

学校编码: 10384  
学 号: 23320141153251

分类号\_\_\_\_密级\_\_\_\_  
UDC\_\_\_\_

厦 门 大 学

硕 士 学 位 论 文

无线异构网络的 Small Cell 虚拟化技术研究  
Research on Small Cell Virtualization Technology for  
Wireless Heterogeneous Networks

李翠芳

指导教师姓名: 唐余亮教授

专 业 名 称: 电子与通信工程

论文提交日期: 2017 年 月

论文答辩时间: 2017 年 月

学位授予日期: 2017 年 月

答辩委员会主席: \_\_\_\_\_

评 阅 人: \_\_\_\_\_

2017 年 月

厦门大学博硕士学位论文摘要库

## 厦门大学学位论文原创性声明

本人呈交的学位论文是本人在导师指导下,独立完成的研究成果。本人在论文写作中参考其他个人或集体已经发表的研究成果,均在文中以适当方式明确标明,并符合法律规范和《厦门大学研究生学术活动规范(试行)》。

另外,该学位论文为( )课题(组)的研究成果,获得( )课题(组)经费或实验室的资助,在( )实验室完成。(请在以上括号内填写课题或课题组负责人或实验室名称,未有此项声明内容的,可以不作特别声明。)

声明人(签名):

年 月 日

厦门大学博硕士学位论文摘要库

# 厦门大学学位论文著作权使用声明

本人同意厦门大学根据《中华人民共和国学位条例暂行实施办法》等规定保留和使用此学位论文，并向主管部门或其指定机构送交学位论文（包括纸质版和电子版），允许学位论文进入厦门大学图书馆及其数据库被查阅、借阅。本人同意厦门大学将学位论文加入全国博士、硕士学位论文共建单位数据库进行检索，将学位论文的标题和摘要汇编出版，采用影印、缩印或者其它方式合理复制学位论文。

本学位论文属于：

1. 经厦门大学保密委员会审查核定的保密学位论文，于 年 月 日解密，解密后适用上述授权。

2. 不保密，适用上述授权。

（请在以上相应括号内打“√”或填上相应内容。保密学位论文应是已经厦门大学保密委员会审定过的学位论文，未经厦门大学保密委员会审定的学位论文均为公开学位论文。此声明栏不填写的，默认为公开学位论文，均适用上述授权。）

声明人（签名）：

年 月 日

厦门大学博硕士学位论文摘要库

## 摘要

5G 随着无线移动通信系统中数据流量的指数增长而到来。各个组织对 5G 所提的愿景大致相同，主要包括高频谱效率，高能效和低成本三大方面，具体的又有对速率、时延、峰值速率和用户移动性的 KPI 参数设定。为了满足 5G 网络的愿景，网络的密致化和异构性特点越来越突出，并造成网络中有限的频谱资源协调越来越困难，干扰变得更加复杂，且会产生巨大的信令风暴。为了解决这些问题，5G 中提出了：全频段技术（Full-Band Technology），密集组网技术（Dense Networking Technology），新型多址技术（New Multiple Access Technology），大规模天线技术（Massive MIMO）和新兴网络架构，又被称为“4+1”，其中密集组网技术成为一大研究热点。密集组网技术主要包括三大研究点：接入和回传联合设计，干扰管理和抑制策略研究以及小区虚拟化技术，而小区虚拟化技术又包括软扇区技术，虚拟层技术和以用户为中心的虚拟小区技术三大技术，本文主要针对宏微异构，微基站密集部署场景研究以用户为中心的虚拟小区技术，并对同时又微微异构下的 LTE 和 WiFi 融合进行研究。

本文首先研究了以用户为中心的小区虚拟化技术。在密集部署的 Small Cell 网络中，可能会出现用户需要频繁切换，边缘用户干扰较大，信令传输过多等问题，为了解决这些问题，在宏微异构下引入双连接技术和协议栈解耦技术，构建以用户为中心的小区虚拟化网络架构和网络管理系统，进一步地，通过资源虚拟化，并结合 CoMP 技术实现资源映射和分配，从而减少用户切换，提高 Small Cell 小区边缘用户性能，提高整个系统吞吐量性能。

本文还对 Small Cell 异构网络融合进行了研究。随着网络发展，网络中的接入点类型越来越多，用户在大多数时候可能同时处在多个网络的重叠区，而现网中用户需要通过手动选择传输网络，操作繁琐，本文针对此问题结合 Small Cell 虚拟化，设计了一种适合 Small Cell-LTE 和 WiFi 共同部署的 Small Cell 虚拟化网络架构，并设计了一个虚拟化网络管理系统和一种频谱资源抽象方法，实现了 LTE 网络和 WiFi 网络资源的融合管理，用户可以选择单独接入 Small Cell-LTE 网络，或单独接入 WiFi 网络，或同时接入 Small Cell-LTE 和 WiFi 网络，从而提高网络性能。

