

ZHONGDENG ZHIYE XUEXIAO JIAOCAI

中等职业学校教材

手机电路原理与维修



张兴伟 主编

 人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS

中等职业学校教材

手机电路原理与维修

张兴伟 主编

人民邮电出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

手机电路原理与维修 / 张兴伟主编. —北京: 人民邮电出版社, 2006.10

ISBN 7-115-14937-2

I. 手... II. 张... III. ①移动通信—携带电话机—电路②移动通信—携带电话机—维修 IV. TP929.53

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 069500 号

内 容 提 要

本书介绍了移动电话电路的基础知识、手机射频与基带电路的工作原理,并详细介绍了手机故障的维修分析方法。

本书为适应职业教育培养高素质应用型人才的需要,根据中等职业教育的特点,突出了实用性要求,并紧跟移动通信技术的发展。在前面 6 章,对手机电路、手机故障分析与检修技术作了充分的讲述。在第 7 章,针对职业教育的要求,专门安排了维修技术的实际操作训练方面的内容,使得本教材能真正做到理论联系实际。

本书所介绍的知识适用于 GSM、CDMA、WCDMA 手机,也适用于其他无线通信设备的维修。本书可作为中等职业学校通信技术即电子信息类专业与手机相关课程的教材,也可作为手机维修技术培训班、手机专业维修人员和广大电子爱好者的教材与自学读本。

中等职业学校教材 手机电路原理与维修

-
- ◆ 主 编 张兴伟
责任编辑 梁 凝
 - ◆ 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 电子函件 315@ptpress.com.cn
网址 <http://www.ptpress.com.cn>
北京通州大中印刷厂印刷
新华书店总店北京发行所经销
 - ◆ 开本: 787×1092 1/16
印张: 11.5 插页: 11
字数: 277 千字 2006 年 10 月第 1 版
印数: 1-4 000 册 2006 年 10 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-115-14937-2/TN · 2796

定价: 24.00 元

读者服务热线: (010)67129258 印装质量热线: (010)67129223

前 言

根据“面向二十一世纪教育振兴行动计划”提出的实施职业教育课程改革思路和中等职业学校“通信技术专业教学大纲”的要求，为适应中等职业学校人才培养和全面素质教育的需要，为满足移动电话相关课程教材的需要，我们组织编写了这本《手机电路原理与维修》教材。

本书根据相关人员的技术基础水平的特点，按使用及快速技能培训的要求，在内容上注意基础知识与技能方面的训练，对手机维修的基础知识、手机电路原理以及手机维修中的一些通用方法以崭新的视角予以讲述，以期初学者和有一定经验的技术人员都能根据自己的实际情况从中掌握手机维修的思路、方法，而这些方法对绝大多数手机的维修都是适用的。具体来说，本书具有以下特点：

(1) 本书一反以往有关技术基础书籍的结构编排方式，基本上按手机电路结构流程来进行本书的结构安排，以利于掌握理解。

(2) 书中没有复杂的理论与数学推导，结合维修实际进行讲解，使读者易于理解。

(3) 注意到专业课程与课时的安排，巧妙地设计了本书的内容取舍，系统、完整地介绍了手机的电路与手机的故障检修技术。

(4) 本书所介绍的经验技巧的指导性和实用性强，涉及的范围广，所讲述的方法适用于 GSM 手机、CDMA 手机与 WCDMA 手机的故障维修。

全书共分为 7 章：第 1~6 章偏重于手机维修技术的元器件与信号测试基础、结构与单元电路、维修分析方法，通过这一部分的学习，可使读者快速掌握手机维修技术的一般知识；第 7 章着重于实际能力的训练。

本书已几易其稿，力求使内容准确，便于学习。但由于手机维修技术资料缺乏，加之作者理论水平有限，书中错漏在所难免，恳请读者指正。

为了方便教学，我们为本书配备了电子教学指南、自动系统与考试系统。同时，还为选用本书作教材的学校与教师准备了多达 16 项的教学参考 VCD、多媒体课件与 PDF 电子文档。相关的学校与教师可联系人民邮电出版社索取相关的资料，并寻求更多的教学技术支持（010-67132717）。其他购买本书的读者也可到我们的网站 www.zxwlab.com 免费下载相关的 PDF 文档与部分多媒体教学课件。

