

学校编码: 10384

分类号____密级____

学号: 23320061152609

UDC_____

厦 门 大 学

硕 士 学 位 论 文

GSM 跳频数字直放站

GSM frequency Hopping Digital Repeater

李 锋

指导教师姓名: 石江宏 副教授

专 业 名 称: 通信与信息系统

论文提交日期: 2009 年 月

论文答辩时间: 2009 年 月

学位授予日期: 2009 年 月

答辩委员会主席: _____

评 阅 人: _____

2009 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

随着移动通信业务的发展,用户对网络的质量和覆盖要求越来越高。在国内 3G 网络建设伊始、尚未成熟、成规模覆盖的情况下,运营商仍然需要投入大量的人力与财力致力于 GSM 移动通信网络的扩容建设与优化。在实际建设优化工作中,直放站以其性价比高、建设周期短等优点而被大量应用于网络建设中。目前,架设直放站已成为运营商优化网络质量、增强网络覆盖的主要手段之一。近两年在国内,传统模拟直放站因种种性能上的不足,而逐渐被数字化直放站所代替。本文认为数字直放站不应该仅仅只是数字化模拟直放站中的一些主要模拟部件,而应该充分利用数字信号处理提供更多的功能,提高工作性能。

本文正是以设计新型 GSM 跳频数字化直放站为目标,以实现数字中频系统、直放站的跳频功能为研究重心,围绕数字中频、GSM 信号基带处理的相关技术而展开研究。文章介绍了数字直放站的研究背景和国内外的研究现状;比较分析了直放站对 GSM 无线网络的几种干扰的成因以及各种类型的传统直放站的设计架构上的优缺点,从而提出在数字直放站中引入基带处理模块,实现与基站同步跳频;简述了 GSM 系统中跳频的类型及性能,分析了引入跳频功能后数字直放站性能的改善情况,并给出跳频功能模块的实现方案;说明了 GSM 跳频数字直放站系统的设计思想及总体实现框图,并对数字直放站的数字中频部分以及基带处理部分进行了详细地模块划分。针对数字上下变频模块、GMSK 解调以及信道译码模块设计所涉及到的相关技术作了详细介绍,涉及到的理论主要有信号采样理论、整数倍内插和抽取理论、维特比解调、维特比译码等,并给出各模块在 FPGA 上的实现方案。最后根据国家规定的直放站设备测试准则,对 GSM 跳频数字直放站系统进行实物测试。

GSM跳频数字直放站在时隙同步时钟的控制下实现净噪功能,避免在无有用信号时输出噪声信号;提取小区跳频信息,在时隙同步时钟下准确变换选频模块频率,实现与基站的同步跳频,在射频跳频下可避免或减少数字直放站对GSM网络的负面影响。

关键词: 数字直放站; 数字中频; 跳频

厦门大学博硕士学位论文摘要库

Abstract

With the development of mobile communication business, the demand for network quality and network coverage is rising. Nowadays, 3G is in her immature phase, operator still has to pay much effort to capacity expansion and optimization of GSM in order to achieve large-scale coverage. Repeater is adopted in actual construction due to its advantages such as high cost performance and short construction cycle. At present, building repeaters is one of the main means to improve network quality and enhance network coverage. In recent years, traditional analog repeater was gradually replaced by digital repeater due to its inadequate performances. This paper points out that the main task of constructing digital repeater is making full use of digital signal processing functions to improve working performance rather than just digitizing the major analog processing unit of analog repeater.

This article aim at designing a new GSM frequency-hopping repeater, it focus on realizing DIF system and frequency-hopping function, so the research is according to technologies of DIF and GSM signal baseband process. Firstly, the article introduces the research background of the digital repeater and current status. Secondly, interference factors to GSM radio network caused by digital repeater are analyzed as well as merit and demerit of several types of traditional repeater. Then this paper put forward a scheme to bring baseband processing module into digital repeater to achieve frequency-hopping synchronizd with base station. Thirdly, types and performances of frequency-hopping in GSM are described, analysis about performance improvements after bring frequency-hopping into digital repeater ,and the blue Print of frequency-hopping module is also given. Fourthly, it introduces the design philosophy and system framework, then the detail module division is also given. Fifthly, technologies involved in DDC/DUC, GMSK demodulation and channel decoder module are describes in detail, which are signal sampling theory, interpolation and decimation theory, Viterbi demodulate and Veterbi decode, etc. Then FPGA implementation about each module is presented. Finally, testing about

GSM frequency-hopping digital repeater system are given according to the national test criteria.

GSM frequency-hopping digital repeater is noise free under the control of Slot synchronous clock, it means that it don't output noise when there is no useful signal. The system abstracts frequency-hopping information, switches the working frequency accurately to achieve the Frequency Hop Synchronization with base station. The Adverse Impact to GSM network which is caused by digital repeater can be avoid or reduced in under the RF frequency-hopping working condition.

