

# 移动通信

## 原理与系统

YIDONG TONGXIN  
YUANLI YU XITONG

主编 李翠然 蒋占军 李旭 谢健骊



西南交通大学出版社  
[Http://press.swjtu.edu.cn](http://press.swjtu.edu.cn)

# 移动通信原理与系统

主编 李翠然 蒋占军 李旭 谢健骊

西南交通大学出版社

· 成 都 ·

## 内 容 简 介

本书主要讲授现代移动通信的基本组成、基本原理、基本技术和当前广泛应用的典型移动通信系统。全书共分9章：概述、移动通信组网原理、移动信道中的电波传播、数字移动通信关键技术、GSM/GPRS 数字蜂窝移动通信系统、窄带 CDMA 数字蜂窝移动通信系统、第三代(3G)数字蜂窝移动通信系统、移动数据传输、未来移动通信展望。每章均配有思考练习题，帮助读者巩固所学的知识，启发思路，引导读者深入思考。每章的“小结”部分对该章的内容进行概括。

本书在选材上，参考了最新的相关文献，因而在内容上充分反映了当代移动通信技术的最新进展。本书可以用作高等工科学校通信与电子系统、无线电技术专业的本科生高年级教材，也可用作通信工程技术人员的参考书。

---

### 图书在版编目(CIP)数据

移动通信原理与系统 / 李翠然等主编. —成都:  
西南交通大学出版社, 2010.1  
ISBN 978-7-5643-0542-0

I. ①移… II. ①李… III. ①移动通信—通信系统  
IV. ①TN929.5

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 001746 号

---

### 移动通信原理与系统

责任编辑 高 平  
特邀编辑 张 阅  
封面设计 本格设计

西南交通大学出版社出版发行  
(成都二环路北一段 111 号 邮政编码: 610031 发行部电话: 028-87600564)  
<http://press.swjtu.edu.cn>

成都蓉军广告印务有限责任公司印刷

\*

成品尺寸: 185 mm × 260 mm 印张: 16.25

字数: 423 千字

2010 年 1 月第 1 版 2010 年 1 月第 1 次印刷

ISBN 978-7-5643-0542-0

定价: 28.00 元

图书如有印装问题 本社负责退换  
版权所有 盗版必究 举报电话: 028-87600562

# 前 言

随着社会、经济的发展，移动通信得到了越来越广泛的应用。在我国，第三代的个人通信系统已开始全面部署，同时 3G 和 4G 的试验、研发也已开始。在这种情况下，通信工程等专业的学生和科技人员迫切需要一本涵盖较新内容的移动通信教材。

本书是根据对全国统编“移动通信”教材的基本要求，参考国内外最新的专著、教材和文献资料，以作者多年来为本科生、研究生讲授移动通信的讲稿为基础，经过多次修订后写成的。

全书共分 9 章，主要讲授现代移动通信的基本组成、基本原理、基本技术和典型的移动通信系统。其内容以当前广泛应用的移动通信系统和代表发展趋势的移动通信新技术为背景，力求能反映近年来国内外移动通信的发展状况。前 4 章为移动通信的基础内容。其中，第 1 章全面概述了移动通信的特点、类型、主要技术及发展趋势。第 2 章讲述移动通信组网原理，主要内容包括区域覆盖方式、信道分配策略、干扰和系统容量、多信道共用技术等。第 3 章讨论移动通信的电波传播，讲述了移动信道特征、传播损耗模型计算及相应计算方法。第 4 章对移动通信中的多址、语音编码、信道编码、调制、均衡、交织及分集等关键技术进行了详细讲述。第 5 章介绍了 GSM 系统和 GPRS 系统，包括 GSM 电信业务、GSM 网络结构和接口、GSM 的无线传输和移动性管理、呼叫接续等，同时对 GPRS 系统原理进行了介绍。第 6 章描述了 CDMA 空中接口协议，CDMA 前向、反向信道，CDMA 系统的容量、功率控制、切换，CDMA 分集技术。第 7 章介绍了 3G 移动通信系统及其关键技术，内容涉及 3G 系统的发展和主流标准的制定、系统结构和接口、三种主流标准的无线传输技术、物理层关键技术以及 3G 系统的演进。第 8 章探讨了移动数据传输，分别讲述了 WLAN 和 WiMAX 的技术和应用，并描述了它们的发展趋势。第 9 章对未来移动通信进行了展望。

本书可以用作高等工科大学通信与电子系统、无线电技术专业高年级的教科书，也可作通信工程技术人员的参考书。

本书第 1、2、3 和第 7 章部分章节由李翠然编写；第 4、6、9 章和第 7 章部分章节由蒋占军编写；第 5、8 章和第 7 章部分章节由谢健骊编写。全书由谢健骊、李翠然校稿，李旭审定。

