

LTE-FDD 与 eHRPD 重叠覆盖系统中的负载均衡算法

李永刚¹, 张治中¹, 李龙江²

(1. 重庆邮电大学 通信与信息工程学院, 重庆 400065; 2. 电子科技大学 通信与信息工程学院, 成都 611731)

摘要: 利用 3G eHRPD 和 4G LTE-FDD 移动通信系统进行混合组网时, 每种网络制式下的小区在用户增多时都有可能过载。针对该问题, 提出一种新的负载均衡算法。以网络资源利用率为参考对系统内的用户进行异系统垂直切换, 使混合组网后的系统负载得到均衡。仿真结果表明, 在保证无线链路丢失率不受显著影响的前提下, 该算法可使 LTE-FDD 与 eHRPD 重叠覆盖的蜂窝小区平均吞吐量得到提高, 并能找到使吞吐率最大的最佳切换阈值。

关键词: 负载均衡; 切换; 网络制式; 重叠覆盖; 吞吐量

中文引用格式: 李永刚, 张治中, 李龙江. LTE-FDD 与 eHRPD 重叠覆盖系统中的负载均衡算法[J]. 计算机工程, 2017, 43(7): 86-89.

英文引用格式: Li Yonggang, Zhang Zhizhong, Li Longjiang. Load Balancing Algorithm in LTE-FDD and eHRPD Overlap Coverage System[J]. Computer Engineering, 2017, 43(7): 86-89.

Load Balancing Algorithm in LTE-FDD and eHRPD Overlap Coverage System

LI Yonggang¹, ZHANG Zhizhong¹, LI Longjiang²

(1. School of Communication and Information Engineering, Chongqing University of Posts and Telecommunications, Chongqing, 400065, China;
2. School of Communication and Information Engineering, University of Electronic Science and Technology of China, Chengdu 611731, China)

[Abstract] In view of the hybrid wireless communication system of eHRPD in 3G and LTE-FDD in 4G, the cell of each network type will overload with the increase of users. Aiming at this problem, this paper proposes a new load balancing algorithm. It refers to the network resource utilization rate to vertically switch users between different systems, so as to balance the load of the system in the hybrid network. Simulation results show that, for the LTE-FDD and eHRPD overlap coverage system, the proposed algorithm can enhance the average throughput while the wireless link lose rate is unaffected. Moreover, the best handover thresholds can be obtained which make the throughput largest.

[Key words] load balancing; handover; network type; overlap coverage; throughput

DOI: 10.3969/j.issn.1000-3428.2017.07.015

0 概述

LTE-FDD 是 FDD 版本的长期演进 (Long Term Evolution, LTE) 技术, 是 CDMA2000 和 WCDMA 的长期演进方向。作为中国电信 CDMA2000 演进版的 eHRPD (高速数据分组系统), Rev. A 版本支持的前向峰值速率为 3.1 Mb/s, 反向峰值速率为 1.8 Mb/s, 该版本增强了服务质量 (Quality of Service, QoS) 控制, 减小了低传输时延和低切换时延, 支持 VoIP、可视电话、PTC 等实时性和低时延业务^[1], 为现今中国电信移动通信网的核心制式, 并逐渐向 LTE-FDD 过渡。随着 LTE 系统的逐步商用, 必将存在 eHRPD 与

LTE-FDD 共存的情况, 在这种情况下, 需对其相互干扰^[2]以及负载分布情况进行研究。在负载分布方面, 无论是 LTE-FDD 小区还是 eHRPD 小区, 都会存在小区负载过载的情况, 随着移动用户的增多, 其移动性及数据流量的波动会导致整个网络的负载发生较大变化, 而极大可能出现信道分配不均的情况, 这种情况使业务需求较小的用户反而被分配到较好的信道, 从而继而造成资源浪费。因此, 为均衡每个小区的负载量, 应合理分配网络系统资源, 在 LTE-FDD 与 eHRPD 小区基站共址的前提下, 用户需要在 2 个系统间根据网络负载情况进行相互切换。

关于负载均衡的基本方法, 文献[3]提出 LTE-

基金项目: 国家“863”计划项目 (2015AA01A705); 国家自然科学基金 (61273235); 重庆市博士后特别资助项目 (Xm2015022); 重庆市科委前沿计划项目 (cstc2015jcyjA40019)。

