

高等职业教育电子信息类贯通制教材

· 通信技术专业



移动通信技术

· 丁 雄 主编



929.5
40



电子工业出版社

PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

本书配有电子教学参考资料包

<http://www.phei.com.cn>

内容简介

高等职业教育电子信息类贯通制教材（通信技术专业）

移动通信技术

丁雄 主编

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

责任编辑：梅勤

北京 中

电子工业出版社

北京市东城区

朝花夕露

ISBN 7-302-11092-2

定价：20.00元

联系电话：(010) 68279077 质量投诉：(010) 68279077 电子邮箱：phei@phei.com.cn

地址：北京市东城区东长安街13号 邮编：100045

网址：http://www.phei.com.cn

内 容 简 介

本书根据现阶段5年制高职院校电子与信息技术类专业的教学情况、培养目标和课程体系的要求,重点介绍了GSM数字蜂窝移动通信系统,GPRS技术,CDMA数字移动通信系统,通信电源系统等内容。本书立足于向读者普及移动通信的基础知识,力求内容浅显易懂,适当增加插图,以帮助学生更好地理解教材内容。

本书可作为5年制高职院校电子与信息技术专业、通信技术专业及相近专业移动通信技术课程的教材,还可作为电子工程师继续教育、移动通信技术培训班的教材和移动通信知识的普及读物。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。
版权所有,侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

移动通信技术/丁雄主编. —北京:电子工业出版社,2004.6

高等职业教育电子信息类贯通制教材·通信技术专业

ISBN 7-5053-9369-3

I. 移… II. 丁… III. 移动通信—通信技术—高等学校:技术学校—教材 IV. TN929.5

中国版本图书馆CIP数据核字(2004)第055725号

责任编辑:陈健德

印 刷:北京季蜂印刷有限公司

出版发行:电子工业出版社

北京市海淀区万寿路173信箱 邮编 100036

经 销:各地新华书店

开 本:787×1092 1/16 印张:6.5 字数:163.7千字

印 次:2004年6月第1次印刷

印 数:5000册 定价:9.60元

凡购买电子工业出版社的图书,如有缺损问题,请向购买书店调换。若书店售缺,请与本社发行部联系。
联系电话:(010)68279077。质量投诉请发邮件至 zltz@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

前 言



从 20 世纪 80 年代起, 移动通信技术获得了很大的发展, 从传统的单基站大功率系统到蜂窝移动系统、卫星移动系统; 从本地覆盖到区域、全国覆盖, 并实现了国内、国际漫游; 从提供语音业务到提供包括数据的综合业务; 从模拟移动通信系统到数字移动通信系统等, 今后移动通信技术还会进一步快速发展。随着第 3 代移动通信技术的商用和移动网与互联网的融合, 全球正在向移动信息时代迈进。

移动通信产业的快速发展需要大量的高级和中级技术人才, 高职院校和行业岗位培训部门肩负着移动通信领域的中高级技术工人的培养任务。考虑移动通信技术所涉及的深度与广度, 结合通信行业的职业技能需要, 本书重点介绍了 GSM 数字蜂窝移动通信系统, GPRS 技术, CDMA 数字移动通信系统, 以及通信电源系统等。本书编写尽量做到通俗易懂, 结合实际, 避免烦琐的数学推导。

本书可作为 5 年制高职院校电子与信息技术专业、通信技术专业及相近专业移动通信技术课程的教材, 还可作为电子工程师继续教育、移动通信技术培训班的教材。全书共分 5 章, 因受篇幅所限, 关于移动通信设备方面的有关内容, 读者可以参考有关的技术资料。

本书第 1、3、5 章由江西财经大学电子学院丁雄老师编写, 第 2 章由大连电子学校孙青卉老师编写, 第 4 章由重庆电子职业技术学院陶亚雄老师编写。全书由丁雄老师统稿, 由南京信息职业技术学院王钧铭老师主审。

作为教材, 为了方便教师教学使用, 本书还配有教学指南、电子教案及习题答案 (电子版), 请有此需要的教师与电子工业出版社联系, 我们将免费提供。E-mail: ve@phei.com.cn。

虽然本书编者在职教领域从事多年通信技术专业的教研工作, 但是通信技术发展迅速, 令人目不暇接, 编者对书中有些内容的认识和理解难免出现偏差, 希望广大读者批评指正。

编 者

2004 年 2 月



1.1 GSM 系统的无线接口	24
1.2 频率配置	24
1.3 信道类型	25
1.4 GSM 系统的关键技术	26
1.4.1 时分多址技术	26
1.4.2 频分多址和码分多址	30
1.4.3 分集与交织技术	31
1.4.4 软切换技术	32
1.4.5 语音编码	32
1.4.6 信道编码	34
1.4.7 交织技术	35
1.4.8 均衡技术	36

目 录



第 1 章 移动通信概论	1
1.1 移动通信的基本概念	2
1.1.1 移动台和无线基站	2
1.1.2 移动通信系统中蜂窝的概念	2
1.2 陆地移动通信的特点	5
1.2.1 移动通信中电波传播的特点	6
1.2.2 干扰和噪声	7
1.3 蜂窝无线区域的组成方法	10
1.3.1 无线区域的划分方法	10
1.3.2 基站天线的激励方式	12
1.3.3 蜂窝小区规划初步	13
习题 1	13
第 2 章 GSM 数字蜂窝移动通信系统	15
2.1 GSM 通信系统的组成	15
2.1.1 GSM 系统的组成	15
2.1.2 操作维护子系统	15
2.1.3 交换网络子系统	16
2.1.4 无线基站子系统	17
2.1.5 移动台与 SIM 卡	18
2.2 GSM 网络接口	22
2.3 GSM 系统的无线接口	24
2.3.1 频率配置	24
2.3.2 信道类型	25
2.4 GSM 系统的关键技术	26
2.4.1 时分多址技术	26
2.4.2 基站与移动台间的时间调整	30
2.4.3 分集与合并技术	31
2.4.4 时间色散与均衡技术	32
2.4.5 语音编码	32
2.4.6 信道编码	34
2.4.7 交织技术	35
2.4.8 跳频技术	36