Keyword: Digital Repeater; DIF; Frequency Hopping

目 录

第一章 绪 论	1
1.1 课题研究的背景和意义.....	1
1.2 国内外研究现状.....	2
1.3 本文的内容与结构.....	3
第二章 直放站对 GSM 系统网络优化的影响.....	5
2.1 直放站引入的干扰分析.....	5
2.1.1 基底噪声	5
2.1.2 同频及邻频的干扰.....	6
2.1.3 互调波造成的干扰.....	9
2.2 现有直放站的类型及不足.....	10
2.2.1 宽频直放站	10
2.2.2 频率选择直放站	11
2.2.3 同频直放站	11
2.2.4 移频直放站.....	12
2.2.5 光纤直放站.....	12
2.2.6 改进直放站性能的措施.....	13
2.3 小结.....	14
第三章 跳频在 GSM 直放站的应用.....	15
3.1 GSM 跳频技术.....	15
3.1.1 GSM 跳频的好处	15
3.2 GSM 跳频的种类.....	18
3.2.1 基带跳频	18
3.2.2 射频跳频.....	19
3.3 跳频对直放站性能的改善.....	22
3.3.1 降低直放站引入的干扰.....	22
3.3.2 系统容量	24
3.3.3 节省硬件资源开支.....	25
3.4 跳频实现方案.....	27

3.4.1 跳频同步的概念	27
3.4.2 跳频模块的设计	28
3.5 小结	30
第四章 数字前端系统设计及 FPGA 实现	31
4.1 数字前端系统设计概述	31
4.2 数字上下变频模块	33
4.2.1 系统级设计方法	33
4.2.2 指标分析	33
4.2.3 数字上下变频模块化设计	35
4.3 跳频模块的设计及 FPGA 实现	43
4.3.1 生成同步时钟	43
4.3.2 同步信道及广播信道的解调	50
4.3.3 信道解码	57
4.4 小结	65
第五章 系统硬件实现与测试	66
5.1 数字直放站中频系统硬件实现	66
5.1.1 整体款图	66
5.1.2 主要模块介绍	66
5.2 结果测试	71
5.2.1 计算机仿真测试	72
5.2.2 硬件实物测试	74
5.2.3 测试结论	81
5.3 小结	82
第六章 总结与展望	83
6.1 本论文工作总结	83
6.2 后期工作展望	84
参考文献	85
致 谢	88
攻读硕士学位期间发表的论文及所做工作	90

Contents

Chapter1 Preface	1
1.1 Research Background and Significance	1
1.2 Research Status	2
1.3 Work and Organization of the Dissertation.....	3
Chapter2 The Impact of Repeater for GSM System	5
2.1 Analization about Interference caused by Repeater	5
2.1.1 Base Noise	5
2.1.2 Co-Channel Interference and Adjacent Channel Interference.....	6
2.1.3 Intermodulation Interference	9
2.2 Types and Demerit of traditional Repeater.....	10
2.2.1 Wide Band Repeater	10
2.2.2 Frequency Selected Repeater	11
2.2.3 Equal-frequency Repeater	11
2.2.4 Frequency-shift Repeater.....	12
2.2.5 Optic-fiber Repeater	12
2.2.6 The Measure of Improving the Capability of Repeater	13
2.3 Summary	14
Chapter3 Frequency Hopping used in GSM repeater	15
3.1 Frequency Hopping in GSM.....	15
3.1.1 The Advantage of GSM Frequency Hopping	15
3.2 The Sort of GSM Frequency Hopping.....	18
3.2.1 Basic Frequency Hopping	18
3.2.2 RF Frequency Hopping	19
3.3 The Improvement for Repeater Capability by Frequency Hopping ...	22
3.3.1 Reduce the Noise.....	22
3.3.2 The Capacity of System	24
3.3.3 Save Hardware Resource.....	25
3.4 The blue Print of Frequency Hopping.....	27

3. 4. 1 The Concept of Frequency Hopping synchronization.....	27
3. 4. 2 The Design of Frequency Hopping Segment	28
3. 5 Summary	30
Chapter4 Design and FPGA Implementation of Digital IF	31
4. 1 The Introduce of Digital IF Design	31
4. 2 DUC and DDC	33
4. 2. 1 System Leved Design Method	33
4. 2. 2 Analysis of Guide Line.....	33
4. 2. 3 The Design of DUC and DDC Segment	35
4. 3 Design and FPGA Implementation of FH Segment	43
4. 3. 1 Generate Synchronized Clock	43
4. 3. 2 Demodulate SCH and BCCH	50
4. 3. 3 Channel Decode	57
4. 4 Summary	65
Chapter5 System Hardware Implemetation and Test.....	66
5. 1 Hardware Implemetation of Digital IF System	66
5. 1. 1 Framework Design	66
5. 1. 2 Main Module Introduce.....	66
5. 2 Test	71
5. 2. 1 PC Simulation Test	72
5. 2. 2 Hardware Test.....	74
5. 2. 3 Conclusion of Test.....	81
5. 3 Summary	82
Chapter6 Conclution and Prospect.....	83
6. 1 Summary of this Dissertation.....	83
6. 2 Future Work.....	84
Reference.....	85
Acknowledgement.....	88
Published Paper and Research during Pursuing Master Degree.....	90

