

LTE-A 系统中 FSHO 切换的优化方案^①

刘静静, 徐家品

(四川大学 电子信息学院, 成都 610065)

摘要: 无线资源管理是 LTE-A 学习的重要部分, FSHO 是 LTE-A 的一种重要切换算法, FSHO 服务分为 VoIP 服务和非 VoIP 服务, 非 VoIP 服务始终只有一个基站为移动终端服务, FSHO 的 VoIP 服务是通过源基站和目标基站共同服务. 相对于 LTE-A 的硬切换, FSHO 增加了切换时延, 使得切换中断概率比较高. 提出了基于多载波切换的优化 FSHO 方案, 主要在 VoIP 服务过程中加入了多载波切换的方法. 原理分析和仿真结果表明, 优化的 FSHO 算法不仅降低了切换中断的概率, 而且提高了 VoIP 服务的质量.

关键词: LTE-A; 切换; FSHO; VoIP; 中断概率

Optimized Fractional Soft Handover Scheme for LTE-Advanced System

LIU Jing-Jing, XU Jia-Pin

(College of Electronics and Information Engineering, Sichuan University, Chengdu 610065, China)

Abstract: Radio resource management is important aspect to investigate as part of the LTE-Advanced study. And FSHO is an important handover scheme in LTE-A. FSHO sorts the service to VoIP service and non-VoIP service. Non-VoIP service are transmitted by source eNodeB or target eNodeB. VoIP services are transmitted from both source eNodeB and target eNodeB. Compared to hard handover, FSHO increases the time delay and outage probability. In this paper, we propose an optimized fractional soft handover scheme based on FSHO. The main idea is to Multi-carrier Handover Method for VoIP. The theoretical analysis and simulation results show that the optimized proposed fractional soft handover not only attains the lowest handover outage probability but also improve the reliability of VoIP service.

Key words: LTE-A; handover; FSHO; VoIP; outage probability

在 LTE-A(Long Term Evolution-Advanced)系统中, 无线通信的最大特点在于无线资源管理, 切换是无线资源管理的重要组成部分, 所以好的切换算法对优化网络的性能起着重大的作用^[1,2]. 当用户移动时, 为了保持业务连续性, UE(user equipment, 用户终端)不仅必须与服务小区连接, 更重要的是监视他们的相邻小区^[3]. 对于移动终端在不同小区间的移动, UE 需要向网络发送测量报告, 网络侧在适当时刻命令 UE 做跨小区的切换^[4].

当前, LTE-A 系统中上下链路均采用硬切换算法, 这种算法执行起来比较简单, 但仍然满足不了切换间隙的 QoS(Quality of Service, 服务质量)的要求^[5]. 针对 LTE 切换过程存在的不足, 文献[6]提出了 FSHO(Fractional Soft Handover Technique, 部分软切换技术)算法.

FSHO 采用了载波聚合技术, 为了提高切换性能, 文献[6]在切换进程中为移动终端和目标基站的无线资源控制设定一个特殊载波, 此特殊载波在切换过程中为移动终端和目标基站建立 RRC (Radio Resource Control, 无线资源控制)联系, 而其他的载波和源基站通信. FSHO 服务分为 VoIP 服务和非 VoIP 服务, FSHO 的非 VoIP 服务始终只有一个基站为移动终端服务, 但是 FSHO 的 VoIP 服务是通过源基站和目标基站共同传送, 无疑的增加了切换时延, 所以本文在此基础上提出了优化的 FSHO 切换算法.

1 改进的FSHO切换技术

FSHO 的 VoIP 服务通过源基站和目标基站共同传送的, 本文改进的算法是在这个过程加入多载波切换

^① 收稿时间:2014-08-25;收到修改稿时间:2014-10-24

技术. 而这个想法通过 LTE-A 系统的载波聚合技术很容易实现^[6].

多载波切换技术的基本原理如图 1 所示, 移动终端周期性的向源基站发送测量报告, 本文以参考信号 RSRP 的强度为基准. 当移动终端从基站 1 移动到位置 1 时, 如图所示:对于载波 1, 移动终端在位置 A 时, 从基站 1 接收到的信号越来越弱, 并初始化载波 1 到目标载波 2 准备切换. 对于载波 2, 当从载波 1 接收到切换触发信号, 载波 2 根据从移动终端的相邻基站接收信号强度选择目标基站. 当移动终端移动到距离基站 1 和基站 2 相同距离的位置 B 时, 载波 1 触发载波 2 执行切换, 载波 2 从基站 1 接收到触发信号, 根据已选好的目标基站, 开始执行切换. 当移动终端移动到位置 C 时, 载波 2 已经完成了切换进程, 并且载波 1 中断了和基站 1 的联系. 当移动终端达到迟滞参数要求, 它通过载波 2 初始化从基站 1 到基站 2 的切换^[7].

