

21 世纪高等学校通信类规划教材

移动通信基础

(第2版)

Mobile Radio Foundations
(Second Edition)

杨家玮 盛敏 刘勤 编著



电子工业出版社

PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

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

21 世纪高等学校通信类规划教材

移动通信基础

(第 2 版)

杨家玮 盛 敏 刘 勤 编著

電子工業出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京 · BEIJING

内 容 简 介

本书介绍移动通信的基本理论、基本概念和基本技术,以及移动通信领域最新技术的发展。本书内容分为三个部分。第一部分(第2~6章)介绍移动通信的基本理论和基本技术,包括移动信道的特征、调制解调技术、抗衰落技术、语音编码技术和组网技术基础等。第二部分(第7~10章)介绍主要移动通信系统的结构、接口和协议,包括对无线寻呼、集群通信、模拟蜂窝移动通信、数字无绳电话、移动卫星通信的概要介绍;对GSM系统、窄带CDMA系统、第三代移动通信的三种主流技术(WCDMA、CDMA2000和TD-SCDMA)做了重点讲述;对无线局域网、GPRS等当前正在迅速发展的移动数据传输做了详细介绍。第三部分(第11章)对移动通信的发展前景进行展望,包括个人通信系统、第四代移动通信系统等。

本书可作为通信工程专业的本科生或研究生教材,也可作为从事移动通信领域工作的科研和工程技术人员参考书。

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

移动通信基础 / 杨家玮, 盛敏, 刘勤编著. —2版. —北京: 电子工业出版社, 2008.8

(21世纪高等学校通信类规划教材)

ISBN 978-7-121-06850-8

I. 移… II. ①杨…②盛…③刘… III. 移动通信—高等学校—教材 IV. TN929.5

中国版本图书馆CIP数据核字(2008)第080991号

责任编辑: 韩同平 特约编辑: 杨逢仪

印 刷: 北京市海淀区四季青印刷厂

装 订: 三河市鹏成印业有限公司

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

开 本: 787×1092 1/16 印张: 20.5 字数: 592千字

印 次: 2008年8月第1次印刷

印 数: 3000册 定价: 36.00元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题, 请向购买书店调换。若书店售缺, 请与本社发行部联系, 联系及邮购电话: (010)88254888。

质量投诉请发邮件至 zlts@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线: (010)88258888。

出版说明

教材建设是高等学校教学和学科建设的主要内容之一。近几年来,我国各高等学校实施了一系列面向21世纪教学改革计划,在教学内容和课程体系改革上取得了丰硕的成果,因此需要适时推出适应教改成果的教材。同时,通信技术发展十分迅速,原有教材或者内容已比较陈旧、落后,难以适应教学的要求,需要修订或重新编写;或者需要开设新课程,编写新教材以填补空白。

电子工业出版社作为以信息技术领域出版为特色的中央级科技与教育出版社,始终关注着电子信息技术的发展方向,始终把出版适应我国高等学校发展要求的高质量精品教材放在重要位置上,出版了一系列特色鲜明的教材,希望能把它们放在学生的书包里、课桌上,为培养高素质人才打下良好的基础。

基于上述考虑,经过一年多的调研,并征求多方的意见,根据国内高等学校通信专业的发展现状,以及教育部《关于“十五”期间普通高等教育教材建设与改革意见》的指示精神,电子工业出版社规划出版了这套《21世纪高等学校通信类规划教材》。

目前,我国多数高等学校都设有通信专业,但办学水平、特色及人才培养层次差异很大。这套教材定位于重点高校,即以研究型、研究教学型人才培养为主的高等学校通信类专业,包括其他相关专业的通信类课程教材。教材的作者全部来自于重点高校,多数是“信息与通信工程”一级学科设有全国重点学科的高校。

与以往出版的同类教材相比,这套教材具有以下特点:

(1) 专业特色鲜明:以重点院校本科通信类专业的专业课程教材为主线,兼顾其他相关专业的通信类课程。

(2) 突出系统性:本套规划教材覆盖了本科通信类专业的专业基础课、专业方向课及专业选修课,形成一个完整的教材系列,规模之大是以往教材中所不多见的。同时注意教材之间内容的合理划分与衔接,层次分明,重点突出,各高校可以根据需要组合选用,我们的目的是为通信类课程打造一套全方位解决方案。

(3) 体系、内容新颖:整个知识点建立在“高”、“新”平台上。基本理论阐述精练,深入浅出,便于自学;注意吸收新理论、新技术成果;加强实践性与应用性,结合实例进行讲解。

(4) 配套教学支持:多数教材配有教学课件(电子教案),部分重要课程配套出版教学辅导书或实验教材。

(5) 质量保证:多数教材为已出版教材的修订版,原教材在高校的影响大;重新规划的教材将在组织有关专家/教授对写作大纲和知识点进行充分讨论的基础上,选择优秀作者编写。

本套教材可作为高等学校通信专业及相关专业的本科生或研究生教材,也可供通信领域的有关专业人员学习参考。

为做好本套教材的出版工作,我们聘请了多位国内通信教育领域的著名教授作为教材顾问,并聘请了清华大学、东南大学、上海交通大学、北京交通大学、北京邮电大学、西安电子科技大学、电子科技大学等著名高校电子信息学院(系)的院长(系主任)成立教材编委会,从根本上保证了教材的高质量。在此对他们的辛勤工作表示衷心的感谢。

