关闭(而 X2,S1 等有线接口不会关闭),当有潜在用户接入时,再进行开启,其开启过程可以通过周围的基站发起。正是由于 HeNB 的自动节能以及自动网络规划这些特有的功能,使其会发生无线接口的重新启动,并且在重新启动后,很可能频率和 PCI 参数发生改变,而这将对于上述的向 HeNB 的切换过程带来影响。

2 现有切换机制的缺陷分析

在 LTE 的现有标准中,终端需要根据自己的指纹匹配(fingerprint)结果来触发对 CSG 小区的测量,对于异频情况,终端可使用 PI 消息来通知当前的服务小区进行相应的测量配置,PI 消息中包含进入/离开 CSG 小区范围的指示,以及 CSG 小区的频率信息。由于 CSG 小区所属家庭基站在重新启动或者更新后,存在频率改变可能,若终端原服务基站不能及时更新频率改变信息,由于 PI 消息中包含的频率信息与 CSG 小区使用的频率信息不同,则会导致原服务基站对终端进行错误的测量配置,造成终端无法及时切换到正确的 CSG 小区,最终发生切换失败(如图 1 所示)。另一方面,若 HeNB 改变了频率信息,则其实际使用

频率是未知的,那么邻居 HeNB 的频率与终端当前服务小区的频率是否异频也是不确定的。所以,当终端侧 fingerprint 匹配成功后,终端通过判断之前记录的 CSG 小区频率与当前服务小区频率是否相同这一点来决策是否进入异频测量流程,也是不合理的。终端完全可以不考虑之前保存的频率信息,先按照当前的工作频率进行测量,当测量结果中不包含其匹配的 CSG 小区时,再进入异频测量的流程。

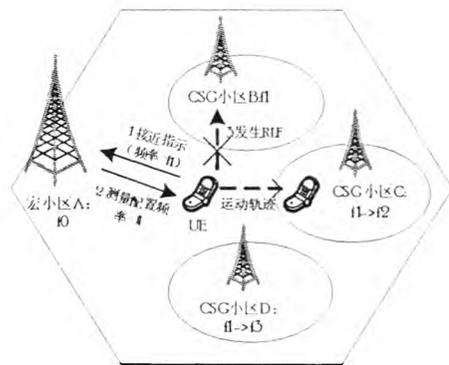


图 1 场景示意图

Fig. 1 A diagram of scenario

大唐电信(CATT)提出 HeNB 使用 X2 或者 S1 接口,告知邻居频率改变,并且终端在汇报 PI 消息时,加入 PCI 信息,以供原服务基站查找正确的频率信息,但这也存在问题^[6]。在目前的 LTE 系统中,总共只有 504 个可用的 PCI,而可分配给家庭基站使用的,只是这 504 个 PCI 的一个子集(具体数量还未确定),那么意味着每个 PCI 需要在不同的小区间复用。由于家庭基站的布设,使得在一个宏小区的区域内小区数目变得非常庞大。在这种场景下,容易发生相邻小区的 PCI 冲突,以及某小区的两个不相邻的邻居小区使用相同的 PCI(即 PCI 混淆)的出现。PCI 冲突会直接造成相邻小区间的干扰,影响系统性能;PCI 混淆会造成部分小区的邻居列表混淆,从而引起终端切换失败,进而影响部分用户的用户体验。因此,HeNB 重新启动后,为了避免干扰,以及不影响其他小区,其 PCI 取值可能会改变,来保证不出现 PCI 冲突,极端情况下允许与其他 HeNB 出现 PCI 混淆。

本文将根据上述几方面问题,提出了相应的解决方案。

3 改进方案描述

由于目前的 LTE 规范中,HeNB 与相邻 MeNB 和其他 HeNB 没有 X2 接口^[7],因此,本文提出在 HeNB 重新启动后,若其使用的频率信息发生了改变,则首先要将自己选用的频率值通过 S1 AP (Application Protocol) 协议中的 eNB Configuration Transfer 消息发送给 MME, MME 再通过 MME Configuration Transfer 消息将此信息转发给与该 HeNB 相邻的 MeNB 和其他 HeNB。

由于频率改变后,导致终端记录的原频率信息并不可靠,需要修改终端的处理流程,优先进行本服务频率的测量,只有在测量不到匹配的 CSG 小区后,才进入异频测量流程。同时由于频率信息的不可靠,进入异频测量后,发送的 PI 消息中,不需要再包含频率信息。