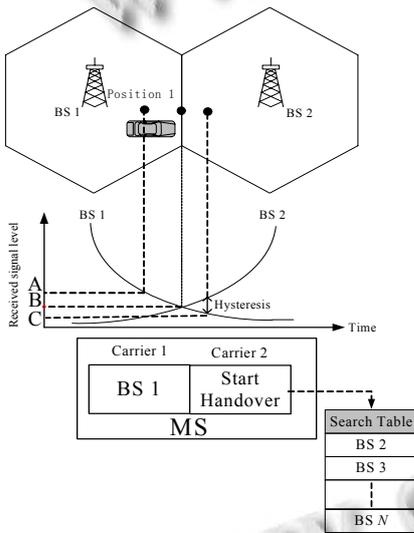


图 1 多载波切换的基本原理

FSHO 切换准备过程中移动终端周期性的向源基站发送测量报告, 测量报告包括包括相邻基站信号强度^[8]. 在切换过程中源基站和目标基站进行协商需要选择一个载波作为 FSHO 的载波, 对于 FSHO 的 VoIP 服务, 此时不是源基站和目标基站共同服务, 而是在利用多载波切换技术, 初始化源基站的载波到目标载波, 目标载波根据从相邻基站列表接收信号强度寻找目标基站, 准备切换, 当移动终端移动到源基站和目标基站相同距离位置时, 移动终端从源基站和目标基

站接收相同强度的资源块, 此时目标载波执行切换.

改进的 FSHO 的切换基本原理如图 2 所示, 在切换过程中两个基站协商选择合适载波作为 FSHO 的载波, 初始化源基站的载波到目标载波, 目标载波根据从相邻基站列表接收信号强度寻找目标基站.

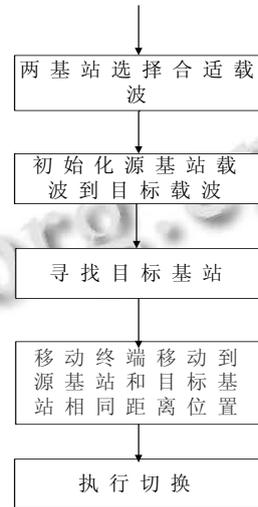


图 2 优化 FSHO 切换的基本原理

2 系统模型和优化算法分析

如图 3 所示, 本文假设在 LTE-A 系统中搭建了 7 个小区的场景, 每个小区中心位置建立一个基站, 并且频率复用因子为 1. 移动终端沿着直线方向从基站 1 到基站 2, 为了评估本文提出的优化算法, 基于文献[9]本文进行了如下分析.

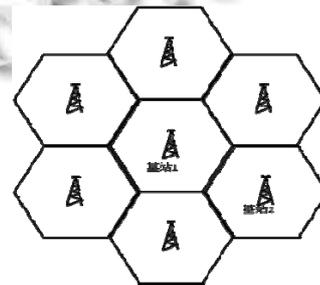


图 3 仿真场景

假设移动终端在第 i 个基站的 k 位置, 则离第 i 基站的距离为 $d_{i,k}$, 则路径损耗为:

$$P_G(i, k) = K \cdot d_{i,k}^{-\mu} \cdot 10^{\xi_{i,k}/10} \tag{1}$$

在公式(1)中, K 为常数, μ 为路径损耗指数, 二者参数由不同的模型决定. $\xi_{i,k}$ 为阴影衰落, 单位为 dB, 均值为 0, 标准差为 σ , 为了便于分析, 我们采用文献[7]中的方法:

$$\begin{aligned}
p_k(i) &= p[P_G(i,k) > P_G(j,k) + \Gamma] \\
&= p[\xi_{i,k} > 10 \log((d_{i,k}^\mu / K) \cdot (P_G(j,k) + \Gamma))] \quad (2) \\
&\quad s.t. \quad j \neq i \ \& \ \forall j \in C_{neigh} \\
p_k(i,j) &= p[(0 \leq P_G(i,k) - P_G(j,k) \leq \Gamma) \ \& \\
&\quad (P_G(j,k) > P_G(m,k))] \\
&= p[10 \log((d_{i,k}^\mu / K)(P_G(j,k) \leq \xi_{i,k} \ \& \\
&\quad \leq 10 \log((d_{i,k}^\mu / K) \cdot (P_G(j,k) + \Gamma) \ \& \\
&\quad \xi_{i,k} > 10 \log((d_{i,k}^\mu / K) P_G(m,k))] \\
&\quad s.t. \quad j \neq m \ \& \ j, m \in C_{neigh}
\end{aligned} \quad (3)$$

