

学校编码: 10384

分类号 _____ 密级 _____

学号: X2010222017

UDC _____

厦门大学

硕士学位论文

LTE 移动终端的双天线及其应用研究

Design and Applications Study on Double-Antennas for LTE Mobile Terminals

龚纯斌

指导教师姓名: 游佰强 教授

牛俊伟 高工

专业名称: 电子与通信工程

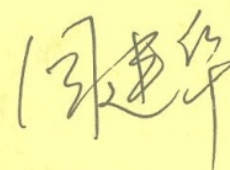
论文提交日期: 2013 年 5 月

论文答辩日期: 2013 年 5 月

学位授予日期: 2013 年 月

答辩委员会主席:

评阅人:



2013 年 5 月

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):

李冠斌
2015年06月

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）：

2013 年 06 月 06 日

摘要

从苹果在 2007 年发布 iPhone1 开始,其快速扩大了智能型手机的使用族群与年龄层,使得智能机市场立即呈爆发性成长。而 Google Android 在 2008 年加入后,更成为品牌手机厂商大洗牌的强力推手,短短两年时间胜出成为市占第一的手机操作系统;更因此在三年的时间内,谷歌也使其合作伙伴三星、HTC 等挤下 NOKIA,取得市场占有率冠军的宝座。移动通讯系统从最早的模拟式语音系统,到 2G 的数据传输,不断进化到 2.5G 的数字语音与数据传递,更于 3G 扩大频宽后,再一次改变人类生活的方式,现在正引爆的 4G,可以提供了更大的频宽,也为智能型手机的功能提升,提供了更大的市场商机。

面对 4G 时代的来临, LTE 作为公认的第四代网络通信技术,在数据承载、覆盖和移动性方面均有出色的表现。而 LTE 通信系统天线的最基本特征之一是应用了 MIMO 技术,此技术的难点之一是在有限的空间内,对多天线系统之间的耦合干扰进行控制,而达到最优布局和设计;从而完成传统单天线系统向多天线系统演进;这种多天线共存的技术是决定 LTE MIMO 通信产品进入市场的关键之一。

本次论文针对 LTE 多天线的 design 问题展开探讨,结合公司手机研发产品 X 项目的射频设计评估工作;在手机天线的类型,天线的结构尺寸、谐振频段选择、天线位置及其主板环境等参数方案对天线性能影响展开分析,然后对降低多天线之间相关性和耦合度控制方案进行研究。

最后,进行工程样品设计,对射频优化方案进行验证;对优化的天线进行测试后,输出射频性能评估,以认定样品的射频方案设计性能;可以满足我们项目的需求;输出项目射频可行性分析报告。

关键词: 多天线集成、相关系数、LTE、手机天线

Abstract

From the apple iPhone1 to start in 2007, its rapid expansion in the use of group intelligent mobile phone, so the intelligent machine market immediately explosive growth. Google Android has become the brand mobile phone manufacturer major reshuffle of the strong promoter from 2008 and won a mobile phone operating system market share first in three years, Google also let its partner, just like Samsung& HTC gain market share the champion thronesqueeze under NOKIA now. Mobile communication system from analog voice system most early, to 2G data transmission, evolving into the digital voice and data transfer of 2.5G, more 3G to expand the bandwidth, changed the way people live again, now to detonate the 4G, can provide more bandwidth, but also for the intelligent mobile phone functional promotion, and more market opportunities.

Facing the coming of the 4G era, LTE as the technology of the fourth generation network communication recognized, it has outstanding performance at the data bearer, coverage and mobility. And one of the basic characteristics of the antenna of LTE communication system is the application of the MIMO technology, this technology is one of the difficulties that control the coupling interference between multiple antenna systems in limited space, and achieve the optimal layout and design; that completing the conventional single antenna system to multiple antenna system evolution. So, this multiple antenna coexistence technology is one of the key technologies with LTE MIMO communication products to enter the market.

In this paper, aiming at the problem of multiple antenna design, combined with RF Design for the X project with Lenovo mobile phone product evaluation work; Study on type in the mobile phone antennas, the influence of the structure size, the antenna's resonant frequency selection, antenna position and the motherboard environment parameters on antenna performance, also, Reduce the correlation between antennas and coupling control scheme research.

Finally, we make the engineering antennas, Study for verification of the RF

optimization scheme; optimization of antenna for testing, the output RF performance judgment, to identify the RF design performance of samples; we can meet the project requirement. And complete the project feasibility RF report.

Keywords: Integration of multiple antennas, Correlation coefficient, LTE, Phone antennas.

