

# 第 1 章 移动通信概述

## 学习重点和要求

本章主要介绍移动通信原理及其应用的基本概念，内容包括移动通信的特点及其工作频段，移动通信的发展历程及发展趋势；介绍移动通信的基本技术：信源编码、信道编码和调制。重点介绍移动通信蜂窝组网的原理及其网络结构，包括多址接入技术、频率复用和蜂窝小区、多信道共用技术、网络结构和控制。要求：

- 掌握移动通信的概念及其特点；
- 了解移动通信的应用系统；
- 了解蜂窝移动通信的发展历程及发展趋势；
- 理解移动通信的基本技术；
- 掌握移动通信的组网技术。

## 1.1 移动通信特点

无线通信(Wireless Communication)是利用电磁波信号可以在自由空间中传播的特性进行信息交换的一种通信方式，最早的无线通信出现在前工业化时期。1865年麦克斯韦提出了麦克斯韦方程组的电磁理论；1888年赫兹用实验证实了电磁波的存在；直到1901年12月，马可尼在加拿大纽芬兰市的圣约翰斯港通过风筝牵引的天线，成功地接收到普耳杜电台发来的电报，完成了自英国到加拿大，横越大西洋的无线电通信实验。马可尼的成功在世界各地引起巨大的轰动，并推动无线电通信走向了全面实用的阶段。信息通信领域中，近些年发展最快、应用最广的就是无线通信技术，而在移动中实现的无线通信就称为移动通信。

具体而言，移动通信就是指通信双方至少有一方是处于运动中进行信息交换的通信方式。对于移动性的认识主要体现在以下两个方面。

- 终端移动性：网络接通的是某个终端设备，然后再找到所要通话者；
- 个人移动性：用户与设备终端分离，引出了个人移动性的概念，网络接通的是个人而不是单纯意义上的终端。

移动通信与固定通信相比，具有下列主要特点：

(1) 移动通信的传输信道必须使用无线电波传输

这种传播媒质允许通信中的用户可以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要受到诸多因素的影响。

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损耗，并且会受到地形、地物的遮蔽而发生“阴影效应”；而且信号经过多点反射，会从多条路径到达接收地点，这种多径信号的幅度、相位和到达时间都不一样，它们相互叠加会产生“多径效应”，导致电平衰落和时延扩展。图 1-1 为电波的多径传播示意图。

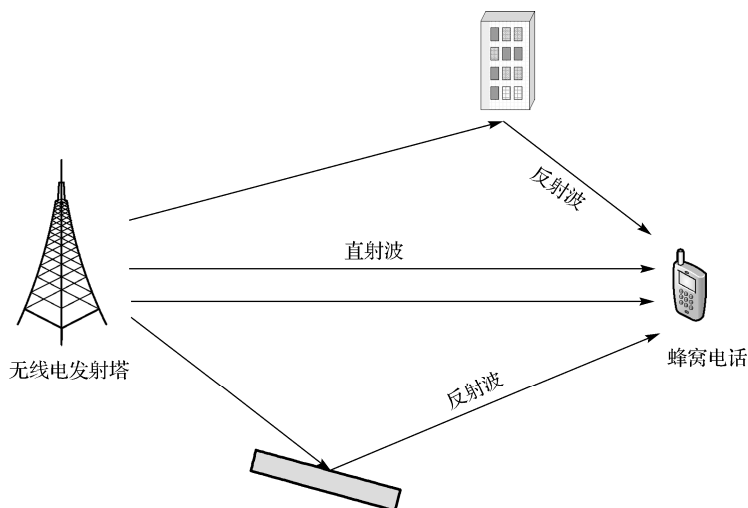


图 1-1 电波的多径传播

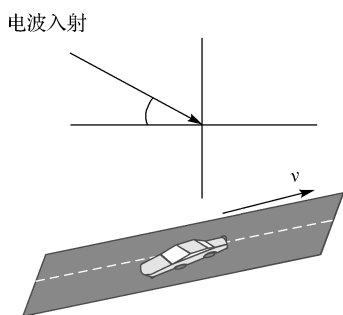


图 1-2 多普勒频移效应

移动通信常常在快速移动中进行,这不仅会引起多普勒频移,产生随机调频,而且会使得电波传输特性发生快速的随机起伏,严重影响通信质量。故移动通信系统需根据移动信道的特性,进行合理的设计。多普勒频移效应如图 1-2 所示。

#### (2) 移动通信是在复杂的干扰环境中运行的

移动通信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,在系统和系统之间还会产生干扰。因为在移动通信系统中,除了基站有多部收发信机在同一地点工作外,常常还有多个用户终端在同一地点工作,这些移动终端之间会产生干扰。归纳起来主要干扰有邻道干扰、互调干扰、同频道干扰、多址干扰,以及近地无用的强信号压制远端有用的弱信号的现象,即“远近效应”等。因此,在移动通信系统中,如何对抗和减少这些有害干扰的影响是至关重要的。为此,发展了一系列新技术,如扩频技术、信道编码与交织技术、信道均衡技术、分集技术、锁相技术、信道估计技术、信号检测技术和智能天线技术等来对抗干扰。

