

# LTE HAMF Handover Algorithm Research Based on Multi-Factors

Lei Han<sup>1</sup>, Jiandong Tang<sup>2</sup>, Qinghua Xiao<sup>2</sup>

<sup>1</sup>China United Network Telecommunications Co., Ltd., Zhejiang Branch, Hangzhou

<sup>2</sup>Huaxin Consulting Co., Ltd., Hangzhou

Email: xiaoqh@hxdi.com

Received: Jul. 16<sup>th</sup>, 2013; revised: Jul. 24<sup>th</sup>, 2013; accepted: Aug. 10<sup>th</sup>, 2013

Copyright © 2013 Lei Han et al. This is an open access article distributed under the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

**Abstract:** Considering the network load, this paper described LTE cell resource status based on cell optimum utilization. Then, combined with signal level, comprehensive assessment of user terminal's mobility and differentiate QCI during operations, this paper proposed a new LTE handover algorithm based on multi-factor decision called HLMF (Handover Algorithm base on Multi-Factors). Through layer-3 filtering, this algorithm made it possible to unite important factors such as signal level, cell load, etc. HLMF also modified the hysteresis co-efficient according to user mobility and QCI rectification, which improved the sensitivity of algorithm to various factors, and guaranteed the promptness of LTE system handover caused by network conditions and user behaviors. Meanwhile, HLMF reserved expansion threshold, so it could be added any factors to consider and had a good expansion ability.

**Keywords:** LTE; Signal Level; Cell Load; QCI; Handover

## 基于多因素决策的 LTE 系统 HAMF 切换算法研究

韩 蕾<sup>1</sup>, 汤建东<sup>2</sup>, 肖清华<sup>2</sup>

<sup>1</sup>中国联合网络通信有限公司浙江省分公司, 杭州

<sup>2</sup>华信邮电咨询设计研究院有限公司, 杭州

Email: xiaoqh@hxdi.com

收稿日期: 2013 年 7 月 16 日; 修回日期: 2013 年 7 月 24 日; 录用日期: 2013 年 8 月 10 日

**摘要:** 考虑网络负载, 通过最佳无线利用率的概念引入对 LTE 小区资源及负荷的定量描述。结合小区的信号质量电平, 综合评估用户终端的移动性, 以及开展业务存在差异化的 QCI, 提出了一种基于多因素决策的 LTE 切换算法。从层三滤波入手, 通过加权因子解决了将信号质量电平、小区负荷有机组合的问题。对切换迟滞系数进行基于用户速率和 QCI 的修正, 增加切换算法对影响因素的敏感性, 从而保证 LTE 网络能够因为网络状况和用户行为进行更及时的差异化切换。同时, 切换算法预留了扩容门限, 能够动态添加需要考虑的任何因素, 具备良好的扩充性能。

**关键词:** LTE; 信号电平; 小区负荷; QCI; 切换

### 1. 引言

LTE (Long Term Evolution, 长期演进)<sup>[1]</sup>通过采用 OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing, 正交频分复用)、SC-FDMA (Single Carrier-Frequency

Division Multiple Access, 单载波频分多址)和 MIMO (Multiple Input Multiple Output, 多入多出)等多种关键技术<sup>[2]</sup>可以显著降低用户平面和控制平面的时延, 其主要目标就是在该时延要求下提供无缝语音和多媒体

接入服务。这个目标的实现需要从服务小区到目标小区的切换支持。由于 eNB 之间不存在宏分集，LTE 中仅存在硬切换，同时又必须保证用户感知不会受到切换机制的影响，从而对切换算法提出了更高的要求。

