

中国通信学会普及与教育工作委员会推荐教材

21世纪高职高专电子信息类规划教材

21 Shiji Gaozhi Gaozhuan Dianzi Xinxilei Guihua Jiaocai

GSM&WCDMA基站 管理与维护

韦泽训 董莉 主编 阳旭艳 张绍林 编著

- 结合典型设备讲知识 教学做一体化培养人才
- 设定具体任务学操作 提升基站维护专业水平
- 精选仪器仪表讲应用 提高现场维护专业技能
- 遴选经典案例学分析 强化基站维护处理流程



人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS

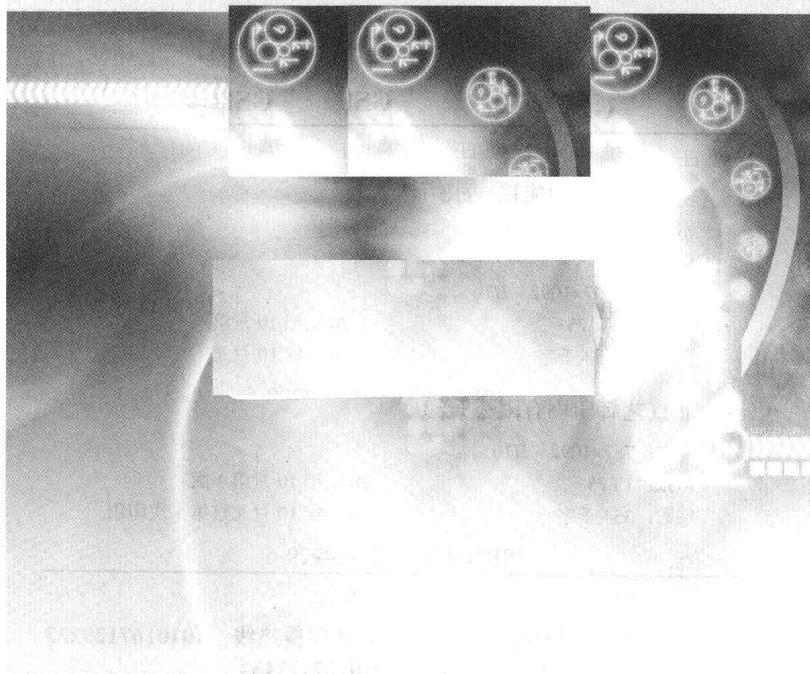
中国通信学会普及与教育工作委员会推荐教材

21世纪高职高专电子信息类规划教材

21 Shiji Gaozhi Gaozhuan Dianzi Xinxilei Guihua Jiaocai

GSM&WCDMA基站 管理与维护

韦泽训 董莉 主编 阳旭艳 张绍林 编著



人民邮电出版社

北京

图书在版编目 (C I P) 数据

GSM&WCDMA基站管理与维护 / 韦泽训, 董莉主编 ;
阳旭艳, 张绍林编著. -- 北京 : 人民邮电出版社,
2011.10

21世纪高职高专电子信息类规划教材

ISBN 978-7-115-24929-6

I. ①G… II. ①韦… ②董… ③阳… ④张… III. ①
时分多址移动通信—通信设备—高等职业教育—教材②时
分多址移动通信—通信设备—高等职业教育—教材 IV.
①TN929.53

中国版本图书馆CIP数据核字(2011)第058521号

内 容 提 要

本书侧重于介绍基站的硬件结构、操作测试、维护规范三个主要方面,内容力求简化繁杂理论,深化实践应用。本书选取了 GSM&WCDMA 网络中使用较多的华为设备进行讲解, GSM 网络设备选择了其中比较主流的 BTS3012 基站设备, WCDMA 网络选择了其中比较主流的 DBS3900 基站设备。本书包含两大部分,第一部分介绍设备及其使用、维护的基础知识,第二部分为设备相关的实训指导。第一部分内容包括基站的硬件结构、连线、天馈、常用仪器仪表、故障处理与案例分析等;第二部分实训指导部分针对重点操作设计了 16 个实训任务,旨在培养 GSM&WCDMA 移动基站维护高素质技能型人才,提高 GSM&WCDMA 基站一线现场维护人员技能,提升现场维护规范化水平。

本书可作为电子信息类专业高职高专、中职院校学生相关课程的教材使用,可供基站维护专业人员学习使用,也可供培训机构或技能鉴定机构作为培训用书使用。

21 世纪高职高专电子信息类规划教材

GSM & WCDMA 基站管理与维护

-
- ◆ 主 编 韦泽训 董 莉
编 著 阳旭艳 张绍林
责任编辑 滑 玉
执编编辑 贾 楠
 - ◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市崇文区夕照寺街 14 号
邮编 100061 电子邮件 315@ptpress.com.cn
网址 <http://www.ptpress.com.cn>
北京艺辉印刷有限公司印刷
 - ◆ 开本: 787×1092 1/16
印张: 13 75 2011 年 10 月第 1 版
字数: 354 千字 2011 年 10 月北京第 1 次印刷

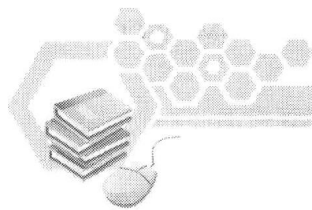
ISBN 978-7-115-24929-6

定价: 29.00 元

读者服务热线: (010)67170985 印装质量热线: (010)67129223

反盗版热线: (010)67171154

广告经营许可证: 京崇工商广字第 0021 号



现阶段,移动通信产业正以十年越百年的速度飞速向前发展。随着我国电信重组的完成,3G 牌照颁发,运营商向全业务转型,移动通信网络建设与升级换代进入一个大发展的时期。自 2009 年我国 3G 牌照颁发以来,3G 基站建设开创了全球规模最大、速度最快的建设纪录。大规模的网络建设,特别是基站建设数量日益增多,密度不断加大,以及来自其他移动网络的竞争加剧,使得维护任务更加迫切,相应的基站管理与维护高素质技能型人才需求不断增大。