作者

2006 年 4 月于广州

目 录

绪论	1
0.1 通信系统的组成	1
0.2 通信的方式	2
0.3 数字通信流程	2
0.4 多址技术	3
0.4.1 频分多址 (FDMA)	3
0.4.2 时分多址 (TDMA)	4
0.4.3 码分多址 (CDMA)	4
0.5 蜂窝移动系统概述	5
0.6 频率复用	6
附 1: 部分 CDMA 信道频率表	6
附 2: 部分 GSM 信道频率表	7
附 3: 部分 WCDMA 信道频率表	7
习题	8
第 1 章 移动电话电路基础	9
1.1 信号	9
1.2 电阻、电容与电感	10
1.2.1 手机中的电阻	10
1.2.2 手机中的电容	11
1.2.3 手机中的电感	12
1.2.4 低通滤波器电路	13
1.3 二极管与三极管	15
1.3.1 二极管	15
1.3.2 三极管	17
1.3.3 集成电路的脚位	20
1.3.4 手机电路中的装配件	21
习题	24
第 2 章 手机射频电路结构	25
2.1 接收机电路结构	25
2.1.1 超外差一次变频接收机	25
2.1.2 直接变换的线性接收机	26
2.1.3 低中频接收机	26

2.2	发射机电路结构	27
2.2.1	带偏移锁相环的发射机	27
2.2.2	带发射上变频器的发射机	29
2.2.3	直接变换的发射机	29
2.3	手机的基带与射频	30
2.3.1	手机的射频系统	30
2.3.2	手机的基带系统	30
2.3.3	摩托罗拉 GSM328 手机的电路结构	33
	习题	36
第 3 章	手机射频单元电路	37
3.1	接收机射频电路	37
3.1.1	天线电路	37
3.1.2	低噪声放大器电路	39
3.1.3	混频电路	40
3.1.4	中频放大器	45
3.1.5	解调电路	46
3.2	频率合成电路	48
3.2.1	参考振荡	48
3.2.2	锁相环 PLL	50
3.2.3	压控振荡器	52
3.2.4	频率合成的综述	54
3.2.5	射频 VCO	56
3.2.6	射频 VCO 组件	57
3.2.7	信号特点	58
3.2.8	实际的 PLL 电路	59
3.3	发射机射频电路	59
3.3.1	TXI/Q 调制	59
3.3.2	发射上变频	61
3.3.3	发射偏移锁相环	61
3.3.4	发射 VCO	63
3.3.5	发射功率放大器	65
3.3.6	功率控制	69
	习题	70
第 4 章	手机基带电路	72
4.1	电源管理电路	72
4.1.1	供电系统	72
4.1.2	实时时钟	73
4.1.3	参考电源电路	74

4.1.4	开机触发	75
4.1.5	电压调节器	76
4.1.6	开机序列	77
4.2	数字基带电路	80
4.2.1	基带电路概述	82
4.2.2	移动电话中的存储器	82
4.2.3	存储器接口	83
4.2.4	系统主时钟	85
4.2.5	接口电路	86
4.2.6	射频控制	90
4.3	模拟基带电路	92
4.3.1	基带信号处理单元	93
4.3.2	语音处理单元	95
4.3.3	辅助变换单元	97
	习题	98
第 5 章 电路识别与分析技巧		99
5.1	电路图识别基础	99
5.1.1	方框图	99
5.1.2	电原理图	101
5.1.3	印制电路板图	101
5.1.4	英文缩写	102
5.2	识别电路的技巧	102
5.2.1	如何识别电池供电电路	102
5.2.2	如何识别开机信号线	103
5.2.3	如何查找电源电路输出的电源	103
5.2.4	如何识别 SIM 卡电路	103
5.2.5	如何识别接收射频电路	104
5.2.6	如何查找频率合成电路	107
5.2.7	如何查找音频电路	109
5.2.8	如何识别发射射频电路	109
5.2.9	如何查找手机射频电路的控制电路	111
5.2.10	如何查看集成电路方框图	112
5.3	通过元器件分析电路	113
5.3.1	双工器	114
5.3.2	中频滤波器	114
5.3.3	参考振荡组件	115
5.3.4	射频 VCO 或发射 VCO	116
5.3.5	I/Q 线路	117