同 3G 系统类似，LTE 的切换过程也包括四方面：链路的监视和测量、目标小区的确定、切换的触发和切换的执行。其中以切换的触发最为重要，涉及到信号功率、门限信号功率、滞后量的信号功率等标准。所不同的是，LTE 在对信号进行测量后，需要借助层一和层三的滤波<sup>[3]</sup>，从而提高测量结果的稳定性。LTE 协议<sup>[4]</sup>定义了切换测量报告触发机制，包括 A1、A2、A3、A4、A5、B1 和 B2 事件，其中 B1 和 B2 事件主要用于异 RAT (Radio Access Technology, 无线接入技术)间的切换测量，LTE 系统内切换主要使用 A1、A2 和 A3 事件。考虑到 A1 和 A2 分别用于结束和启动异频测量，条件简单，本文不作过多研究。A3 事件最经常用于触发切换，反映了相邻/目标小区的信号质量，关于这方面的研究也日益增多。张普等<sup>[3]</sup>根据无线信道状况，动态调整切换参数，提出一种自适应切换算法，王华等<sup>[5]</sup>提出了一种基于准入控制的切换算法，Baowei Ji 等<sup>[6]</sup>提出了一种基于网络负载率的小区选择算法，甚至 Klaus Ingemann Pederson<sup>[7]</sup>等将用户分成金、银、铜等级，综合考虑这些因素，不同优先级的业务配置不同的切换参数集合。以上这些切换算法均考虑到影响切换的因素很多，单纯考虑信号质量已经不能满足网络 and 用户需求。遗憾的是，这些算法均比较片面地突出分析某类因素的影响，而不是综合考虑，在设定参数时采取不同的配置从而导致增加对系统的负担。同时，对具备不同 QCI (QoS Class Identifier, QoS 等级指示)的业务，如何实施差异化的切换也未研究。为此，本文从小区信号质量、小区资源负载、用户业务等级等因素出发，全面评估切换过程的影响因素，提出一种基于多因素决策的 HAMF 切换算法(Hand-over Algorithm based on Multi-Factors)。

## 2. 多因素分析

切换决策时需要考虑的因素主要包含两大类：网络信息和用户信息。网络信息包括信号电平值、网络负载资源等。而用户侧更关注业务的连续性，不同的业务等级要求不同，在此可以参考 QCI，包括业务类型、优先级、延时和丢包率等 4 项指标<sup>[8]</sup>。

为表述方便，本文假定  $X_y$  表示不同小区的变量参数， $X$  代表信号电平值  $Q$ 、小区负载资源  $L$ ，以及业务等级  $P$  等， $y$  代表服务小区  $s$ ，目标小区  $t$ ，目标邻区总个数为  $N$ 。

### 2.1 信号电平值

考虑到对信号电平值测量的精确性，仍然采用滤波的方式，对包括源小区、 $N$  个目标小区的测量如下：

$$Q_i = (1-\alpha) * Q_{i-1} + \alpha * M_i \{i = s, t_1, t_2, \dots, t_N\} \quad (1)$$

其中， $\alpha = \frac{1}{2^{k_1/4}}$ ， $k_1$  为滤波因子， $Q_{i-1}$  为前一次过滤后的测量结果， $M_i$  表示来自物理层的测量。

### 2.2. 小区资源

LTE 资源分配的最小单位是资源块 RB (Resource Block)，因此，本 HAMF 算法对小区的可利用资源也基于 RB 进行描述。汪丁鼎等人<sup>[9]</sup>提出了最佳无线利用率的概念，即通过分析该小区的话务量以及配置信道来得出该小区的无线利用率，这样更能体现当前网络的真实负荷情况。

$$\text{小区最佳无线利用率} = \frac{\text{小区话务量总和}}{\text{配置信道总和} \times 0.7} * 100\% \quad (2)$$

类似地，对于 LTE 的小区资源及负荷情况，可以表述为

$$L_i = 10 * \log \left( \frac{R_{a_i}}{R_{T_i} * k_2} \right), \{i = s, t_1, t_2, \dots, t_N\} \quad (3)$$

其中， $R_{a_i}$  表示当前小区可利用的 RB 块数， $R_{T_i}$  表示当前小区的总 RB 资源块数， $k_2$  为利用因子。

### 2.3. 业务等级

LTE 系统中 QoS 参数由 PCRF 和 PCEF 产生，并通过 S1 接口传递到 eNB。协议中定义了 1~9 个标准 QCI，并规定了可扩展的 128~254 的 QCI 值，具体参见表 1 所示。