2.4.9 安全保密措施	38
2.5 GSM 网络结构	41
2.5.1 全国 GSM 网络结构	41
2.5.2 省内 GSM 网络结构	42
2.5.3 移动业务本地网络结构	42
2.5.4 信令网络结构	43
2.5.5 编号计划	45
2.6 呼叫路由与接续处理	49
2.6.1 手机开机信号接续过程	49
2.6.2 手机通话与空闲过程	49
习题 2	50
第 3 章 GPRS 技术	51
3.1 GPRS 简介	51
3.1.1 GPRS 产生背景	51
3.1.2 GPRS 技术分析	53
3.2 GPRS 的总体结构	54
3.2.1 GPRS 网络结构	54
3.2.2 GPRS 逻辑体系结构	56
3.2.3 GPRS 网络的主要实体	57
3.2.4 GPRS 系统的组网	59
3.2.5 GPRS 无线网络结构	60
3.2.6 空间接口的信道构成	61
3.3 GPRS 的局限性与发展前景	62
3.3.1 GPRS 的局限性	62
3.3.2 GPRS 的发展前景	63
习题 3	64
第 4 章 CDMA 数字通信系统	65
4.1 CDMA 系统的基本原理	65
4.1.1 CDMA 的基本概念	65
4.1.2 CDMA 移动通信系统的特点	69
4.1.3 DS-CDMA 的基本单元	71
4.2 CDMA 系统的关键技术	75
4.2.1 功率控制	75
4.2.2 地址码的选择与实现	76
4.2.3 软切换技术	76
4.2.4 语音编码技术	76
4.2.5 多径接收技术	77
4.3 CDMA 系统的网络结构	77
4.3.1 CDMA 网络的模型	77
4.3.2 交换网络规划	79

4.3.3 无线网络规划	79
4.4 增强型 IS-95A 网络	79
4.5 第 3 代移动通信网络	81
习题 4	83
第 5 章 通信电源系统	84
5.1 通信局站直流供电系统的组成	84
5.1.1 单机架直流供电系统	84
5.1.2 多机架大容量直流供电系统	86
5.2 通信局站直流供电系统的工作原理	87
5.3 高频开关整流器的结构	88
5.4 通信用二次电源模块	89
习题 5	91
附录 英文缩写字母含义表	92
参考文献	94

话系统)系统,建成了蜂窝状移动通信网,大大提高了系统容量,并于1983年首次在芝加哥投入商用,同年12月在华盛顿也开始启用,随后服务区在美国逐渐扩大,到1985年3月已扩展到47个地区,约有10万移动用户,其他工业化国家也相继开发出蜂窝式公用移动通信网,并在世界各地快速发展。移动通信技术迅猛发展的原因,除了用户需求快速增长为主要推动力之外,还有几个方面的技术进步提供了条件。首先,微电子技术的飞速发展,使得通信设备的小型化、微型化有了可能,各种轻便电话机等应运而生,从而提出并形成了移动通信的新体制。随着用户数量的增加,大区制蜂窝网容量有限,这就必须探索新体制。在这方面最重要的技术突破是频率复用,在20世纪70年代提出蜂窝网概念,蜂窝网,即所谓小区制,由于实现了频率复用,大大提高了系统容量,可以说,蜂窝网真正解决了公用移动通信系统要求容量无限与频率资源有限的矛盾。另一方面是随着大规模集成电路技术的发展,微处理技术和计算机技术日趋成熟,从而为大型通信网管理与控制提供了技术手段。

从20世纪80年代中期开始,数字移动通信系统不断发展并逐渐走向成熟。以AMPS和TACS(全接入通信系统)为代表的第1代蜂窝移动通信网是模拟系统,模拟蜂窝网虽然取得了很大成功,但也暴露出一些问题,例如,频谱利用率低,移动设备复杂,费用较贵,业务种类受限制,以及通话易被窃听等,最主要的问题是容量已不能满足日益增长的移动用户需求,解决这些问题的方法是开发新一代数字蜂窝移动通信系统。数字无线传输的频谱利用率高,可大大提高系统容量。另外,数字通信网能多址复用,能承载多种业务服务,并与综合业务数字网(ISDN)相适应。从实际上讲,早在20世纪末期,当模拟蜂窝系统还处于开发阶段时,一些发达国家就着手数字蜂窝移动通信系统的研究,到90年代中期,欧洲首先推出了GSM(全球数字移动通信网)的体系,而后,美国和日本也制定了各自的数字移动通信体制。欧洲GSM已于1991年7月开始投入商用,1995年美国和加拿大电信公司开通了全球第1个码分多址(CDMA)商用系统,码分多址在技术原理上的诸多优势在实践中得到了检验,从而在北美、南美和亚洲等地得到了迅速推广和商用。