#### (3) 移动通信业务量的需求与日俱增,而频率资源非常有限

一般认为,无线电波的频率是相当宽而用不完的,但实际上移动通信的频率资源非常有限。首先,移动通信业务一般只能工作在 3GHz 以下的频段,即使在这些频段内,也有广播、电视、导航、定位、军事、科学实验室、医疗卫生等业务占用了大部分频率资源;其次,爱立信公司最新发布的《移动市场报告》显示,2015 年的全球移动用户数将超过世界人口总数,并且每年还在高速增长;再次,人们对移动通信的业务需求越来越多样和丰富,已不满足于简单的语音和短信,移动通信业务还在向高速数据传输、多媒体业务等发展,而这些高速数据传输、多媒体业务将需要比语音业务大得多的带宽。为了解决这一矛盾,除了开辟新的频段、缩小频道间隔之外,研究各种有效利用频率技术和新的体制是移动通信面临的重要课题。

#### (4) 移动通信系统的网络结构和管理多样灵活

整个移动通信系统的网络结构复杂多样,组网方式分为小容量大区制和大容量小区制两大

类；网络要实现无缝覆盖，还要实现与其他网络（市话网、卫星通信网、数据网）的互联互通。为此，移动通信网络必须具有很强的管理和控制功能，诸如用户的位置登记和定位，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、安全和保密等。在蜂窝移动通信网中，由若干小区组成一个区群，每个小区均设基站，区群内的用户使用不同信道，移动台从一个小区进入另一个小区时，需进行频道切换。此外，移动台从一个蜂窝网业务区进入另一个蜂窝网业务区时，被访蜂窝网也能为外来用户提供服务，这种过程称为漫游。

（5）移动通信终端必须适合在移动环境中满足多种应用要求

一般移动通信终端长期处于不固定位置状态，这就要求移动台具有很强的适应能力。此外，还要求移动台性能稳定可靠、携带方便、设备体积小、重量轻和省电等。同时尽量使用户操作方便，适应新业务、新技术的发展，以满足不同人群的使用。目前常用的手机操作系统有 Windows mobile（微软 Windows 操作系统的手机版本）、iPhone OS（苹果开发的 iPhone 手机操作系统 iOS）、Symbian（诺基亚手机使用的操作系统）、Android（Google 开发的手机开源操作系统）等。

（6）移动通信传输效果涉及的因素众多

移动通信传输质量的好坏不仅受传输和应用环境的影响，还与移动通信系统所采用的传输频段、工作方式、多址技术、组网方式等有密切关系。

## 1.2 常用移动通信系统

实现移动通信功能的通信系统就是移动通信系统，移动通信应用于不同场合时，系统的类型也不同。已经发展成熟的常用移动通信系统有如下几类。

### 1. 蜂窝移动通信系统

早期的移动通信系统采用大区制，即在其覆盖区域中心采用高架天线、设置大功率基站，将信号发送到覆盖半径为 30km~50km 的地区，但是这种大区制的系统容量小。20 世纪 70 年代中期，随着民用移动通信用户数量的增加，业务范围的扩大，有限的频谱供给与可用频道数要求递增之间的矛盾日益尖锐。为了更有效地利用有限的频谱资源，美国贝尔实验室将频率再用技术应用在移动通信中，提出了在移动通信发展史上具有里程碑意义的小区制、蜂窝组网的理论，它为蜂窝移动通信系统在全球的广泛应用开辟了道路。

蜂窝移动通信的发展已经经历了四代，目前是移动通信中最大和最主要的网络系统。世界各国都建立了蜂窝移动通信，实现不同容量、质量、数据速率和业务的移动通信，并实现跨区、跨国乃至全球的漫游业务和网络管理。

20 世纪 80 年代，在美国和中国等国家和地区使用先进移动系统（AMPS），在欧洲和中国等国家和地区使用全接入通信系统（TACS）和扩展式全接入通信系统（ETACS）等 FDMA 模拟蜂窝移动通信网络系统。

20 世纪 90 年代，主要在欧洲各国和我国等国家和地区使用全球移动通信系统（GSM）等 TDMA/FDMA 数字蜂窝移动通信网络系统。

20 世纪 90 年代，主要在美国、韩国和我国等国家和地区使用窄带 CDMA 数字蜂窝移动通信网络系统。

尽管基于话音业务的 2G 系统，如 GSM 和窄带 CDMA 数字蜂窝移动通信系统已经足以满足人们对话音移动通信的要求，但是随着人们对数据通信业务的需求日益增高，特别是 Internet 的发展大大推动了对数据业务的需求。在不改变 2G 系统的条件下，适当增加一些网络和适合数据业务的协议，使系统升级为 2.5G 可以较高效率地传送数据业务。但是 2.5G 系统没有从根本上解决无线信道传输速率低的问题，采用 3G 技术标准（cdma2000、WCDMA 和 TD-SCDMA）的 3G 才能基本满足人们对快速传输数据业务的需求，并且进一步向更高速率的 E3G/4G 演进。共演进线路如图 1-3 所示。