GSM&WCDMA 移动通信技术稳定成熟,用户数量最多。WCDMA 是我国电信重组后中国联通获得的 3G 牌照标准,也是目前世界颁发牌照最多、投入运行最长的标准。目前,中国移动拥有 GSM 网络,中国联通同时拥有 GSM 和 WCDMA 网络。截至 2009 年底,中国联通 2G 的 GSM 基站数累计达到 28.9 万个,实现了 87%的人口覆盖率、92%的乡镇覆盖率和 76%的行政村覆盖率;WCDMA 网络建成基站 9.7 万个,网络已覆盖全国 335 个城市城区和 54%的县城。面对庞大的网络、众多的 GSM&WCDMA 基站,如何加强维护力量,提高一线 GSM&WCDMA 基站维护人员的现场维护能力,提升基站维护服务水平,培养移动基站维护高素质技能型人才,具有极其重要的现实意义。

本书旨在培养移动基站维护高素质技能型人才,提高 GSM&WCDMA 基站一线现场维护人员技能,提升现场维护规范化水平,打造“专业化、标准化”的 GSM&WCDMA 基站维护队伍,逐步实施岗位认证准入/考核分级管理,从而有效提高 GSM&WCDMA 基站接通率,增强 GSM&WCDMA 网络服务竞争力。

本书在编写过程中侧重于介绍基站的“硬件结构”、“操作测试”、“维护规范”三个重要方面,力求简化繁杂理论,深化实践应用。在 GSM&WCDMA 基站主设备选型范例上,选取了 GSM&WCDMA 网络中使用较多的华为设备,GSM 网络选择了其中比较主流的 BTS3012 基站设备,WCDMA 网络选择了其中比较主流的 DBS3900 基站设备,测试仪器仪表选择了维护中使用较多的型号介绍。目的是尽可能满足多数读者的需求,但不拘泥于该选型设备,举一反三,也可以满足读者自学需要。本书可作为高职高专、中职教材使用,也可供基站维护专业人员学习使用,还可供培训机构或技能鉴定机构作为学习手册使用。

本书共两部分:设备及其使用、维护的基本知识介绍和设备相关的实训操作指导。全书由四川邮电职业技术学院移动通信系 GSM&WCDMA 基站维护开发项目组编写。其中,阳旭艳编写了模块 1 大部分内容;韦泽训编写了模块 1 的部分内容、模块 2、模块 5、模块 6、实训任务内容和习题部分;董莉编写了模块 3、模块 4、模块 7;张绍林编写了模块 8 的部分内容。全书由韦泽训统编定稿和审校。

本书在编写过程中,得到了四川邮电职业技术学院领导和各部门的大力支持,特别是范晓东、杨耀杰、马康波、李海涛、李媛等多位同志和移动通信系的同事们给予了无私的帮助,

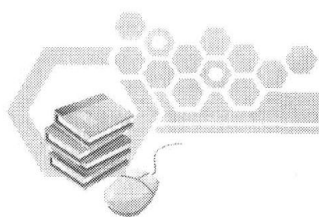


在此一并表示衷心的感谢。本书编写过程中也参照了华为技术有限公司 GSM&WCDMA 基站主设备大量用户资料，在此表示感谢。

由于编者水平有限，书中难免有疏漏和不妥之处，恳请读者不吝批评指正。

编 者

2011 年 3 月



目 录

模块 1 GSM&WCDMA 基础知识..... 1	
任务 1 认识移动通信和多址技术 1	
1.1.1 移动通信的发展..... 1	
1.1.2 移动通信多址技术..... 2	
1.1.3 2G 简介 3	
1.1.4 3G 简介 4	
任务 2 掌握频率复用技术与 GSM 系统... 6	
1.2.1 频率复用技术 6	
1.2.2 GSM 移动通信系统 9	
1.2.3 GSM 系统移动管理 13	
任务 3 掌握扩频技术与 WCDMA 系统... 15	
1.3.1 扩频技术 16	
1.3.2 WCDMA 移动通信系统 19	
1.3.3 WCDMA 空中接口 26	
1.3.4 WCDMA 信道应用 29	
1.3.5 WCDMA 关键技术 30	
1.3.6 WCDMA 无线网络规划 34	
思考与练习题..... 37	
模块 2 GSM 基站硬件结构与连线..... 39	
任务 1 熟悉 GSM 基站硬件结构..... 39	
任务 2 掌握 GSM 基站硬件连线..... 43	
任务 3 观察 GSM 基站单板指示灯..... 49	
思考与练习题..... 52	
模块 3 WCDMA 基站硬件结构与连线..... 53	
任务 1 掌握分布式基站特点与应用 53	
3.1.1 DBS3900 系统组成 53	
3.1.2 DBS3900 应用场景 54	
3.1.3 DBS3900 功能和特点 57	
任务 2 掌握 WCDMA DBS 基站硬件与 线缆连接..... 58	
3.2.1 BBU3900 概述 58	
3.2.2 BBU3900 单板介绍..... 60	
3.2.3 BBU3900 线缆 69	
3.2.4 RRU 设备..... 71	
3.2.5 RRU 线缆..... 74	
3.2.6 RRU 组网与射频配线方式 76	
思考与练习题..... 80	
模块 4 天馈线参数与结构 81	
任务 1 认识天馈线参数 81	
4.1.1 无线电波和超短波..... 81	
4.1.2 天线参数..... 82	
4.1.3 传输线..... 85	
4.1.4 传输线参数 86	
任务 2 认识天线种类和选型..... 87	
4.2.1 天馈线的安装 87	
4.2.2 天馈线安装常见问题..... 89	
4.2.3 室内分布系统天线的选用 90	
思考与练习题..... 90	
模块 5 基站维护常用仪器仪表 92	
任务 1 认识用经纬仪校正杆塔垂直度 92	
5.1.1 光学机械式经纬仪..... 93	
5.1.2 电子经纬仪 94	
5.1.3 杆塔垂直测量法 95	
任务 2 掌握用罗盘测量天线方位角 95	
任务 3 掌握倾角测量仪操作使用 97	
任务 4 掌握功率计操作使用..... 99	
任务 5 掌握地阻仪测杆塔接地电阻 100	
任务 6 掌握天馈分析仪操作使用 101	
任务 7 认识误码仪操作使用 104	
思考与练习题..... 105	
模块 6 GSM 基站故障处理与案例分析 106	
任务 1 掌握 GSM 基站主设备近端 操作维护..... 106	
6.1.1 近端维护准备 106	
6.1.2 近端维护基本操作..... 108	
任务 2 掌握 GSM 基站主设备单板部件	