与其他现代技术的发展一样,移动通信技术的发展也呈现加快趋势,当数字蜂窝网刚进入实用阶段,正方兴未艾之时,关于未来移动通信系统的讨论已如火如荼地展开,各种方案

第1章 移动通信概论

移动通信就是在运动中完成用户间的实时通信，可以说它从无线电通信发明之日就产生了。1897年，M.G. 马可尼所完成的无线通信试验就是在固定站与一艘移动拖船之间进行的，距离为 18 n mile（海里）。

现代移动通信技术的发展始于 20 世纪 20 年代，从 70 年代中期至 80 年代中期，这是移动通信技术蓬勃发展的时期。在 1978 年年底，美国贝尔实验室研制成功 AMPS（先进移动电话系统）系统，建成了蜂窝状移动通信网，大大提高了系统容量，并于 1983 年首次在芝加哥投入商用，同年 12 月在华盛顿也开始启用，随后服务区域在美国逐渐扩大。到 1985 年 3 月已扩展到 47 个地区，约有 10 万移动用户。其他工业化国家也相继开发出蜂窝式公用移动通信网，并在世界各地快速发展。移动通信技术迅猛发展的原因，除了用户需求迅速增加这个主要推动力之外，还有几个方面的技术进步提供了条件。首先，微电子技术在这一时期得到长足发展，使得通信设备的小型化、微型化有了可能，各种轻便电台被不断地推出。其次，提出并形成了移动通信的新体制。随着用户数量的增加，大区制所能提供的容量很快饱和，这就必须探索新体制。在这方面最重要的技术突破是贝尔实验室在 20 世纪 70 年代提出的蜂窝网概念。蜂窝网，即所谓小区制，由于实现了频率复用，大大提高了系统容量。可以说，蜂窝网真正解决了公用移动通信系统要求容量大与频率资源有限的矛盾。第 3 方面是随着大规模集成电路技术的发展，微处理器技术和计算机技术日趋成熟，从而为大型通信网管理与控制提供了技术手段。

从 20 世纪 80 年代中期开始，数字移动通信系统不断发展并逐渐走向成熟。以 AMPS 和 TACS（全接入通信系统）为代表的第 1 代蜂窝移动通信网是模拟系统。模拟蜂窝网虽然取得了很大成功，但也暴露出一些问题，例如，频谱利用率低，移动设备复杂，费用较贵，业务种类受限制，以及通话易被窃听等，最主要的问题是其容量已不能满足日益增长的移动用户需求。解决这些问题的方法是开发新一代数字蜂窝移动通信系统。数字无线传输的频谱利用率高，可大大提高系统容量。另外，数字通信网能提供语音、数据等多种业务服务，并与综合业务数字网（ISDN）等兼容。实际上，早在 70 年代末期，当模拟蜂窝系统还处于开发阶段时，一些发达国家就着手数字蜂窝移动通信系统的研究。到 80 年代中期，欧洲首先推出了 GSM（全球数字移动通信网）的体系。随后，美国和日本也制定了各自的数字移动通信体制。欧洲 GSM 已于 1991 年 7 月开始投入商用，1995 年香港和记电讯公司开通了全球第 1 个码分多址（CDMA）商用系统，码分多址在技术理论上的诸多优势在实践中得到了检验，从而在北美、南美和亚洲等地得到了迅速推广和应用。

与其他现代技术的发展一样，移动通信技术的发展也呈现加快趋势，当数字蜂窝网刚进入实用阶段，正方兴未艾之时，关于未来移动通信系统的讨论已如火如荼地展开。各种方案

纷纷出台*，其中最热门的是所谓个人移动通信网。关于这种系统的概念和结构，各家解释并不一致。但有一点是肯定的，即未来移动通信系统将提供全球性优质服务，真正出现在任何时间、任何地点、向任何人提供通信服务的最高目标。

1.1 移动通信的基本概念

1.1.1 移动台和无线基站

一个移动电话系统的首要目标是允许手提终端（简称“手机”），广义地说是移动台，在广阔的地域内（一个国家，甚至全世界）能进入电话网。这种服务是在移动台和电话网之间使用了无线电通信技术。根据不同的系统，人们使用的频段主要有：450 MHz, 900 MHz, 1 800 MHz 和 2 GHz。

移动台通常用 MS (Mobile station) 表示，粗略地讲，一个移动台由发射机、接收机和逻辑控制电路组成。它可能是便携式移动设备或者车载移动设备，但重量只有几十到几百克，功耗很小。

为了优化服务，必须使移动台和电话网之间的无线通信质量良好，这就需要发送设备有足够的功率。为了限定这个功率，无线移动网络的运营商在地面设置了用于覆盖通信地域的基站收发信台 (Base transceiver station, 简称为 BTS) 或基站 (Base station, 简称为 BS)，使得一个移动台可以与几千米外的基站进行通信联络。

一个无线移动网的优势就像其名称一样，在于移动性。无线移动网的应用，使人们可以无需连线，即可自由地与电话、微型计算机和传真机等设备进行通信。当然这种移动性还需要移动业务交换中心 (Mobile switch center, 简称为 MSC) 的支持。

1.1.2 移动通信系统中蜂窝的概念

移动通信蜂窝网的一个蜂窝小区地域类似自然界蜜蜂蜂窝的一个蜂室，该地域内一个移动台能够与“蜂室”中心的基站建立通信。运营商力求用一个接一个的“蜂室”组成蜂窝覆盖，如图 1.1 所示。与同一基站进行同时通信的数目由于设备原因是有限的，特别是可用频率。为了充分利用频谱，应使相距足够远的“蜂室”使用同一频率，即频率复用，并且不产生干扰。