对于有等级需求的业务，HAMF 考虑如下：时延要求高的业务，不必要的切换可能带来掉话，而对于时延不敏感的业务，可以根据终端速度的不同，切换到负载相对不高的邻区。

**Table 1. Standard QCI parameters**  
**表 1. 标准 QCI 参数**

QCI	资源类型	优先级	包延时	丢包率	典型业务
1	GBR	2	100 ms	$10^{-2}$	会话类语音
2		4	150 ms	$10^{-3}$	会话类视频(实时流)
3		3	50 ms	$10^{-3}$	实时游戏
4		5	300 ms	$10^{-6}$	非会话类视频(缓冲流)
5	NON-GBR	1	100 ms	$10^{-6}$	IMS
6		6	300 ms	$10^{-6}$	视频(缓冲流)、TCP 业务 (如 Email、聊天、FTP、 文件共享等)
7		7	100 ms	$10^{-3}$	语音、视频(实时流)、交 互类游戏
8		8	300 ms	$10^{-6}$	视频(缓冲流)、TCP 业务
9		9	300 ms	$10^{-6}$	视频(缓冲流)、TCP 业务

设定业务因子  $S_i$

$$S_i = \frac{P_i}{\max(P_1, P_2, \dots, P_m)} \quad (4)$$

其中,  $m$  表示 QCI 规定的标准值个数,  $P_i$  表示切换涉及的第  $i$  种业务的 QCI 优先级。如果 LTE 系统切换涉及多种业务, 则业务因子取其期望值。

### 3. HAMF 算法分析

参考 LTE 的 A3 事件,

$$M_n + O_{fn} + O_{cn} - Hys > M_s + O_{fs} + O_{cs} + Off \quad (5)$$

其中,  $M_n$  为相邻小区的测量结果,  $O_{fn}$  为相邻小区频率上的频率特定偏移量,  $O_{cn}$  为相邻小区的特定偏移量, 如果没有该配置, 则置为 0。  $M_s$  为服务小区的测量结果,  $O_{fs}$  为服务小区频率上的频率特定偏移量,  $O_{cs}$  为服务小区的特定偏移量,  $Hys$  为该事件的迟滞,  $Off$  为该事件的便宜参数。

当满足上述条件时, 表示相邻小区的信号质量比服务小区的信号质量好, 从而触发切换。反之, A3 满足离开状态。

对上述偏移参数进行修改为

$$M_n + CIO_n - Hys > M_s + CIO_s \quad (6)$$

其中,  $CIO_n$  表示相邻小区的偏移参数,  $CIO_s$  表示服务小区的偏移参数。

对服务小区和每一个目标切换邻区, 考虑如下:

$$M_i = \beta * Q_i + (1 - \beta) * L_i \quad (7)$$

其中,  $\beta$  为权重因子。

对于迟滞量  $Hys$ , 考虑到终端速度是变化的, 且切换过程中的业务也不一样, 其 QCI 差异较大, 修正如下:

在移动性上引入速度因子  $k_{med}$ ,  $k_{high}$

$$Hys = \begin{cases} Hys_{base}, & v < v_{med} \\ k_{med} * Hys_{base}, & v_{med} < v < v_{high} \\ k_{high} * Hys_{base}, & v > v_{high} \end{cases} \quad (8)$$

在此基础上, 添加对不同 QCI 等级业务的影响, 得到

$$Hys' = Hys * S_i = \begin{cases} S_i * Hys_{base}, & v < v_{med} \\ S_i * k_{med} * Hys_{base}, & v_{med} < v < v_{high} \\ S_i * k_{high} * Hys_{base}, & v > v_{high} \end{cases} \quad (9)$$

由此, 得到完整的 HAMF 切换算法:

$$\begin{aligned} & \beta * Q_i + (1 - \beta) * L_i + CIO_i - Hys' \\ & > \beta * Q_s + (1 - \beta) * L_s + CIO_s \end{aligned} \quad (10)$$