线缆更换技能.....	112	思考与练习题.....	156
任务 3 熟悉 GSM 基站常见故障定位与 分析方法	117	实训任务 1 熟悉 GSM 基站硬件结构	157
6.3.1 天馈及射频类故障定位与 分析方法	117	实训任务 2 熟悉 GSM 基站连线与单板	160
6.3.2 传输类故障定位与分析方法	119	实训任务 3 熟悉 WCDMA-BBU 连线与 指示灯	162
6.3.3 加载类故障	120	实训任务 4 熟悉 WCDMA-RRU 连线与 指示灯	164
任务 4 熟悉 GSM 基站典型故障案例 ..	121	实训任务 5 学习经纬仪操作使用	166
思考与练习题	125	实训任务 6 掌握方位角&下倾角测量	168
模块 7 WCDMA 基站故障处理与案例 分析	127	实训任务 7 掌握地阻仪测杆塔接地电阻 ..	170
任务 1 熟悉 RAN 故障处理流程	127	实训任务 8 掌握功率计操作使用	172
任务 2 掌握 Node B 常见故障分析	128	实训任务 9 掌握天馈分析仪操作使用	174
7.2.1 传输类故障	129	实训任务 10 误码仪操作使用	177
7.2.2 操作维护类故障	130	实训任务 11 安装 LMT 并掌握常见操作 ..	179
7.2.3 小区类故障	130	实训任务 12 掌握更换基站板件线缆	181
任务 3 熟悉 BBU 例行维护	131	实训任务 13 GSM 射频天馈通道 故障处理	183
7.3.1 BBU 维护项目	132	实训任务 14 传输类故障定位与分析 方法	185
7.3.2 BBU3900 上电和下电	132	实训任务 15 掌握 WCDMA-BBU 例行 维护	187
7.3.3 更换板件	133	实训任务 16 掌握 WCDMA-RRU 例行 维护	190
任务 4 熟悉 RRU 例行维护	135	综合练习题 1	192
7.4.1 RRU 维护项目	135	综合练习题 2	200
7.4.2 RRU 上电和下电	135	附录 英文术语缩写译表	206
7.4.3 更换部件	136		
思考与练习题	137		
模块 8 基站维护规范	138		
任务 1 维护操作规范	138		
任务 2 维护表格	148		

模块 1

GSM&WCDMA 基础知识

任务 1 认识移动通信和多址技术

学习任务引导

- 问题思考：
1. 你是否已经知道公用蜂窝移动通信系统的发展脉络？
 2. 你是否已熟知移动通信系统中的多址接入技术？
 3. 你是否知道 3G 基本制式的主要区别？

- 学习目标：
1. 了解移动通信及其发展概况。
 2. 理解移动通信系统中的多址接入技术。
 3. 了解 3G 标准化过程与频率。
 4. 理解 3G 基本制式的主要区别。

学习难点：3G 基本制式的主要差别。

1.1.1 移动通信的发展

移动通信是指通信双方或至少一方是可以处于移动中进行信息交互的通信，包括移动台与移动台之间的通信、移动台与固定用户之间的通信。由于用户的移动性，其管理技术要比固定通信复杂。同时，由于移动通信网中无线信道依靠无线电波的传播，是变参信道，其传播环境要比固定网中有线介质的恒参传播特性复杂。

移动通信并不是一项很新的技术，但却是发展非常迅速的技术。可以说，移动通信从 1897 年马可尼完成无线通信试验之日起就产生了。现代移动通信的发展始于 20 世纪 20 年代（美国警察的车载无线电系统），而公用移动通信的发展是从 20 世纪 60 年代开始的。公用蜂窝移动通信系统的发展已经经历了第一代（1G）和第二代（2G），并将继续朝着第三代（3G）和第四代（4G）的方向发展。



第一代移动通信系统为模拟蜂窝移动通信系统,以美国的 AMPS (IS-54) 和英国的 TACS 为代表,采用频分双工、频分多址技术。由于采用频分多址,信道利用率较低,因此通信容量有限;属于模拟通信,保密性较差;不能提供非话数据业务。

第二代移动通信系统为数字蜂窝移动通信系统,以 GSM 和窄带 CDMA 为典型代表,采用了数字通信技术,多址方式由频分多址转向时分多址和码分多址技术,双工技术仍采用频分双工。典型的数字移动通信制式主要有泛欧的 GSM、美国的 D-AMPS (IS-136)、日本的 JDC (又称 PDC)、窄带 CDMA 系统 (IS-95) 等。

第三代移动通信系统即 IMT-2000,业务特征是支持宽带多媒体业务,在车速环境下为 144 kbit/s,步行环境下为 384 kbit/s,室内环境下为 2 Mbit/s。1999 年,ITU 芬兰赫尔辛基会议确定了 5 项为 3G 标准,地面移动通信 3 大主流技术标准 WCDMA、cdma2000 和 TD-SCDMA,这些都属于宽带 CDMA 技术。中国提出的 TD-SCDMA 采用了 TDD、智能天线和上行同步技术,具有适合非对称数据传输、容量大、频段使用灵活等主要特点。

无线化与宽带化是当今通信发展的主要趋势,业务综合化、宽带化、IP 化、软件无线电等是移动通信发展方向。目前,以 LTE 为主的 4G 技术已处于试商用阶段,2010 年 10 月,ITU-R 重庆会议初步遴选 IEEE802.16m 和 LTE-Advanced 为 4G 标准。

1.1.2 移动通信多址技术

在蜂窝通信系统中,移动台是通过基站和其他移动台进行通信的,因此必须对移动台和基站的信息加以区别,使基站能区分是哪个移动台发来的信号,而各移动台又能识别出哪个信号是发给自己的。要解决这个问题,就必须给每个信号赋以不同的特征,使多用户共用公共的信道。当把多个用户接入一个公共的传输介质实现相互间通信时,需要给每个用户的信号赋以不同的特征,以区分不同的用户,这种技术称为多址技术。移动通信中常用的主要有 FDMA、TDMA 和 CDMA 等多址方式。FDMA 是以不同的频率信道实现通信的,TDMA 是以不同的时隙实现通信的,CDMA 是以不同的代码序列实现通信的,如图 1.1 所示。