进一步的研究可以考虑宏微同频部署，同时考虑宏微层间干扰问题，研究虚

拟化实现方式；针对双连接技术，可考虑双连接下宏微基站间的分流策略，进一步考虑整个系统性能，还可考虑宏基站承担微基站信令和微基站减小信令承载对宏基站和微基站性能增益的影响；此外，对 LTE 与 WiFi 融合的研究，除了速率和时延两个评价指标还可以考虑更多影响效用函数设置的参数。

关键词：Small Cell；虚拟化；CoMP；链路聚合

厦门大学博硕士论文摘要库



## Abstract

5G generated as the data traffic in the network exponential growth. Each organization has a similar vision for 5G, mainly including high spectrum efficiency, energy efficiency and low cost. There are also some KPI parameters for rate, delay, peak rate and user mobility. In order to meet the vision of the 5G network, the denseness and heterogeneity of the network are becoming more and more prominent, and the coordination of the limited spectrum resources in the network becomes more and more difficult, the interference becomes more complicated, and there will have huge signaling storm. In order to solve these problems, 5G proposed "4 + 1" key technology, namely, full-band technology, dense networking technology, new multiple access technology, large-scale antenna technology and emerging network architecture, in which dense network technology has become a major research Hot spots. Intensive networking technology includes three major research points: access and return design, interference management and suppression strategy research, residential virtualization technology, and residential virtualization technology, including soft sector technology, virtual layer technology and user-centric virtual cell technology. We focus on the macro-heterogeneous, micro-base station intensive deployment of the scene to study the user-centered virtual cell technology, and at the same time under the slight heterogeneous LTE and WiFi fusion research.

This paper first studies the user-centric cell virtualization technology. In the intensive deployment of the Small Cell network, there are many issues in this system, such as too frequently switch, too large interference, too many signaling, and so on. In order to solve these problems, in the macro-micro-heterogeneous network, we introduce dual-connection technology and the protocol stack decoupling technology to build a user-centered residential virtual network architecture and network management system, and further, through resource virtualization, combined with CoMP technology to achieve resource mapping and distribution, thereby reducing the user switch, improving the Small Cell edged user performance and the overall system throughput performance.

This paper also studies the Small Cell heterogeneous network fusion. With the development of the network, the types of radio access network become more, users have more opportunities in the overlap of multiple networks, at the same time, the users

need to manually select the transmission network, and the operation is too cumbersome. In order to solve this problem, we designed a Small Cell virtual network architecture for Small Cell-LTE and WiFi common deployment, and designed a virtual network management system and a spectrum resource abstraction method to achieve the LTE network and WiFi network resources integration management, users can choose to access a Small Cell-LTE network alone, or access to the WiFi network alone, or access to Small Cell-LTE and WiFi network simultaneously, which can improve network performance.

Further research can consider the macro-micro same frequency deployment, taking into account the macro-micro-layer interference problem, to study the implementation of virtualization; for dual-link technology, consider the dual-link macro micro-base station between the diversion strategy, and further consider the overall system performance and the performance gain of micro base station when the macro base station to bear the micro-base station signaling ; In addition, the integration of LTE and WiFi research, we can consider more parameters that affect the utility function settings in addition to speed and delay two evaluation indicators.