第1章 绪论

1.1 课题研究的背景和意义

GSM 移动通信系统在我国经过几年的发展，目前已经拥有最大的网络覆盖规模、最多的用户数、种类多样的业务，在我国移动通信市场中占有重要的地位。虽然目前国家工信部已经向各大运营商发放了第三代移动通信系统的运营牌照，但在网络覆盖规模、技术成熟程度以及业务开发水平等方面 3G 通信系统都还无法与 GSM 通信系统相媲美。因此 GSM 移动通信系统在未来几年内仍将在我国移动通信市场中占有统治地位。而目前国内拥有 GSM 通信网络的两个运营商：联通、中国移动也都提出 GSM 网络扩容和优化计划，进一步发掘 GSM 系统的潜力，发挥 GSM 网络的优势，提高网络的服务质量，满足不断增长的用户数。

合理的架设直放站是无线网络优化的一种重要手段，直放站的主要功能是延伸 GSM 基站的信号，改善网络信号质量，增强网络覆盖范围。同基站相比，直放站具有投资较少、结构简单、安装方便灵活等优点^[1]，因此可广泛应用于一些弱信号区域或盲区，如电梯、地下车库、宾馆、山上风景区、地铁、隧道等场所，能有效地改善这些地区的通信质量，解决掉话等问题。目前，架设直放站已经成为延伸网络覆盖距离的一个优选方案^[2]。

运营商在扩容、优化、改建 GSM 移动通信网络的过程中，不仅要求高性能的 GSM 基站、手机终端设备，还对直放站设备的性能指标、设备成本提出了更高的要求。以往，我国 GSM 直放站均采用模拟制式的信号双向处理技术，用模拟器件实现混频、滤波、放大等核心功能，具有设备笨重、功耗大以及设备性能一致性较差等缺点。08 年以来，运营商逐渐开始使用数字直放站代替传统模拟直放站。数字直放站主要采用数字信号处理手段，用数字器件实现选频、滤波等功能，能够支持多载波、灵活组网等重要功能，改善模拟直放站在性能上的固有缺陷。为适应运营商对扩容优化 GSM 通信网络、挖掘 GSM 系统性能潜力的需求，充分利用数字信号处理技术及优势，研发一种具有功能强大、性能更优越的数字化 GSM 直放站是十分必要的。

1.2 国内外研究现状

国外一些移动通信技术发展较为成熟的国家,在对数字化直放站的研发与生产上起步较早,并且大量应用于网络建设中。随着各种制式的数字化直放站产品应用于欧美各国的移动通信市场,相应的国际标准也被制定出来。国内的直放站生产厂商在数字化直放站的研发上起步较晚。2003年6月由华为、爱立信、NEC、西门子和北电发起成立了 CPRI 组织,该组织主要致力于为移动通信基站系统中的无线网络设备控制部分和射频设备之间制定一套开放的 CPRI 接口规范。2008年京信通信技术有限公司率先在国内市场上推出数字光纤直放站,随后虹信通信、国人通信等国内主要直放站厂商纷纷推出各自的数字光纤直放站产品。

从目前市场上现有 GSM 数字化直放站的实现架构上看,国内外 GSM 数字化直放站的实现方案主要有以下两种:

- (1)全芯片方案:使用 ADI 或 TI 等公司的模数、数模转换器配以专用数字上、下变频芯片完成一定数量载波频点的选频与滤波功能。用 PMC 公司的专用芯片 PM7832 实现 CPRI 协议的所有功能。再配以一个低端 FPGA 用来连接各主要芯片的管脚,连通各功能模块的数据,便可实现数字直放站的基本功能。采用专用芯片,实现很方便,但是缺乏灵活性,功耗和成本都比较高,CPRI 组网方式单一。
- (2)芯片与 FPGA 相结合的方案:利用模数、数模转换器实现模拟中频信号与数字中频信号之间的转换,利用国半公司的 SCAN25100 芯片可实现 CPRI 协议的部分功能,如码字转换、串并转换等。利用 FPGA 实现数字直放站的主要功能,包括数字下变频、数字上变频、CPRI 协议中的成帧、解帧部分、以及 CPRI 多样化的组网模式。该方案由于是 FPGA 与芯片搭配使用,所以具有较高的灵活性,在 FPGA 硬件资源允许的情况下,可以实现 GSM 多个载波的选通及滤波,并且根据实际应用只需要改变软件部分配置就可实现各种载波数应用模式间的过渡,从而很大程度上降低了硬件成本。相比全芯片方案,在功耗和成本上具有一定的优势。

并且目前已经有不少文献^[3-7]做了关于基于软件无线电技术的数字化中频处理和数字上下变频在现场可编程门阵列(FPGA)中实现的研究,并提出高效的实现方案。

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