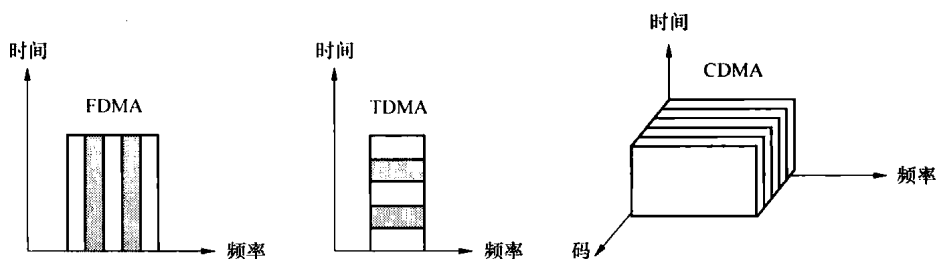


图 1.1 多址方式

1. 频分多址

FDMA 把整个可分配的频谱划分成许多单个无线载频,每个载频信道可以传输一路语音或控制信息,在通信时,不同的移动台占用不同频率的信道进行通信。

2. 时分多址

TDMA 是把时间分成周期性的帧,每一帧再分割成若干时隙(帧或时隙都互不重叠),每一



个时隙就是一个通信信道。通信时，给每个用户分配一个时隙，使各个移动台在每帧内只能按指定的时隙向基站发射信号。这样，同一个频道就可以供几个用户同时进行通信。

3. 码分多址

对于时域上的脉冲信号，其脉冲宽度越窄，频谱就越宽。如果用所需要传送的信号信息去调制很窄的脉冲序列，就可以将信号的带宽进行扩展。所谓扩频调制，就是指用所需要传送的原始信号去调制窄脉冲序列，使信号所占的频带宽度远大于所传原始信号本身需要的带宽。这个窄脉冲序列称为扩频码。由于信号扩展在非常宽的带宽上，来自同一无线信道的用户干扰就很小，使得多个用户可以同时分享同一无线信道。在通信系统中，如果多用户使用相同频率，并且在时间上也是重叠的，给每个移动台分配一个独特的码序列，与所有其他的码序列都不相同，用这种不同正交编码序列来区分不同的用户，在发送时，信号信息和该用户的码序列相乘进行扩频调制，在接收端，接收器使用与发端同样的码序列对宽带信号进行解扩，恢复出原始信号，而其他使用不同码型的信号因和接收机本地产生的码型不同而不能被解调。靠不同码序列来区分不同移动台称为码分多址。

按获得宽带信号所采取的调制方式，扩频方式分为直接序列扩频（DS）、跳频（FH）和跳时（TH），如图 1.2 所示。

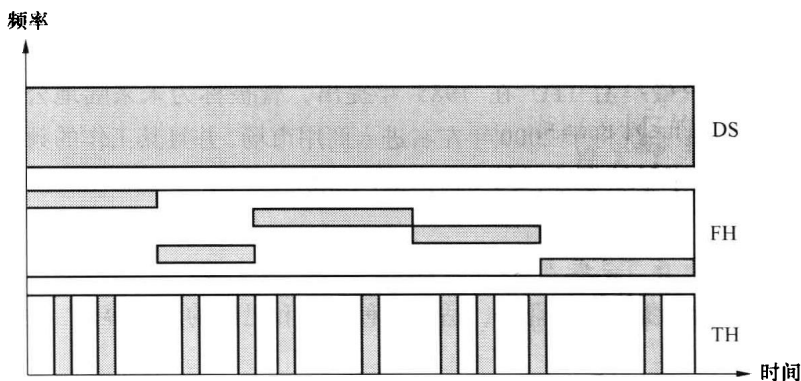


图 1.2 扩频方式

1.1.3 2G 简介

1. GSM

GSM 是 Global System of Mobile Communication 的缩写。1982 年，欧洲 CEPT 成立“移动通信特别小组”，制定统一技术规范；1987 年，规范基本成熟，GSM 成员国的运营者和管理者成立了谅解备忘录（MOU）组织；1991 年，在欧洲开通了第一个 GSM 系统，GSM 正式更名为“全球移动通信系统”；1992 年，GSM 开始在欧洲商用。GSM 最初仅为泛欧标准，随后该系统在全球得到了广泛应用。我国从 1995 年开始建设 GSM 网络。

GSM 使用 900 MHz 频带，使用 1 800 MHz 频带的称 DCS 1800。GSM 发源于欧洲，它是作为全球数字蜂窝通信的 TDMA 标准而设计的。GSM 支持 64 kbit/s 的数据，可与 ISDN 互连。GSM



采用 FDD 的双工方式和 TDMA 的多址方式, 每载频支持 8 信道, 使用 200 kHz 的带宽。

2. IS-95 CDMA

北美数字蜂窝(IS-95)标准使用 800 MHz 频带或 1.9 GHz 频带。IS-95 指定使用 CDMA, CDMA 成为美国 PCS 网的首选技术。目前, 54% 的许可证持有者使用 CDMA。CDMA One 是 IS-95 品牌名称, cdma2000 无线通信标准也是以 IS-95 为基础发展演变而来的。

窄带 CDMA 在蜂窝系统中的应用几乎是和 GSM 同时被提出来的, 但功率控制技术在当时的条件下还难以攻破, 直到美国高通(QUALCOMM)公司解决了这一难题后, 1992 年开始才得到推广应用, 1993 年 7 月才正式形成了 IS-95A 标准。IS-95 标准是窄带 CDMA 移动通信的核心标准, 使用 800 MHz 或 1 900 MHz 频带。世界上许多国家和地区以此为蓝本生产和建设码分多址数字移动通信系统。

1.1.4 3G 简介

3G 能提供多种类型、高质量的多媒体业务, 能实现全球无缝覆盖, 具有全球漫游能力, 可与固定网络相兼容, 还能以小型便携式终端的形式在任何时候、任何地点进行任何种类的通信。

1. IMT-2000 起源

第三代移动通信系统最早由 ITU 在 1985 年提出, 曾被称为未来陆地公众移动通信系统(FPLMTS)。后来考虑到该系统将于 2000 年左右进入商用市场, 并且其工作的频段在 2 000 MHz, 业务目标 2 048 kbit/s, 故于 1996 年正式更名为 IMT-2000。