其中 Γ 是切换判决的阈值, C_{neigh} 是相邻基站的集合, $P_G(m,k)$ 是来自第 m 个基站的路径增益, $p_k(i)$ 是来自第 i 个基站路径增益高于其他基站 Γ 的概率, 即移动终端在位置 k 完全由第 i 个基站提供服务的概率. $p_k(i,j)$ 是第 i 个基站的路径增益高于第 j 个基站, 但是第 i 个基站的路径增益小于第 j 个基站与 Γ 的和, 即移动终端位于切换地带的概率.

由于单小区移动终端数量比较大, 而且大致成均匀分布, 所以本文假设移动终端在小区内成均匀分布, 并且每个移动终端拥有相同的资源块. 使用不同的切换算法, 系统资源块碰撞的可能性不同. 对于 FSHO 切换算法, FSHO 中的 VoIP 服务是由源基站和目标基站共同服务的, 如果第二个小区传送数据使用不同的资源块, 相对于硬切换, 则资源块碰撞的概率增加. 优化的 FSHO 中的 VoIP 服务始终是由一个基站为移动终端服务, 相对于 FSHO 算法, 资源块碰撞概率较小. 基于文献[5], 本文提出了降低碰撞概率的公式:

$$P_{col}^{(2)} = [\sum_k (1 + (1 + \alpha)\lambda_k) / \sum_k (1 + \lambda_k)] P_{col}^{(1)} \quad (4)$$

$$P_{col}^{(3)} = [\sum_k (1 + (1 + \beta)\lambda_k) / \sum_k (1 + \lambda_k)] P_{col}^{(1)} \quad (5)$$

$$\lambda_k = (\sum_{j \neq i} p_k(i,j)) / (p_k(i)) \quad j \in C_{neigh} \quad (6)$$

其中式(5)中 β 小于(4)中的 α , $P_{col}^{(1)}$, $P_{col}^{(2)}$, $P_{col}^{(3)}$ 分别表示硬切换, FSHO 切换, 改进的 FSHO 切换资源块碰撞的概率, α 表示 VoIP 服务基站额外的比率, β 表示 VoIP 服务基站用多载波切换算法的比率.

在 SINR 模型中, 本文忽视小区内部干扰和噪声, 而且假设对于每个资源块发送功率是相同的, 所以对于在位置 K 的第 i 个基站的 SINR 的计算公式:

$$SINR_{i,k}^{(si)} = \frac{P_i \cdot P_G(i,k)}{\sum_{j=1}^5 P_j \cdot P_G(j,k) \cdot P_{col}^{(si)}} \quad si = 1, 2, 3 \quad (7)$$

其中 P_i 是资源块的发送功率.

假设 γ 是目标阈值, 在位置 k 的切换中断概率:

$$p_{out,k}^{(si)}(i) = p[(E_b / N_0)_{i,k}^{(si)} < \gamma] \quad (8)$$

其中,

$$(E_b / N_0)_{i,k}^{(si)} = (BW_{RB} / R_b) \cdot SINR_{i,k}^{(si)} \quad (9)$$

由式(8)和式(9)得:

$$P_{out,k}^{(si)} = 1 - \phi((\ln(BW_{RB} / (R_b \cdot \gamma \cdot p_{out,k}^{(si)})) - \mu_k) / \sigma_k) \quad (10)$$

上式中 $\phi(\cdot)$ 是正态分布的累积分布函数 $P_{out,k}^{(1)}$, $P_{out,k}^{(2)}$, $P_{out,k}^{(3)}$ 分别表示在位置 k 硬切换, FSHO 切换以及优化的 FSHO 切换中断概率.

在小区的中断概率计算公式如(11):

$$p_{out,A_k}^{(si)} \approx \frac{1}{\pi \cdot d_k^2} \iint_{A_k} p_{out,k}^{(si)}(d_k) dA_k \quad si = 1, 2, 3 \quad (11)$$

A_k 是小区的覆盖面积, $p_{out,k}^{(si)}(d_k)$ 是在 dA_k 处的中断概率, 当 dA_k 足够小的时候可以用 $p_{out,k}^{(si)}$ 代替.