1. 宏蜂窝小区

传统的蜂窝式网络由宏蜂窝小区 (Macrocell) 构成，每小区的覆盖半径大多为 1~25 km。由于覆盖半径较大，所以基站的发射功率较强，一般在 10 W 以上，天线也做得较高。由宏蜂窝组成的移动通信系统，如图 1.2 所示，每个小区分别设有一个基站，它与处于其服务区内的移动台建立无线通信链路。若干个小区组成一个区群 (蜂窝)，区群内各个小区的基站可通过电缆、光缆或微波链路 with 移动业务交换中心相连接，移动业务交换中心通过传输电路与市话交换局相连接。

* 国际电信联盟 (ITU) 的第 3 代移动通信无线传输技术 (RTT) 的技术标准中，WCDMA, cdma2000 和 TD-SCDMA 将是第 3 代移动通信的主流。它们是由欧洲、日本提出的 WCDMA 技术 (GSM 系统的演化方向)，由北美提出的 cdma2000 技术 (窄带 IS-95 CDMA 系统的演化方向) 和中国电信科学研究院提出的 TD-SCDMA 技术。

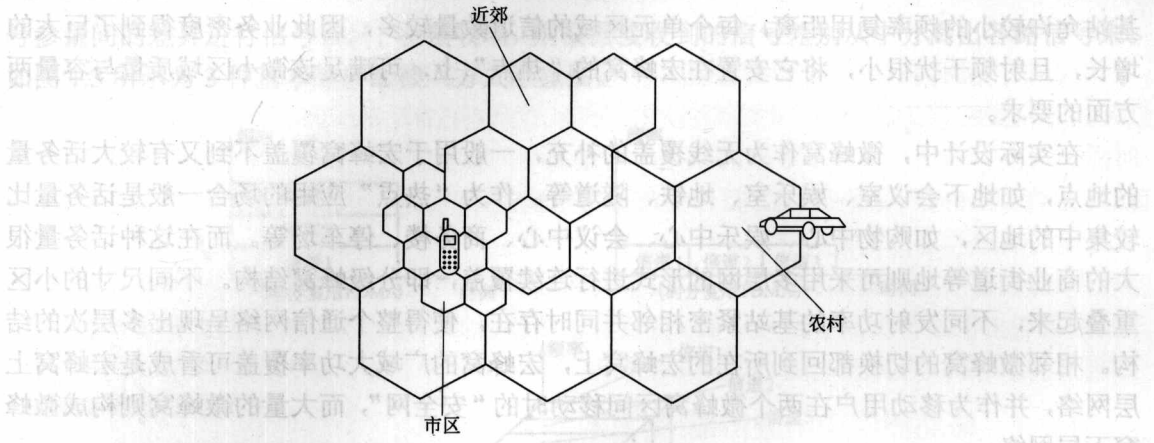


图 1.1 蜂窝覆盖

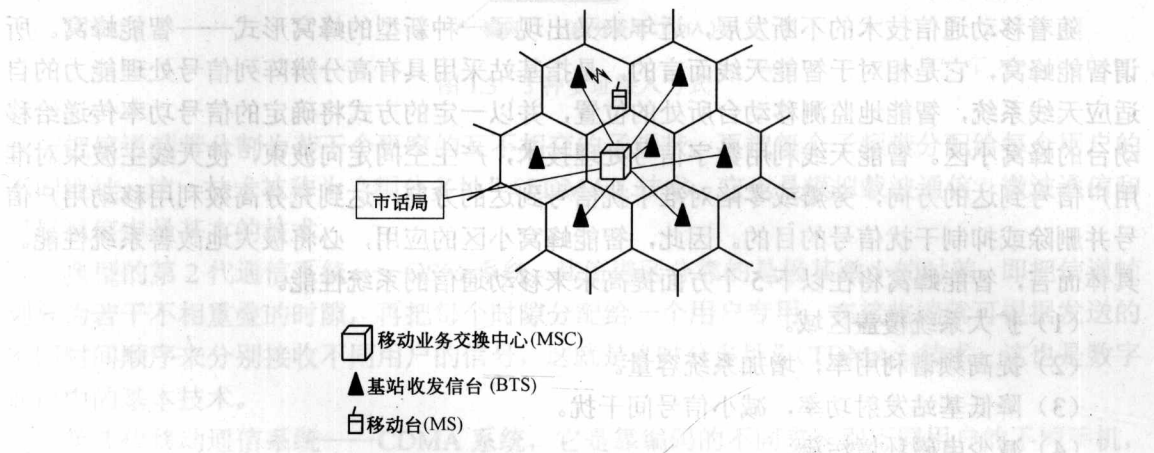


图 1.2 宏蜂窝移动通信系统

在实际的宏蜂窝内，通常存在着两种特殊的微小区域。一是“盲点”，由于网络漏覆盖或电波在传播过程中遇到障碍物而造成阴影区域等原因，使得该区域的信号强度极弱，通信质量低劣；二是“热点”，由于客观存在商业中心或交通要道等业务繁忙区域，造成空间业务负荷的不均匀分布。以上两个“点”的问题，往往通过设置直放站、分裂小区等办法来加以解决，但从原理上讲，这两种办法也不能无限制地使用。直放站实质是一个宽带放大器，设置不合理（包括选址及安装等）或设置得过多，都极易造成对周围信号的干扰；小区分裂实质就是采用使宏基站变密的办法（将覆盖面大的基站分裂成覆盖面较小的基站）来增加系统的容量，但当基站小到一定程度时，由于干扰和基站接入等问题，这种办法将难以再进行。特别是近几年来，随着移动通信的迅速发展和业务需求的剧增，这些方法更是难奏其效，这样便产生了微蜂窝小区（Microcell）技术。