在本书的编写过程中得到了西南交通大学、北京交通大学以及兰州交通大学有关部门的帮助和支持，在此表示由衷的感谢。

鉴于编者水平，难免有不妥之处，欢迎读者指正。

编 者

2009 年 12 月

# 目 录

第 1 章 概 述 .....	1
1.1 移动通信的特点 .....	1
1.2 移动通信的工作方式 .....	2
1.3 移动通信的工作频段 .....	4
1.4 几种典型的移动通信系统 .....	5
1.5 移动通信关键技术 .....	11
1.6 移动通信的发展 .....	14
本章小结 .....	16
思考练习题 .....	16
第 2 章 移动通信组网原理 .....	17
2.1 大区制移动通信网 .....	17
2.2 频率复用和小区制移动通信网 .....	18
2.3 移动通信网的信道分配策略 .....	23
2.4 干扰和系统容量 .....	25
2.5 多信道共用技术 .....	32
2.6 越区切换 .....	37
本章小结 .....	39
思考练习题 .....	39
第 3 章 移动信道中的电波传播 .....	41
3.1 三种基本传输机制 .....	41
3.2 无线电波传播概述 .....	44
3.3 自由空间的无线电传播 .....	44
3.4 阴影衰落 .....	45
3.5 多径衰落 .....	46
3.6 电波传播路径损耗模型 .....	58
本章小结 .....	63
思考练习题 .....	63

<b>第 4 章 数字移动通信关键技术</b> .....	66
4.1 多址接入技术.....	66
4.2 信源编码技术.....	68
4.3 信道编码技术.....	78
4.4 数字调制技术.....	82
4.5 扩频技术.....	90
4.6 时域均衡技术.....	96
4.7 分集技术.....	100
本章小结.....	106
思考练习题.....	107
<b>第 5 章 GSM/GPRS 数字蜂窝移动通信系统</b> .....	109
5.1 引 言.....	109
5.2 GSM 的特点和业务.....	109
5.3 GSM 系统结构与接口.....	111
5.4 GSM 无线接口.....	115
5.5 GSM 语音/数据的无线传输.....	123
5.6 GSM 的移动性管理与呼叫接续.....	125
5.7 GPRS 系统.....	135
本章小结.....	148
思考练习题.....	148
<b>第 6 章 窄带 CDMA 数字蜂窝移动通信系统</b> .....	150
6.1 概 述.....	150
6.2 IS-95 前向信道.....	155
6.3 IS-95 反向信道.....	158
6.4 IS-95 前向链路与反向链路比较.....	160
6.5 IS-95 链路增强技术.....	161
本章小结.....	164
思考练习题.....	165
<b>第 7 章 第三代 (3G) 数字蜂窝移动通信系统</b> .....	166
7.1 概 述.....	166
7.2 WCDMA 系统.....	176
7.3 CDMA2000 系统.....	187
7.4 TD-SCDMA 系统.....	194
7.5 3G 系统的演进.....	203
本章小结.....	205
思考练习题.....	206

---

<b>第 8 章 移动数据传输</b> .....	207
8.1 无线局域网 (WLAN) 技术 .....	207
8.2 无线城域网 (WiMAX) 技术 .....	215
8.3 移动蜂窝网和数据网的融合 .....	220
本章小结 .....	223
思考练习题 .....	223
<b>第 9 章 未来移动通信展望</b> .....	224
9.1 从 3G 到 4G .....	224
9.2 智能天线技术 .....	227
9.3 多输入多输出 (MIMO) 技术 .....	230
9.4 分布式天线系统 .....	235
本章小结 .....	237
思考练习题 .....	237
<b>附录 缩略词</b> .....	238
<b>参考文献</b> .....	250

## 第1章 概述

随着社会的发展，人们对通信的要求也越来越高。人们希望能在任何地方、任何时候与通信的另一方进行信息交流。这里所说的“信息”，不仅指双方的通话，还包括数据、图像、传真等多媒体业务。显然，没有移动通信，这种愿望是无法实现的。

顾名思义，移动通信是指通信双方或至少其中一方在运动状态中进行信息传递的通信方式。移动体与固定点之间、移动体相互之间信息的交换都可以称为移动通信。其中移动体可以是人，也可以是车、船、飞机等处移动状态中的物体，如图 1.1 所示。

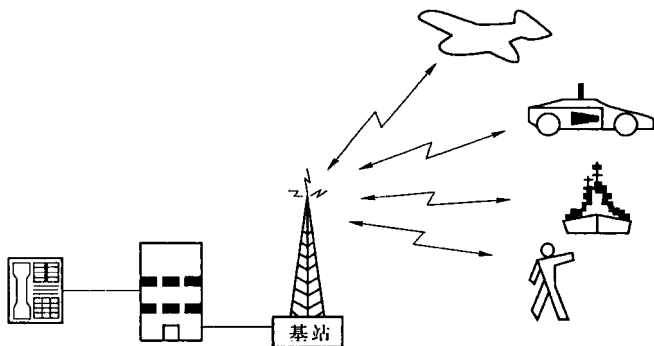


图 1.1 移动通信的概念

由于移动通信能让人们在任何地方、任何时候与通信的另一方进行信息交流，不受时间和空间的限制，交流信息机动灵活、迅速可靠，它被认为是实现理想通信目标的重要手段。现代通信技术的进步和发展基于微电子学的发展，特别是半导体、集成电路和计算机技术等，为通信设备的数字化和小型通信服务的综合化奠定了基础。移动通信、卫星通信和光纤通信一起被列为现代通信领域的三大新兴的通信技术手段。自 20 世纪 80 年代以来，移动通信得到了广泛的应用。