5.3.6 功率放大器	117
5.4 根据接口终端器件来分析	118
5.4.1 送话器	118
5.4.2 接收音频	118
5.4.3 其他器件	119
习题	120
第 6 章 手机故障检修分析	122
6.1 分析方法	122
6.1.1 黑盒子分析法	122
6.1.2 电路与信号相关性的利用	124
6.1.3 故障分析的要点	124
6.2 手机的工作状态	125
6.2.1 开机 30s 内	125
6.2.2 待机状态	125
6.2.3 接收测试状态	126
6.2.4 发射测试状态	127
6.2.5 拨打 112	127
6.3 快速故障定位	127
6.3.1 快速故障定位的思路	127
6.3.2 频谱法一次检测快速判断 VCO	129
6.3.3 用示波器快速判断 RXVCO 的工作	130
6.3.4 不拆机一次检测快速判断发射机	131
6.3.5 不拆机快速判断接收机	132
6.4 不开机故障	133
6.4.1 故障简述	133
6.4.2 检修重点	133
6.4.3 检修分析及方法	133
6.4.4 充电器开机, 按键不能开机	136
6.4.5 自动开关机	136
6.5 手机不能上网或不能打电话	136
6.5.1 检修接收机故障	137
6.5.2 无发射	139
6.5.3 接收差与发射功率低	140
6.5.4 按发射键关机	141
6.6 音频故障	141
6.6.1 接收音频故障	141
6.6.2 发射音频故障	141
6.6.3 无接收发射音频	142
6.6.4 杂音大	142

6.7 其他功能故障	142
习题	144
第 7 章 实践教学	145
7.1 拆机训练	145
7.2 识别手机电子元器件	145
7.3 检查手机中的元件与装配件	145
7.4 焊接技术	146
7.5 示波器的一般使用操作	147
7.6 频谱分析仪的一般操作	147
7.7 识别分析诺基亚 3310 手机电路	148
7.8 识别分析松下 X100 手机电路	151
7.9 识别松下 X60 手机电路	153
7.10 用示波器测信号	153
7.11 用频谱仪测信号	154
7.12 使用 CDMA 测试指令	155
7.13 利用 Wintesta 测试 3310 手机	156
7.14 使用三星的 WinTgvTest	156
7.15 不开机故障实训	157
7.16 接收故障	157
7.17 无发射故障	157
7.18 其他故障	158
7.19 软件维修	158
附录 1 英文缩写词解释	160
附录 2 习题答案	168
附录 3 使用本教材的说明	171

绪 论

0.1 通信系统的组成

信息传输是人类社会生活的重要内容。通信是将信息从发送者传送到接收者的过程，实现这种信息传递过程的系统称为通信系统。图 0-1 所示的就是一个无线通信的基本模型。

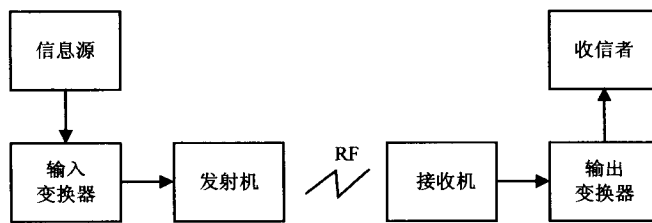


图 0-1 通信系统的基本模型

任何通信系统都包含信息发送与信息接收两个部分。在无线通信系统中，信息的发送是通过发射机（TX, Transmitter）完成的；而信息的接收是通过接收机（RX, Receiver）完成的。比如人们熟知的电视——电视机是电视信号接收机，电视台所使用的则是电视信号发射机。

如图 0-1 所示的电视信号传输系统是一个单向的信号传输系统。在这个系统中，信息发送方只有发射机；信息接收方只有接收机。

图 0-1 中的信息源是指要传送的原始信息，如语音、图像、数据等。发射设备将信息源的信号转换为可以用电磁波传输的信号，接收设备则将接收到的电磁波（无线电）信号还原出原始的信息。