今后,我们将进一步加强同各高校教师的密切联系和合作,广泛听取一线教师对教材的反馈意见和建议,以便使我们的教材出版工作做得更好。

《21世纪高等学校通信类规划教材》顾问委员

(按姓名音序排列)

迟惠生 (北京大学)	程时昕 (东南大学)
冯重熙 (清华大学)	李承恕 (北京交通大学)
吴伟陵 (北京邮电大学)	吴诗其 (电子科技大学)
谢希仁 (解放军理工大学)	袁保宗 (北京交通大学)

《21世纪高等学校通信类规划教材》编审委员

(按姓名音序排列)

主任委员 樊昌信 (西安电子科技大学)

副主任委员

顾晚仪 (北京邮电大学)	李建东 (西安电子科技大学)
彭启琮 (电子科技大学)	王金龙 (解放军理工大学)
王希勤 (清华大学)	文宏武 (电子工业出版社)
吴镇扬 (东南大学)	张思东 (北京交通大学)

委员

安建平 (北京理工大学)	鲍长春 (北京工业大学)
陈咏恩 (同济大学)	邓建国 (西安交通大学)
段哲民 (西北工业大学)	樊昌信 (西安电子科技大学)
范平志 (西南交通大学)	方 勇 (上海大学)
酆广增 (南京邮电大学)	顾晚仪 (北京邮电大学)
顾学迈 (哈尔滨工业大学)	康 健 (吉林大学)
李建东 (西安电子科技大学)	李晓峰 (电子科技大学)
刘 琚 (山东大学)	彭启琮 (电子科技大学)
仇佩亮 (浙江大学)	唐朝京 (国防科技大学)
唐向宏 (杭州电子科技大学)	田宝玉 (北京邮电大学)
王金龙 (解放军理工大学)	王希勤 (清华大学)
王祖林 (北京航空航天大学)	文宏武 (电子工业出版社)
韦 岗 (华南理工大学)	吴镇扬 (东南大学)
徐昌庆 (上海交通大学)	张德民 (重庆邮电学院)
张思东 (北京交通大学)	郑建生 (武汉大学)
朱光喜 (华中科技大学)	朱秀昌 (南京邮电大学)

投稿联系方式: 韩同平编辑 (010)88254525

E-mail: hantp@phei.com.cn

修 订 说 明

《移动通信基础》自 2005 年出版以来，承蒙厚爱，已被国内多所院校选作研究生或本科生教材。经作者 3 届学生的教学体会，以及其他用书院校的反馈意见，这次修订的主要目标是精简内容。

有些内容属于比较基础的，如调制解调中的模拟调制，信令的一般介绍等，都做了较大删减；有些内容属于工程性质，如系统工程介绍，网络规划等，也做了删减；有些内容已经过时，如 CDPD 系统，做了删除；还有些内容，可能前后多个章节触及，则在主要章节中保留，其他章节做了删减。

对于前一版没有提及而近来发展较快的领域，如 IEEE802.16 (WiMax) 技术，这次修订做了增加。对前一版的文字错误，以及不准确的论述等，做了更正。

修订后的本书，将更加适合于高校的教学。

编著者

前 言

移动通信技术、产业和市场的高速发展，激发了人们学习移动通信知识的热情，推动了移动通信教学的发展，增加了对移动通信教材的需求。近年来，国内外出版了不少移动通信类的教材，其中不乏优秀之作。这表现在教材内容新，突出基本概念，同时注重工程实际，具有系统性和启发性；有些教材还附有大量习题和思考题，可以帮助学生巩固所学的基本概念和知识。

移动通信是通信工程等专业的一门重要的专业课程。其任务是为本科高年级学生和研究生讲授现代移动通信系统的基本理论、关键技术、体系结构及组网技术的基本原理，为今后从事该领域的工作打下坚实的基础。

在移动通信教材的编写方面，有一些特点和难点。首先，移动通信技术发展迅速，新的理论、方法、技术和产品不断出现，如何使教材反映最新技术发展，是特别重要的。其次，移动通信种类多，涉及范围广，而教材的篇幅和学时都是有限的，况且不同读者对于内容的侧重点有不同的要求，因而如何选材是一件颇费思考且须慎重对待的事情。

本书的编著者长期从事移动通信方面的科研和教学工作，深切体会到一本好的教材对移动通信教学的重要性。本书编写的目标是突出基础，重点讲述移动通信的基本理论、基本概念、基本技术；力求反映移动通信领域最新技术的发展，使教材适应当前技术发展状况；保持论述的系统性，使读者对移动通信这门学科有完整、系统的了解；适当地介绍实际的移动通信工程问题；给出一定量的例题、习题与思考题，帮助读者巩固所学的知识，启发思路，引导读者深入思考。

本书内容可以分为三个部分。第一部分（第 2~6 章）讲述移动通信的基本理论和基本技术，包括移动通信的特征及其对无线信号传播的影响、适合移动通信的调制解调技术、无线信息抗衰落技术、移动通信采用的语音编码技术和组网技术基础等。第二部分（第 7~10 章）讲述主要移动通信系统的结构、接口和协议，包括对无线寻呼系统、集群通信系统、模拟蜂窝移动通信系统、数字无绳电话系统、移动卫星通信系统的概要介绍；对 GSM 系统、窄带 CDMA 系统、第三代移动通信的三种主流技术（WCDMA、CDMA2000 和 TD-SCDMA）做了重点讲述；对无线局域网、GPRS 等当前正在迅速发展的移动数据传输的详细介绍。第三部分（第 11 章）对移动通信的发展前景进行展望，包括个人通信系统、第四代移动通信系统等。