Keywords: Small Cell; Virtualization; CoMP; Link Aggregation

## 缩略语表

|        |  |                          |
|--------|--|--------------------------|
| AAS    | Active Antenna System  | 有源天线系统                   |
| AC     | Access Controller  | 接入控制器                    |
| ANDFS  | Access Network Discovery and Selection Function                          | 接入网发现和选择架构               |
| AP     | Access Point   | 接入点                      |
| BAG    | Bandwidth Aggregation  | 带宽聚合                     |
| BS     | Base Station   | 基站                       |
| CB     | Coordinated Beamforming  | 协作波束赋形                   |
| CoMP   | Coordinated Multi-point  | 协作多点                     |
| CQI    | Channel Quality Indicator  | 信道指示信息                   |
| CS     | Coordinated Scheduling   | 协作调度                     |
| D2D    | Device to Device   | 设备到设备                    |
| DAS    | Distributed Antenna System   | 分布式天线系统                  |
| DC     | Dual Connectivity  | 双连接                      |
| DPS    | Dynamic Point Selection  | 动态节点选择                   |
| DRB    | Data Radio Bearer  | 数据无线承载                   |
| DU     | Data Unit  | 数据单元                     |
| ECM    | EPS Connection Management  | EPS 连接管理                 |
| FDD    | Frequency Division Duplex  | 频分双工                     |
| GTP-U  | GPRS Tunneling Protocol for User plane                                   | 用户面 GPRS 隧道协议            |
| HARQ   | Hybrid Automatic Repeat Request  | 混合自动重传请求                 |
| HetNet | Heterogeneous Network  | 异构网络                     |
| ICIC   | Inter-Cell Interference Coordination                                     | 小区间干扰协调                  |
| ITU    | International Telecommunication Union                                    | 国际电信联盟                   |
| JT     | Joint Transmission   | 联合传输                     |
| LAA    | Licensed Assisted Access   | 授权协助                     |
| LAS    | Link Aggregation Scheme  | 链路聚合                     |
| LBT    | Listen-Before-Talk   | 先侦听后发                    |
| LTE-U  | LTE in Unlicensed Spectrum   | 在非授权频段利用 LTE             |
| LWA    | LTE WLAN Aggregation   | LTE 与 WLAN 聚合            |
| LWAAP  | LWA Adaptation Protocol layer  | LWA 适应协议层                |
| LWIP   | LTE WLAN Radio Level Integration with IPsec Tunnel                       | LTE WLAN 基于 IPsec 的无线级聚合 |
| LWIR   | LTE-WLAN Integration at RLC Layer  | 在 RLC 层聚合 LTE 和 WiFi     |
| MAC    | Media Access Control   | 媒体接入层                    |
| METIS  | Mobile and Wireless Communications Enablers for 2020 Information Society | 2020 年信息社会的使能移动与无线通信     |

缩略语表

|                  |  |                      |
|------------------|--|----------------------|
| MCS              | Modulation and Coding Scheme               | 调制编码策略               |
| MNOs             | Mobile Network Operators                   | 移动网络运营商              |
| MRT              | Maximum Ratio Transmission                 | 最大传输速率               |
| NFV              | Network Function Virtualize                | 网络功能虚拟化              |
| NGMN             | Next Generation Mobile Network             | 下一代移动通信              |
| PDPCP            | Packet Data Convergence Protocol           | 数据包汇聚协议              |
| PDN              | Packet Data Network                        | 报数据网络                |
| PDU <sub>s</sub> | Protocol Data Units                        | 协议数据单元               |
| PMI              | Precoding Matrix Indicator                 | 预编码矩阵信息              |
| PNF              | Physical Network Functions                 | 物理网络功能               |
| PRB              | Physical Resource Block                    | 物理资源块                |
| QoE              | Quality of Experience                      | 感知质量                 |
| QoS              | Quality of Service                         | 服务质量                 |
| RALWI            | RAN-Assisted LTE WLAN Radio Interworking   | 无线网络协助 LTE 和 WLAN 聚合 |
| RAN              | Radio Access Network                       | 无线接入网                |
| RAT              | Radio Access Technologies                  | 无线接入技术               |
| RCLWI            | RAN-Controlled LTE WLAN Radio Interworking | 无线网络控制 LTE 和 WLAN 聚合 |
| RI               | Rank Indicator                             | 等级标识                 |
| RRH              | Remote Radio Head                          | 射频拉远头                |
| SCM              | Service Continuity Management              | 连续服务管理               |
| SCell            | Second Cell                                | 辅小区                  |
| SDN              | Software Defined Network                   | 软件定义网络               |
| SeGW             | Security Gateway                           | 安全网关                 |
| SINR             | Signal to Interference plus Noise Ratio    | 信干噪比                 |
| S-VRAN           | Small Cell-Virtual Radio Access Network    | Small Cell 虚拟无线接入网   |
| TDD              | Time Division Duplex                       | 时分双工                 |
| TD-LTE           | Time Division-Long Term Evolution          | 时分 LTE               |
| TCO              | Total Cost of Ownership                    | 总拥有成本                |
| VC               | Virtual Controller                         | 虚拟控制器                |
| VCC              | Virtual Centralized Controller             | 虚拟集中控制器              |
| VCell            | Virtual Cell                               | 虚拟小区                 |
| VLW              | Virtual LTE-WiFi                           | 虚拟 LTE-WiFi 网络       |
| VNF              | Virtual Network Functions                  | 虚拟网络功能               |
| VRB              | Virtual Resource Block                     | 虚拟资源块                |
| VTP              | Virtual Transmit Point                     | 虚拟传输点                |
| VWS              | Virtual WLAN Scheduler                     | 虚拟 WLAN 调度器          |
| WBA              | Wireless Broadband Alliance                | 无线宽带联盟               |
| WFA              | WiFi Alliance                              | WiFi 联盟              |
| WT               | WLAN Termination                           | WLAN 端               |
| Xw-AP            | Xw Application Protocol                    | Xw 应用协议              |

缩略语表

|      |                            |          |
|------|----------------------------|----------|
| Xw-C | Xw Control Plane Interface | Xw 控制面接口 |
| Xw-U | Xw User Plane Interface    | Xw 用户面接口 |