### 1.1 移动通信的特点

与其他通信方式相比，移动通信具有下列特点：

(1) 电波传播环境十分恶劣。移动台经常运动于建筑物和障碍物之间，其接收信号是由直射波、反射波或散射波等多条路径合成的。由于多径传播造成瑞利衰落，使接收场强的振幅和相位快速变化，通常信号电平衰落深度可达 20~40 dB，衰落速率与运动速度和工作频率有关。

(2) 多普勒频移产生调频噪声。由于移动台的运动，接收信号有附加频率变化，即存在多普



勒频移效应。多普勒频移产生的附加调频或寄生调相均为随机变量，会对调频或调相信号带来干扰。在高速移动电话系统中，多普勒频移影响 300 Hz 左右的话音，足以产生令人不舒适的失真。

(3) 受噪声和多种干扰的影响。移动通信网可能受到城市噪声、各种车辆发动机点火噪声和微波炉干扰噪声等的影响。另外，移动通信网是多频道、多无线电台同时工作的通信系统，当移动台工作时，往往受到来自其他电台的干扰，如同频干扰、邻频干扰、互调干扰以及远近效应（近端无用信号压制远处有用信号的现象）等。因此，抗干扰措施在移动通信系统设计中至关重要。

(4) 对设备的要求更为苛刻。一方面要求设备体积小、质量轻、省电、操作简单和携带方便；另一方面由于移动台位置不断变化，接收机和发射机之间的距离不断变化，使得接收电平变化较大，要求接收设备有大的动态范围。

(5) 通信系统复杂。因为移动台可以在整个移动通信区域内自由运动，为了实现可靠而有效的通信，移动通信网必须具备很强的管理和控制功能，如位置登记、越区切换、信道分配、漫游控制以及通信的计费、鉴权等。

(6) 通信容量有限。在移动通信中，用户数和可利用的频道数之间的矛盾特别突出。为此，一方面要开辟和开发新的频段；另一方面，应该采用多种有效利用频率的技术（如窄带化、缩小频带间隔、频道重复利用等）。此外，有限频谱的合理分配和严格管理是有效利用频率资源的前提，这是国际和各国频谱管理机构的重要职责。

## 1.2 移动通信的工作方式

移动通信按照用户的通话状态和频率使用的方法可分为单工制、半双工和双工制。此外，还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；按覆盖范围可分为广域网和局域网；按业务类型可分为电话网、数据网和综合业务网；按服务范围可分为专用网和公用网。

本节主要介绍移动通信的三种工作方式。

### 1. 单工通信

单工通信，是指通信双方设备交替地进行收信和发信。根据通信双方是否使用相同的频率，单工制又分为同频单工和双频单工。

同频单工是指通信双方使用相同的频率  $f_1$  工作，发送时不接收，接收时不发送。平常各接收机处于守候状态，即把天线接至接收机等候被呼。当甲要发话时，它就按下其送受话器的按讲开关 PTT (Push To Talk)，一方面关掉接收机，另一方面将天线接至发射机的输出端，使发射机处于发射状态。这时，乙方则处于接收状态，即可实现由甲至乙的信息传输，如图 1.2 所示。同样，也可实现乙至甲的信息传输。这种工作方式的收发信机是轮流工作的，其优点是：设备简单；收、发天线可以共用，不需要天线共用装置；组网方便，移动台之间可直接通话，不需基站转接；由于不按键时发射机不工作，因而功耗小。其缺点是：只适用于组建甚小容量的通信网，不适宜接入公众网的移动系

统；同频基站间干扰较大；当附近有邻近频率的电台工作时，就会造成强干扰（为了避免干扰，要求相邻频率的间隔很宽，因此频率利用率低）；操作上不方便，往往人为地造成通话断断续续，听不到整句话。

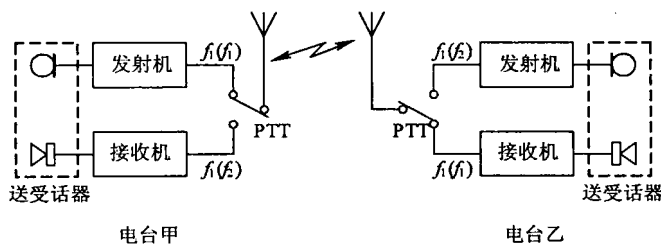


图 1.2 单工通信方式

异频单工通信方式中，收发信机使用两个不同的频率  $f_1$  和  $f_2$  分别进行发送和接收。同一部电台的发射机和接收机还是交替进行工作的，这一点是与同频单工相同的。