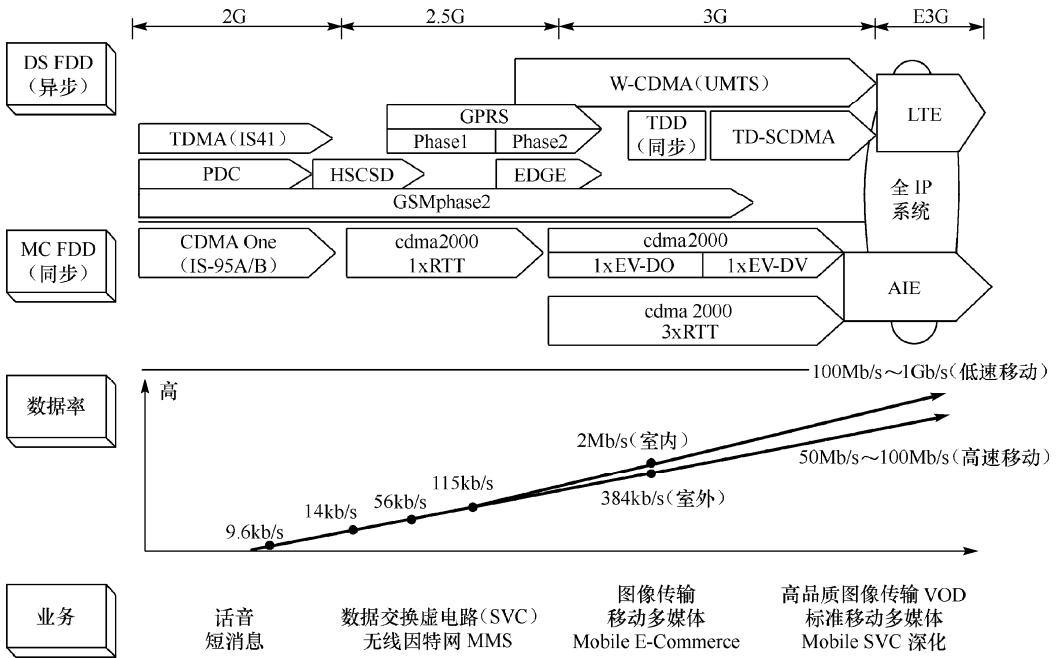


图 1-3 2G/3G 的演进线路

## 2. 无线市话系统

无线市话系统采用先进的微蜂窝技术（通信距离一般在几百米范围内）将用户端（即无线市话手机）以无线的方式接入本地电话网，使传统意义上的固定电话不再固定在某个位置。无线市话采用先进的数字技术，能提供高质量的传输和通话音质，保密性能好，安全可靠。其次，无线市话业务处理能力强，系统完全建成后，能提供固定电话所具有的各种功能。另外，无线市话能支持一定速率的数据传输业务，且充分利用了现有固定电话网资源，无需重复投资建网。商用的无线市话系统有：日本邮政部的个人便携电话系统 PHS；中国电信和中国网通的个人接入系统 PAS（即“小灵通”系统）；欧洲推出的泛欧数字无绳电话系统（DECT）。

## 3. 集群移动通信系统

集群移动通信是 20 世纪 70 年代发展起来的一种较经济、较灵活的移动通信系统，集群通信是指系统可用信道可为系统中全体用户共用，具有自动选择信道功能，资源共享、费用分担、信道设备共用的多用途、高效能的无线调度通信系统。集群通信经历了从简单

对讲系统到单基站小系统，再到大容量多区域系统的发展历程，后来经历了从模拟集群到数字集群的飞跃。

集群通信系统从运营方式上可分为专用集群系统和共用集群系统。专用集群系统是仅供某个行业或某个部门内部使用的无线调度指挥通信系统，系统的投资、建设、运营维护等均由行业或部门内部承担，早期的集群系统大多属于这一类型。共用集群系统是指物理网络由专业的电信运营企业负责投资、建设和运营维护，供社会各个有需求的行业、部门或单位共同使用的集群通信系统，它具有资源利用率高、单位成本低廉、网络覆盖和运营质量好、可持续发展能力强、用户业务可自行管理等诸多优点，是集群通信运营体制的发展方向。

例如，美国 Motorola 公司的数字集群通信系统，在中国的一些政府部门、公安部门、企业部门和交通部门等得到了应用。在交通方面，北京轻轨、天津轻轨、广州地铁、天津地铁、上海地铁、新长铁路和九广铁路都使用了这个系统。中国铁通公司已在沈阳、长春和重庆三个城市建成“一讯通”数字集群商用试验网络，拟在全国建立以电话和数据传输为主的，生产调度用的公用调度集群网。中国 1993 年 8 月宣布开放 800MHz 集群移动电话经营业务。我国 800MHz 集群业务频段为 806~821MHz 和 851~866MHz，共 600 个无线信道。