厦门大学博硕士学位论文摘要库

厦门大学博硕士学位论文摘要库

## 目录

|  |           |
|--|-----------|
| 摘要.....                                      | I         |
| Abstract.....                                | III       |
| 缩略语表 .....                                   | V         |
| <b>第 1 章 绪论 .....</b>                        | <b>1</b>  |
| <b>1.1 论文研究背景及意义 .....</b>                   | <b>1</b>  |
| 1.1.1 5G 移动通信系统 .....                        | 1         |
| 1.1.2 无线异构网络 .....                           | 3         |
| 1.1.3 无线网络虚拟化技术 .....                        | 4         |
| <b>1.2 研究现状 .....</b>                        | <b>5</b>  |
| <b>1.3 论文研究内容和结构安排 .....</b>                 | <b>10</b> |
| <b>第 2 章 网络虚拟化与 LTE-WLAN 融合技术.....</b>       | <b>13</b> |
| <b>2.1 网络虚拟化 .....</b>                       | <b>13</b> |
| 2.1.1 Small Cell 基站虚拟化 .....                 | 13        |
| 2.1.2 小区虚拟化技术 .....                          | 14        |
| <b>2.2 LTE 与 WiFi 网络融合 .....</b>             | <b>16</b> |
| 2.2.1 LAA.....                               | 18        |
| 2.2.2 LWA.....                               | 18        |
| 2.2.3 LWIP.....                              | 20        |
| <b>2.3 相关关键技术 .....</b>                      | <b>22</b> |
| 2.3.1 双连接技术 .....                            | 22        |
| 2.3.2 CoMP 技术.....                           | 24        |
| 2.3.3 链路聚合技术 .....                           | 28        |
| 2.3.4 流传输管理技术 .....                          | 29        |
| <b>2.4 本章小结 .....</b>                        | <b>30</b> |
| <b>第 3 章 宏微异构下的 Small Cell 小区虚拟化研究 .....</b> | <b>31</b> |
| <b>3.1 引言 .....</b>                          | <b>31</b> |
| <b>3.2 以用户为中心的 Small Cell 小区虚拟化架构.....</b>   | <b>31</b> |

|  |           |
|--|-----------|
| 3.2.1 基于双连接的 S-VRAN 虚拟化架构 .....            | 32        |
| 3.2.2 以用户为中心的虚拟小区构建方法 .....                | 33        |
| 3.2.3 用户业务服务实现 .....                       | 39        |
| <b>3.3 基于 CoMP 的资源分配算法 .....</b>           | <b>40</b> |
| 3.3.1 物理资源抽象方法 .....                       | 41        |
| 3.3.2 基于 CoMP 的虚拟资源映射算法 .....              | 42        |
| <b>3.4 仿真性能及分析 .....</b>                   | <b>46</b> |
| 3.4.1 仿真参数设置 .....                         | 46        |
| 3.4.2 仿真结果与分析 .....                        | 48        |
| <b>3.5 本章小结 .....</b>                      | <b>50</b> |
| <b>第 4 章 微微异构下的 Small Cell 虚拟化研究 .....</b> | <b>53</b> |
| 4.1 引言 .....                               | 53        |
| 4.2 LTE 与 WiFi 网络虚拟化架构 .....               | 53        |
| 4.2.1 基于双连接的 VLW 虚拟化架构 .....               | 54        |
| 4.2.2 VLW 网络管理系统 .....                     | 55        |
| 4.3 基于链路聚合的资源分配算法 .....                    | 56        |
| 4.3.1 频谱资源抽象方法 .....                       | 56        |
| 4.3.2 基于效用函数的虚拟资源映射算法 .....                | 58        |
| 4.4 仿真性能及分析 .....                          | 64        |
| 4.4.1 仿真参数设置 .....                         | 65        |
| 4.4.2 仿真结果与分析 .....                        | 67        |
| 4.5 本章小结 .....                             | 70        |
| <b>第 5 章 总结与展望 .....</b>                   | <b>71</b> |
| 5.1 总结 .....                               | 71        |
| 5.2 展望 .....                               | 72        |
| <b>【参考文献】 .....</b>                        | <b>73</b> |
| 攻读硕士学位期间研究成果及参与的项目 .....                   | 77        |
| 致谢 .....                                   | 79        |



Degree papers are in the "[Xiamen University Electronic Theses and Dissertations Database](#)". Full texts are available in the following ways:

1. If your library is a CALIS member libraries, please log on <http://etd.calis.edu.cn/> and submit requests online, or consult the interlibrary loan department in your library.
2. For users of non-CALIS member libraries, please mail to [etd@xmu.edu.cn](mailto:etd@xmu.edu.cn) for delivery details.

厦门大学博硕士学位论文摘要库