在移动通信系统中，如移动电话通信系统要比图 0-1 所示的复杂，如图 0-2 所示。在这

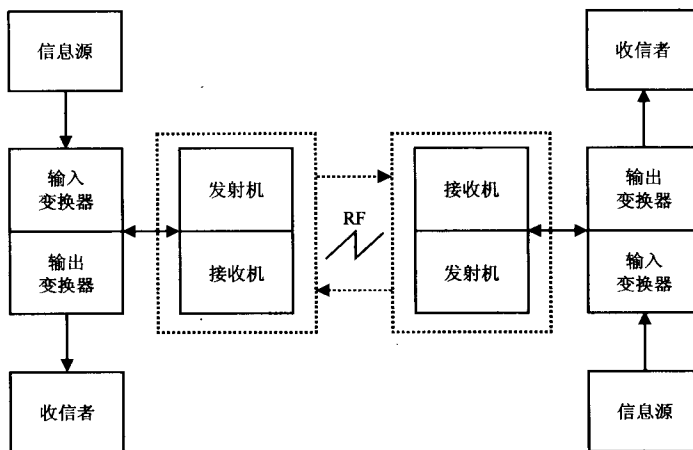


图 0-2 无线通信系统模型

类通信系统中，单个的通信设备中既包含接收机，又包含发射机——也可以说它既是信息发送者，又是信息接收者。它的接收机总是接收处理对方发射机发送出的信号。

通常，将既包含接收机又包含发射机的设备称为收发信机（Transceiver）。其中的发射机或接收机是射频系统，它们还包含其他许多具有不同功能的单元电路。

0.2 通信的方式

当通信只是在点与点之间进行时，按信息传送的方向和时间的不同，通信方式可分为单工通信、半双工通信与双工通信三种。

单工通信是指信息只能沿一个方向传输。如广播、电视、遥控就属于单工通信。

在半双工通信中，通信的双方均可接收、发送信息，但接收与发送不能同时进行。常见的对讲机就属于半双工通信。

在（全）双工通信中，通信的双方可同时进行接收与发送。如固定电话、移动电话就属于全双工通信。

在双工通信中，接收机与发射机的工作信号频率需有一定的间隔，称为双工间隔，以避免发射机和接收机之间产生干扰。

在 GSM、CDMA 手机中，双工间隔是 45MHz。工作在 DCS1800 频段的双工间隔是 95MHz。工作在 PCS1900 频段的双工间隔是 80MHz。WCDMA 手机的双工间隔是 190MHz。

0.3 数字通信流程

数字语音通信包含以下几个步骤：

- 第 1 步，模拟的语音信号转换成数字信号；
- 第 2 步，数字信号转换成射频信号；
- 第 3 步，射频信号通过电磁波进行传输；
- 第 4 步，在接收端将射频信号转换成数字信号；
- 第 5 步，数字信号被还原出模拟的语音信号。

图 0-3 所示的就是数字通信流程的示意图。第 4、5 步实际上就是接收机对第 1、2 步的逆向处理。

对于 CDMA、GSM、GPRS 和 WCDMA 手机来说，其基本流程都是如此，所不同的主要在于数字信号处理器与所用的多址接入技术。

在发送方面，模拟的语音信号经送话器转换成语音电信号。语音电信号经 A/D 转换，得到数字语音信号。数字语音信号经加密、编码等处理，得到数码语音信号。数码语音信号经 GMSK（GSM 手机）或 QPSK（CDMA 手机）调制单元处理（D/A 变换），得到模拟的调制信号即发射基带信号。发射基带信号在射频电路经转换，得到最终发射信号。最终发射信号经功率放大后，由天线转换为电磁波辐射出去。