## 2. 双工通信

双工制有频分双工（FDD，也称异频双工）和时分双工（TDD，也称同频双工）两种方式。频分双工是指通信双方的收发信机均同时工作，即任一方讲话时，可以听到对方的语音，如图 1.3 所示。频分双工制的优点是：收与发用两个不同的频率（有一定频率间隔要求），可大大提高抗干扰能力；用户使用方便，不需收发控制操作，适合于公网。其缺点是：移动台不能互相直接通话，而要通过基站转接；发射机通常处于连续发射状态，因此功耗大；移动台需要天线共用装置。

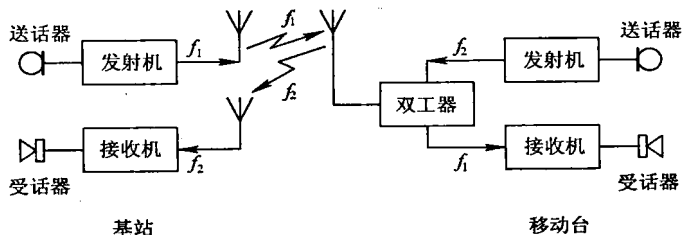


图 1.3 双工通信方式

需要指出的是，在数字移动通信中，有采用时分双工来传输信息的双工通信方式。在这种方式中，收/发双方采用相同的载频，但处于不同的时隙收/发。

## 3. 半双工通信

半双工通信，是指收/发信机分别使用两个不同频率的按键通话方式，如图 1.4 所示。这种方式是基站和移动台分别使用两个频率，基站是双工通话，而移动台为单工的“按讲”方式，因此称为半双工制。其优点是：移动台设备简单，耗电少；受邻近电台干扰小。其缺点是：移动台需要按键发话，操作不方便。半双工通信一般适用于专用移动通信系统。

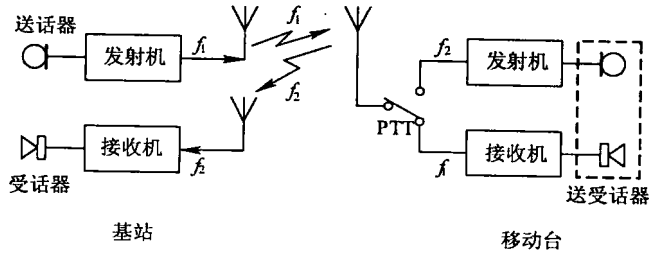


图 1.4 半双工通信方式

### 1.3 移动通信的工作频段

频谱是宝贵的资源，为了有效使用有限的频率，对频率的分配和使用必须服从国际和国内的统一管理，否则就会造成互相干扰或资源浪费。

我国无线电管理委员会关于陆地移动通信使用频段的规定基本与国际上的规定一致，其国际上分配 900 MHz 频段为固定、移动、广播和无线电定位业务使用，我国将 900 MHz 频段中的 806~821 MHz 和 851~866 MHz 分配给集群移动通信；825~845 MHz 和 870~890 MHz 分配给部队使用；大容量公用陆地移动通信的频段为 890~915 MHz 和 935~960 MHz。

原邮电部根据国家无线电管理委员会规定的频段于 1992 年 10 月，在《移动电话网络技术制》中规定取 160 MHz 频段、450 MHz 频段、900 MHz 频段作为移动通信工作频段：

160 MHz 频段：	138~149.9 MHz
	150.05~167 MHz
450 MHz 频段：	403~420 MHz
	450~470 MHz
900 MHz 频段：	890~915 MHz (移动台发，基站收)
	935~960 MHz (基站发，移动台收)

可见，早期的移动通信主要使用甚高频 (VHF) 频段 (30~300 MHz) 和特高频 (UHF) 频段 (300~3 000 MHz)。现在的移动通信使用特高频 (UHF) 频段 (300~3 000 MHz) 和超高频 (SHF) 频段 (3~30 GHz) 的范围。

目前的 2G 蜂窝移动通信系统均使用 800 MHz 频段 (IS-95 CDMA)、900 MHz 频段 (AMPS、TACS、GSM)、1 800 MHz 频段 (GSM1800, 该频段用于微蜂窝系统)。

第三代移动通信系统 (3G) 主要工作在 2 000 MHz 频段上，世界各国和地区对其频率分配的方式各不相同。

#### 1. 国际电联 ITU

(1) 1992 年，世界无线电管理委员会 (WARC) 划分给未来公共陆地移动通信系统 (FPLMTS)，即 IMT-2000 的频率范围是 1 885~2 025 MHz 和 2 110~2 200 MHz。其中，1 980~2 010 MHz (地对空) 和 2 170~2 200 MHz (空对地) 频段用于卫星移动业务 (MSS)。

(2) 在世界无线电会议 95 (WRC95) 上, 又确定了 2005 年以后的 MSS 划分范围是 1 980~2 025 MHz 和 2 160~2 200 MHz。

(3) 2000 年国际电联代表在土耳其的伊斯坦布尔召开的世界无线电会议 (WRC) 上, 规定了 3 个新的全球频段, 这标志着建立全球无线系统新时代的开始。这些频段是 805~960 MHz, 1 710~1 885 MHz 和 2 500~2 690 MHz。