作者简介: 李永刚 (1976—), 男, 副教授、博士, 主研方向为新一代移动通信网络; 张治中, 教授、博士、博士生导师; 李龙江, 副教授、博士。

收稿日期: 2016-05-30 **修回日期:** 2016-08-01 **E-mail:** lyg@cqupt.edu.cn

WLAN 异构网络的结构框架,并指出未来 LTE 和 WLAN 在接入网和核心网的融合方式。文献[4]通过仿真验证了 WLAN 可以降低 LTE 网络的负载。文献[5]研究异构网络场景中的不同节能机制,指出低功率基站和 WiFi-AP 能够提高蜂窝通信系统的能效。文献[6]提出一种 LTE 和 WLAN 异构网络的负载均衡方法,该方法能够通过均衡 LTE 和 WLAN 的负载来提高系统的总吞吐量。但其只针对网络中的固定速率(Constant Bit Rate, CBR)业务,而没有考虑非 CBR 业务对网络吞吐量的影响。文献[7]针对 LTE 宏微异构基站共存网络中不同类型基站负载不均衡的情况,提出一种基于最大化凸性利用度函数的负载均衡方法,并给出了使非 CBR 业务网络资源利用度函数最大的资源分配方式,但该文没有涉及 LTE 和 WLAN 异构网络,同时给出的均衡算法求解较为复杂。

文献[8]优化了 CDMA 和 WLAN 混合组网时异构网络的资源利用率,考虑了混合接入会话机制,该机制利用混合网络中的信干比中断率以及 WLAN 中的数据包时延和系统吞吐量等参数作为接入考量参数,并根据各个网络性能指标作出是否接入的判决,但其未考虑到业务多样性、用户移动以及网络动态运行等问题。文献[9]研究了 CDMA, WMAN 和 WLAN 混合接入时的情况,根据非合作博弈的方法进行网络带宽资源的分配,首先对各个不同制式下的网络进行带宽预估,预估完毕后进行合理的带宽分配,这种机制提供了区分高低优先级的差分服务,但其没有考虑到用户移动时的动态情况。

综上 LTE, WLAN, CDMA 系统中负载均衡方面的文献分析可知,针对异构系统垂直切换机制^[10]的负载均衡,较少有研究者考虑 LTE-FDD 与 eHRPD 的重叠覆盖系统。为此,本文针对该类情形设计负载均衡算法,并对其进行仿真分析。

1 负载均衡分析

LTE-FDD 系统在上下行传输时,以资源块(Resource Block, RB)为单位为用户分配相应的时频资源。RB 用于描述物理信道到资源粒子的映射,它是调度的最小单位,由 12 个连续子载波组成,带宽 180 kHz,时域上持续时间为 1 ms(1 个 slot 周期),系统根据业务特性以及用户需求分配所需的 RB 资源。LTE-FDD 仿真平台在接收信号的信干噪比(Signal to Interference plus Noise Ratio, SINR)与信道质量指示(Channel Quality Indicator, CQI)之间建立映射关系,当 SINR 较高时,用户与基站之间距离较近,信道条件较好,那么就增大调制的阶数提高传输速率,从而分配较高的 CQI 等级。由此每个用

户下所分配的每个 RB 的 SINR 都要进行计算,这样 RB 就有可能承载数据或者空闲,从而即形成 RB 资源利用率的量度参数,将此量度参数归一化本文中 LTE-FDD 的负载量。

在 eHRPD 的帧结构中,一帧共 80/3 ms,有 16 个子帧,每个子帧还有 2 048 个 chips,一个子帧算一个时隙,长度 1.67 ms^[11]。一个时隙内有 1 600 chips 用来传输数据。eHRPD 一个时隙持续 1.67 ms。有 1 600 chips 用来传送数据,则 1 ms 中有效传输数据的时间片共 960 chips,那么可将此 chips 参数作为 RB, chips 的占用情况可作为资源利用率,能够反映系统的负载量情况,在此归一化为 RB 资源利用率。