2. 微蜂窝小区

微蜂窝小区（Microcell）是在宏蜂窝小区的基础上发展起来的一门技术。它的覆盖半径大约为 50~500 m；发射功率较小，一般在 1 W 以下；基站天线置于相对较低的地方，如屋顶下方，高于地面 5~10 m；传播主要沿着街道的路线进行，信号在楼顶的泄漏小。因此，微蜂窝最初被用来加大无线电覆盖，消除宏蜂窝中的“盲点”。同时由于低发射功率的微蜂窝

基站允许较小的频率复用距离，每个单元区域的信道数量较多，因此业务密度得到了巨大的增长，且射频干扰很小，将它安置在宏蜂窝的“热点”上，可满足该微小区域质量与容量两方面的要求。

在实际设计中，微蜂窝作为无线覆盖的补充，一般用于宏蜂窝覆盖不到又有较大话务量的地点，如地下会议室、娱乐室、地铁、隧道等。作为“热点”应用的场合一般是话务量比较集中的地区，如购物中心、娱乐中心、会议中心、商务楼、停车场等。而在这种话务量很大的商业街道等地则可采用多层网的形式进行连续覆盖，即分级蜂窝结构。不同尺寸的小区重叠起来，不同发射功率的基站紧密相邻并同时存在，使得整个通信网络呈现出多层次的结构。相邻微蜂窝的切换都回到所在的宏蜂窝上，宏蜂窝的广域大功率覆盖可看成是宏蜂窝上层网络，并作为移动用户在两个微蜂窝区间移动时的“安全网”，而大量的微蜂窝则构成微蜂窝下层网络。

3. 智能蜂窝

随着移动通信技术的不断发展，近年来又出现了一种新型的蜂窝形式——智能蜂窝。所谓智能蜂窝，它是相对于智能天线而言的，是指基站采用具有高分辨阵列信号处理能力的自适应天线系统，智能地监测移动台所处的位置，并以一定的方式将确定的信号功率传递给移动台的蜂窝小区。智能天线利用数字信号处理技术，产生空间定向波束，使天线主波束对准用户信号到达的方向，旁瓣或零陷对准干扰信号到达的方向，达到充分高效利用移动用户信号并删除或抑制干扰信号的目的。因此，智能蜂窝小区的应用，必将极大地改善系统性能。具体而言，智能蜂窝将在以下5个方面提高未来移动通信的系统性能。

- (1) 扩大系统覆盖区域。
- (2) 提高频谱利用率，增加系统容量。
- (3) 降低基站发射功率，减小信号间干扰。
- (4) 减少电磁环境污染。
- (5) 降低系统成本费用。

智能蜂窝既可以是宏蜂窝，也可以是微蜂窝。

4. 漫游与切换

移动用户在任何无线电话网覆盖区内应能成为主叫者或被叫者，这就是漫游的概念。用户在通话期间，移动台通过无线信道与某一个基站联系，为在移动中保证服务的连续性，这就需要变换服务基站以维持通信，这就是越区切换。

5. 多址技术

与固定电话通信不同的是移动通信用户（手机）是在随机变动的，是动态的。要实现两个移动用户或一个固定用户与一个移动用户之间的通信，首先必须要寻找动态用户的地址号码。同时，由于在同一个小区内同时需要通信的用户不止一个，因此这就产生了所谓多址问题与多址接入技术。无线通信中是以信道来区分通信对象的，信道区分所采用的就是多址技术。所谓信道，从频率的角度而言，就是电磁信号的一个特定频率区域，常称之为频带；从时间的角度而言，信道则是信号的一个特定时间片段，称之为帧。信道共享就是将同一个信道同时供给多个用户使用并保证没有相互干扰，这是提高信道资源利用率的主要措施，但共享必须有相应的区分措施来保证。

建立在信号分割基础上的多址技术包括多址方式和信道分配方式。在发射端，它根据信



号参量间的差异进行信号设计；在接收端，则根据接收到的信号差别从中分离出各路信号来。如图 1.3 所示为 3 种基本的多址接入方式示意图。

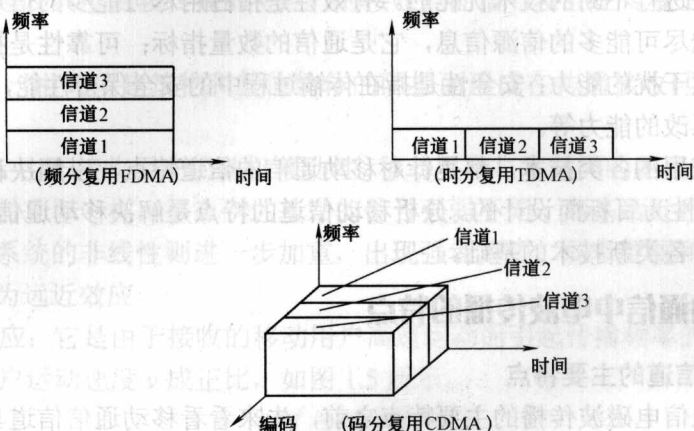


图 1.3 3 种多址接入方式

把信道频带分割为若干个更窄的互不相交的子频带，再把每个子频带分配给每个用户的不同地址，这一技术被称为“频分多址”（FDMA）技术，它也是模拟载波通信、微波通信和卫星通信中最基本的技术。