因为基站的整个链路容量 VoIP 服务比率比较小, 所以优化 FSHO 算法的增加了资源块的碰撞概率比较小, 由式(4)、式(5)可以得出, 优化的 FSHO 算法比 FSHO 算法资源块碰撞概率更小. 根据文献[5], 由式(2)、式(3)、式(11)可以得出 FSHO 以及优化的 FSHO 切换中断概率:

$$\begin{aligned}
p_{out,k}^{fsh} &= p_k(i) \cdot p_{out,A_k}^{(2)}(i) + \sum_j p_k(j) \cdot p_{out,A_k}^{(2)}(j) + \\
&\quad (1 - \alpha) \cdot (\sum_j p_k(i,j) \cdot p_{out,A_k}^{(2)}(i) + \sum_j p_k(j,i) \cdot p_{out,A_k}^{(2)}(j)) \\
&\quad + \sum_j p_k(j,m) \cdot p_{out,A_k}^{(2)}(j) + \alpha \cdot (\sum_j (p_k(i,j) + p_k(j,i)) \\
&\quad \cdot p_{out,A_k}^{(2)}(i) \cdot p_{out,A_k}^{(2)}(j) + \sum_{\forall m \neq j} p_k(j,m) \cdot p_{out,A_k}^{(2)}(j) \cdot p_{out,A_k}^{(2)}(m))
\end{aligned} \quad (12)$$

$$s.t. \quad j, m \in C_{neigh}$$

$$\begin{aligned}
p_{out,k}^{pfs} &= p_k(i) \cdot p_{out,A_k}^{(3)}(i) + \sum_j p_k(j) \cdot p_{out,A_k}^{(3)}(j) + (1 - \beta) \\
&\quad \cdot (\sum_j p_k(i,j) \cdot p_{out,A_k}^{(3)}(i) + \sum_j p_k(j,i) \cdot p_{out,A_k}^{(3)}(j)) \\
&\quad + \sum_j p_k(j,m) \cdot p_{out,A_k}^{(3)}(j) + \beta \cdot (\sum_j (p_k(i,j) + p_k(j,i)) \\
&\quad \cdot p_{out,A_k}^{(3)}(i) \cdot p_{out,A_k}^{(3)}(j) + \sum_{\forall m \neq j} p_k(j,m) \cdot p_{out,A_k}^{(3)}(j) \cdot p_{out,A_k}^{(3)}(m))
\end{aligned} \quad (13)$$

$$s.t. \quad j, m \in C_{neigh}$$

其中式(12)和式(13)式必须符合式(14):

$$p_k(i) + \sum_j (p_k(j) + p_k(i,j) + p_k(j,i)) + \sum_{m \neq j \in C_{neigh}} p_k(j,m) = 1 \quad (14)$$

3 仿真场景及仿真结果

本文是基于 Matlab 搭建的仿真场景, 仿真的两个场景分别是城市宏小区和农村宏小区, 在这两个场景

中阴影衰落的标准差分别设置为 4dB 和 6dB, 频率复用因子均为 1, R_b/BW_{RB} 均为 32768bps/Hz, 本文假设 (1)载波频率为 2GHz,目标 SINR 和切换阈值设置为 3dB, 小区负载率为 30%;(2) 载波频率为 2.5GHz,目标 SINR 和切换阈值为 2.5dB. 小区负载率为 35%. 链路的损耗模型、天线高度和其他参数均采用文献[10]中默认设置.

仿真结果与分析:

(1) 第一种假设情况:

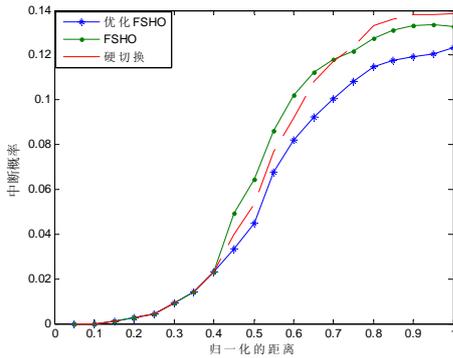


图 4 农村宏小区切换中断概率

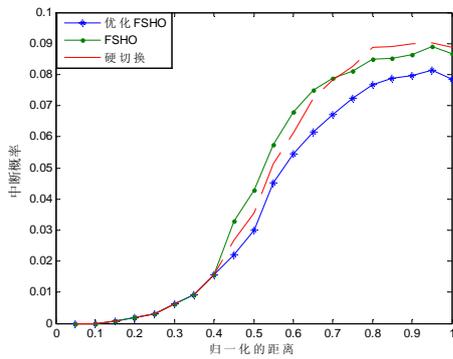


图 5 城市宏小区切换中断概率

(2) 第二种假设情况:

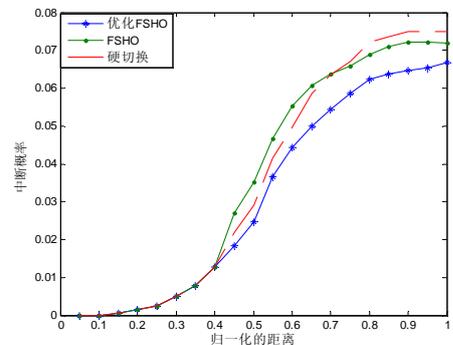


图 6 农村宏小区切换中断概率

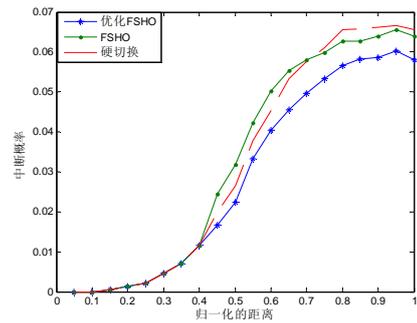


图 7 城市宏小区切换中断概率

如第一种仿真条件下图 4 与图 5 和第二种仿真条件下图 6 与图 7 所示, 在归一化距离农村宏小区和城市宏小区仿真场景下硬切换, FSHO, 优化的 FSHO 的中断概率仿真结果. 因为小区的负载率分别为 30%、35%, 而且本文没有考虑小区间的干扰协调技术, 所以资源块碰撞概率也分别为 30%、35%. 优化的 FSHO 算法的中断概率比 FSHO 算法的切换中断概率小, 原因是优化的 FSHO 对原来的 FSHO 的 VoIP 服务用的是多载波切换结束, 降低了资源块的碰撞概率, 优化的 FSHO 对于硬切换, 虽然增加了资源块的碰撞概率, 但是由于非 VoIP 服务时移动终端从基站接收了更好的信号质量, 所以相对于硬切换也降低了切换中断概率.

4 小结

本文在 LTE-A 系统中, 针对 FSHO 切换算法提出了优化的 FSHO 算法原理分析和仿真结果表明相对于 FSHO 算法, 硬切换算法, 优化的 FSHO 算法降低了切换中断概率, 另外优化的 FSHO 算法维持了 VoIP 服务的 QoS, 并且提高了频谱利用率. 本文提出的优化 FSHO 对 LTE 切换右后兼容性, 所以优化的 FSHO 切换算法是 LTE-A 系统的有很好的竞争优势. 目前很多研究致力于小区间的干扰和在降低中断概率的同时提高小区的吞吐量. 所以未来将致力于这方面的研究.

参考文献

- 1 李明明.LTE 切换算法的研究[学位论文].北京:北京邮电大学,2009.
- 2 殷聪,谭学治,马琳,于洋.认知无线电中一种频谱聚合的切换策略.四川大学学报(工程科学版),2013,11.
- 3 Sesia S, Toufik I, Baker M. LTE-The UMTS Long Term

- Evolution From Theory to Practice. John Wiley & Sons Ltd 2009.
- 4 何剑,杨哲.TD-LTE 网络规划原理与应用.北京:人民邮电出版社,2013.
 - 5 陈俊,彭木根.TD-LTE 系统切换技术的研究.中兴通讯技术,2011,17(3):54-58
 - 6 Junren C, et al. A fractional soft handover scheme for 3GPP LTE-advanced system. IEEE International Conference on Communications Workshops(ICC Workshops 2009). 2009. 1-5
 - 7 Guang JY, et al. Multi-carrier Handover Method. 2011, 1-5.
 - 8 魏珍珍.LTE 中基于移动特性的切换优化.通信技术,2010, 11(43):134-141.
 - 9 Hyungkeuk L, et al., OFDM-based semi-soft handover for high data rate services. IEEE 18th International Symposium on Personal, Indoor and Mobile Radio Communications, 2007(PIMRC 2007). 2007. 1-5.
 - 10 Docomo N. Evaluation Model for LTE-Advanced. 3GPP R1-083014, 3GPP TSG RAN WG1 Meeting #54. August, 2008.

WWW.C-S-A.ORG.CN

WWW.C-S-A.ORG.CN