

学校编码: 10384

分类号_____密级_____

学号: X2011222017

UDC _____

厦 门 大 学

工 程 硕 士 学 位 论 文

室 内 基 站 天 线 的 设 计

Design of Indoor Base-Station Antennas

孟 阳

指导教师姓名: 李伟文 副教授

专 业 名 称: 电子与通信工程

论文提交日期: 2015 年 月

论文答辩时间: 2015 年 月

学位授予日期: 2015 年 月

答辩委员会主席: _____

评 阅 人: _____

2015 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

随着无线通信的飞速发展，天线的作用越来越重要，根据应用场景的要求，选择合适的天线类型和结构。当前，无论是基站系统还是移动终端设备，小型化、多功能化、高性能等已成为其基本的技术目标，因此小型化、宽频或多频化、智能化等成为其天线选择和设计的主要内容。对此，微带结构天线是一种较佳的选择，它较易满足此类性能要求。

微带天线的出现将天线的加工成本大大降低，另外微带天线重量轻、体积小可以加工成各种形状，使微带天线在无线通信系统应用中具有优势。微带天线的带宽一般比较窄。怎样提高天线的带宽，同时保持或者降低天线的尺寸，是科研工作者研究微带天线的难点之一。另外，在保证大带宽前提下提高天线的前后比或天线间的隔离度，也是微带结构天线较难实现的问题。

本文以室内基站天线应用为目的，以微带及其拓展结构天线为对象，在兼顾天线的小型化或高隔离度要求下，进行微带贴片结构天线的宽带化设计。论文给出了三种天线的设计方案。一是具有高前后比的四单元微带天线阵，它通过改变辐射单元形状，扩大了带宽。二是新型宽频小型化贴片天线，它可覆盖 700-960MHZ 和 1710-2700MHZ 频率范围。三是高隔离度天线，通过引入反射腔，交叉极化放置和吸波单元的设置，提高了天线系统的隔离度。

方案一中，通过采用 CST 仿真软件对高前后比天线阵进行建模仿真。通过空气介质和微波板材的同时应用，在保证天线带宽的前提下降低了天线的尺寸。高前后比天线采用了金属天线外壳，天线的旁瓣被压缩，天线的前后比相应提高。方案二中，采用 CST 仿真软件对宽频小型化天线进行建模仿真。天线以空气做介质，介电常数低，提高了带宽。通过独特的天线辐射单元设计，降低了天线的尺寸，使天线满足宽频带通信系统的应用。方案三中，采用 HFSS、CST 仿真软件对高隔离度天线系统进行建模仿真。保持背靠背两天线交叉极化放置，天线系统获得了较高的极化隔离。通过引入天线反射框，使天线的隔离度进一步提高，并为集成在系统内部降低了干扰。吸波体的加入，使天线系统获得更大隔离。

关键词：微带天线；贴片天线；宽频带；小型化；高隔离；高前后比

厦门大学博硕士学位论文摘要库

Abstract

As the important component of wireless communication systems, the antenna type and structure should fully meet the requirement of application scenario. At present, miniaturization, multi-function and high performance are basic technical targets for both the base station system and the mobile terminal equipment. Therefore, miniaturization, broadband or multi-band frequency, intelligentization, and so on, become the main contents of the antenna selection and design. Microstrip antenna structure is the good candidate to meet the performance requirements.

With the merits of light weight, small size, low profile, low cost and easier to conform with carriers, the microstrip antennas have been widely employed in modern communication systems. However, the inherent characteristics of narrowband and low directionality increase the difficulties to design broad band and small size microstrip antennas. Meanwhile, within the large frequency range increasing isolation between antennas or the ratio of front to back also become a challenged problem.

Based on the application scenario of the indoor base station systems, in this thesis the microstrip antenna and its expanding structure are constructed to carry out the compact and broadband performance. There are three kinds of proposed antenna are designed and implemented. The first type is four-unit antenna array of high front to back ratio. By changing the shape of radiating elements, the antenna bandwidth can be expanded. The second is a new type of broadband and miniaturization patch antenna, which can cover the frequency range of 700~960 MHz and 960-2700 MHz. The third is high isolation antennas, which can effectively improves the isolation of antenna systems by introducing a reflective cavity, cross polarization placement and absorbing unit settings.

Concretely speaking, for the first antenna, the front to back ratio of antenna was firstly analyzed with the simulation software to get high ratio value. It is shown that filled with both the air and a microwave medium plate in the ground plane and radiation element, the antenna size can be reduced while the work bandwidth is not

remarkably affected. Furthermore, adding the antenna casing can suppress the antenna sidelobe and the front to back ratio is further improved. For the second antenna, the simulation results indicate the bandwidth is increased by air medium and the antenna size is reduced by novel radiating element structure. This antenna can easily satisfy broadband communication systems. For the third case, two antennas are placed at cross-polarization directions to gain a high isolation. By introducing the reflection box and absorbing unit, the antennas isolation is further improved.