关于 LTE 与 eHRPD 之间的互操作目前也有一些文献涉及,文献[12]主要研究了空闲态下 LTE 与 eHRPD 之间的切换操作,但未涉及系统的负载情况,文献[13]分析了互操作方案选择对 LTE 与 3G 数据业务互操作性能的影响,但只给出了一些经验性的建议,没有进行详细的仿真分析。本文针对异系统负载差展开分析,当 LTE-FDD 与 eHRPD 两系统间的负载量差别过大时,说明其中某个小区负载量过高,小区用户也过于密集,需要将其均衡到另外一个小区中。至此,需要设置 2 个阈值:两系统负载差阈值 Th_1 以及其中高负载小区阈值 Th_2 。

在满足 Th_1 和 Th_2 条件时进行系统切换,启动切换事件的条件借鉴 3GPP 标准中的定义的异系统切换的 B2 事件^[14]。与 3GPP 标准中 B2 事件切换启动条件的阈值 1 和阈值 2 不同的是,这里的 Th_1 和 Th_2 分别为两系统间的负载差和高负载小区负载量。

2 算法实现

根据上节的分析,需要对基站共址的 LTE-FDD 与 eHRPD 的混合组网的系统进行仿真,仿真所用拓扑为呈六边形分布的七基站的蜂窝小区,如图 1 所示。

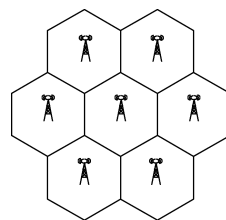


图 1 网络拓扑结构

2.1 参数设定

LTE-FDD 的系统带宽为 20 MHz,理论峰值速率 150 Mb/s, eHRPD 下行峰值速率 3.1 Mb/s。LTE-FDD 的 eNodeB 和 eHRPD 基站发射功率 43 dBm, LTE-FDD 的天线增益 17 dBi。eHRPD 的天线增益 0 dBi; 天线类型均为全向天线。LTE-FDD

系统的无线信道大尺度衰落模型采用 TS36942 模型^[15]。调度方式均采用轮询方式;平均每小区用户数为40个,移动速度为3 km/h,用户以1/8的概率接入到 eHRPD 系统。反馈到接收机的时延均为0。仿真时长设为100 s,基站间距离为500 m,共7个基站。流量模型根据 FTP 协议产生数据流量,采用文献^[16]标准规范中规定的业务模型,下载文件大小为2 Mb。业务到达服从泊松分布,到达率 λ 为0.12。

2.2 算法描述

本文算法的具体步骤如下:

步骤1 小区检测。当 eHRPD 与 LTE-FDD 任两系统之间重叠覆盖时,若2个系统间的平均每用户负载差异大于负载差门限 Th_1 ,且高负载系统的负载大于负载门限 Th_2 ,则启动系统间的负载均衡。

步骤2 选择用户。在高负载系统中,随机选择当前信号质量较差的用户(处于小区边缘的用户)。

步骤3 用户检测。启动低负载系统的测量,若该选择的用户 UE 此时刻所在位置满足一定信噪比条件(如 A4/B2 事件,该用户平均信干比大于0),则选择该用户进行异系统切换;若不满足,则回到步骤2,选择除此之外的其他 UE 进行监测。

步骤4 重新监测。切换每一个 UE 之后,重新对2个系统进行小区检测,检查是否依然满足负载均衡的2个条件,即2个系统间的平均负载差异大于门限 Th_1 ,且高负载系统的负载大于门限 Th_2 。

步骤5 判断是否继续。若步骤4重新监测之后依然满足负载均衡的2个门限条件,则回到步骤2,若不满足,则说明2个系统的负载已经得到均衡,结束算法。

3 仿真与结果分析

本文算法仿真结果如图2~图7所示,分别为负载均衡前后的网络性能曲线。仿真的时间为用户完全加入基站后运行100 s,系统可近似进入到稳态过程,用户优先接入到 LTE-FDD 系统,然后根据资源占用情况再进行两系统之间的切换,负载差阈值预设为5%,高负载阈值为80%。