再者,由于重启后的 HeNB 的 PCI 也会发生改变或与其他 HeNB 发生混淆,本文提出在 PI 消息中加入唯一的 E - CGI (E - UTRAN Cell Global Identifier, LTE 网络全球小区标识) 信息,供服务基站根据频率和 E - CGI 的匹配列表确认目标家庭基站当前使用的频率值(按照 LTE 自配置的自动邻居关系即 ANR 特性规定,每个小区都有邻居小区的 E - CGI 信息)。具体的方案如图 2 及图 3 所示。

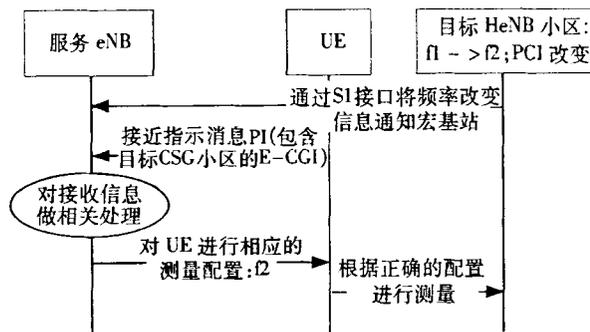


图 2 简述正确配置流程图

Fig. 2 A flow chart of reasonable configuration

下面以具体实施过程进行描述:

(1) 对于异频情况,终端可使用 PI 消息来通知当前的服务小区进行相应的测量配置,PI 消息中包含进入/离开 CSG 小区范围的指示,以及 CSG 小区的频率信息。

(2) 家庭基站 (Home eNB) 重新启动后,存在频率改变问题,在这种情况下,需将其频率改变

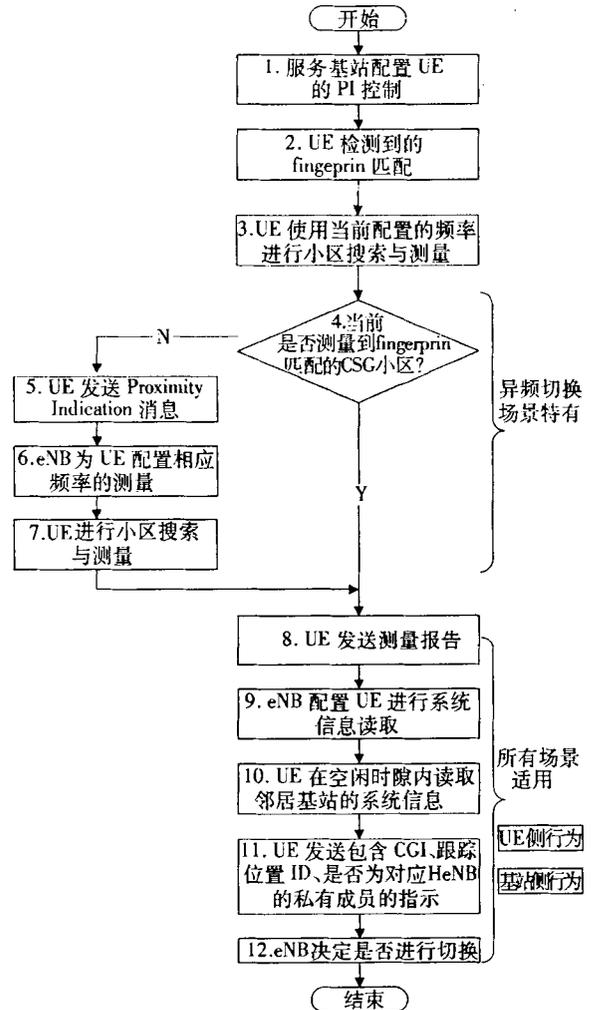


图 3 改进的 Inbound Mobility 切换流程

Fig. 3 A flow chart of improved Inbound Mobility handover

信息通过 S1 AP 消息通知给 MeNB。

(3) 终端首先进行同频率测量/或已配置的异频测量,如果测量结果中不包含通过 fingerprint 匹配成功的 CSG 小区,则发送 PI 消息,由服务小区进行异频测量配置。

(4) 在由终端汇报的 PI 消息中,不包含频率信息,加入 E - CGI 信息解决 CSG 小区 PCI 冲突与混乱问题,以防止 MeNB 对终端进行错误的测量配置,而造成终端无法及时切换到相应的 HeNB 中去。

4 仿真分析

在 MATLAB 环境下进行仿真,仿真过程基于用户的切换。如图 4 所示,本文选取场景为一个宏小区,小区半径为 1 000 m,其中央有 100 个家庭基站与宏基站同覆盖,家庭基站的覆盖范围为