Keywords: Microstrip antenna; patch antenna; brand band; high isolation; high front-to-back ratio

目 录

第一章 绪论.....	1
1.1 通信天线.....	1
1.2 天线工程.....	2
1.3 论文工作.....	3
参考文献.....	3
第二章 基本天线理论.....	6
2.1 天线工作原理.....	6
2.2 天线的辐射参数.....	7
2.2.1 方向性系数.....	7
2.2.2 增益.....	7
2.2.3 带宽.....	8
2.2.4 极化.....	8
2.3 微带天线.....	8
2.3.1 微带天线分类.....	9
2.3.2 微带贴片天线优缺点.....	9
2.3.3 微带贴片天线辐射机理.....	10
2.4 微带天线的小型化.....	10
2.4.1 采用特殊材料基片.....	11
2.4.2 表面开槽.....	11
2.4.3 采用特殊形式.....	12
2.4.4 天线加载.....	12
2.5 微带天线的宽带化.....	13
2.5.1 具有 U 形缝隙结构贴片元.....	13
2.5.2 附加层钉电阻.....	14
2.6 小型化与宽带化的矛盾.....	14
2.7 本章小结.....	166
参考文献.....	166
第三章 小型宽带高前后比微带天线阵.....	188
3.1 天线模型.....	188
3.2 馈电网络的设计.....	199
3.3 阻抗带宽特性.....	20
3.4 辐射场特性.....	21
3.5 天线元表面电流.....	22
3.6 E 形切口对带宽的影响.....	23
3.7 提高天线前后比.....	25
3.8 本章小结.....	277
第四章 小型化双频宽带天线.....	288

4.1 天线结构.....	288
4.2 天线阻抗带宽.....	299
4.3 天线远场方向性.....	30
4.4 天线结构参数对天线性能的影响.....	32
4.4.1 上接地面结构参数对阻抗特性影响.....	32
4.4.2 辐射元形状的调整.....	344
4.5 天线结构加工调整.....	388
4.6 本章小结.....	399
第五章 高隔离度背靠背天线.....	41
5.1 天线模型的建立.....	41
5.2 天线单元特性.....	42
5.3 加反射框天线单元模型.....	444
5.4 背靠背天线的隔离度.....	466
5.5 天线加吸波单元.....	477
5.6 本章小结.....	50
参考文献.....	50
第六章 总结与展望.....	51
附录 天线实物.....	52
致谢.....	54

CONTENTS

Chapter1 General Description.....	1
1.1 Communication antennas.....	1
1.2 Antenna engineering.....	2
1.3 Main work.....	3
References.....	3
Chapter2 Basic Theory of Antenna.....	6
2.1 Antenna operation principle.....	6
2.2 Antenna radiation parameters.....	7
2.2.1 Directivity.....	7
2.2.2 Gain.....	7
2.2.3 Bandwidth.....	8
2.2.4 Polarization.....	8
2.3 Microstrip antenna.....	8
2.3.1 Classification of microstrip antenna.....	9
2.3.2 Advantages and disadvantages of patch antenna.....	9
2.3.3 Microstrip antenna radiation mechanism.....	10
2.4 Microstrip antenna miniaturization.....	10
2.4.1 Using special material substrate.....	11
2.4.2 Adding surface slot.....	11
2.4.3 Constructing special shape.....	12
2.4.4 Loading element.....	12
2.5 Broadband microstrip antenna.....	13
2.5.1 U-shaped slot structure patch.....	13
2.5.2 Loading additional chip resistor.....	14
2.6 Contradiction between miniaturization and broadband antennas.....	14
2.7 Summary.....	16
References.....	16
Chapter3 Compact Broadband and High F/B Ratio Microstrip Array.....	18
3.1 Antenna model.....	18
3.2 The design of feed network.....	19
3.3 Impedance bandwidth characteristics.....	20
3.4 Radiation field.....	21
3.5 Antenna element surface current.....	22
3.6 E-shaped incision impact on bandwidth.....	23
3.7 Improve ratio of Front to back.....	25
3.8 Summary.....	27
Chapter4 Miniaturized Dual-band Antennas.....	28

4.1 Antenna structure.....	28
4.2 Impedance bandwidth.....	29
4.3 Directivity.....	30
4.4 Effect of antenna structure parameters.....	32
4.4.1 Impedance characteristics varied with Ground plate parameters	32
4.4.2 Adjustment of radiation element.....	34
4.5 Adjustment of antenna manufacture structure.....	38
4.6 Summary.....	39
Chapter5 High Isolation and F/B Ratio Antenna.....	41
5.1 Antenna model.....	41
5.2 Antenna unit features.....	42
5.3 Antenna element model of reflection box.....	44
5.4 Isolation of back-to-back antennas.....	46
5.5 Antenna model of absorbing materials.....	47
5.6 Summary.....	50
References.....	50
Chapter6 Summary and Expectation.....	51
Appendix Antenna photograph.....	52
Acknowledgements.....	54