参加本书编写的有：杨家玮（第 2, 5, 9 章），盛敏（第 6, 8, 10, 11 章），刘勤（第 1, 3, 4, 7 章）。杨家玮对全书进行了统稿和审阅。

本书在编写过程中，得到西安电子科技大学信息科学研究所全体同事的帮助和支持，李建东教授对本书的编写提出富有建设性的建议，在此表示诚挚的感谢。

由于编著者水平有限，书中难免有错误之处，恳切希望读者批评指正。

编著者

目 录

第 1 章 概 述

1.1 移动通信发展概况	(1)	1.4.8 第三代移动通信	(9)
1.2 移动通信的特点	(2)	1.5 移动通信基本技术	(9)
1.3 移动通信的分类	(3)	1.5.1 调制技术	(9)
1.3.1 通信工作方式类别	(3)	1.5.2 移动信道中电波传播特性的研究	(10)
1.3.2 传输信号模式类别	(4)	1.5.3 多址方式	(11)
1.3.3 通信承载业务类别	(5)	1.5.4 抗干扰措施	(11)
1.4 常用移动通信系统	(5)	1.5.5 组网技术	(12)
1.4.1 蜂窝移动通信系统	(5)	1.6 移动通信发展方向	(13)
1.4.2 无绳电话系统	(6)	1.7 频谱资源的管理	(13)
1.4.3 集群移动通信系统	(7)	1.8 标准化组织	(16)
1.4.4 移动卫星通信系统	(7)	1.8.1 国际无线电标准化组织	(16)
1.4.5 分组无线网	(8)	1.8.2 欧洲共同体 (EC) 的通信标准化组织	(16)
1.4.6 GPRS 通信系统	(9)	1.8.3 北美地区的通信标准化组织	(16)
1.4.7 N-CDMA 系统	(9)		

第 2 章 移 动 信 道

2.1 引言	(18)	2.4 多径衰落的时域特征和频域特征	(34)
2.2 无线电波基本传播特性	(18)	2.4.1 时延扩展	(34)
2.2.1 无线电波传播方式	(18)	2.4.2 相关带宽	(35)
2.2.2 自由空间电波传播	(19)	2.4.3 随机调频	(37)
2.2.3 光滑平面上电波传播	(20)	2.5 阴影效应	(37)
2.2.4 光滑球面上的电波传播	(21)	2.6 电波传播损耗预测模型与中值路径损耗预测	(38)
2.2.5 大气中电波传播	(22)	2.6.1 地形环境分类	(38)
2.2.6 粗糙不平坦地面上的电波传播	(25)	2.6.2 Okumura 模型	(39)
2.2.7 障碍物的影响及绕射损耗	(26)	2.6.3 Hata 模型与传播损耗的经验公式	(42)
2.3 移动信道的多径传播特性	(28)	2.6.4 Hata 模型扩展	(43)
2.3.1 概述	(28)	思考题与习题	(43)
2.3.2 多普勒频移	(30)	参考文献	(44)
2.3.3 多径接收信号的统计特性	(30)		
2.3.4 衰落信号的特征量	(32)		

第3章 调制技术

3.1 模拟调制技术	(45)	3.4.2 多进制相移键控 (MPSK)	(62)
3.2 线性数字调制技术	(46)	3.4.3 多进制频移键控 (MFSK)	(63)
3.2.1 二进制相移键控调制	(47)	3.4.4 多进制正交幅度调制 (MQAM)	(64)
3.2.2 差分相移键控	(48)	3.5 扩频调制	(65)
3.2.3 四相相移键控 QPSK	(49)	3.5.1 伪随机序列	(66)
3.2.4 交错 QPSK	(51)	3.5.2 直接序列扩频 (DS-SS)	(68)
3.2.5 $\pi/4$ QPSK	(52)	3.5.3 跳频扩频技术	(70)
3.3 恒包络调制	(55)	3.6 正交频分复用 (OFDM)	(71)
3.3.1 二进制频移键控	(55)	3.6.1 OFDM 的传输技术	(72)
3.3.2 最小频移键控 MSK	(56)	3.6.2 OFDM 的同步	(74)
3.3.3 高斯最小频移键控 GMSK	(58)	3.6.3 OFDM 的调制与解调	(75)
3.4 多进制调制技术与线性和 恒包络组合的调制技术	(61)	思考题与习题	(78)
3.4.1 多进制幅度键控 (MASK) 与脉冲 幅度调制 (PAM)	(61)	参考文献	(79)

第4章 抗信道衰落技术

4.1 均衡	(81)	4.3.3 分组码	(97)
4.1.1 原理与分类	(81)	4.3.4 卷积码	(100)
4.1.2 线性均衡器	(83)	4.3.5 Turbo 码	(102)
4.1.3 非线性均衡器	(84)	4.4 智能天线	(104)
4.1.4 自适应均衡器	(86)	4.5 发射分集与时空编码	(106)
4.2 分集	(91)	4.5.1 空时分组码	(107)
4.2.1 分集技术的分类	(91)	4.5.2 空时格形码	(109)
4.2.2 合并技术	(92)	4.5.3 差分空时码	(110)
4.3 交织与信道编码	(96)	思考题与习题	(112)
4.3.1 交织	(96)	参考文献	(112)
4.3.2 信道编码原理	(96)		