典型的第 2 代通信系统——GSM 系统，其信道区分靠的是极其微小的时差，即把信道帧划分为若干不相重叠的时隙，再把每个时隙分配给一个用户专用，在接收端就可根据发送的不同时间顺序来分别接收不同用户的信号，这就是“时分多址”（TDMA）技术，这也是数字通信中的基本技术。

第 3 代移动通信系统——CDMA 系统，它是靠编码的不同来区别不同用户的不同手机，它将各用户信号用一组两两正交的序列编码进行调制，调制后的信号可以同时在一个信道载频上传输而互不干扰。在接收端，只有相位完全相同的地址码的接收机才能正确解调恢复出原始信号，这就是“码分多址”（CDMA）技术。

多址方式对通信系统的容量和质量影响很大，寻求最佳多址方式成为无线通信领域中最重要的研究目标之一。

1.2 陆地移动通信的特点

任何通信系统是通过信道传送信息的，因此首先必须分析和掌握信道的特点与实质，才能找出解决通信问题的技术方案。有如医生看病一样，医生首先是通过诊断确定病人的症状才能对症下药。在通信中要先确定一种通信体制，其道理也是一样。

移动信道属于无线信道，但是它既不同于传统的有线信道，也与一般的固定接入无线信道有所区别。有线信道是恒定参量的信道，也是人为制造的信道，它从一开始的明线发展到同轴电缆，一直到今天由光纤组成的光缆线路，通信容量越来越大，通信质量也越来越高，而且随着科学技术的进步，它将逐步成为理想的传输信息的信道。然而无线信道却不然，它是开放式的客观存在的变参量信道，人们只能在充分地分析研究它的特性基础上去适应和改造它。移动通信信道是无线信道的一个子集，它不仅具有所有无线信道的特点，而且还具有



通信用户随机移动性的新特色。

任何一种通信系统都是围绕着通信传输的数量与质量两个类型的3种指标(有效性、可靠性和安全性)在进行不断的技术优化的。有效性是指占用尽可能少的信道资源(如频段、时隙和功率)传送尽可能多的信源信息,它是通信的数量指标;可靠性是指在传输过程中,抵抗各类客观自然干扰的能力;安全性是指在传输过程中的安全保密性能,即接收端防窃听、发送端防伪造和篡改的能力等。

移动通信中应用各类技术,都是针对移动通信的信道特点,以解决移动通信中的有效性、可靠性和安全性为目标而设计的。分析移动信道的特点是解决移动通信关键技术的前提,是研究移动通信中各类新技术的基础。

1.2.1 移动通信中电波传播的特点

1. 移动通信信道的主要特点

在分析移动通信电磁波传播的主要特点之前,先来看看移动通信信道具有的3个特点。

(1) 传播的开放性

一切无线信道都是基于电磁波在空间传播来实现信息传输的。

(2) 接收点地理环境的复杂性与多样性

一般可将地理环境划分为下列3类典型区域:

① 高楼林立的城市中心繁华区。

② 以一般性建筑物为主的近郊小城镇区。

③ 以山丘、湖泊、平原为主的农村及远郊区。

(3) 通信用户的随机移动性

① 慢速步行时的通信。

② 高速车载时的不间断通信。

上述这3个主要特点共同构成了移动通信信道的主要特色。

2. 移动通信电波传播的特点

按照移动通信信道具有的3大特点,其电磁波的传播方式分为3种,如图1.4所示。

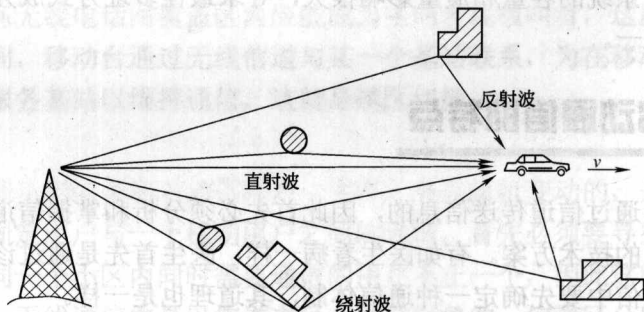


图 1.4 电磁波的多路径传播方式

(1) 直射波

它是指在视距覆盖区内无遮挡的传播,直射波传播的信号最强。

(2) 多径反射波

指从不同建筑物或其他物体反射后到达接收点的传播信号,其信号强度次之。

(3) 绕射波

从较大的山丘或建筑物绕射后到达接收点的传播信号，其强度与反射波相当。

移动通信信道及其电磁波传播的特点，对接收点的信号将会在传播上产生衰落和以下 3 种效应。

- 阴影效应：由大型建筑物和其他物体的阻挡而形成在传播接收区域上的盲区和半盲区。

- 远近效应：由于接收用户的随机移动性，移动用户与基站间的距离也是在随机地变化，若各移动用户发射功率一样，那么到达基站的信号强弱不同，离基站近时信号强，离基站远时信号弱。通信系统的非线性则进一步加重，出现强者更强、弱者更弱和以强压弱的现象，通常称这类现象为远近效应。