## 2. 欧洲

欧洲于 1987 年正式提出了通用移动通信系统 (UMTS) 的概念。UMTS 的目标是提供宽带多媒体业务, 业务速率达 2 Mb/s。UMTS 面对第三代移动通信的频率规划为 1 900~2 025 MHz 和 2 110~2 200 MHz; 陆地业务频段为 1 900~1 980 MHz、2 110~2 170 MHz 和 2 010~2 025 MHz; 卫星移动通信业务频段为 1 980~2 010 MHz 和 2 170~2 200 MHz。在陆地业务频段中, 1 900~1 920 MHz 为单向链路或者 TDD 技术; 1 920~1 980 MHz 为 FDD 上行; 2 110~2 170 MHz 为 FDD 下行。

## 3. 日本

日本的第二代移动通信系统制式没有与国际标准统一, 但其在第三代移动通信的研究方面已明确指出, 要与国际电联的要求相一致。它们的频率划分基本与欧洲 UMTS 的划分相同。其频率划分范围是 1 918~2 010 MHz 和 2 110~2 200 MHz, 其中 1 895~1 918 MHz 划分给了个人便携电话系统 (PHS)。

## 4. 美国

美国个人通信系统 (PCS) 的频率划分范围是 1 850~1 990 MHz, 共 140 MHz。该频段按主要贸易区 (MTA) 和基本贸易区 (BTA) 进一步划分为 6 个执照频段和 1 个非执照频段。其中主贸易区、基本贸易区和无执照频段均采用 FDD 方式, 分别占 90 MHz 频段、30 MHz 频段和 20 MHz 频段。

## 5. 中国

2009 年 1 月 20 日, 继工业和信息化部向国内三大电信运营商发放 3G 牌照后, 3G (第三代移动通信标准) 频段正式分配, 三大运营商分别获得了相应的 3G 频段。其中中国电信获得的频段是 1 920~1 935 MHz 和 2 110~2 125 MHz; 中国移动获得的频段是 1 880~1 900 MHz 和 2 010~2 025 MHz; 中国联通获得的频段是 1 940~1 955 MHz 和 2 130~2 145 MHz。

# 1.4 几种典型的移动通信系统

移动通信系统是移动体之间以及固定用户与移动体之间, 能够建立许多信息传输通道的通信系统。

大多数人对日常生活中使用的移动通信系统都很熟悉, 车库门开启遥控器、家庭娱乐设备遥

控器、无绳电话、手持对讲机、寻呼机和蜂窝电话等都是无线通信系统的例子。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。下面将分别简述几种典型的移动通信系统。

### 1.4.1 无线电寻呼系统

无线电寻呼系统是一种单向通信系统，它用来给用户发送简短消息。根据不同的服务种类，消息可以是数字、字母或声音，也可以发送标题新闻、股票行情和传真。无线电寻呼系统既可作公用也可作专用，仅规模大小有差异而已。公用寻呼系统由无线寻呼控制中心、寻呼发射台及寻呼接收机组成。专用寻呼系统由用户交换机、寻呼控制中心、发射台及寻呼接收机组成。

无线电寻呼系统的组成如图 1.5 所示。其中，寻呼控制中心与市话网相连，市话用户要呼叫某一“寻呼机”用户时，可拨寻呼中心的专用号码，寻呼中心的话务员记录所要寻找的用户号码及要代传的消息，并自动地在无线信道上发出呼叫；这时，被呼用户的寻呼接收机会发出呼叫声，并能在液晶屏上显示主呼用户的电话号码及简要消息。不同寻呼系统的复杂性和覆盖区域有很大的不同。简单的寻呼系统只能覆盖 2~5 km 的范围，而大范围寻呼系统能覆盖全球。

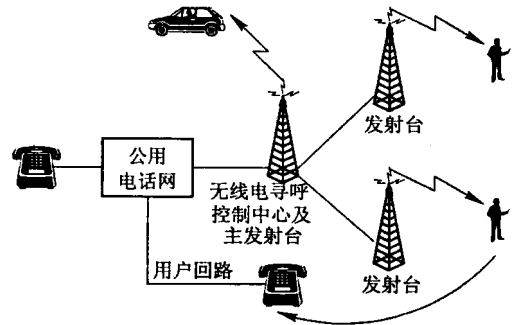


图 1.5 无线电寻呼系统

### 1.4.2 无绳电话系统

初期的无绳电话十分简单，只是把普通的电话单机分成座机和手持机两部分，座机通过电话线与公用电话交换网相连，手持机与座机之间用无线电连接，如图 1.6 所示。第一代模拟无绳电话系统是在 20 世纪 70 年代后期引入市场的，因它能在一定范围内自由移动通话，且技术简单、安装方便、成本低，受到人们的普遍欢迎。但由于模拟无绳电话存在着一些固有缺陷，如频率利用率低、容量小、服务范围不大（仅限于室内，并且只能达到几十米远）、相互干扰严重、音质差、难于保密、不易进行数据通信等。因此，人们开始进行数字无绳电话的开发研究。