2. 3G 目标

为实现 3G 全球漫游, 提供多种业务, 适应多种环境和足够的系统容量, 对其无线传输技术提出了以下要求。

(1) 高速传输以支持多媒体任务: 室内环境至少为 2 Mbit/s, 室内外步行环境至少为 384 kbit/s, 室外车辆运动中至少为 144 kbit/s, 卫星移动环境至少为 9.6 kbit/s。

(2) 传输速率能够按需分配。

(3) 上下行链路能适应不对称需求。

3. 3G 标准化

ITU 组织中负责 3G 体制技术规范制定的工作组主要有 3 个: ITU-R、ITU-T、ICG。ITU-R 负责系统集成无线部分, 解决频谱与法规问题, 协调无线传输技术的评估活动。IUT-T 负责网络端的标准工作, 主要包括网络部分、信令与协议、编号与寻址、网管、安全性等问题。ICG 负责协调工作, 使 ITU-R 和 ITU-T 之间能定期进行交流, 并协调在制定 IMT-2000 技术标准中出现的各种问题。

目前, ITU 对 3G 的研究工作主要由 3GPP 和 3GPP2 来承担。3GPP 是以 WCDMA 为基础, 集合了 Ericsson、Nokia、Siemens 等欧洲公司以及日本的 NTT 和韩国的一些公司, 共同研究 3G 的组织。3GPP2 是以 cdma2000 为基础, 集合了 Qualcomm、Lucent 等美国公司及日本的 ARIB 和韩国的一些公司, 共同研究 3G 的组织。中国 CWTS 集合大唐电信等公司, 主要规范基于 GSM



核心网向 TD-SCDMA 技术演进,在 3GPP 的后期版本中,特别是核心网部分趋于融合。

WCDMA 的标准化工作主要由 3GPP 组织担当。WCDMA 的主要特点是无线接入网引入 WCDMA 技术,核心网基于 GSM 逐步演进发展。WCDMA 系统主要的发展演进路线是 GSM—HSCSD—GPRS—EDGE—WCDMA—HSDPA—HSUPA—HSPA+—LTE。

(1) GSM 阶段:属于 2G 时代,在 GSM 时期,核心网基于电路交换,主要以语音业务为主,最初仅能支持基于电路交换的 9.6 kbit/s 的低速数据业务。

(2) HSCSD 阶段:高速电路交换数据,在 GSM 基础上通过采用新的信道编码方式和时隙合并使用技术等,使数据业务传输速率可达到 57.6 kbit/s。

(3) GPRS 阶段:GPRS 即通用分组无线业务,通常称为 2.5G 时期,是在 GSM 的基础上引入了分组传送的 SGSN 和 GGSN 等功能实体,采用 IP 技术,可提供最高 171.2 kbit/s 的数据业务。

(4) EDGE 阶段:增强型数据业务阶段,将 GSM 的 GMSK 调制技术,改进为更高效率的调制技术,如 8PSK、QAM 调制,使数据接入速率上升至 384 kbit/s。

(5) WCDMA 阶段:WCDMA 是 GSM 的升级,主要特点是无线接入网引入 WCDMA 技术,核心网分为电路域和分组域,分别支持语音业务和数据业务。已有版本 R99、R4、R5、R6 等协议规范,早期的版本 R99、R4 支持 384 kbit/s 下行速率。

(6) HSDPA 阶段:WCDMA 系统在 R5 阶段提出了高速下行分组接入(HSDPA),它增强了移动数据传输的下行部分,在不改变已经建设的 WCDMA 网络结构的情况下,把下行数据业务速率提高到 10 Mbit/s,最高可以使下行速率达到 14.4 Mbit/s。

(7) HSUPA 阶段:高速上行分组接入,通过采用多码传输、HARQ、基于 Node B 的快速调度等关键技术,使得单小区最大上行数据吞吐率达到 5.76 Mbit/s。

(8) HSPA+阶段:HSUPA 与 HSDPA 统称 HSPA,HSPA 后的 HSPA+是 R6 的向下演进版本,是 HSPA 技术的增强型,技术日趋成熟,目前已经商用的网络可以提供 28 Mbit/s 的下行速率,11 Mbit/s 的上行速率。

(9) LTE 阶段:长期演进阶段,也常称为移动通信的 3.9G 阶段,LTE FDD 是 WCDMA 的演进方向,它改进并增强了 3G 的空中接入技术,采用 OFDM 和 MIMO,下行峰值速率为 100 Mbit/s、上行 50 Mbit/s。

4. IMT-2000 频率

1992 年,CCIR 在 2 GHz 段的 1 885~2 025 MHz、2 110~2 200 MHz 总共辟出 230 MHz 频带作为第三代移动通信系统的专用频率。目前,各国及国际组织对移动通信频率的划分也各不相同。

我国早在 2002 年就公布了第三代公众移动通信系统频率规划,在 3G 频率规划的基础上,我国为中国电信 cdma2000 分配的频率是 1 920~1 935 MHz(上行)/2 110~2 125 MHz(下行),共 15 MHz×2;为中国联通 WCDMA 分配的频率是 1 940~1 955 MHz(上行)/2 130~2 145 MHz(下行),共 15 MHz×2;为中国移动 TD-SCDMA 分配的频率是 1 880~1 900 MHz 以及 2 110~2 025 MHz,共 35 MHz。2009 年 2 月,工业和信息化部发文,1 900~1 920 MHz 频段无线接入系统应在 2011 年底前完成清频退网工作,以确保不对 1 880~1 900 MHz 频段 TD-SCDMA 系统产生有害干扰,因此中国移动 TD-SCDMA 拥有 55 MHz,此外频段 C(2 300~2 400 MHz)也为 TDD 制式预留。在 2G 段,重组后的中国联通常拥有 6 MHz×2 的 900 MHz 频率资源,而重组后的中国电信却拥有 10 MHz×2 的 900 MHz 频率资源,中国移动仍留有 19 MHz×2 的 900 MHz 频率资源。



5. 3G 三种制式比较

3G 系统包括 3 个基本部分：用户终端、无线接入网（RAN）、核心网（CN）。核心网一般包括分组交换（PS）域和电路交换（CS）域两部分。3G 三种制式的比较如表 1.1 所示。