- 多普勒效应：它是由于接收的移动用户高速运动而引起传播频率的扩散而引起的，其扩散频移 Δf 与用户运动速度 v 成正比，如图 1.5 所示。

$$\Delta f = v \cos \theta / \lambda$$

式中： v 为移动物体的运动速度； λ 为接收信号载波的波长； θ 为电磁波到达时的入射角。

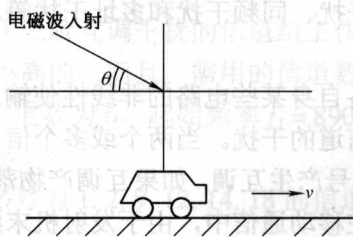


图 1.5

1.2.2 干扰和噪声

由于移动通信传播的开放性，外部噪声和干扰是影响通信性能指标的重要因素。接收机能否正常工作，不仅取决于输入信号的大小，而且也取决于噪声和干扰的大小。

1. 人为噪声

外部噪声分自然噪声和人为噪声。自然噪声主要指天电噪声、宇宙噪声和太阳噪声。人为噪声主要指电气设备的噪声，如电力线噪声、工业电气噪声、汽车或其他发动机的点火噪声等。这些噪声来源不同，频谱范围及强度也不同，因此，必须根据移动通信所使用的频段，分析该情况下主要的噪声源。

在常用的移动通信频率范围内（30 MHz~1 GHz），最主要的噪声源是人为噪声，其数值远远超过太阳噪声、宇宙噪声等其他噪声。对于陆地移动通信，人为噪声主要是汽车噪声。

图 1.6 给出了城市工商业区、住宅区和郊区或农村 3 种典型区域的噪声平均值 F_a 。其中的 3 个区域都有近似于每 10 倍频率 28 dB 的斜率。此图还表明噪声主要发生在工商业区，其数量级比住宅区高 6 dB，比郊区或农村高 12 dB。

一般来说，城市越大，人为噪声也越大。城市的人为噪声大于郊区，人为噪声多属随机冲击性噪声，因而其频谱宽，强度随频率升高而下降。

2. 干扰

在通信过程中，由于各种无线电通信设备同时发射电磁波，往往会在接收机处形成干扰，

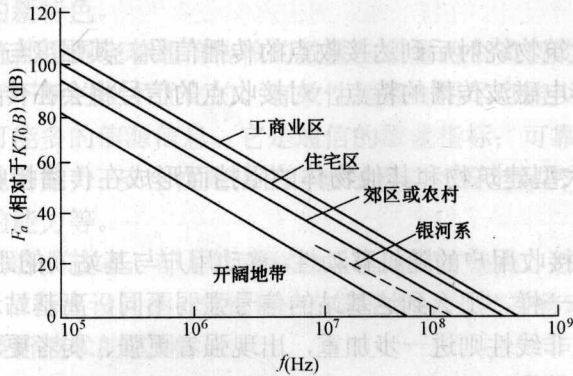


图 1.6 3 种典型区域的噪声平均值 F_n

以致使其不能正常工作。移动通信中的电磁干扰主要来源于广播、电视、雷达、导航、电力等系统，以及其他通信系统，如微波接力通信、散射通信等。

干扰的产生要有存在的干扰源、合适的传播媒质条件及接收者 3 个因素。在移动通信中，考虑较多的是互调干扰、邻道干扰、同频干扰和多址干扰等。

(1) 互调干扰

互调干扰是指由于通信设备自身某些电路的非线性使输入频率相互叠加，产生新的频率组合，从而造成对本信道或外信道的干扰。当两个或多个信号同时作用到非线性器件上时，由于器件的非线性特性，这些信号产生互调，如果互调产物落在接收机频带内且有一定强度，就会造成对该接收机的干扰。在移动通信中，由于发射机末级和接收机前端电路的非线性特性，会造成发射机互调干扰和接收机互调干扰。

从分析互调干扰的频率组合关系可知，奇次阶互调的差频就落在有用信号频率附近，其中三阶互调干扰最大。

若有 N 个等间隔排列的频率群，那么，落入第 P 个信道中的三阶互调信号的强度 S 按下式计算：

$$S_{\Sigma} = \sum_{P=1}^N S = \frac{N}{3}(N-1)(N-2)$$

多信道系统的三阶互调信号的强度随着信道数 N 的增加而迅速增加。这些互调信号若落在本系统的工作信道内，就会造成互调干扰。

在系统频率配置时，若适当地选择不等频距的信道，可以使其所产生的互调信号不落入任一工作信道。在一个通信系统中应无三阶互调，同时又应尽量提高频率利用率。根据这一点确定的无三阶互调干扰的信道组如表 1.1 所示。分析结果表明，这些信道组的构成规律是：任意两个信道序号之差是不重复的，这就是说，在一个信道组内，若任何两个信道序号的差值均不相等，则该信道组是无三阶互调的信道组，否则，就有三阶互调干扰。

表 1.1 无三阶互调干扰的信道组

需用信道数	最少占用信道数	无三阶互调干扰的信道组的信道序号	信道利用率
3	4	1, 2, 4	75%
4	7	1, 2, 5, 7	57%

续表

需用信道数	最少占用信道数	无三阶互调干扰的信道组的信道序号	信道利用率
5	12	1, 2, 5, 10, 12 1, 3, 8, 11, 12	42%
6	18	1, 2, 5, 11, 16, 18 1, 2, 5, 11, 13, 18 1, 2, 9, 12, 14, 18 1, 2, 9, 13, 15, 18	33%
7	26	1, 2, 8, 12, 21, 24, 26 1, 3, 4, 11, 17, 22, 26 1, 2, 5, 11, 19, 24, 26	27%
8	35	1, 2, 5, 10, 16, 23, 33, 35 1, 3, 13, 20, 26, 31, 34, 35	23%
9	46	1, 2, 5, 14, 25, 31, 34, 41, 46	20%
10	56	1, 2, 7, 11, 24, 27, 35, 42, 54, 56	18%

由表 1.1 所示可见, 当选用无三阶互调干扰的信道组工作时, 在占用的频段内, 只能使用部分信道, 因而频段利用率是不高的。而且, 需用的信道数越多, 频段利用率越低。