厦门大学博硕士学位论文摘要库

目录

中文摘要	I
英文摘要	II
第一章绪论	1
1.1 课题研究背景和意义	1
1.2 国内外 MIMO 系统多天线设计的研究现状	5
1.3 论文的主要工作及内容安排	7
参考文献	9
第二章手机天线设计参数研究	122
2.1 天线分析理论	12
2.1.1 天线分析坐标系	12
2.1.2 远场天线点源辐射分析	13
2.2 手机天线性能参数	15
2.2.1 天线的电压驻波比、反射系数 Γ 与回波损耗	15
2.2.2 天线的极化	16
2.2.3 方向性系数 (Directivity)	18
2.2.4 方向图 (Radiation Pattern)	19
2.2.5 天线的增益	21
2.2.6 天线隔离度	21

2.3 手机天线性能的评估	22
2.3.1 VSWR 与 Return Loss 曲线	23
2.3.2 增益 (Gain) 与方向图(Pattern).....	24
2.3.3 天线辐射效率 η_r	25
2.3.4 等效全向辐射功率和等效全向灵敏度.....	25
2.3.5 总辐射功率 (TRP) 和总各向同性灵敏度 (TIS)	26
2.3.6 SAR 值.....	29
2.3.7 Phantom 测试.....	30
2.4 手机天线的测试系统.....	30
2.4.1 天线测试系统.....	30
2.4.2 天线测试场	31
2.4.3 收发互易 (Reciprocity).....	32
2.4.4 测试天线	32
2.4.5 TEM Cell 测试系统	32
2.4.6 用耦合测试板测试天线性能	33
2.5 本章小结	34
参考文献	35
第三章多天线设计及其应用研究	37
3.1 对 PIFA 天线的参数影响分析.....	37
3.1.1 PIFA 天线高度影响分析.....	38
3.1.2 PIFA 天线弹片宽度影响分析.....	38
3.1.3 PIFA 接地平面尺寸影响分析.....	40
3.2 对 Monopole 天线的参数影响分析.....	41
3.2.1 Monopole 天线高度影响分析.....	41
3.2.2 Monopole 天线与接地平面距离影响分析.....	42
3.2.3 Monopole 天线接地平面尺寸影响分析.....	43

3.3 对天线到 PCB 边缘的距离影响分析	44
3.4 对天线周围的电磁环境影响分析	45
3.4.1 Camera、LCD、CTP 等射频干扰的影响分析.....	45
3.4.2 对机壳电镀装饰件（金属喷涂）影响分析.....	47
3.5 在有限的空间内的多天线集成研究	47
3.5.1 多天线分布对隔离度的影响分析.....	47
3.5.2 接地平面结构对耦合度的影响分析.....	50
3.6 本章小结	51
参考文献	53
第四章 LTE 多天线开发项目设计评估	55
4.1 X 项目海外项目设计概况	55
4.2 天线多频设计	55
4.2.1 PIFA 天线多频设计.....	55
4.2.2 Monopole 天线多频设计.....	56
4.3 多天线分布位置设计评估	56
4.4 各个天线的测试分析	57
4.4.1 对各个天线的 VSWR 曲线分析.....	57
4.4.2 对各个天线的辐射效率分析.....	60
4.4.3 主天线之间隔离度的数据分析.....	61
4.5 数据分析优化方案	62
4.5.1 增大天线设计空间设计.....	62
4.5.2 进行天线立体空间设计.....	63
4.5.3 频段的选择取舍方案.....	63
4.5.4 天线制式的切换方案.....	63
4.6 天线优化方案后测试分析	64
4.6.1 优化后 Return loss 数据分析.....	64

4.6.2 优化后天线效率数据分析.....	66
4.6.3 各个天线方向图分析.....	67
4.7 本章小结.....	69
参考文献.....	70
第五章总结和展望.....	71
5.1 总结.....	71
5.2 展望.....	72
参考文献.....	73
致谢.....	74
附录.....	75