第5章 语音编码

5.1 引言	(114)	5.3.2 线性预测编码 (LPC)	(125)
5.1.1 语音编码的基本概念	(114)	5.4 实用语音编码技术	(127)
5.1.2 语音质量评价	(114)	5.4.1 混合编码	(127)
5.1.3 语音编码技术的进展与现状	(115)	5.4.2 规则脉冲激励长期预编码 (RPE-LTP)	(128)
5.2 波形编码	(117)	5.4.3 码本激励 LPC 算法简介	(134)
5.2.1 时间量化和抽样定理	(117)	5.4.4 自适应多速率语音 编码 (AMR)	(136)
5.2.2 幅度量化	(117)	思考题与习题	(140)
5.2.3 实用波形编码系统	(121)	参考文献	(140)
5.3 参量编码	(123)		
5.3.1 语音信号产生模型及其特征参数	(123)		

第6章 组网技术基础

6.1 概述	(142)	6.4.2 系统容量	(161)
6.2 邻道干扰和同道干扰	(142)	6.5 接入网和核心网的概念	(170)
6.2.1 邻道干扰	(142)	6.5.1 移动通信网络的接入网	(170)
6.2.2 同道干扰	(144)	6.5.2 移动通信网络的核心网	(171)
6.2.3 同频道再用距离	(144)	6.6 系统的移动性管理	(173)
6.3 地域覆盖和信道配置	(146)	6.6.1 系统的位置更新过程	(173)
6.3.1 地域覆盖	(146)	6.6.2 越区切换	(174)
6.3.2 信道(频率)分配	(150)	思考题与习题	(176)
6.4 多址接入技术和系统容量	(153)	参考文献	(176)
6.4.1 多址接入技术	(154)		

第7章 移动通信系统简介

7.1 无线寻呼系统	(177)	7.4.1 CT-2 数字无绳电话系统	(189)
7.2 集群移动通信系统	(178)	7.4.2 DECT 系统	(190)
7.2.1 集群移动通信系统结构与组成	(179)	7.4.3 PHS 系统	(196)
7.2.2 集群通信的工作过程和方式	(181)	7.4.4 PACS 系统	(199)
7.2.3 数字集群移动通信系统	(183)	7.5 移动卫星通信系统	(203)
7.3 模拟蜂窝移动通信系统	(187)	思考题与习题	(205)
7.4 数字无绳电话系统	(188)	参考文献	(205)

第8章 数字蜂窝移动通信系统

8.1 概述	(206)	8.3.1 概述	(231)
8.2 泛欧数字蜂窝通信系统(GSM)	(206)	8.3.2 CDMA 的基本概念及关键技术简介	(233)
8.2.1 GSM 系统的结构和业务功能	(206)	8.3.3 传输方式	(235)
8.2.2 GSM 系统的无线接口	(211)	思考题与习题	(246)
8.2.3 GSM 系统的控制和管理	(222)	参考文献	(246)
8.3 窄带 CDMA 系统	(231)		

第9章 第三代移动通信系统

9.1 引言	(247)	9.4 TD-SCDMA 系统的无线传输技术	(267)
9.2 第三代移动通信的系统结构与接口协议	(249)	9.4.1 概述	(267)
9.2.1 基本功能实体	(250)	9.4.2 传输信道与物理信道	(268)
9.2.2 主要接口	(254)	9.4.3 信道编码和复用	(271)
9.2.3 无线接口协议结构	(256)	9.4.4 扩频和调制	(274)
9.3 WCDMA(UMTS) 系统的无线传输技术	(257)	9.5 CDMA 2000 的无线传输技术	(276)
9.3.1 FDD 模式的无线传输	(258)	9.5.1 前向信道	(276)
9.3.2 TDD 模式的无线传输	(264)	9.5.2 反向信道	(280)
		思考题与习题	(283)
		参考文献	(283)

第 10 章 移动数据传输

10.1 无线局域网	(284)	10.2 IEEE802.16 (WiMax) 技术	(292)
10.1.1 WLAN 的网络结构	(285)	10.3 GPRS 系统	(295)
10.1.2 WLAN 的关键技术	(285)	思考题与习题	(301)
10.1.3 无线局域网的技术标准	(286)	参考文献	(301)
10.1.4 WLAN 的应用前景与发展趋势 ..	(289)		

第 11 章 移动通信展望——个人通信

11.1 个人通信概述	(302)	11.2.1 第四代移动通信系统的概念 ..	(307)
11.1.1 个人通信的概念	(302)	11.2.2 第四代移动通信系统中的	
11.1.2 个人通信系统的发展	(303)	关键技术	(308)
11.1.3 个人通信网的构架	(304)	思考题与习题	(314)
11.1.4 个人通信网的网络基本功能 ..	(306)	参考文献	(314)
11.2 第四代移动通信系统	(307)		

第1章 概述

当今的社会已经成为一个信息化的社会，信息化也成为了世界和社会发展的重要主题之一。作为信息交互的重要组成，通信越来越被人们所关注。理想的通信目标是在任何时候、在任何地方、与任何人都能及时沟通联系，以及信息交流。显然，没有移动通信，这种愿望是无法实现的。因此，移动通信也就成为了现代通信领域中至关重要的一部分。

移动通信一般是指通信双方至少有一方在移动的情况下进行的信息传输和交换。同时，它也包括通信用户的位置存在变化，但通信过程中用户不处于运行状态的情况。现代的移动通信技术是一门复杂的前沿技术，其中包括了无线通信和有线通信的最新技术成果，同时也含有网络技术和计算机技术的许多成果。