边长 10 m 的正方形。由于本文考察的是终端从宏基站到家庭基站的切换,而家庭基站之间的位置关系可进行简化,因此,此仿真场景既可简化仿真的实现,又不失一般性。本文方案不涉及小尺度信道的影响,仿真采用的无线传播模型除了穿墙损耗外,只考虑大尺度衰落和正态分布的随机阴影衰落。

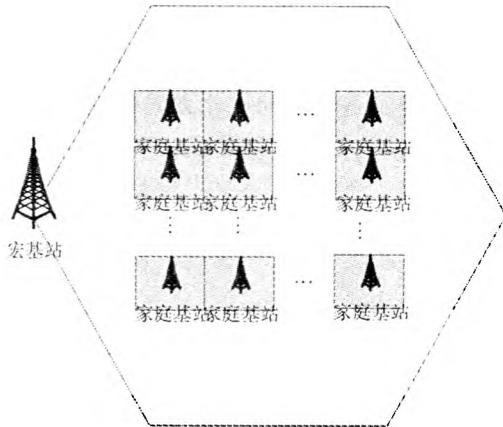


图 4 仿真场景

Fig. 4 Simulation scenarios

仿真中,设所有可用的频率为 $f_0 \sim f_4$ 5 种频率,可用的 PCI 为 0 ~ 50,宏基站使用频率为 f_0 固定,PCI 为 0 也固定,家庭基站动态自动选择频率和 PCI,选择的依据是随机选择邻居没有使用的频率和 PCI(宏基站也为邻居之一)。仿真初始状态为所有家庭基站依次进行随机选择,并将选择结果记录下来,作为终端的历史信息。每轮仿真开始后,所有家庭基站依次重启动,重新进行频率和 PCI 选择,优先选择原来使用过的频率和 PCI;同时,在家庭基站范围内,随机产生终端位置,并设置终端服务基站为宏基站,并根据终端的坐标,确定终端的切换目标。为了保证仿真结果的有效性,每轮仿真产生 100 次终端,仿真 1 000 轮对仿真数据进行统计。仿真时记录终端切换成功次数和终端的测量时延(直接测量成功为 1 个时延单位,通过发送 PI 消息后测量成功为 3 个时延单位,切换失败不进行统计,终端随机配置一个固定的异频频点)。通过仿真平台仿真了 3 种切换方案:方案 1,协议初始方案;方案 2:大唐电信方案;方案 3:本文方案。仿真比较的性能指标包括终端的切换成功率和切换时延。

图 5 为切换成功率仿真结果。大唐电信方案

和本方案相对于 LTE 的初始方案,由于考虑了频率改变,都显著提高了切换成功率。而由于本文方案避免了使用会改变的 PCI,而直接使用 E - CGI,虽然增加了一定的接口开销,但系统在可用 PCI 较少时,有效的提高切换的成功率。

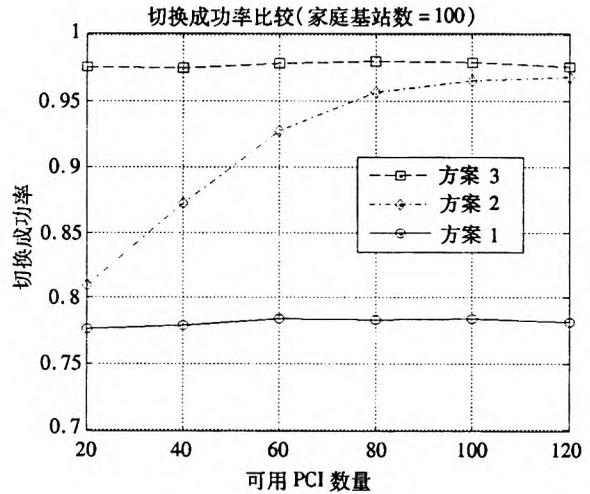


图 5 切换成功率比较(100 家庭基站)

Fig. 5 Comparison of the success rate(100HeNB)

图 6 为仿真了只有 50 个家庭基站的场景,发现与 100 家庭基站场景相比,切换成功率都有增加。由此可见,随着家庭基站数量的增加,本文所提的方案更加具有实用价值。