在接收方面，则实施以上相反的处理过程。

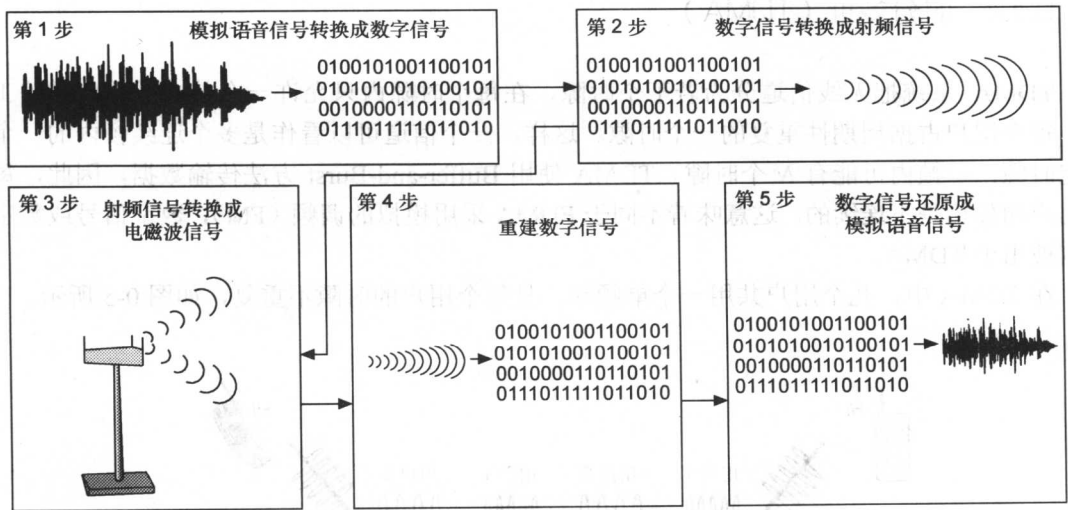


图 0-3 数字语音通信流程的示意图

0.4 多址技术

无线通信的飞跃发展在于多个用户共享同一频率的技术，这个技术被称为多址接入。多址接入方式有 3 种：频分多址（FDMA）、时分多址（TDMA）和码分多址（CDMA）。

0.4.1 频分多址（FDMA）

FDMA 将不同的信道分配给不同的用户，每个用户被分配一个单独的频段或信道。一旦这些信道被分配给请求服务的用户，在通信期间不允许另外的用户来共享这个信道。

在 FDD 中，一个双工频率对被分配给一个用户，一个频率用于发射，另一个用于接收。它通过不同的信号频率来区分用户，如图 0-4 所示。

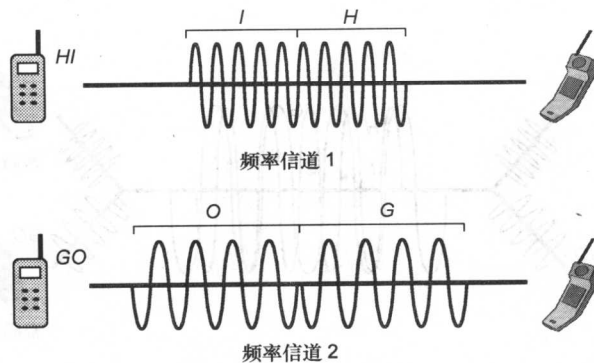


图 0-4 FDMA 以不同的信号频率区分用户

0.4.2 时分多址 (TDMA)

TDMA 系统把无线信道分为若干个时隙, 在每个时隙内只允许一个前向或反向链路工作, 每个用户占据周期性重复的一个时隙。这样, 一个信道可以看作是多个连续帧内的一个特定时隙, 一帧内可能有 N 个时隙。TDMA 使用 Buffer-and-Burst 方法传输数据, 因此, 每个用户的传输是不连续的。这意味着不同于 FDMA 采用模拟的调频 (FM), 数字信号或数字调制被用于 TDMA。

在 TDMA 中, 几个用户共用一个单频率, 且每个用户的时隙不重复, 如图 0-5 所示。

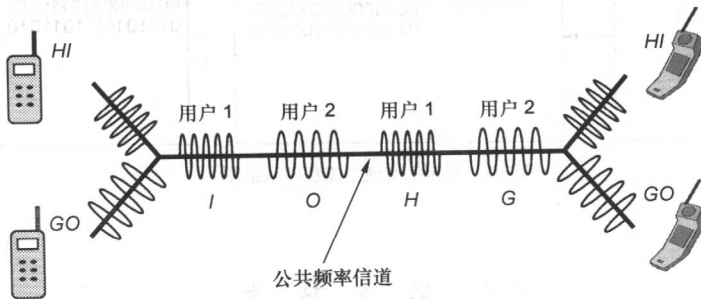


图 0-5 TDMA 以不同的时间段来区分用户

因为 TDMA 系统采用突发脉冲传输, 因此系统中需要有高要求的同步操作。TDMA 传输被分为一个个时隙, 要求接收机与每个数据脉冲保持同步。

GSM 手机采用了频分多址与时分多址的结合 (FDMA/TDMA), 它用不同的频率对来区分不同的信道, 用不同的时间段来区分用户。

0.4.3 码分多址 (CDMA)