#### 4. 卫星移动通信系统

卫星移动通信通过在空中的卫星的通信转发器来接收和放大陆海空用户发来的信号（上行链路），并以其他频率转发出去，为陆海空用户接收信号提供无线通路（下行链路），从而实现陆海空的固定和移动用户间的通信。它一般包括三部分：通信卫星，由一颗或多颗卫星组成；地面站，包括系统控制中心和若干个信关站（即把公共电话交换网和移动用户连接起来的中转站）；移动用户通信终端，包括车载、舰载、机载终端和手持机。卫星移动通信系统可利用地球静止轨道卫星或中、低轨道卫星作为中继站，实现区域乃至全球范围的移动通信，所以具有不受陆海空位置条件限制、受地物影响很小、频率资源充足、通信容量大、覆盖面积广的特点，适合洲际越洋、军事、应急、干线和多媒体通信。卫星移动通信系统分为如下几种。

##### （1）同步轨道卫星移动通信系统

同步轨道即高轨道（HEO）卫星移动通信系统，又称为静止轨道（GEO）卫星移动通信系统，通常轨道高度距地面 36000km，其频段大多数使用 6/4GHz，上行链路用 5.925~6.425GHz，下行线路用 3.7~4.2GHz，由于通信卫星的业务量日益拥挤，又开发使用了 14/11GHz 频段。通过在高地球轨道上安排 3 颗相隔 120° 和地球同步旋转的通信卫星，就可实现除两极以外的全球覆盖。同步轨道卫星移动系统的优点是与地球同步，少量卫星即可实现全球覆盖又可实现区域覆盖；其缺点是由于轨道高、上下行传输路径长会造成信号衰减和时延很大，同时制造和运行成本也比较高。同步轨道卫星移动通信系统主要用于陆海空的移动交通工具的通信，目前使用的系统主要有：国际卫星移动组织的 INMARSAT 系统，澳大利亚的 MSAT 系统、北美的 MSS 系统和亚太地区的 APMT 系统，其中 INMARSAT、MSAT 和 MSS 系统都不支持手机工作，而 APMT 系统能支持手机工作。目前，同步轨道卫星通信系统主要用于 VSAT 系统、电视信号转发等，较少用于个人通信。

##### （2）中轨道卫星移动通信系统

中轨道（MEO）卫星移动通信的轨道高度距地约为 10000 km 左右，典型的系统是奥

德赛(Odysesy)系统和圆轨道(ICO)系统。

Odysesy 系统由美国和加拿大 Teleglobe 提出,该系统与陆地移动网和公共网络相结合,为用户提供话音,数据和传真服务。系统采用 12 颗卫星均匀分布在三个轨道平面上,整个星座可覆盖全球。移动频段为 1600/2500MHz,地面频段为 Ka 波段,2300 通道/卫星。地面段系统由分布在全球的 7 个地面站和广域通信互连网组成。系统采用中轨设计方案,卫星可视仰角高,可保证通信链路不受高山、建筑、树木等阻挡而中断。

ICO 系统由 INMARSAT 提出,该系统和 Odysesy 系统相似,同样采用中轨道方案。ICO 系统由位于两个平面上的距地球一万多千米的 10 颗卫星加 2 颗备用星组成全球覆盖。通过地面 12 个卫星接续枢纽站(SAN),经过转接口设备与公众网(如电话网、数据网及公众移动网)相连,提供电话、三类传真及 2.4kb/s 数据业务。移动系统频段为 2000/2200MHz,地面频段为 C/Ka 波段,每颗卫星的通道数为 4500。系统与陆地通信网的结合可为用户提供数字话音、报文传送、寻呼以及传真和数据通信业务。ICO 系统的手机类似 GSM 手机,能双模工作:一种在卫星移动系统下工作,一种在地面公众移动网中工作;这样可以使用户很方便地随时转换制式,从而更经济有效地使用。

### (3) 低轨道卫星移动通信系统

低轨道(LEO)卫星移动通信系统的轨道高度在 500~2000km,由十几颗至几十颗小型卫星组成,分若干个轨道,每个轨道上有若干颗卫星,绕地球在经度上距离相等的若干个轨道面旋转,作为移动通信中继站,对地面形成无线蜂窝覆盖,把整个地球表面都覆盖在内,可提供电话、传真、数据、寻呼及无线电定位等业务。

卫星移动通信系统主要用于支持位于地面移动通信网服务区以外的移动通信业务。还用来为地面通信网未能覆盖的农村和边远地区提供基本的通信业务,这些业务都是语言和低速数据的业务,为此要求地面终端轻便和低成本。

由于低轨道的高度较低,信号衰减和时延很小,对终端等效全向辐射功率和接收机品质因数要求较低,使用户终端变得轻便并降低了成本,还能获得最有效的频率复用,卫星的研制周期短,费用低,能一箭多星发射,实现全球覆盖,这些都是低轨道卫星移动通信系统的优点。