1.1 移动通信发展概况

移动通信从 1898 年 M. G. 马可尼所完成的无线通信试验就产生了。而现代移动通信技术的发展是从 20 世纪 20 年代开始的，其大致经历了六个阶段：

第一阶段从 20 世纪 20 年代至 40 年代，为早期发展阶段。在这期间，首先在短波几个频段上发出专用移动通信系统，其代表是美国底特律市警察使用的车载无线电系统。这个阶段可以认为是现代移动通信的起步阶段，特点是由专用系统开发，工作频率较低。

第二阶段从 20 世纪 40 年代中期至 60 年代初期。在此期间内，公用移动通信业务开始问世。1946 年，根据美国联邦通信委员会（FCC）的计划，在圣路易斯城建立了世界上第一个公用汽车电话网，称为“城市系统”。随后，贝尔实验室完成了人工交换系统的接续问题。德国（1950 年）、法国（1956 年）、英国（1959 年）等国家也相继研制了公用移动电话系统。这一阶段的特点是从专用移动网向公用移动网过渡，为人工接续方式，网络的容量较小。

第三阶段从 20 世纪 60 年代中期至 70 年代中期。在此期间，美国推出了改进型移动电话系统（IMTS），采用大区制、中小容量，实现了无线频道自动选择并能够自动接续到公用电话网。德国也推出了具有相同技术水平的网络。可以说，这一阶段是移动通信系统改进与完善的阶段，其特点是采用大区制、中小容量，实现了自动选频与自动接续。

第四阶段从 20 世纪 70 年代中期至 80 年代中期。这是移动通信蓬勃发展的时期。1978 年底，美国贝尔实验室成功研制出先进移动电话系统（AMPS），建成了蜂窝状移动通信网，大大提高了系统容量。随后，日本于 1979 年推出 800 MHz 汽车电话系统（HAMTS）；英国于 1985 年开发出全地址通信系统（TACS）；加拿大推出移动电话系统（MTS）；瑞典等北欧四国于 1980 年开发出 NMT-450 移动通信网并投入使用。这一阶段的特点是蜂窝状移动通信网成为实用系统，并在世界各地迅速发展，形成了所谓的第一代移动通信系统。移动通信在该阶段迅速发展的原因，除了用户要求迅猛增加这一主要推动力之外，还有几方面技术发展所提供的条件。首先，微电子技术在这一时期得到长足发展，这使得通信设备的小型化、微型化有了可能性，各种轻便电台被不断地推出。其次，随着用户数量增加，大区制所能提供的容量很快饱和，这就导致了蜂窝网小区制移动通信新体制的出现，实现了频率再用，极大地提高了系统容量。最后，随着大规模集成电路的发展而出现的微处理器技术日趋成熟，以及计算机技术的迅猛发展，从而为大型通信网的管理与控制提供了技术手段。

第五阶段从 20 世纪 80 年代中期开始。这是数字移动通信系统发展和成熟的时期。以 AMPS 和 TACS 为代表的第一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，但也暴露了一些问题。例如频谱利用率低、移动设备复杂、费用较高、业务种类受限制、通话易被窃听等，最主要的问题是容量不能满足日益增长的移动用户需求。为了解决这些问题，提出并开发了新一代数字蜂窝移动通信系统，即第二代移动通信系统。第二代移动通信以 GSM 和窄带 CDMA (N-CDMA) 两大移动通信系统为代表。泛欧数字移动通信网 (GSM) 体系于 20 世纪 80 年代中期在欧洲首先推出，并于 1991 年 7 月开始投入商用。窄带 CDMA (N-CDMA) 标准于 1995 年由美国 TIA 正式颁布，即 IS-95A。随着 IS-95A 的进一步发展，于 1998 年制定出新的标准 IS-95B。

第六阶段从 2000 年之前就已经开始，伴随着对第三代移动通信的大量讨论，以及 2.5G 产品 GPRS 系统的过渡，3G 走上了通信舞台的前沿。所谓第三代移动通信系统 (3G)，国际电联也将它称为 IMT-2000，欧洲的电信业则称其为 UMTS (通用移动通信系统)。它能够将语音通信和多媒体通信相结合，其可能的增值服务将包括图像、音乐、网页浏览、视频会议，以及其他一些信息服务。3G 意味着全球适用的标准、新型业务、更大的覆盖面及更多的频谱资源，用以支持更多的用户。3G 系统与现有的 2G 系统有根本的不同，3G 系统采用 CDMA 技术和分组交换技术，而不是 2G 系统通常采用的 TDMA 技术和电路交换技术。与现在的 2G 系统相比，3G 将支持更多的用户，实现更高的传输速率。

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。目前，当第三代移动通信系统正方兴未艾之时，对于第四代 (4G) 或者超三代 (Beyond 3G) 移动通信技术的讨论已如火如荼地展开，国际上通信技术发达的国家已着手研制 4G 的标准和产品。4G 的概念可称为广带接入 (broadband) 和分布网络，具有超过 2Mb/s 的非对称数据传输能力。它包括广带无线固定接入、广带无线局域网、移动广带系统和互操作广播网络。4G 标准比 3G 标准具有更多的功能。在不同的固定无线平台和跨越不同频带的网络中，4G 可提供无线服务，并在任何地方宽带接入互联网 (包括卫星通信和平流层通信)，提供信息通信以外的定位定时、数据采集和远程控制等综合功能。同时，4G 系统还是多功能集成的宽带移动通信系统和宽带接入系统。