CDMA (Code Division Multiple Access) 用户共享一个公共的频率信道, 即所有的用户可在同一时间使用同一频率信道。每对用户被分配一个独特的码 (Code), 以防止干扰的出现, 如图 0-6 所示。

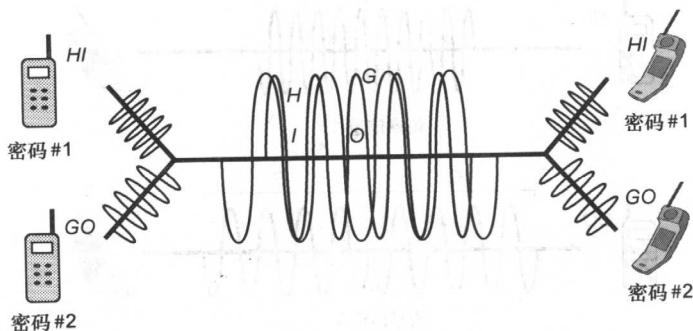


图 0-6 CDMA 以不同的码字来区分用户

CDMA 的通信好像鸡尾酒会，许多客人在同一时间、同一地点进行交谈。但每对客人交谈时所讲的语言各不相同。由于使用了不同的语言交谈，交谈者可很轻松地听到讲同一语言的声音内容，并排除了其他语言的干扰。

0.5 蜂窝移动系统概述

世界上所有的蜂窝移动电话系统均起源于美国的贝尔系统。

20 世纪 80 年代~90 年代初，世界上出现了几种典型的模拟蜂窝移动电话系统，如美国的 AMPS、英国的 ETACS、日本的 MCMTS 和 HCMTS、北欧的 NMT 系统。所有的这些蜂窝系统都是以频率调制的模拟语音传输为基础的，它们使用 450MHz 或 900MHz 附近的频带。

传统的移动电话系统用单一的发射站覆盖一个服务区。其通常用单一的基站发射机，发射功率很大，且其发射天线架设得很高。由于发射信号相当强，使得附近的服务区无法复用该服务区的信道，严重地限制了信道数目。当其系统在全负荷情况下，其容量是不可能增加的。

蜂窝移动电话系统则相反，它把一个大的服务区划分为若干个小区，称作蜂窝小区。蜂窝系统由一系列六边形的蜂窝小区组成（理论上如此，在实际中为随地理环境变化的不规则的小区），如图 0-7 所示。蜂窝系统并未试图提高移动台或基站的发射功率，而是基于频率复用的概念——同一个频率可以被相距足够远的几个基站重复使用，从而加大了系统的容量。在一个蜂窝小区中使用的频率，为了避免产生干扰，只有在地理上相隔一定距离的蜂窝小区中才可以再用。

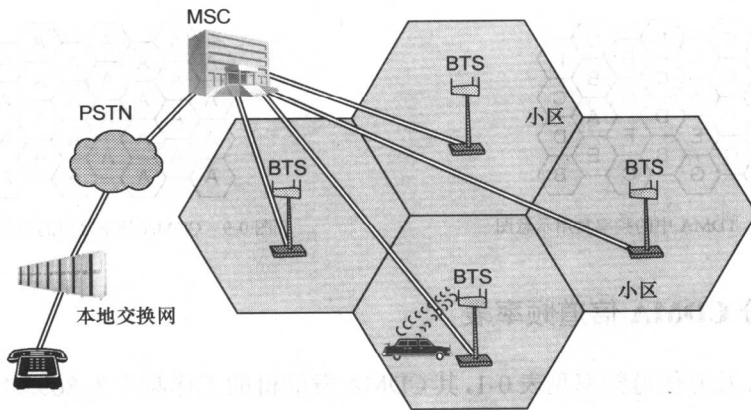


图 0-7 基本蜂窝结构

移动的用户可能在通话过程中使用一个或多个小区。每个小区都有一个中央控制基站，包括分配给与此小区信道有关的各种控制设备。基站通过固网的光纤系统同中央控制器即交换系统连接。交换系统负责整个系统的控制，同时也是蜂窝电话用户与陆地网的接口。

蜂窝技术的出现使无线电话的技术进入了一个新纪元。移动用户在一个蜂窝小区的边缘可切换（Handoff）到另一个小区。

运营商在一定的地理区域内提供蜂窝系统，这可以减小对收发信机的功率的要求，并容纳更多的用户。

蜂窝系统的主要构成是公用电话交换网（PSTN）、移动交换中心（MSC）和基站（BTS, the Base Station Transceiver Subsystem）。