第一章 绪论

建筑物室内环境的复杂性,应用的可扩展性,服务的连续性,一直以来为移动运营商构建有效的室内无线链路带来诸多挑战。而且,现有的针对语音覆盖的室内无线分布解决方案,已经无法满足日益增加客户需求。室内基站系统(直放站)能够有效的覆盖室内信号的盲区、弱区、以及偏远区的的地方。直放站与基站相比,具有结构设计简单、加工成本低、便于工人安装,通过在基站覆盖弱的地方(如室内)架设直放站不但能改善覆盖效果,同时能大大减少成本。由于天线是移动通信系统的重要组成部分,天线的大小、增益、辐射方向、辐射角度范围、以及不同天线间的隔离度,对直放站系统的性能指标有重要的影响。

1.1 通信天线

天线主要有两个作用:① 将导行电磁波能量(馈线引导的高频电流)转化成自由空间辐射的电磁波能量;② 天线辐射或者接收具有一定方向性的电磁波能量。

天线按波束图形分类,可以分为定向天线和全向天线。一般,直放站天线 horizontal beam width 有: 360° (全向天线)、 270° 、 180° 、 120° 、 90° 、 60° 、 15° 和 5° 。按结构通信天线有以下几类: Yagi, Panel antenna, Parabolic antenna, Hanging antenna, Planar antenna, Ceiling antenna 等^[1]。

随着室内无线产品功能的多样化,要求其能够支持多个频段的通信标准。人们对于无线终端小巧便携的需求,也使室内基站天线的小型化设计难度进一步提高。

微带天线可以直接印刷在微波电路板上,电路和天线在同一块板上使微带天线的加工成本和制造难度大大减小,其研究也越来越深入。微带天线能够设计成双频或者几个频段同时共存,尤其此时的天线尺寸比不是很大,这一特性使微带天线广泛应用于手机天线设计中。微带天线同其他微波天线相比,存在诸如工作频带窄、介质损耗大、功率容量小、基片对性能影响较大等缺点。越来越多的研究人员也不断的尝试着扩展天线带宽,缩小天线尺寸,改善极化特性,实现双频、

多频特性^[2]。

1.2 天线工程

天线工程是一项面向通信应用的天线设计、制作、安装调试工作。室内基站天线的设计过程有一定步骤，便于工作人员更有效率的设计制作：

- (1) 根据给定指标和天线的安装环境确定天线的最大尺寸，重点关注天线的最大厚度；
- (2) 环境对天线影响大，设计前要确认天线的安装环境，排除干扰；
- (3) 确定天线形式，由于室内直放站需要内置定向天线，所以一般选择小尺寸的微带天线；
- (4) 根据实际情况在仿真软件中建模仿真，不断的修改模型得到期望的结果；
- (5) 设计好的天线打样，对样品调试修改；
- (6) 加工出成品。

为了加快天线的设计工作，我们在天线设计过程中，通常会借助以下仿真软件的帮助，例如 HFSS 和 CST 电磁仿真软件。HFSS 是 ANSOFT 公司的明星产品，整个仿真软件采用有限元法作为根本算法。CST 微波工作室是 CST 仿真软件里的一部分，作为电磁场仿真软件，该软件采用时域有限差分法作为根本算法。两款仿真软件，借助当今跟人电脑的强大配置，能够迅速的模拟天线的工作状态，大大减少天线工作人员的设计工作时间。本文涉及的天线仿真，使用了 HFSS 和 CST 两种仿真软件，其仿真结果对实际产品的应用有重要的指导意义。

对于室内基站小型化天线，设计过程中第一个要面对的问题是天线的带宽窄问题。研究人员尝试了很多方法来提高微带天线的带宽，例如采用低介电常数的厚介质（如空气），在辐射单元同一面上增加寄生耦合单元^[3]，堆叠多层天线^[4]，U 型和 E 型天线^[5, 6]，L 型探针馈电^[7]等等。一般的微带天线要想获得宽带天线本身必须要有一定的厚度，如果天线的厚度不够或者降低天线的厚度，天线的带宽也会减小。研究人员又尝试在获得宽带的前提下，降低天线的尺寸，例如 E 型接地天线^[8, 9]，通过将 E 型天线的辐射边接地，降低天线的尺寸，U 型接地天线^[10]，通过探针或者短路墙接地；PIFA 天线^[12, 13]，在手机和平板电脑当中广泛应

Degree papers are in the “[Xiamen University Electronic Theses and Dissertations Database](#)”.

Fulltexts 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.