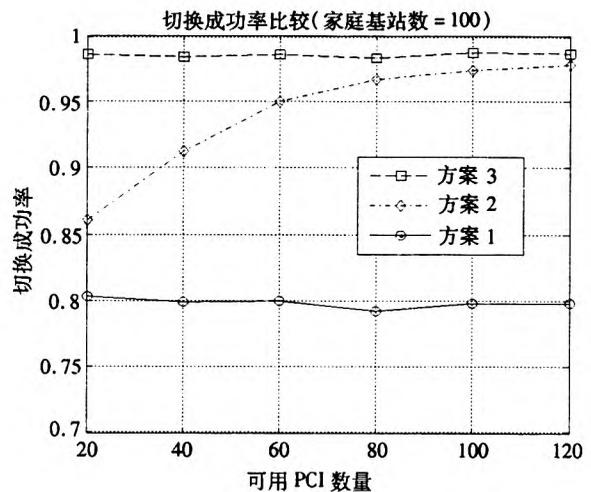


图 6 切换成功率比较(50 家庭基站)

Fig. 6 Comparison of the success rate(50HeNB)

图 7 为测量时延的比较。由于本方案优先直接进行测量,测量失败再通过 PI 消息进行配置,由于总的频点数是有限的,且数量很少,所以平均而言,可以略微降低切换前测量的时延。

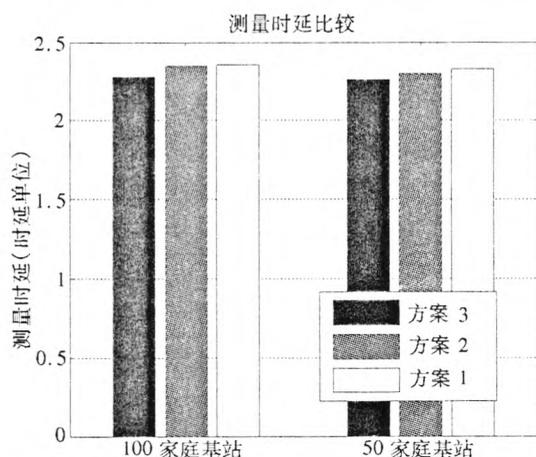


图7 测量时延比较

Fig.7 Comparison of the measurement delay

5 小结

通过分析研究现有 LTE 系统中 HeNB 切换机制,针对目前 3GPP 标准中家庭基站重新启动后,可能存在的频率和物理小区标识 (PCI) 的改变,从而导致对 HeNB 的正常切换产生的影响,提出了通过终端向该 HeNB 切换前汇报的 PI 消息中需加入终端之前所记录的该 HeNB 小区的 E-CGI 信息,来防止 MeNB 对终端进行错误的测量配置的可行性解决方案,并给出了具体的实施过程。通过仿真验证表明优化方案有效的降低了测量时延,大大的提高了切换成功率。

参考文献:

- [1] 3GPP TS 36.300 v10.4.0. "Technical Specification Group Radio Access Network; Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA) and Evolved Universal Terrestrial Radio Access Network (E-UTRAN); Overall description" [S]. 2011.
- [2] 闵仕君,彭木根,王文博. LTE 家庭基站研究[J]. 新技术,2011(2):26-29.
- [3] 3GPP TS 36.300 v9.1.0. Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA) and Evolved Universal Terrestrial Radio Access Network (E-UTRAN)[S]. 2009.
- [4] 沈嘉,索士强,全海洋,等. 3GPP 长期演进 (LTE) 技术原理与系统设计[M]. 北京:人民邮电出版社,2008:17-18, 418-420.
- [5] 3GPP TS 36.331 v10.0.0. "Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA); Radio Resource Control (RRC); Protocol specification" [S]. 2011.
- [6] R3-101463, Consideration on mobility enhancement for HeNBs[S]. CATT, 2010.
- [7] 3GPP TS 36.420 v8.0.0. 3rd generation partnership project, Technical specification group radio access network; Evolved universal terrestrial radio access (E-UTRA) and evolved universal terrestrial radio access network (E-UTRAN); X2 general aspects and principles (release 8)[S]. 2007.

Research on Optimization of Home eNodeB Handover Performance in LTE System

PU Ling-min¹, HU Hong-mei¹, ZHANG Jian²

(1. School of Electrical Engineering Institute, Chien-shiung Institute of Technology, Taicang Jiangsu 215411, China;)
 (2. Shanghai Research Center for Wireless Communications, Shanghai 200050, China)

Abstract: According to current LTE specification, the HeNB will change its working frequency and physical cell id (PCI) after it restarts, and it reduces success rate of the inbound handover. This paper proposed an inbound handover solution which improves the handover measurement procedure and avoids improper measurement configuration from macro eNBs. Our simulation results show that the proposed solution reduced the measurement delay and improved the success rate of handover.

Keywords: LTE system; HeNB; Handover Performance

(责任编辑:张英健)