一个基站包含一个发信机和一个接收机（或一个收发信机），它们将移动台连接到蜂窝系统。

移动电话交换中心对移动台提供控制和信令，它也提供与 PSTN 之间的连接。PSTN 提供家庭有线电话和商用有线电话之间的连接。

移动电话被限定在一个被称为本地网的特殊网络覆盖区域内进行一般的操作。若一部电话在非本地网中进行操作，就称为漫游。漫游用户通常需要一些附加费用，才能非本地网中操作。

0.6 频率复用

频谱是一个有限的资源。因此，无线电话、广播电台等必须进行频率复用。例如，广州有一个调频广播电台使用 93.3MHz 的频率，成都也有一个广播电台使用 93.3MHz 的频率，由于两个电台的发射功率有一定的限制，且它们相隔足够远的距离，所以，两个电台之间并没有什么干扰。

在 FDMA、TDMA 系统中，一个频率信道可以再次复用，但使用同一频率的蜂窝小区应间隔适当的距离。邻近的蜂窝小区必须使用一组各不相同的频率。如图 0-8 所示。

而 CDMA 的频谱复用与之不同。CDMA 中的每一个 BTS 都可以使用所有的可用频率，邻近的蜂窝小区也可以使用相同频率的信道。这是因为 CDMA 的用户是依靠不同的 Code 区分，而不是频率。图 0-9 所示的是 CDMA 的频率复用示意图。

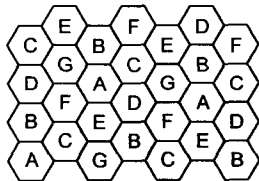


图 0-8 FDMA、TDMA 中的频率复用示意图

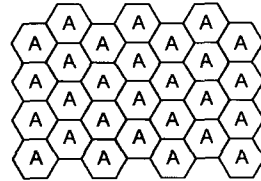


图 0-9 CDMA 频率复用的示意图

附 1：部分 CDMA 信道频率表

部分 CDMA 发射信道频率见表 0-1, 其 CDMA 发射机的工作频率为 869.64~893.37MHz。

表 0-1 部分 CDMA 发射信道频率表

序号	信道号	中心频率 (MHz)	序号	信道号	中心频率 (MHz)
1	1011	824.640	11	404	837.120
2	29	825.870	12	445	838.350
3	70	827.100	13	486	839.580
4	111	828.330	14	527	840.810

部分 CDMA 接收信道频率见表 0-2，其 CDMA 接收机的工作频率为 824.64~848.37MHz。

表 0-2 部分 CDMA 接收信道频率表

序号	信道号	中心频率 (MHz)	序号	信道号	中心频率 (MHz)
1	1011	869.640	11	404	882.120
2	29	870.870	12	445	883.350
3	70	872.100	13	486	884.580
4	111	873.330	14	527	885.810

附 2: 部分 GSM 信道频率表

部分 GSM 信道频率见表 0-3。

表 0-3 部分 GSM 信道频率表

信道号	接收频率 (MHz)	发射频率 (MHz)
GSM		
1	935.20	890.20
60	947.00	902.00
62	947.40	902.40
124	959.80	914.80
GSM1800 (DCS)		
512	1 805.20	1 710.20
700	1 842.80	1 747.80
885	1 879.80	1 784.80

附 3: 部分 WCDMA 信道频率表

部分 WCDMA 信道频率见表 0-4。

表 0-4 部分 WCDMA 信道频率表

接收信道号	接收频率 (MHz)	发射信道号	发射频率 (MHz)
10562	2 112.40	9612	1 922.40
10600	2 120.00	9650	1 930
10601	2 120.20	9651	1 930.20
10700	2 140.00	9750	1 950
10701	2 140.20	9751	1 950.20
10800	2 160.00	9850	1 970
10801	2 160.20	9851	1 970.20
10837	2 167.40	9887	1 977.40
10838	2 167.60	9888	1 977.60

习 题

1. GSM、CDMA、WCDMA 手机的双工频率间隔分别是多少？
2. 请简述数字通信的工作流程。
3. 要求至少分别熟记 GSM、CDMA 与 WCDMA 的 3 个信道的接收、发射信道频率。