FDD 上行和下行传输使用分离的两个对称频带，需成对频率；TDD 上行和下行传输使用同一频带，物理层的时隙被分为上、下行两部分，不需要成对的频率。

载波带宽越高，支持的用户数就越多，在通信时发生网络阻塞的可能性就越小。WCDMA 具有 5 MHz 载波带宽，具有比较明显的优势。

码片（Chip）是指经过最终扩频得到的数据称为“码片”。速率高能有效地利用频率选择性分集以及空间的接收和发射分集，可以有效地解决多径问题和衰落问题。WCDMA 码片速率为 3.84 Mchip/s，最具优势。

cdma2000 与 TD-SCDMA 需要基站间的严格同步，因此必须借助 GPS 等设备；WCDMA 无需基站间的同步，通过两个基站间的定时差别报告来完成软切换。

表 1.1 3G 制式比较

制 式	WCDMA	cdma2000	TD-SCDMA
双工方式	FDD/TDD	FDD	TDD
工作频段/（MHz）	上行 1 920~1 980 下行 2 110~2 170	上行 1 920~1 980 下行 2 110~2 170	1 880~1 920 2 010~2 025
主要带宽/（MHz）	5	1.25/3.75	1.6
码片速率/（Mchip/s）	3.84	$N \times 1.228 8$, $N=1,3$	1.28
基站间同步	异步，同步（可选）	同步（GPS、GLONSS）	同步（GPS 或其他方式）
切换方式	软切换	软切换（EVDO 前向虚拟切换）	接力切换

任务 2 掌握频率复用技术与 GSM 系统

学习任务引导

- 问题思考：
1. 你是否知道 GSM 系统常见的频率复用规划？
 2. 你是否知道 GSM 系统组成、网络结构和无线接口？
 3. 你是否知道 GSM 系统的移动管理（位置更新、切换和漫游等）技术？

- 学习目标：
1. 了解频率复用技术，掌握 GSM 常见频率复用的规划方式。
 2. 掌握 GSM 系统组成和网络结构，理解无线接口逻辑信道与应用。
 3. 理解 GSM 系统中位置更新流程、切换过程和漫游用户被叫过程。

- 学习难点：
1. GSM 系统无线接口逻辑信道的理解。
 2. GSM 用户漫游时的被叫过程。

1.2.1 频率复用技术

GSM 系统根据频段主要分为 GSM 900 MHz 和 DCS 1 800 MHz。此外，GSM 系统按规范也



分为 800 MHz 和 1 900 MHz 频段。目前我国使用 GSM 900 MHz 和 DCS 1 800 MHz 频段,用于 900 MHz GSM 的频谱为上下行各 25 MHz (MS→BS: 890~915 MHz; BS→MS: 935~960 MHz); DCS 1 800 MHz 频段 (MS→BS: 1 710~1 785 MHz; BS→MS: 1 805~1 880 MHz)。按照中国无线电管理委员会的规定,在 GSM 900 MHz 频段,中国移动占用 890~909 MHz 上行、935~954 MHz 下行的 19 MHz 带宽;中国联通占用 909~915 MHz 上行、954~960 MHz 下行的 6 MHz 带宽。在 DCS 1 800 MHz 频段,中国移动占用 1 710~1 720 MHz 上行、1 805~1 815 MHz 下行的 10 MHz 带宽;中国联通占用 1 745~1 755 MHz 上行、1 840~1 850 MHz 下行的 10 MHz 带宽。

随着移动通信用户数的不断扩大,频宽受限正成为移动通信系统的重要问题之一。各公司每站可用载频数非常有限,在给定带宽下,频率复用因子 K 和系统容量成为一个矛盾。因此,在 GSM 系统中如何使得同频复用技术与跳频技术更好地结合,成为无线网络规划和优化的重要手段。

移动通信系统中,为提高频率利用率,在相隔一定距离后,信号较弱的地理区域重新使用相同的频率组。这种同频复用且进行频率分组的方法可以提高频率利用率,但这种频率利用率的提高和同频干扰 C/I 之间又产生了矛盾。

原信产部颁布的《900 MHz TDMA 数据公用陆地蜂窝移动通信网技术体制》要求,若采用定向天线,建议采用 4×3 复用方式,业务量较大的地区,根据设备的能力还可以采用其他的复用方式,如 3×3 复用方式、 2×6 复用方式等。无论采用哪种复用方式,基本原则是必须满足干扰保护比的要求,即同频道干扰保护比 C/I (载波/干扰) 不小于 9 dB,邻频道干扰保护比 C/I (载波/干扰) 不小于 -9 dB,载波偏离 400 kHz 时的干扰保护比 C/I (载波/干扰) 不小于 -41 dB。工程设计中需对以上 C/I 另加 3 dB 余量。

1. 4×3 频率复用方式

4 个基站区 (每个基站分 3 个 120° 或 6 个 60° 扇区)、12 个扇区为一小区群,在这 12 个小区使用 12 组不同频率如图 1.3 所示,然后在另一个复用单位区群中使用与之相同的频率组,达到同频复用。以中国联通使用 GSM 6 MHz 带宽为例,共有 30 载频 ($6 \text{ MHz}/0.2 \text{ MHz}=30$),其频道序号为 96~124 (为保护使用相邻频段的其他无线业务或运营商,通常可以不使用两端序号的频道)。其中 n 载频频率计算公式为

$$f_{\text{上}i}=(890+0.2n)\text{MHz}; f_{\text{下}i}=(f_{\text{上}i}+45)\text{MHz}$$

对频道分组如表 1.2 所示。

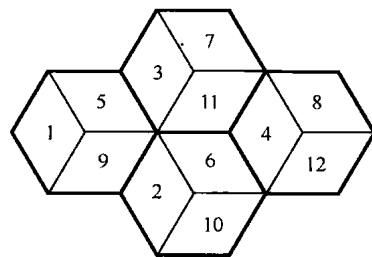


图 1.3 4×3 频率复用

表 1.2 中国联通 GSM 6 MHz 的频道分组

组号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
频道号							94	95	96	97	98	99
	100	101	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111
	112	113	114	115	116	117	118	119	120	121	122	123
	124											