卫星绕地球一周约需 2h,形成的覆盖小区中地区表面移动很快。当小区移过移动用户时,也有“越区切换”问题,不同的是陆地蜂窝式移动通信系统是移动用户移动通过固定的小区,而低轨道卫星移动通信系统是快速移动的小区通过较慢速移动的用户。在低轨道上运行的卫星,由于距离地面高度变化,每颗卫星的覆盖面积也变化,从而造成有些区域出现盲区或发生重叠。低轨系统通常是只对全球或某一维度范围内地区的连续覆盖,需要卫星数目较多,空间段投资大。低轨系统很难用于仅对某个国家的区域性服务系统,这些是低轨系统的缺点。

中、低轨系统在卫星移动通信的发展过程中已成为主流,如表 1-1 所示。

表 1-1 中、低轨卫星移动通信系统实例

系统名称	轨道高度 (km)	卫星数目	服务日起	主要公司
铱 (Iridium)	765	66	1998 年	Motorola
全球星 (Globalsat)	1389	48	1998 年	Qualcomm
轨道通信 (Orbcomm)	785	28	1998 年	OSC
中轨系统 (ICO)	10354	10	2000 年	Inmarsat

## 5. 无线局域网

随着无线通信技术的广泛应用，传统局域网络已经越来越不能满足人们对灵活的组网方式的需要和终端自由联网的要求。于是无线局域网(Wireless Local Area Network, WLAN)应运而生，且发展迅速。无线局域网是无线通信技术与计算机技术相结合的产物，是“最后一百米”的固定无线接入解决方案，是实现移动计算机网络的关键技术之一。从专业上讲，WLAN利用无线多址信道的一种有效方法来支持计算机之间的通信，实现通信的移动化、个性化和多媒体应用。通俗地说，WLAN就是在不采用传统缆线的同时，提供以太网或者令牌网络的功能。WLAN的通信距离，在室外环境最远为300m，在室内为100m以内。WLAN最典型的应用就是基于IEEE 802.11系列标准的WiFi技术，部分标准如表1-2所示。

表 1-2 IEEE 802.11 部分标准

	802.11a	802.11b	802.11g	802.11n	802.11ac
工作频率	5.8GHz	2.4GHz	2.4GHz	2.4 & 5GHz	5GHz
传输速率	54Mb/s	11Mb/s	54Mb/s	150Mb/s	800Mb/s
时间	1999年	1999年	2003年	2009年	2013年

其中802.11b在消费类电子设备中最受欢迎，部分原因是因为其成本较低，但是很快就被运行速度更快的802.11g所代替。802.11g保留了向后兼容性，使得现有的硬件也能支持，不需要更新，同时改进了一些旧的缺点。802.11n是第一次尝试使用5GHz频段，修订版还推出了首款采用MIMO天线，以获得更高的并行吞吐，根据天线的连接数，速度理论上可以达到高达450Mb/s。目前为止最快的WiFi版本是802.11ac，在5GHz频段运行，它大幅提高了数据传输的速度，其速度最高能达到1Gb/s。

## 1.3 蜂窝移动通信的发展历程

蜂窝移动通信是当今通信领域内最为活跃和发展最为迅速的领域之一，也是21世纪对人类的生活和社会发展将有重大影响的科学技术领域之一。现代移动通信技术的发展始于20世纪20年代，到目前为止，蜂窝移动通信(后面简称移动通信)的发展大致分为以下7个阶段。

### 1. 第一阶段(20世纪20~40年代)

这个阶段是专用移动通信的起步阶段。在这一阶段，在几个短波频段上开发出了一些专用移动通信系统，其代表是美国底特律市警察使用的车载无线电系统，工作频率为2MHz，到20世纪40年代提高到30~40MHz。这一阶段的特点是为专用系统开发，工作频率较低。

### 2. 第二阶段(20世纪40年代中期~60年代初期)

这个阶段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，美国贝尔公司在圣路易斯城建立了世界上第一个共用汽车电话网，称为“城市系统”。当时系统使用3个频道，间隔为120kHz，通信方式为单工。随后，前西德(1950年)、法国(1956年)、英国(1959年)等国相继研制了公用移动电话系统。美国贝尔实验室解决

了人工交换系统的接续问题。这一阶段的特点是从专用移动网向公用移动网过渡，人工接续，网络容量较小。

### 3. 第三阶段（20 世纪 60 年代中期~70 年代中期）

这个阶段是大区制蜂窝移动通信起步阶段。美国推出了改进型移动电话业务（IMTS）系统，使用 150MHz 和 450MHz 频段，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。前西德也推出了同等技术水平的 B 网。这一阶段特点是采用大区制、中小容量，使用 450MHz 频段，实现了自动选频与自动接续。