随着通信技术的飞速发展，可以预见的是，未来移动通信系统将提供全球性优质服务，真正实现在任何时间、任何地点、向任何人提供移动通信服务的最高目标。

1.2 移动通信的特点

由于移动通信的特殊要求，它和其他种类的通信形式相比，具有几个明显的主要特点：

(1) 移动通信必须利用无线电波进行信息传输。无线电波这种传播媒质能够允许通信中的用户在一定范围内自由活动，其位置不受束缚。不过无线电波的传播特性一般都很差。首先，移动通信的运行环境十分复杂，电波不仅会随着传播距离的增加而发生弥散和损耗，并且会受到地形、地面物体的遮蔽而发生“阴影效应”，而且信号经过多点反射会产生电平衰落和时延扩展；其次，移动通信常常在快速移动中进行，这不会引起多普勒频移，产生随机调频，而且会使得电波传播特性发生快速的随机起伏，严重影响通信质量。因此，移动通信系统必须根据移动信道的特征，进行合理的设计。

(2) 移动通信是在复杂的干扰环境中运行的。除去一些常见的外部干扰，如天电干扰、工业干扰和信道噪声外，系统本身和不同系统之间还会产生干扰。因为在移动通信系统中，常常有多部用户电台在同一地区工作，基站还会有多部收发信机在同一地点工作，这些电台之间会产生干扰。随着移动通信网所采用的制式不同，所产生的干扰也会有所不同。归纳起来说，这些干扰有邻道干扰、互调干扰、共道干扰、多址干扰，以及远近效应等。因此，在移动通信系统中，如何减小这些有害干扰的影响是至关重要的。

(3) 随着移动通信业务量的需求与日俱增，移动通信可以利用的频谱资源非常有限。如何提高通信系统的通信容量，始终是移动通信发展中的焦点。为了解决这一矛盾，一方面要开辟和启用新的频段；另一方面要研究各种新技术和新措施，以压缩信号所占频带宽度和提高频谱利用率。可以说，移动通信无论是从模拟向数字过渡，还是向新一代发展，都离不开新技术的支持。此外，有限频谱的合理分配和严格管理是有效利用频谱资源的前提，这是国际上和各国频谱管理机构和组织的重要职责。

(4) 移动通信系统的网络结构多种多样，网络管理和控制必须有效。根据通信地区的不同需要，移动通信网络可以组成带状（如铁路公路沿线）、面状（如覆盖一个城市或地区）或立体状（如地面通信设施与中、低轨道卫星通信网络的综合系统）等。移动通信网络可以单网运行，也可以多网并行并实现互连互通。为此，移动通信网络必须具备很强的管理和控制功能，诸如用户的登记和定位，通信（呼叫）链路的建立和拆除，信道的分配和管理，通信的计费、鉴权、安全和保密管理，以及用户过境切换和漫游的控制等。

(5) 移动通信设备（主要是移动台）必须适于在移动环境中使用。对手机的主要要求是体积小、重量轻、省电、操作简单和携带方便。车载台和机载台除要求操作简单和维修方便外，还应保证在震动、冲击、高低温变化等恶劣环境中正常工作。

1.3 移动通信的分类

移动通信有以下多种分类方法：按使用对象可分为民用设备和军用设备；按使用环境可分为陆地通信、海上通信和空中通信；按多址方式可分为频分多址（FDMA）、时分多址（TDMA）和码分多址（CDMA）等；按覆盖范围可分为宽域网和局域网；按业务类型可分为电话网、数据网和综合业务网；按工作方式可分为同频单工、异频单工、异频双工和半双工；按服务范围可分为专用网和公用网；按信号形式可分为模拟网和数字网。

1.3.1 通信工作方式类别

从传输方式的角度，无线通信分单向传输（广播式）和双向传输（应答式）。单向传输只用于无线电寻呼系统。双向传输有单工、双工和半双工三种工作方式。

单工通信是指通信双方电台交替地进行收信和发信。根据收、发频率的异同，又可分为同频单工和异频单工。单工通信常用于点到点通信，如图 1-1 所示。

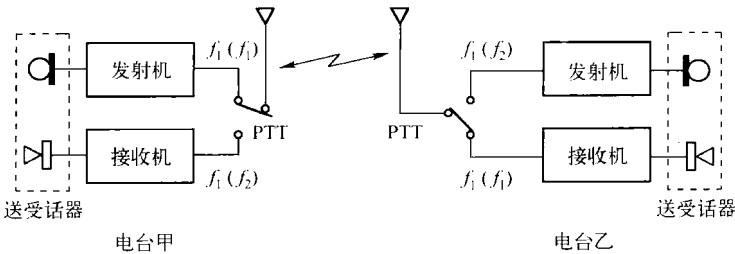


图 1-1 单工通信

同频单工是指通信双方（如图 1-1 中的电台甲和电台乙）使用相同的频率工作，发送时不接收，接收时不发送。同频单工工作方式的收发信机是轮流工作的，故收发天线可以公用，收发信机中的某些电路也可公用，因而电台设备简单、省电，且只占用一个频点。但是，这种工作方式只允许一方发

送时另一方进行接收。此外，任何一方当发话完毕时，必须立即放开所占用的资源进入等待接收状态，否则将收不到对方发来的信号。

异频单工通信方式，收、发信机使用两个不同的频率分别进行发送和接收。不过，同一部电台的发射机与接收机还是轮流进行工作的，这一点它是与同频单工相同的。异频单工与同频单工的差异仅仅是收发频率的异同而已。