Table Of Contents

Abstract In Chinese I

Abstract In English..... II

Chapter1 General Description..... 1

 1.1 The research background and significance..... 1

 1.2 Research of MIMO with multiple antennas design in China and overseas 5

 1.3 The main work of papers and plans 7

Reference 9

Chapter2 The research parameter design of mobile phone antennas.....12

2.1 Introduction with the antenna analysis 12

 2.1.1 Antenna’s analysis coordinate systems 12

 2.1.2 Analysis of far field antenna point source radiation 13

2.2 The Test parameters of mobile phone antenna 15

 2.2.1 The VSWR、 Γ &Return Loss 15

 2.2.2 The antenna polarization..... 16

 2.2.3 Directivity 18

 2.2.4 Radiation Pattern..... 19

 2.2.5The antenna gain 21

 2.2.6 The antenna isolation 21

2.3 The Evaluation of mobile phone antenna performance..... 22

 2.3.1 VSWR and Return Loss curves 23

 2.3.2 Gain and direction Pattern 24

2.3.3 antenna radiation efficiency η_r	25
2.3.4 ETRP & ETIS	25
2.3.5 TRP & TIS	26
2.3.6 SAR	29
2.3.7 Phantom test	30
2.4 The mobile phone antenna test	30
2.4.1 The test system	30
2.4.2 The antenna measurement field	31
2.4.3 The transceiver reciprocity	32
2.4.4 Test antennas	32
2.4.5 The TEM Cell	32
2.2.6 The performance test board to test the coupling antennas	33
2.5 Summary	34
Reference	35
Chapter3 Design and Applications Study on Double-Antennas for LTE Mobile Terminals	37
3.1 The PIFA antennas parameters analysis	37
3.1.1 The Effect of PIFA antenna sheight	38
3.1.2 Analysis of PIFA antennas width of the short pin	38
3.1.3 The Effect of PIFA ground plane size	40
3.2 The Monopole antennas parameters analysis	41
3.2.1 The Effect of Monopole antennas height	41
3.2.2 Analysis of Monopole antennas with the ground plane	42
3.2.3 The Effect of Monopole ground plane size	43
3.3 The antenna to the distance effect analysis at the edge of the PCB	44
3.4 Around of the antenna electromagnetic environmental impact analysis	45
3.4.1 Analysis on the effect of Camera, LCD, CTPradio frequency interference	45
3.4.2 Analysis on the shell plating decoration (metal spraying) impact	47

3.5 The integration of multiple antennas in the limited space	47
3.5.1 Analysis of antenna spacing effects on the isolation degree.....	47
3.5.2 The ground plane structure analysis of coupling degree.....	50
3.6 Summary	51
Reference	53
Chapter4 Design and evaluation the fourth chapter LTE multi-antenna development project	55
4.1 The design of X 项目 overseas projects	55
4.2 The antenna multi-frequency design	55
4.2.1 The PIFA antenna multi-frequency design.....	56
4.2.2 The Monopole antenna multi-frequency design	56
4.3 Multiple antenna location design assessment	56
4.4 The individual antenna test analysis	57
4.4.1 The VSWR curve analysis for each antenna.....	57
4.4.2 The radiation efficiency analysis for each antenna	60
4.4.3 The analysis of isolation between the main antennas	61
4.5 The data analysis of optimization	62
4.5.1 The increase of antenna design space design.....	63
4.5.2 The antenna three-dimensional space design.....	63
4.5.3 The Choice scheme of band.....	63
4.5.4 The Switching scheme of antenna system	63
4.6 The antenna optimization program test analysis	64
4.6.1 The Return loss curve analysis for after the optimization	64
4.6.2 The radiation efficiency analysis for after the optimization	66
4.6.3 The analysis of the antennas pattern	67
4.7 Summary	69

Reference	70
Chapter5 Summary And Outlook	71
5.1 Summary	71
5.2 Outlook	72
Reference	73
Acknowledgements	74
Appendices	75

厦门大学博硕士学位论文摘要

第一章绪论

1.1 课题研究背景和意义

在 2007 年苹果 iPhone1 问世，快速扩大智能型手机的使用族群与年龄层，使得智能机市场立即呈爆发性成长。而 Google Android 在 2008 年加入后，更成为品牌手机厂商大洗牌的强力推手，短短两年时间内超越塞班等，胜出成为市占第一的手机操作系统，更因此在三年的时间里，也让其合作伙伴三星、HTC 等挤下 NOKIA，争抢市场占有率冠军的宝座。

移动通讯技术从最早的模拟式语音系统的 MOTO 时代不断进化到 2G 增加短信息功能、2.5G 的数字语音与数据传递的诺基亚时代，苹果崛起于 3G 扩大频宽后的多媒体时代，再一次改变人类生活的方式，而现在正引爆的 4G 的后多媒体时代，其提供了更大的频宽，给了各大企业争取的机会；也为智能型手机的功能提升，布下更大的市场商机。