【例 1.1】 某移动通信系统信道数为 6, 起始频率 $f_1 = 890$ MHz, 信道间隔 $\Delta f = 200$ kHz, 求无三阶互调干扰的信道组的频点。

解: 根据表 1.1 可选取信道序号为 1, 2, 9, 12, 14, 18 的信道组。

$$f_1 = 890 \text{ MHz}$$

$$f_2 = f_1 + (2-1) \times \Delta f = 890.2 \text{ MHz}$$

$$f_3 = f_1 + (9-1) \times \Delta f = 891.6 \text{ MHz}$$

$$f_4 = f_1 + (12-1) \times \Delta f = 892.2 \text{ MHz}$$

$$f_5 = f_1 + (14-1) \times \Delta f = 892.6 \text{ MHz}$$

$$f_6 = f_1 + (18-1) \times \Delta f = 893.4 \text{ MHz}$$

选用无三阶互调干扰的信道组工作, 三阶互调信号依然存在, 只是不落在本系统的工作信道之内而已, 对本系统以外的系统仍然能构成干扰。

另外, 由于发射高频滤波器及天线馈线等元器件接触不良, 或拉杆天线及天线螺栓等金属构件由于锈蚀而造成接触不良, 在发射机强射频场的作用下, 发生检波作用而产生互调, 这类问题只要采取适当的措施加强维护, 使部件接触良好, 是可以避免的。

(2) 邻道干扰

邻道干扰是指相邻的或邻近的信道之间产生的干扰。在多信道移动通信系统中, 当移动台靠近基站时, 移动台发射机的调制边带扩展和边带噪声辐射, 将会对正在接收微弱信号的基站接收机产生干扰。一般来说, 移动台距基站越近, 路径传播衰耗越小, 则邻道干扰越大。反之, 基站发射机对移动台接收机的邻道干扰, 却不是很严重的, 因为这时移动台接收的有用信号功率远远大于邻道干扰功率。要克服邻道干扰, 除提高中频滤波器的选择性外, 主要是减小场强变化的动态范围, 克服远近效应。一般可利用移动台接收基站信号的大小对移动台发射功率进行自动控制, 使移动台接近基站时, 发射功率降低, 以克服远近效应带来的影响。

(3) 同频干扰

同频干扰一般是指相同频率电台之间的干扰,在无线电电台密集的地区,若频率系统设计不当,例如,同信道电台之间的距离不够大,相应空间隔离度不满足要求,就会造成同频干扰。

在移动通信中,为了提高频率利用率,在相隔一定距离之外,可以使用同信道电台,称之为同频复用或信道的地区复用。显然,同信道的无线区相距越远,它们之间的空间隔离度越大,同信道干扰越小,但频率复用次数(在某地域范围内)也随之减少,即频率利用率降低。因此,考虑时要两者兼顾。在进行无线区的频率分配时,应在满足通信质量(载干比 C/I)要求的前提下,确定相同频率重复使用的最小距离,该距离称为同信道复用的最小安全距离,简称同信道复用距离。由此可见,从工程需要出发,研究同信道干扰必须和同信道复用距离紧密联系起来,以便给小区制的频率分配提供依据。

(4) 多址干扰

多址干扰是码分多址移动通信系统中的另一类主要干扰,它取决于信道的多址接入特性,然而多址接入却又决定于多个信源用户要求同时通信。这就是说多址干扰最实质的原因是由于多个用户要求同时通信,而又不能完全将它们彼此隔开而引起的干扰。

多址干扰与信号多址划分的设计技术有直接关系。一般在传统的频分与时分多址技术中,多址干扰主要由上述3种干扰构成,由于频分、时分划分的正交性,以及采取相应技术手段使多址干扰小到可以忽略的程度,然而对于码分多址技术却不然;这是由于具体码组设计时,码组间的自相关特性,特别是互相关特性不理想而造成的多个用户之间的相互干扰。

在码分多址的移动通信体制中,比如 IS-95 以及主要第3代移动通信体制中(都是以码分多址为主),多址干扰是码分多址系统中最主要的干扰,因此码分多址系统中有很多新技术就是针对多址干扰来设计的。比如扩频码的设计、多用户检测技术和功率控制等。

1.3 蜂窝无线区域的组成方法

下面来讨论服务于一个小区的基站。如果略去选择性衰落和屏蔽效应,一个无线频道给出一定的信号衰减,那么这个衰减与发射机和接收机之间的距离有关。这种传播模型,一个小区是一个圆。人们找到了用蜂窝小区来覆盖地区这种形式,一个蜂窝小区近似于正六边形,它是最接近于圆的多边形,可近似达到无缝覆盖。这样,覆盖区被分为一些蜂窝小区,每个蜂窝小区由一个基站覆盖。可以规定每个基站所用的频道和信道,如果两个蜂窝小区相距足够远,那么它们可以使用相同的频道。频率复用就可以用有限的频率带宽去覆盖近于无限的地理范围。

频率复用的概念,使人们发掘出为用户服务的无限潜能。当然同一频率在一个有限地理范围内重复使用会带来一些问题,一个移动台不仅将接收来自本区基站的有用信号,而且还要接收使用相同频率的其他基站所发出的信号所形成的同频干扰。

1.3.1 无线区域的划分方法

为了研究方便,假定有一大片均匀的地域通过相同大小的蜂窝小区来覆盖,那么在这块地域上,都是相同的传播规则,所有设备(基站和移动台)的功率都是常数。传输要求也是一致的,相同数量的频道用于每一个基站。