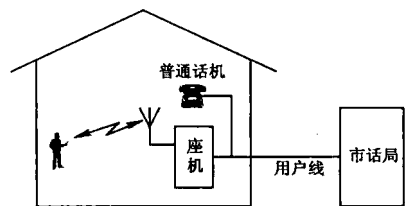


图 1.6 无绳电话系统示意图

1987 年，英国首先推出一种数字无绳电话 CT2，它标志着无绳电话开始从模拟制式向数字制式过渡。其后，世界上许多国家纷纷进行数字无绳电话的开发。1992 年，欧洲电信标准协会 (ETSI) 推出了数字无绳电话系统 DECT 标准；1993 年底，日本颁布了 PHS 标准；1994 年，美国推出了个人接入通信系统 (PACS) 标准。

第二代数字无绳电话允许用户在如市中心这样的许多室外场所使用。例如，在办公楼、居民楼群之间、火车站、机场、繁华街道、商业中心及交通要道设立电信点 (Telepoint) (类似蜂窝系统的基站)，此基站与有线电话网连接，形成一种微蜂窝或微微蜂窝网，无绳电话用户只要看到这

种基站的标志,就可使用手持机呼叫,这就是所谓的公用无绳电话,典型的第二代无绳电话基站能覆盖几百米的范围。

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。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,目前数字式无绳电话系统(低功率无线系统)在我国得到了广泛的应用(我国使用的标准是 PHS)。公用无绳电话系统的功能完全类似于蜂窝移动通信系统,不仅具有固定电话的功能,而且可以在低速移动环境下具有越区切换功能。

### 1.4.3 集群移动通信系统

集群移动通信系统属调度性专用通信网,广泛用于企业、车站、码头、机场等。“集群”是英文“Trunking”或“Trunked”的意译。它是共享资源、分担费用、共享信道设备及服务的多用途、高性能的无线调度系统。

集群移动通信系统主要由移动台(车载台和手机)、调度台(或指令台)、基站转发器、系统管理终端以及有关的控制部分等组成,如图 1.7 所示。

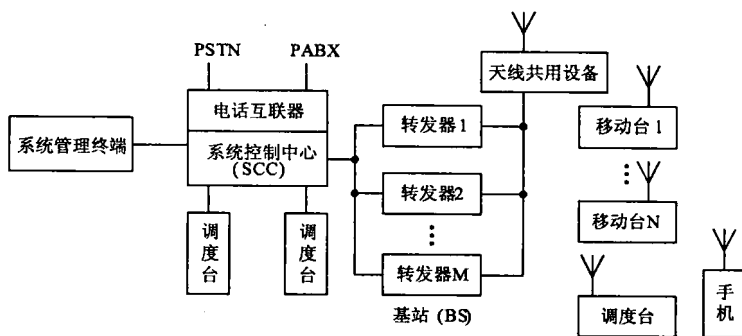


图 1.7 集群移动通信系统示意图

集群系统中,当用户开机要求通话时,中心控制台按动态信道指派的方式将系统内的空闲信道分配给要求通信的用户。若要求无线对无线的连接,则基站起到多信道转发器作用;若要求无线转有线,则需经过一个交换矩阵将有线线路与无线信道连接起来。通信完毕后,此信道又被系统收回。这样每个用户都可以使用系统全部的通信信道,大大提高了频率的利用率。通话全过程由计算机控制,使网络的功能容易根据实际情况调整,更好地为用户服务,因而该系统具有实用性。

集群系统属于专用调度移动通信,它的工作方式为半双工(或异频单工)、大区制,可以覆盖较大范围,一般半径为 30~40 km。但现在使用单位较多,已不限于做调度性质的用途了。一般还要求它能与市话网互联,有的还要求双工工作,或扩大覆盖范围,多个小区工作等。

### 1.4.4 蜂窝移动通信系统

蜂窝式公用陆地移动通信系统是一种全自动拨号、全双工的通信系统。蜂窝系统能在有限的频带范围内容纳大量用户。获得高容量的原因,是由于它将每个基站发射站的范围限制到称为“小

区 (cell)”的小块地理区域。这样，相距不远的另一个基站里可以重复使用系统中相同的无线信道。一种被称为“切换”(handoff)的技术，确保了当移动用户从一个小区移动到另一个小区时不会中断通话。

图 1.8 给出了典型的蜂窝移动通信系统结构图。移动通信无线服务区由许多正六边形小区覆盖而成，呈蜂窝状，通过接口与公众通信网 (PSTN、PSDN) 互联。移动通信系统包括移动交换子系统 (SS) 或称网络交换子系统 (NSS)、基站子系统 (BSS)、移动台 (MS) 和操作维护管理子系统 (OMS 或 OSS)，是一个完整的信息传输实体。