双工通信是指通信双方可同时进行消息传输的工作方式，有时亦称全双工通信，如图 1-2 所示。图中，基站的发射机和接收机分别使用一副天线，而移动台通过双工器公用一副天线。双工通信一般使用一对频道，以实施频分双工（FDD）工作方式。这种工作方式使用方便，同普通有线电话相似，接收和发射可同时进行。但是，在电台的运行过程中，不管是否发话，发射机总是工作的，故电源消耗较大，这一点对用电池作电源的移动台而言是不利的。为缓解这个问题，在一些简易通信设备中可以采用半双工通信方式。

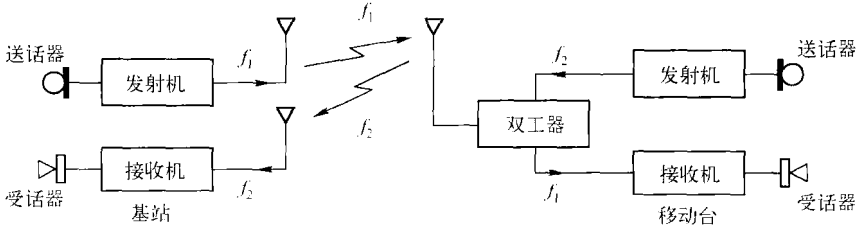


图 1-2 双工通信

半双工通信的组成与图 1-2 相似，移动台采用类似单工的“按讲”方式，即按下按讲开关，发射机才工作，而接收机总是工作的。基站工作情况与双工方式完全相同。

1.3.2 传输信号模式类别

从信号模式的角度，移动通信系统可分为模拟网和数字网。当前，所有的通信系统都在向着数字化方向发展，移动通信也是如此。通常，人们把模拟通信（包括模拟蜂窝网、模拟无绳电话与模拟集群调度系统等）称为第一代通信技术，而把数字通信（包括数字蜂窝网、数字无绳电话、移动数据系统，以及移动卫星通信系统等）称为第二代通信技术。当前的移动通信系统正处于数字化时代，并且第三代移动通信系统已经步入应用的舞台。

数字通信系统的主要优点可归纳如下：

- （1）频谱利用率高，有利于提高系统容量。采用低速率的语音编码技术、高效率的数字调制解调技术、先进的多址方式，以及语音激活与动态信道分配技术等，可以在不增加工作频段的条件下增加多系统同时通信的用户数。
- （2）能提供多种业务服务，提高通信系统的通用性。数字系统传输的是“1”、“0”形式的数字信号。语音、图像、音乐或数据等信息，以数字形式在传输和交换设备中的表现形式是相同的，信号的处理和控制方法也是相似的，因而用同一设备来传送任何类型的数字信息都是可能的。这种利用单一通信网络来提供综合业务服务正是未来通信系统的发展方向。
- （3）抗噪声、抗干扰和抗多径衰落的能力强。这些优点有利于提高信息传输的可靠性，或者说保证通信质量。采用纠错编码、交织编码、自适应均衡、分集接收，以及扩/跳频技术等，可以控制由任何干扰和不良环境产生的损害，使传输差错率低于规定的阈值。
- （4）能实现更有效、灵活的网络管理和控制。数字系统可以设置专门的控制信道来传输信令信息，也可以把控制指令插入业务信道的语音比特流中，来控制信息的传输，因而便于实现多种可靠的

控制功能。此外，数字系统的移动台、基站及移动交换中心等设备均能在传输过程中检测有关的信号特性（如信号强度）和传输质量（如差错率），并在相互通信中彼此施加控制，从而使整个通信系统形成一个有机整体，协调地实施网络的管理和控制。

- (5) 便于实现通信的安全保密。
- (6) 可降低设备成本，同时减小用户手机的体积和重量。

1.3.3 通信承载业务类别

从承载业务的角度，移动通信可以分为语音通信和数据通信。电话通信是移动通信的传统业务。但是近年来，随着计算机的迅速发展和人们信息交往的日益频繁与多样化，对数据传输的需求也与日俱增。

在数字通信网络中，无论语音、图像或数据，其信息形式都是二进制数字，但是传输不同类型的业务通常有不同的要求。首先，语音业务对传输时延比较敏感，而在数据通信中用户可以接受一定的时延。其次，在语音业务中，每次电话过程所占用的时间较长，长度也比较均匀（约 3~10 分钟），因而几秒钟的通信建立时间，对通话者来说并没有明显的影响。数据通信业务与此不同，每次数据服务期间所传输的信息量可能在很大的范围内变化，小到只有几个字节的电子函件，大到上兆字节的文件，而平均来看，包含在一次数据通信期间的信息容量比起一次通话期间的数字化语音（可达上兆字节）来说是微小的。数据通信这种平均通信时间甚短和所传信息量不确定的特征，使得数据业务服务不允许存在长的建立时间。此外，分组语音可允许分组丢失率达到 10^{-2} 而不会明显地降低业务质量；对于不编码的数据传输而言，通常仅允许 10^{-6} 的差错率。因而在数据传输时，通常要采用强有力的纠错编码，必要时还要用检错重传技术，以保证数据传输的可靠性。

任何技术的发展都与产生它的背景相适应，移动通信的发展也不例外，它既受技术发展的驱动，也受市场需求的驱动。若干年来，移动通信基本上是围绕着两种主干网络在发展，这就是基于语音业务的通信网络和基于数据传输的通信网络。根据运行环境和市场需求的不同，前者又分为以蜂窝网为代表的低功率局域网和以无绳电话网为代表的低功率局域网；后者又可分为宽带 LAN 之类的高速局域网和移动数据网之类的低速宽域网。图 1-3 是移动通信网络分类的示意图。