### 4. 第四阶段（20 世纪 70 年代中期~80 年代中期）

这个阶段是移动通信蓬勃发展阶段，即小区制蜂窝网阶段，也称为第一代（1G）蜂窝移动通信网络系统。1978 年底，美国贝尔实验室成功研制先进移动电话系统（AMPS），建成了蜂窝状移动通信网，大大提高了系统容量。1983 年，AMPS 首次在芝加哥投入商用；同年 12 月，在华盛顿也开始启用；之后，服务区域在美国逐渐扩大，到 1985 年 3 月扩展到 47 个地区，约 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。日本于 1979 年推出 800MHz 汽车电话系统（HAMTS），在东京、大阪、神户等地投入商用。前西德于 1984 年完成 C 网，频段为 450MHz。英国在 1985 年开发出全接入通信系统（TACS），首先在伦敦投入使用，继而覆盖了英国全境，频段为 900MHz。法国开发出 450MHz 的 450 系统。加拿大推出 450MHz 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，频段为 450 MHz。这一阶段的特点如下：

- 随着大规模集成电路的发展、微处理器技术日趋成熟以及计算机技术的迅猛发展，这使通信设备的小型化、微型化成为现实，为大型通信网的管理与控制提供了技术手段。
- 随着用户迅猛增加，大区制能提供的容量很快饱和。贝尔实验室在 20 世纪 70 年代提出蜂窝网概念，采用频率再用技术和小区制建立蜂窝网，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，形成移动通信新体制。
- 采用频分多址（FDMA）的多址接入技术。

### 5. 第五阶段（20 世纪 80 年代中期~90 年代末）

这一阶段是数字移动通信系统发展和成熟阶段，即第二代（2G）蜂窝移动通信网发展和成熟阶段。虽然第一代蜂窝移动通信网络系统取得了很大成功，但也暴露了以下一些问题：

- 模拟蜂窝系统体制混杂，不能实现国际漫游，仅欧洲邮电管理委员会（CEPT）的 16 个成员国就使用了 7 种不同制式的蜂窝系统。
- 模拟系统频谱利用率低，网络用户容量受限，在用户密度很大的城市，系统扩容十分困难，不能满足日益增长的移动用户需求。
- 不能提供数据业务，业务种类受限以及通话易被窃听等。
- 移动设备复杂、价格高，手机体积大、电池供电时间短。

为克服第一代蜂窝移动通信网的局限性，20 世纪 80 年代中期到 90 年代中期，世界上一些国家开发出数字化的第二代（2G）蜂窝移动通信网络系统。TDMA/FDMA 系统的典



型代表是欧洲的 GSM、日本的 PDC、北美的 D-AMPS (IS-54, 目前使用的是 IS-136); CDMA 系统的典型代表是美国的 IS-95A/B。

## 6. 第六阶段 (20 世纪 90 年代末开始)

这个阶段是第三代 (3G) 移动通信技术发展和应用阶段。3G 的标准化工作实际上是由 3GPP (3th Generation Partner Project, 第三代伙伴计划) 和 3GPP2 两个标准化组织来推动和实施的。

3GPP 成立于 1998 年 12 月, 由欧洲的 ETSI (European Telecommunications Standards Institute)、日本 ARIB (Association of Radio Industries and Businesses)、韩国 TTA (Telecommunications Technology Association) 和美国的 T1 等组成。采用欧洲和日本提出的 WCDMA 技术, 构筑新的无线接入网络, 在核心网交换侧则在现有的 GSM 移动交换网络基础上平滑演进, 提供更加多样化的业务。

1999 年 1 月, 3GPP2 也正式成立, 由美国的 TIA (Telecommunications Industry Association)、日本 ARIB、韩国 TTA 等组成。无线接入技术以 cdma2000 和 UWC-136 (Universal Wireless Communications-136) 为标准, cdma2000 这一技术在很大程度上采用了高通公司的专利, 其核心网采用 ANSI/IS-41。

1999 年 11 月 5 日在芬兰赫尔辛基召开的 ITU TG8/1 第 18 次会议上最终确定了 3 类共 5 种技术标准作为第三代移动通信的基础, 其中 WCDMA、cdma2000 和 TD-SCDMA 是 3G 的主流标准, 3G 移动通信网络系统是在 2G 的基础上平稳过渡、演进形成的, 它们的增强和演进路线如图 1-4 和图 1-5 所示。这一阶段的特点是:

- 全球统一系统标准和频谱规划, 以实现全球普及和全球无缝漫游的目的。
- 3G 网络系统具有支持从话音到分组数据的多媒体业务, 特别是 Internet 业务的能力。
- 具有高数据速率, 在快速移动环境下, 最高速率达 144kb/s, 在室外到室内或步行环境下, 最高速率达 384kb/s, 在室内环境下, 最高速率达 2Mb/s。
- 3G 的 3 种主流技术标准均采用了 CDMA 技术, CDMA 系统具有高频谱效率、高服务质量、高保密性和低成本的优点。

第三代 (3G) 移动通信系统也称为 IMT-2000, 使用 2000MHz 频段的无线电频率, 主要是大力发展综合通信业务和宽带多媒体通信, 建立一个无缝立体覆盖全球通信网络, 数据通信最高速率为 2Mb/s。