图 1-1 手机主流发展史

在芯片平台方面，高通（Qualcomm）作为通讯芯片的领头羊，在 LTE 芯片平台的研发和产品推出方面，具备非常强大的技术优势，其平台技术已经成熟。其中 MSM8960 LTE 已经量产，在 2013 年 5 月份发布的 8974 作为顶端旗舰平台技术性能优势非常明显；而且平台档位分布比较全面，上市时间也比较有优势。

联芯公司在 LTE 芯片方面发展得算是比较靠前的，联芯的 LC1810+LC1761 (AP+MODEM 方案)，已经和宇龙酷派公司有合作项目；联芯在 2013 年 5 月初做的演示成熟双核方案，可以做到 4 模 13 频，RF 指标目前评测占优（不包括 W 频段），另外其 LC1860(SOC 方案) 全模方案，可以支持 5 模 13 频，RF 指标目前评测占优（不包括 W 频段）。^[1~5]

作为芯片行业经济化产品的推动者 MTK 也紧随其后，预计在 7 月份就有其 turn key 产品面世，其芯片方案在成本和性能比上面有很大的优势，特别是对国内的厂商，MTK 的方案支持能力是最强的。

其他如 STE，其芯片平台 L8540 价格相比 QCT 要便宜，但开发难度较大，国内暂无 IDH 有这个平台的开发经验。马威尔的 5 模/10 频（13 频合成 10 频）1920 主要优势为对于 4 核平台，平台配置为 4 核 A7 1.3GHZ/12M CAMERA/720PLCM；只是时间节点量产时间比较靠后。相信在 2013 年内 LTE 平台在国内将会快速启动并迅速得到应用，移动终端芯片将会快速进入 LTE 时代。

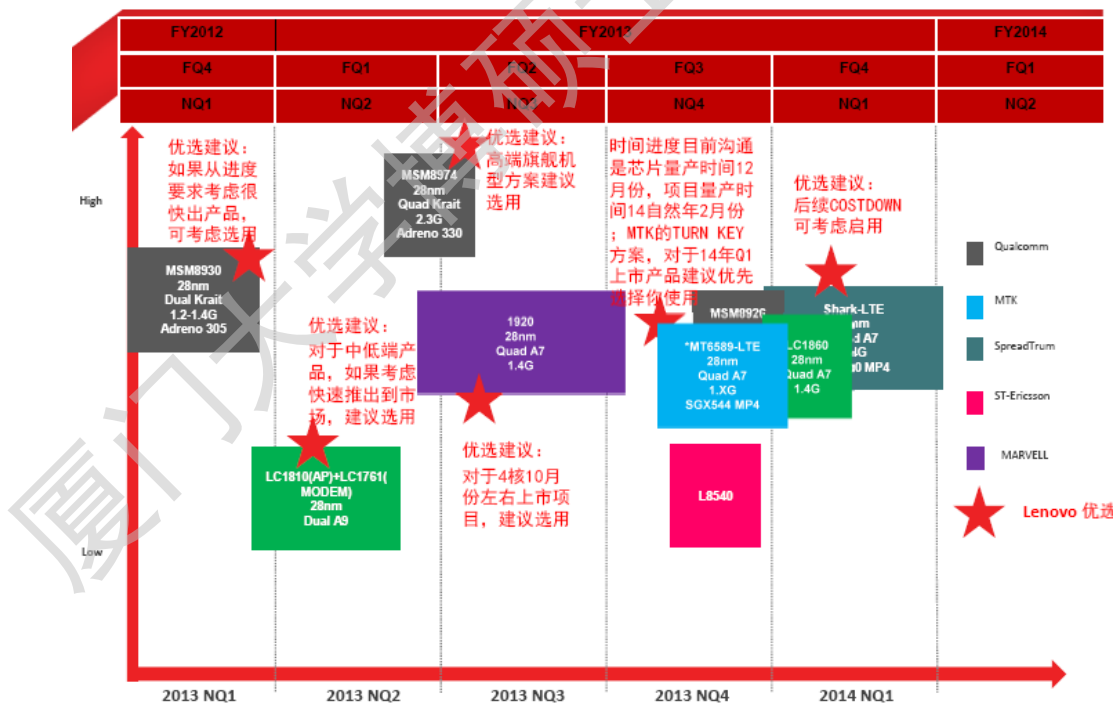


表 1-2 最新 LTE 芯片平台产品地图

在网络部署方面；全球范围内 LTE 网络在 2012 年的发展是非常迅速，全球移动设备供应商协会（GSA, Global mobile Suppliers Association）在 2013 年 1 月初

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 for delivery details.

厦门大学博硕士论文摘要库