按照跳频原理, 4×3 复用方式中, 12 个小区将占用 12 个频道作为广播控制信道 (BCCH), 且不参加跳频; 余下的 18 (或 17) 个频道作为业务信道 (TCH), 其中 12 个平均分配到各小区, 剩余的 6 个频道按话务密度选择性分配到各小区。因此, 一个基站的载频配置为 322 或 332。 4×3 复用方式基站收信机 TCH/FS 在同频道干扰保护比 $C/I=9 \text{ dB}$, 动态 $V=3 \text{ km/h}$ 时, 不跳频帧删除率 FER、



残余误码率 RBER 符合技术参数要求。如果采用跳频,则可在同等 C/I 条件下获得更小误码率。

2. 3×3 频率复用方式

3×3 复用是以 3 基站、9 扇区为单位进行频率复用,这种复用方式控制信道仍然采用 4×3 复用方式,且不参加跳频。同样以 96~124 的 6 MHz 为例,BCCH 占用 12 个频道,余下 18 个为 TCH 分配到 9 扇区中,则一个基站的载频配置为 333。该方式可以提高频率利用率,不需要增加基站就能提高容量,但要达到同频干扰保护比的要求,需要使用跳频技术,且参与跳频的频率数要求大于 3。所以要求要有足够的带宽,至少大于 6 MHz,以保证跳频效果(跳频增益)。

3. 1×3 频率复用方式

1×3 复用是最为紧密的复用方式,它用一个基站的 3 个小区作为复用单位,相邻基站区使用相同的频率,由于复用距离缩小,同频载干比 C/I 比 4×3 复用方式时大约下降 10 dB,因此必须采用跳频及其他(如动态功控、不连续发射、天线分集等)抗干扰技术。采用 1×3 复用方式,BCCH 发信机由于携带小区特征信息而一直处于发射状态,出现网内小区间干扰的几率最大,所以要将公共控制信道按 4×3 复用进行规划,且不参加跳频,然后将余下频道分配到 3 个扇区。如仍以 6 MHz 带宽为例,则 $(30-12)/3=6$,每小区除 BCCH 载频还可再分配到 6 个。但应用中为避免不同基站扇区间的同频跳到一起产生很大的同频干扰,所以每个扇区跳频的收发信机数小于分配到每扇区的频道数,一般收发信机(TRx)数与频道数的比例按跳频算法决定,最大为 50%,且不同扇区使用不同的跳频随机序列,因此一个基站的载频配置可以做到 433 或 444。这样相对于 4×3 方式,基站容量提高了 $[(4+3+3)-(3+2+2)]/(3+2+2)=40\%$,而带来的 C/I 增益约为 4.2 dB,要弥补降低的 10 dB 还需采用其他抗干扰技术。 1×3 复用方式更适合于带宽小、容量比较集中、不需很多基站的地区。在实际应用中,如在大中城市主城区,使用 CH113~CH124 为 BCCH 的 12 个频点,3 个小区 TCH 使用的跳频组各 5 个频点共 15 个,还保留 2 个频点用于微蜂窝基站。

4. 其他复用方式

多重复用就是把频带划分为几部分,每部分频率采用不同的频率复用系数,就是在同一网络中采用不同频率复用方式。仍以 6 MHz 带宽为例,30 个载频中,控制信道载频仍采用 $4 \times 3=12$ 个扇区为一复用群,TCH 载频则分别以 9、6 扇区为复用群,剩余 3 个载频可用于微蜂窝。这时,MRP(12、9、6)基站的载频配置达到 333,并可释放部分频点用于微蜂窝,以满足高话务量区覆盖。小区中业务载频复用度较高,是因为采用跳频技术,将不同区载频干扰进行了平均。当然,为了保证较高通话质量,还可采用动态功控、不连续发射等抗干扰手段。

同心圆复用方式就是将普通的小区分为两个区域:外层和内层,又称顶层和底层。

外层的覆盖范围是传统的蜂窝小区,而内层的覆盖范围主要集中在基站附近。内外层采用不同的频率复用方式,外层一般采用传统的 4×3 复用方式,而内层则采用更紧密的复用方式,如 1×3 。因此,所有载频信道被分为两组,一组用于外层,一组用于内层。这种结构不同于一般意义的多层网(如宏蜂窝叠加微蜂窝),是因为同心圆技术内外层共站址,共用一套天线系统,共用 BCCH。但公共控制信道属于外层信道组,也就是说通话的建立必须在外层信道上进行。根据同心圆的实现方式不同,可分为普通同心圆和智能双层网(Intelligent Underlay Overlay)。普通同心圆内层发射功率低于外层,从而减小覆盖范围,提高内层不同无线区群距离,保证 C/I 要求;内外层间的切换基于功率和距离;



内层功率低,不易吸收室内话务量,因此比 4×3 容量提高不大,约10%~30%。IUO的内层(超级层)与外层(常规层)发射功率相同,其切换算法基于 C/I 进行,即首先在外层建立通话,然后基站控制器(BSC)不断监视此通话下行链路内层信道的 C/I 值,当达到可用门限时,便将通话信道从外层切换到内层;同时继续监视此内层通话信道的 C/I ,如果变化到一定门限,便切换到常规层信道上;IUO由于内外层功率不变、吸收话务量高,因此比 4×3 复用方式容量提高稍大。

表1.3所示为6 MHz带宽下采用几种复用方式后可以实现的基站配置、平均每站容量对比。可见采用 1×3 方式具有较高的容量比,但要保证小区间的 C/I 不小于9 dB,必须引入跳频技术以及其他技术来补偿 C/I ,才能在提高容量的同时满足网络服务质量(QoS)。

表 1.3 几种复用方式的容量对比

复用方式	基站配置	平均每站容量/(户)	容量比(与 4×3 相比)	备注
4×3	3/2/2 或 3/3/2	1 440	1	平均每站容量: 站内载频数 $\times 8$ 为信道数 n , 呼损率2%, A 为0.025 Erl/用户
3×3	3/3/3	1 788	1.24	
1×3	4/4/4	2 610	1.83	
MRP (12、9、6)	3/3/3	1 788	1.24	