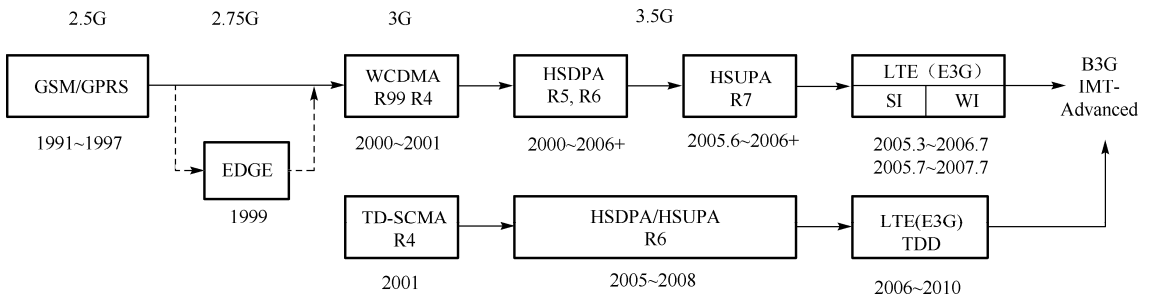


图 1-4 WCDMA 和 TD-SCDMA 增强和演进路线示意图

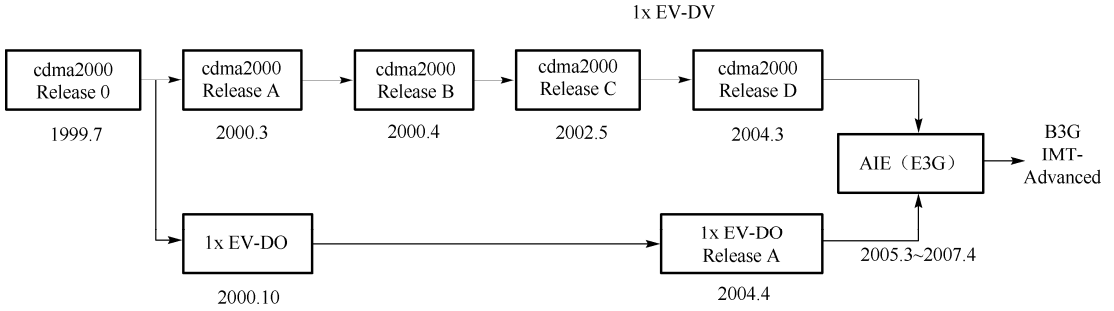


图 1-5 cdma2000 增强和演进路线示意图

## 7. 第七阶段（21 世纪初开始）

以 CDMA 技术为特点的第三代移动通信系统（3G）的迅猛发展为客户提供了较为丰富的数据业务体验，并且随着通信技术的发展，其增强型版本 HSDPA 和 HSUPA 在 3GPP 完成了其标准化工作，而 EV-DO 也在 3GPP2 完成了其标准化工作，进而为用户提供更为高速的下行和上行数据业务传输能力。但是，为用户提供更大带宽、更高数据率的通信服务，是社会经济与市场发展的需求，移动通信与宽带无线接入技术也在不断地发展和融合，即宽带接入移动化和移动通信宽带化。移动 WiMAX 技术首先得到了迅速的发展。为了应对 WiMAX 标准的市场竞争，确保今后更长时间内的竞争力，3GPP 于 2005 年 3 月正式启动了空中技术的长期演进（LTE, Long Term Evolution）项目，3GPP2 也启动了类似超移动宽带的 AIE 项目。

LTE 项目的目标是以 OFDM 和 MIMO 为主要技术基础，开发出满足更低传输时延、提供更高用户传输速率、增加容量和覆盖、减少运营费用、优化网络架构、采用更大载波带宽，并优化分组数据域传输的移动通信标准。由于 LTE 采用了全新的技术，在 20MHz 的载波带宽情况下，当终端采用 2 天线接收，下行传输峰值速率应满足 100Mb/s 的设计目标；当终端采用 1 天线接收，上行传输峰值速率应满足 50Mb/s 的设计目标。

3GPP 的基本思想是采用以 B3G 或 4G 为新的传输技术和网络技术来发展 LTE，使用 3G 频段实现宽带无线接入市场。2004 年 12 月，3GPP 雅典会议决定由 3GPP RAN 工作组负责开展 LTE 研究，计划于 2006 年 6 月完成，2007 年 6 月推出。全球移动设备供应商协会（GSA）最新发布的报告显示，截至 2015 年 4 月 9 日，全球共部署了 393 张 LTE 商用网络，覆盖 128 个国家。

对 B3G/4G 技术的研究从 20 世纪 3G 技术完成标准化之时就开始了。2006 年，ITU-R 正式将 B3G/4G 技术命名为 IMT-Advanced 技术（相对于 3G 技术命名为 IMT-2000）。2008 年 2 月 ITU-R 发出通函，向各国和各标准化组织征集 IMT-Advanced 技术方案。IMT-Advanced 技术需要实现更高的数据速率和更大的系统容量，其目标峰值速率为：低速移动、热点覆盖场景下 1Gb/s 以上；高速移动、广域覆盖场景下 100Mb/s 以上。现在普遍倾向于采用正交频分复用（OFDM）技术、智能天线技术、发射分集技术、联合检测技术相结合的方式来实现高速数据传输的目的。