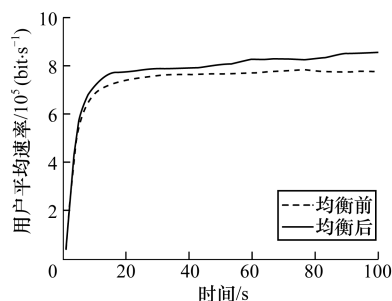


图2 负载均衡前后的用户平均速率比较

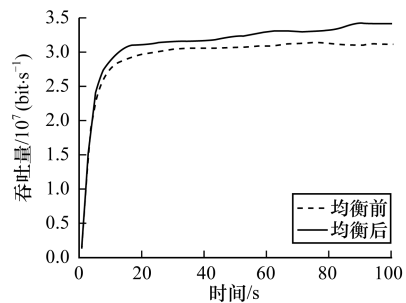


图3 负载均衡前后的吞吐量比较

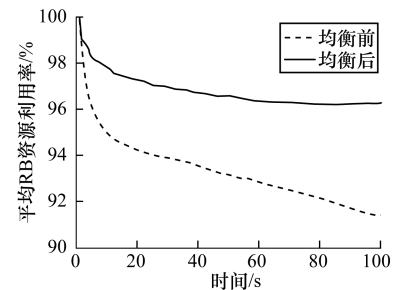


图4 负载均衡前后的平均RB资源利用率比较

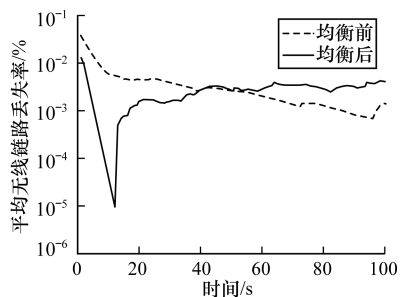


图5 负载均衡前后的平均无线链路丢失率比较

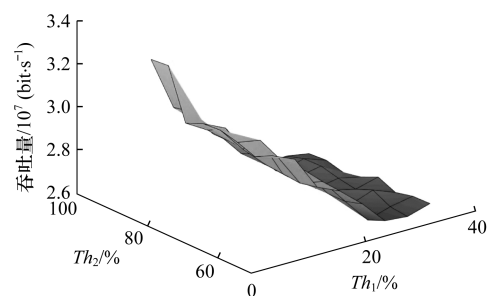


图6 Th_1 , Th_2 与吞吐量之间的关系

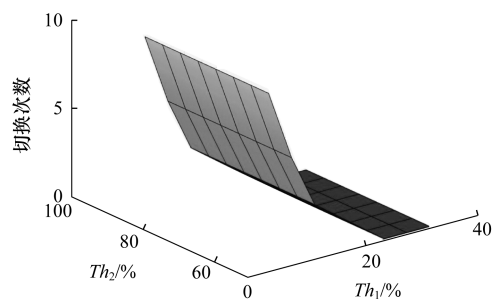


图7 Th_1 , Th_2 与切换次数之间的关系

由图 2 和图 3 可知,在 LTE-FDD 与 eHRPD 重叠覆盖时进行负载均衡,有 40 kb/s 的速率增益和 1.76 Mb/s 的吞吐量增益,启动负载均衡后使得吞吐量提高了 5.98%。当系统进入稳态后,启动负载均衡后的吞吐量与平均速率稳定在一个差值内。

由图 4 可知,对于系统资源的占用率,eHRPD 系统将时隙资源(RB)平均分配给在网用户,LTE-FDD 的 RB 资源占用率也与 UE 接入数量有关,初期 LTE-FDD 的 UE 较多,平均每个 UE 获得 RB 资源较少,从而增大了 LTE-FDD 负载量,启动负载均衡后,可以将 LTE-FDD 某些用户切换到 eHRPD 系统中去,使得 eHRPD 系统的 RB 资源利用率,在启动负载均衡后有所提升,但随着时间的推移,RB 资源利用率将趋于一个稳态值。

对于无线链路丢失率,从图 5 中可以看出,启动负载均衡后 RLF 变化不明显。在进行系统之间的切换后,用户被切换到了 RB 资源相对丰富、信号质量相对较好的异系统中,从而使得 RLF 有所降低,LTE-FDD 系统下降了 0.095%,eHRPD 系统上升了 1.86%,启动负载均衡后重叠系统下降了 0.69%。