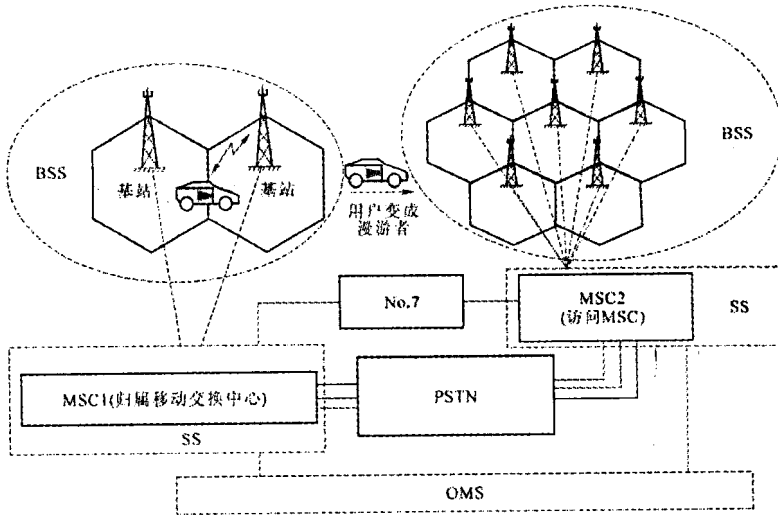


图 1.8 蜂窝移动通信系统的基本结构

移动交换子系统 (SS) 是移动通信系统的控制交换中心，又是与公众通信网的接口。其主要功能包括：对呼叫的建立、保持和清除进行控制以及移动性管理和安全性管理等。它由很多功能实体构成，各功能实体间的信令传输都符合国际电话与电报顾问委员会 (CCITT) No.7 信令系统协议。基站子系统 (BSS) 通过无线接口与移动台相连，负责无线传输及无线资源管理。另一方面，基站子系统与移动交换子系统 (SS) 中的移动交换中心 (MSC) 相连，实现移动用户和固定网之间的通信连接。移动台 (MS) 是移动通信网中用户使用的设备。它实际上是由移动终端设备和用户数据两部分组成的，移动终端设备称为移动设备；用户数据存放在一个与移动设备可分离的数据模块中，此数据模块称为用户识别卡 (SIM)。移动台通过无线接口接入移动通信网，即具有无线传输与处理功能。操作维护管理子系统 (OMS) 负责对全网进行操作与维护。

每个移动用户通过无线链路和某一个基站通信，在通话过程中，可能会切换到其他任何一个基站；基站将小区中所有用户通过有线或微波线路连接到 MSC；MSC 协调所有基站的操作，并将整个蜂窝系统连到 PSTN 上。

### 1.4.5 卫星移动通信系统

卫星通信主要用于海上、空中和地形复杂而人口稀少的地区。卫星通信是利用人造地球卫星作为中继站转发无线电波，在两个或多个地球站之间进行的通信。图 1.9 示出了卫星移动通信系

统的基本结构，它一般包括空间段、地面段和控制段三部分。

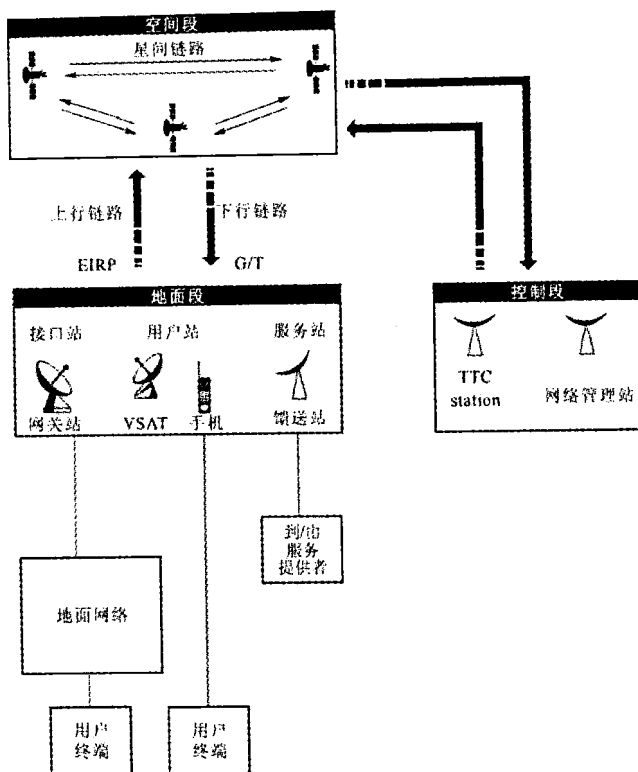


图 1.9 卫星通信系统的基本结构

空间段主要包含空中的一颗或几颗卫星，在空中对发来的信号起中继放大和转发作用。现代卫星通信广泛采用频率复用技术，以增加转发器数目，节约宝贵的频率资源。地面段由多个业务地球站组成，与地球站的服务类型相关，这些站的大小很不一样，天线直径从几十米到几十厘米。

- ① 用户站。如手机、便携设备、移动站和 VSAT 等，可以将用户直接连接到空间段。
- ② 接口站。又称关口站，它将空间段与地面网络互连。
- ③ 服务站（如枢纽站）。它通过空间段，从用户处收集或向用户分发信息。