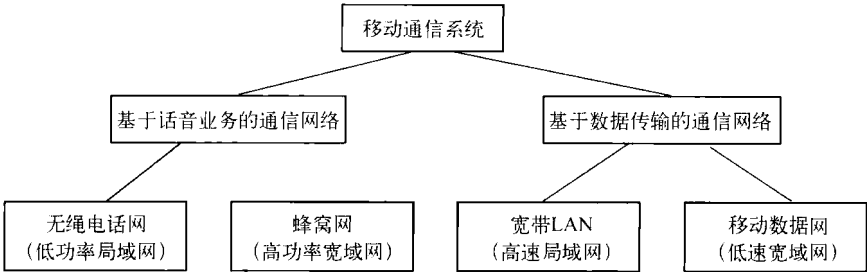


图 1-3 移动通信网络分类的示意图

1.4 常用移动通信系统

随着移动通信应用范围的扩大，移动通信系统的类型也越来越多。在此简单地介绍几种典型的移动通信系统，详细内容将在后续章节中讨论。

1.4.1 蜂窝移动通信系统

早期的移动通信系统是在其覆盖区域中心设置大功率的发射机，采用高架天线把信号发送到整

个覆盖地区（半径可达几十千米）。这种系统的主要缺点是同时能提供给用户使用的信道数极为有限，远远满足不了移动通信业务迅速增长的需要。例如，IMTS（Improved Mobile Telephone Service）系统（参见图 1-4(a)）仅能提供 12 对信道。也就是说，网中只允许 12 对用户同时通话，倘若出现第 13 对用户要求通话，就会发生堵塞。

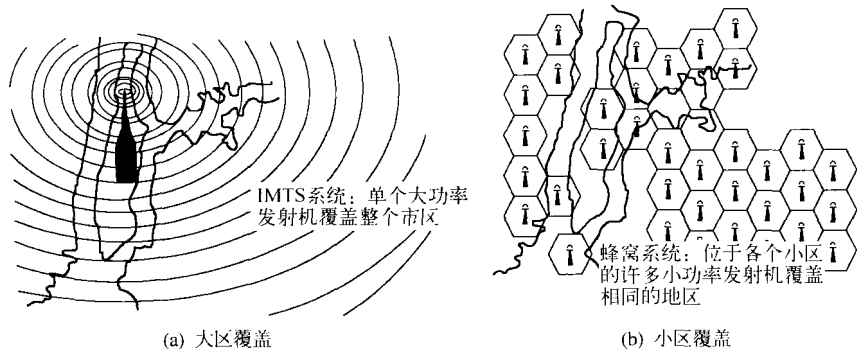


图 1-4 大区覆盖与小区覆盖

蜂窝通信网络把整个服务区域划分成若干个较小的区域（Cell，在蜂窝系统中称为小区），各小区均用小功率的发射机（即基站发射机）进行覆盖，许多小区像蜂窝一样布满（即覆盖）任意形状的服务地区（见图 1-4(b)）。把若干相邻的小区按一定的数目和结构划分成区群（Cluster），并把可供使用的无线频道分成若干个（等于区群中的小区数）频率组，区群内各小区均使用不同的频率组，而任一小区所使用的频率组，在其他区群相应的小区中还可以再利用。

蜂窝通信既能满足大的无线覆盖区和高速移动用户的要求，又能满足高密度、低速移动用户的要求，同时还可满足室内用户的要求，从而使蜂窝通信向个人通信发展。蜂窝概念是由贝尔实验室提出来的。蜂窝移动通信的发展已经历了两代，即所谓第一代的模拟制式和第二代的数字制式。相对来说，模拟系统已经逐渐退出通信的主流。数字蜂窝通信系统的代表有基于 GSM 发展起来的 TDMA 的 DCS-1800 系统，基于 IS-95 标准的 CDMA 的 Q-CDMA 系统等，其中 GSM 系统是当前我国应用最为广泛的一种移动通信系统。

1.4.2 无绳电话系统

简单的无绳电话机是把普通的电话单机分成座机和手机两部分，座机与有线电话网连接，手机与座机之间利用无线方式进行连接，这样携带手机的用户就可以在一定范围内自由活动时进行通话，如图 1-5 所示。因为手机与座机之间不需要用电线连接，故称之为“无绳”电话机。

无绳电话是一种以有线电话网为依托的通信方式，也可以说它是有线电话网的无线延伸。这种通信系统具有发射功率小、省电、设备简单、价格低廉、使用方便等优点，因而发展十分迅速，目前已经形成了多种数字式无绳电话系统。

无绳电话自 20 世纪 70 年代发展至今，经历了 CT0、CT1、CT2、CT3 等几个阶段。由于无绳电话适合于低速移动、高密度用户区使用，且可提供高质量、低成本的个人通信设备，又具有通信终端小，发射功率低，电池使用寿命长等特点，很适合个人通信的需要，故在此基础上相继开发了 DECT、PHS、PACS 等无绳个人通信系统。

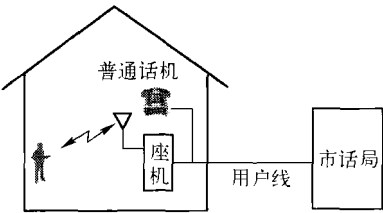


图 1-5 无绳电话系统示意图