本文仿真得到最优的 Th_1 和 Th_2 值,如图 6 和图 7 所示。利用仿真控制模块测试每个可能的 Th_1 和 Th_2 。为减少计算量,首先用设置 Th_1 从 4% 以步长 4% 变化到 20%, Th_2 从 50% 以步长 5% 变化到 75%。由图 6 可以看出, Th_1 和 Th_2 的吞吐量最佳值为 4% 和 80%。这个最优值会根据网络拓扑及每个用户的状态改变而改变,对于图 7 的系统中负载均衡的切换次数,当 Th_1 取值较小时,系统的切换次数更高一些,最高切换次数可达 10 次。

4 结束语

本文针对 LTE-FDD 与 eHRPD 重叠的蜂窝小区设计负载均衡算法,根据资源利用率进行负载均衡,使稳态下网络吞吐量及下行数据速率得到显著提高。此外,该算法在有限的范围内选取最优的切换阈值——负载差阈值与高负载阈值,可使负载均衡后网络吞吐率提高至少 5.98%。下一步将对 LTE 系统的网络虚拟化进行研究,使 LTE 与 5G 网络协同运行并相互融合。

参考文献

[1] 王月珍. 1x EV-DO Rev A 与 Rev 0 的技术比较[J]. 广东通信技术,2006,26(12):36-40.
[2] 刘婧迪,曹 亘,张 欣,等. LTE-FDD 与 HRPD 系统

邻频共存研究[J]. 广东通信技术,2010,30(11):15-19.
[3] Naik G I. LTE WLAN Interworking for Wi-Fi Hotspots[C]// Proceedings of the 2nd International Conference on Communication Systems and Networks. Bangalore,India:[s. n.],2010:1-2.
[4] Hagos D H, Kapitza R. Study on Performance-centric Offload Strategies for LTE Networks[C]//Proceedings of the 6th Joint IFIP Wireless and Mobile Networking Conference. Dubai, the United Arab Emirates:[s. n.],2013:1-10.
[5] Navaratnarajah S, Saeed A, Dianati M. et al. Energy Efficiency in Heterogeneous Wireless Access Networks[J]. IEEE Wireless Communications,2013,20(5):37-43.
[6] Yang Zunli, Yang Qinghai, Fu Fenglin, et al. A Novel Load Balancing Scheme in LTE and WiFi Coexisted Network for OFDMA System[C]//Proceedings of 2013 International Conference on Wireless Communications & Signal Processing. Hangzhou, China:[s. n.],2013:1-5.
[7] Ye Qiaoyang, Rong Beiyu, Andrews J G. User Association for Load Balancing in Heterogeneous Cellular Networks[J]. IEEE Transactions on Wireless Communications,2013,12(6):2706-2716.
[8] Yu Fei, Krishnamurthy V. Optimal Joint Session Admission Control in Integrated WLAN and CDMA Cellular Network[J]. IEEE Transactions on Mobile Computing,2007,6(1):126-139.
[9] Niyato D, Hossain E. A Cooperative Game Framework for Bandwidth Allocation in 4G Heterogeneous Wireless Networks [C]//Proceedings of IEEE International Conference on Communications. Washington D. C., USA: IEEE Press,2006:4357-4362.
[10] 王煜炜,刘 敏,房秉毅. 异构无线网络垂直切换技术综述[J]. 通信学报,2015,36(Z1):224-234.
[11] CDMA2000 High Rate Packet Data Air Interface Specification;C. S0024-A. V3.0[S]. 3GPP,2006.
[12] 赵鑫彦. LTE FDD 与 EVDO 互操作原理及参数配置研究[J]. 电信快报,2014(10):29-32.
[13] 龙青良. LTE 与 3G 互操作关键问题分析及优化研究[J]. 邮电设计技术,2016(2):55-60.
[14] Technical Specification Group Radio Access Network; Evolved Universal Terrestrial Radio Access(E-UTRA); Radio Resource Control(RRC); Protocol Specification; TS 36.331 V13.1.0[S]. 3GPP,2015.
[15] Evolved Universal Terrestrial Radio Access(E-UTRA); Radio Frequency(RF) System Scenarios; TR 36.942 V13.0.0[S]. 3GPP,2015.
[16] Evolved Universal Terrestrial Radio Access(E-UTRA); Further Advancements for E-UTRA Physical Layer Aspects; TR 36.814 V9.0.0[S]. 3GPP,2010.

编辑 金胡考