1.2.2 GSM 移动通信系统

1. GSM 系统结构

GSM 系统由移动台(MS)、基站子系统(BSS)、网络子系统(NSS)和操作子系统(OSS)4个部分组成,如图1.4所示。

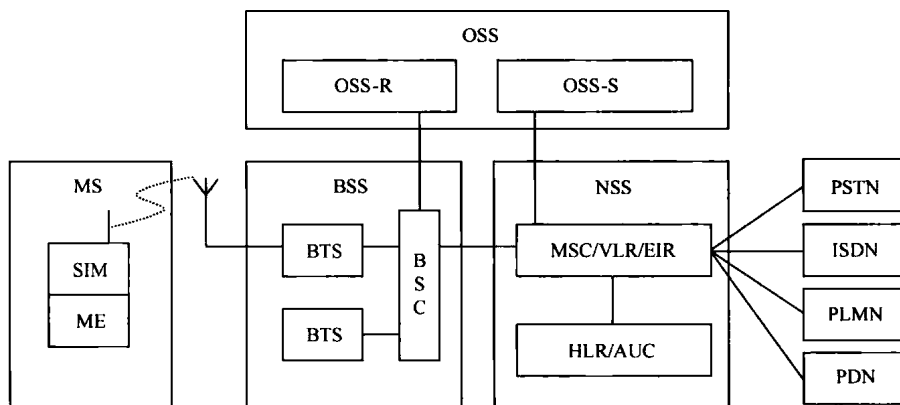


图 1.4 GSM 系统结构

(1) 移动台。移动台(MS)是移动网中的用户终端,包括移动设备(ME)和移动用户识别模块SIM卡。

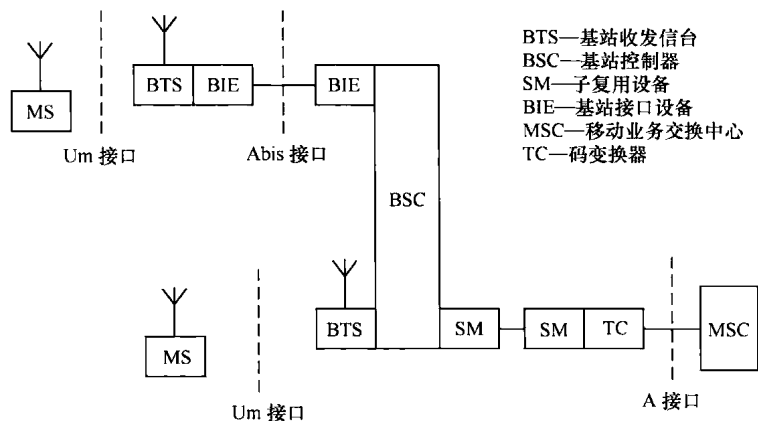
移动终端(MS): 每个移动台都有自己的识别码,即国际移动设备识别码(IMEI)。IMEI主要由型号许可代码和与厂家有关的产品号构成。

用户识别(SIM)卡: 用来识别用户,每个移动用户有自己的国际移动用户识别码(IMSI),存储在SIM卡上。SIM卡的内部是由一块大规模集成电路芯片组成,内部包括微处理器、程序存储器(RAM)、数据存储器(E²PROM)以及串行通信单元;SIM卡上的8个触点是其外部接口。SIM卡



中存储 IMSI、个人识别码 PIN 与解锁密码 PUK、用户密钥 K_i 与保密算法以及用户个人存储空间。PIN 码可以防止 SIM 卡未经授权而被使用,如果设置了 PIN 码,开机即要求输入 PIN,连续三次输入错误的 PIN 码即被锁住,需要输入 PUK 解开,如果连续十次输入错误 PUK, SIM 卡将无法再使用。

(2) 基站子系统。基站子系统 (BSS) 由基站收发信台 (BTS) 和基站控制器 (BSC) 组成,如图 1.5 所示。它主要负责完成无线发送接收、无线资源管理等功能。



BTS 包括基带子系统、射频子系统、电源子系统和天馈子系统 4 部分。BTS 属于基站子系统的无线部分,由 BSC 控制,服务于小区的无线收发信设备,完成 BSC 与无线信道之间的转换,实现 BTS 与 MS 之间通过空中接口的无线传输及相关的控制功能。

当 BTS 与 BSC 为远端配置方式时采用 Abis 接口,这时 BTS 与 BSC 两侧都需配置 BIE。而当 BSC 与 BTS 之间的间隔不超过 10 m 时,可将 BSC 与 BTS 直接相连,不需要 BIE。

BSC 一端可与多个 BTS 相连,另一端与 MSC 和操作维护中心 (OMC) 相连,BSC 面向无线网络,主要负责完成无线网络管理、无线资源管理及无线基站的监视管理,控制移动台和 BTS 无线连接的建立、接续和拆除等管理,控制完成移动台的定位、寻呼和切换,提供语音编码、码型变换和速率适配等功能,并能完成对基站子系统的操作维护功能。

TC 主要完成 16 kbit/s RPE-LTP (规则脉冲激励长期预测) 编码和 64 kbit/s A 律 PCM 之间的语音变换。在典型的实施方案中,TC 位于 MSC 与 BSC 之间。当 TC 位于 MSC 侧时,通过 MSC 和 BSC 之间以及 BSC 和 BTS 之间的传输线路子复用器 SM、BIE,可以充分利用在空中接口使用的低语音编码传输速率,降低传输线路的成本。BSC 与 TC 之间的接口称为 Ater 接口,TC 与 MSC 之间的接口称为 A 接口。

(3) 网络子系统。网络子系统 (NSS) 由移动交换中心 (MSC) 以及归属位置寄存器 (HLR)、访问位置寄存器 (VLR)、鉴权认证中心 (AuC)、设备标志寄存器 (EIR) 等组成。

MSC 是整个网络的核心,它为本 MSC 区域内的移动台提供所有的交换和信令功能,同时它在 MSC 之间完成路由功能,并实现移动网与其他网的互连。MSC 从 3 种数据库 (HLR、VLR 和 AuC) 中取得处理用户呼叫请求所需的全部数据。反之, MSC 根据其最新数据更新数据库。

HLR 是一种用来存储本地用户位置信息的数据库。一个 HLR 能够控制若干个移动交换区域或整个移动通信网,所有用户的重要的静态数据都存储在 HLR 中,包括 IMSI、访问能力、用户类别、补充业务等数据。HLR 还存储且为 MSC 提供移动台实际漫游所在的 MSC 区域的信息 (动态数据),这样就使任何入局呼叫能立即按选择的路径送往被叫用户。