控制段由所有地面控制和管理设施组成，它既包括用于监测和控制（跟踪、遥测和指令系统）这些卫星的地球站，又包括用于业务和星上资源管理的地球站。

不同的卫星移动通信系统其地球轨道有可能不同。卫星轨道可以分为地球同步轨道（GEO，高度约为 35 800 km）和非地球同步轨道（NGEO，即中、低轨道。低轨道高度为 700~1 500 km，中轨道高度约 10 000 km 左右）两类。为了使地面用户只借手机便可实现卫星移动通信，许多人都把注意力集中于中、低轨道卫星移动通信系统，因为中、低轨道卫星可以较好地实现全球覆盖，时延较小，同时可以使用小口径的天线，减小波束的投射范围，从而获得更好的全球频率再用系数。一般来说，卫星轨道越高，所需的卫星数目越少；卫星轨道越低，所需的卫星数目越多。

目前提出的各种实现卫星移动通信的系统以美国的中低轨道卫星移动通信系统最具代表性，如低轨道铱（Iridium）系统，它采用 8 轨道 66 颗星的星状星座，卫星高度为 765 km；另外还有全球星（Global star）系统，它采用 8 轨道 48 颗星的莱克尔星座，卫星高度约 1 400 km；奥德赛（Odyssey）系统，采用 3 轨道 12 颗星的莱克尔星座，中轨高度为 10 000 km；白羊（Aries）系统，



采用 4 轨道 48 颗星的星状星座，高度约 1 000 km 等。

卫星通信与其他通信手段相比，主要优点是：① 通信距离远，且费用和通信距离无关。② 工作频段宽，通信容量大，适用于多种业务传输。③ 通信线路稳定可靠，通信质量高。④ 以广播方式工作，具有大面积覆盖能力，可以实现多址通信和信道的按需分配，因而通信灵活机动。⑤ 可以自发自收进行监测。然而，它仍面临如下技术问题：① 需要先进的空间和电子技术。② 要解决信号传播时延带来的影响。③ 要圆满实现多址连接；要保证卫星能高度稳定、可靠地工作。

卫星通信的主要应用领域包括：① 国际和国内长途电话。面临海底光缆的激烈竞争，提供备份业务或传送峰值业务。② 无线电和电视广播。向广阔地区提供直播到家的语音和电视广播。③ 海上、地面和空中的移动通信。卫星通信可以提供全球覆盖的移动通信业务，对边远地区的用户和旅游者最具吸引力。④ Internet 业务。对终端用户，可以下载节目；对 Internet 业务提供商，可以利用卫星将节目送到 Internet 骨干网上，如校校通工程中农村地区学校的联网。⑤ 用于固定通信网络。如 VSAT 卫星网络、未来的多媒体通信和宽带广域网。

#### 1.4.6 无线局域网 (WLAN)

无线局域网是计算机间的无线通信网络，如图 1.10 所示。无线局域网主要适用于不需布线、快速组网、移动范围有限的无线数据通信场合，如机场、宾馆、酒店、会展、校园（通常把这些地方称为“热点”）等。

最早的无线局域网是 1971 年在夏威夷大学投入运行的 AlohaNet 系统。AlohaNet 使分散在 4 个岛上的 7 个校区里的计算机利用无线的方式和主校区的中心计算机通信。1985 年，美国联邦通信委员会 (FCC) 授权普通用户可以使用工业、科学及医学 (ISM) 频段，从而把无线局域网推向商业化发展。1997 年，IEEE 802.11 无线局域网标准制定完成。1998 年各供应商推出了大量基于 IEEE 802.11 标准的无线网卡和访问节点。20 世纪 90 年代中期，欧洲出现了高性能无线局域网 (HIPERLAN) 标准，它致力于提供与 IEEE 802.11 相似的能力。与此同时，欧洲、北美和日本的标准组织开始协调频谱分配和终端用户的数据速率。随着无线数据速率的提高，全球标准开始融合，WLAN 的新应用不断出现。

历经十几年的发展，IEEE 802.11 家族已经从最初的 IEEE 802.11 发展到了目前 IEEE 802.11a、IEEE 802.11b、……、IEEE 802.11n 等，目前无线局域网已在各个行业得到了广泛应用，且增长迅速。

#### 1.4.7 无线个域网 (WPAN)

在过去的 20 年内，无线技术产生了革命性的飞跃，用户对于“将有线变为移动”有着巨大

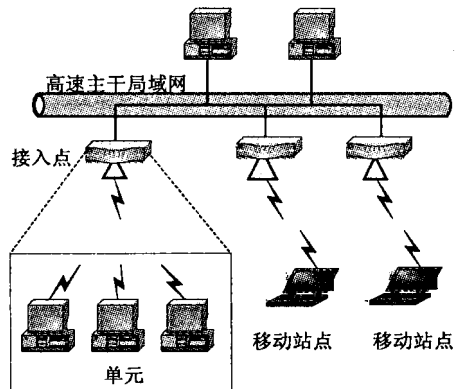


图 1.10 无线局域网结构示意图