并选择最优小区进行切换。

### 4. 算法性能分析

1) HAMF 算法具备很好的完整性。

实际上, 式(10)只是通过权重因子  $\beta$  引入信号电平和小区资源负载的考虑, 如果还存在其它因素, 如新呼叫到达、系统阻塞, 以及切换成功率等也可以一并加入, 扩展后的式如下:

$$\begin{aligned} & \beta_1 * C_{i1} + \beta_2 * C_{i2} + \dots + \beta_n * C_{in} + CIO_i - Hys' \\ & > \beta_1 * C_{s1} + \beta_2 * C_{s2} + \dots + \beta_n * C_{sn} + CIO_s \end{aligned} \quad (11)$$

2) 对信号电平和小区资源兼顾考虑。

两者的轻重是通过权重因子  $\beta$  来衡量的。如果需要加重对小区资源的评估, 只需减少  $\beta$  值即可。同理, 若  $\beta = 1$ , 则 HAMF 算法就是传统的 LTE 切换算法。

3) 对终端移动性加以考虑。

当终端速率增加时,  $k_{med}$ ,  $k_{high}$  的引入使得  $Hys$  变小, 更易实现切换。

4) 对 QCI 业务等级实现了区分。

引入新的迟滞系数  $Hys'$ 。同理, 对时延越敏感的

QCI 业务, 业务因子  $S_i$  越小, 优先级越高,  $H_{ys'}$  值也更小, 更加容易实现切换。

## 5. 结语

切换是系统移动性管理的重要功能, 对网络性能起着重大作用。尤其对 LTE 而言, 更加扁平化的网络使其可承载低时延、高带宽的业务, 但也对切换提出了更苛刻的要求。本文从综合考虑小区信号质量电平、小区资源负载、终端移动速率、差异化的 QCI 等级业务, 提出了一种多因素决策的切换算法, 可以更加有弹性地解决 LTE 的网络切换问题, 其优势在于:

- 1) 引入归一化滤波法, 能够有效地周边小区的信号电平值进行测量;
- 2) 结合小区的负荷, 利用类最佳无线利用率法, 对小区的资源及忙闲程度进行数字化表征;
- 3) 对不同的业务, 结合 QCI 引入业务因子, 对业务的优先等级进行差异化描述, 能够依据业务的重要性合理地配备资源;
- 4) 在此基础上, HAMF 算法能够根据目标小区的负荷、资源紧张忙闲度、承载业务的重要性实施差异化配置, 达到网络均衡性的目的。

此外, 由于移动业务种类的繁多, 且随着时间的推移, 和客户感知要求的提高, 对 QCI 的划分也需要逐时改进, 在优先级、包延时和丢包率上进行调整与更新, 这也是本算法今后需要考虑的问题。

## 参考文献 (References)

- [1] 3GPP, TS 26.211. 3rd Generation Partnership Project; Technical Specification Group Radio Access Network; Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA). Physical Channels and Modulation, 2009.
- [2] 肖清华. TD-LTE 系统能力分析[J]. 移动通信, 2011, 35(22): 58-64.
- [3] 张普, 王军选. LTE 系统中切换算法的研究[J]. 西安邮电学院学报, 2010, 15(3): 1-5.
- [4] 3GPP, TS36.311. v8.5.0 EUTRA Radio Resource Control (RRC) Protocol specification. 2009.
- [5] 王华, 李鲁群, 王力. LTE-A 中基于准入控制的切换决策算法[J]. 计算机工程, 2011, 37(5): 88-90.
- [6] B. W. Ji, C. Koo. Calculation and broadcast of cell load ratio and intelligent cell selection for IEEE 802.16. US Patent: US2009/0137251, 29 May 2009.
- [7] K. I. Pederson, J. Wigard and P. Mogensen. Method of performing handover by using different handover parameters for different traffic and user classes in a communication network. US Patent: US6993332, January 2006.
- [8] 龙紫薇. 基于用户分级和业务分类的 QoS 保障机制[J]. 移动通信, 2012, 36(8): 186-190.
- [9] 汪丁鼎, 凌文杰. 应用最佳无线利用率评估 GSM 无线网络[J]. 移动通信, 2008, 32(8): 72-82.