## 8. 移动通信系统的发展方向

移动通信系统的发展方向主要有：

- 宽带化。

- 分组化。从传统的电路交换技术逐步转向以分组为基础特别是以 IP 为基础的网络是发展的必然，IP 协议将成为电信网的主导通信协议。
- 核心网络综合化，接入网络多样化。
- 信息个人化是 21 世纪初信息业进一步发展的主要驱动力之一，而移动 IP 技术正是实现未来信息个人化的重要技术手段。
- 应用导向：网络将从以技术为中心转向以应用为中心。未来市场的竞争焦点不在网络技术本身，而是应用的开发。
- 网络结构分层化：在业务控制分离的基础上，网络呼叫控制和核心交换传送网的进一步分离，使网络结构趋于分为业务应用层、控制层以及由核心网和接入网组成的网络层。

可以预想，移动通信系统将朝着高传输速率方向发展，未来移动通信系统将提供全球性优质服务，真正实现人类通信的最高目标——个人通信“即 5W”：用各种可能的通信网络技术实现任何人（Whoever）在任何地方（Wherever）、任何时间（Whenever）可以同任何人（Whomever）进行任何形式（Whatever）的消息交换。

## 1.4 移动通信系统频段的使用

国际电联 ITU 定义 3000GHz 以下的电磁频谱为无线电磁波的频谱，具体划分见表 1-3。无线电频谱资源是一个国家重要的战略性资源，不是取之不尽、用之不竭的公共资源，其有限性日益凸显。人类对无线电频谱资源的需求急剧膨胀，各种无线电技术与应用的竞争也愈加激烈，使得无线电频谱资源的稀缺程度不断加大。为了有效使用有限频率资源，对频率的分配和使用必须服从国际标准化组织和国内有关部门的统一管理，否则将会造成互相干扰或频率资源的浪费。

表 1-3 无线电磁波的频谱划分

带号	频带名称	频率范围	波段名称	波长范围
-1	至低频 (TLF)	0.03~0.3Hz	至长波或千兆米波	10000~1000 兆米 (Mm)
0	至低频 (TLF)	0.3~3Hz	至长波或百兆米波	1000~100 兆米 (Mm)
1	极低频 (ELF)	3~30Hz	极长波	100~10 兆米 (Mm)
2	超低频 (SLF)	30~300Hz	超长波	10~1 兆米 (Mm)
3	特低频 (ULF)	300~3000Hz	特长波	1000~100 千米 (km)
4	甚低频 (VLF)	3~30kHz	甚长波	100~10 千米 (km)
5	低频 (LF)	30~300kHz	长波	10~1 千米 (km)
6	中频 (MF)	300~3000kHz	中波	1000~100 米 (m)
7	高频 (HF)	3~30MHz	短波	100~10 米 (m)
8	甚高频 (VHF)	30~300MHz	米波	10~1 米 (m)
9	特高频 (UHF)	300~3000MHz	分米波	10~1 分米 (dm)
10	超高频 (SHF)	3~30GHz	厘米波	10~1 厘米 (dm)
11	极高频 (EHF)	30~3000GHz	毫米波	10~1 毫米 (mm)
12	至高频 (THF)	300~3000GHz	丝米波或亚毫米波	10~1 丝米 (dmm)

由于电磁波传播特性所限，移动通信工作频段一般在 3GHz 以下，具体确定主要考虑下面几个方面的因素：

- 电波的传播特性；
- 环境噪声及干扰情况；

- 服务区域范围、地形和障碍物尺寸；
- 设备小型化；
- 与已开发频段的协调和兼容性。

国际无线电咨询委员会 CCIR 规定，陆地上移动通信的主要频段 (MHz) 划分为 29.7~47、47~50、54~68、68~78.88、72.5~87、90~100、138~144、148~149.9、150.5~156.7625、156.8375~174、174~233、233~328.6、335.4~339.9、406.1~430、444~470、470~960、1427~1525、1668.4~1690、1700~2690、3500~4200、4400~5000。

根据国际标准，1980 年，我国规定了移动通信的频段 (MHz)，具体为 29.7~48.5、64.3~72.5、72.5~74.6、75.4~76、138~149.5、150.05~159.7625、156.8375~167、223~235、335.4~399.9、406~420、450~470、550~606、798~960、1429~1535、1668.4~2690、4400~4990。

原邮电部根据国家无线电委员会规定现阶段取 160MHz 频段、450MHz 频段、900MHz 频段、1800MHz 频段为移动通信工作频段，如表 1-4 所示。另外，800MHz 频段中的 806MHz~821MHz 和 851MHz~866MHz 分配给集群移动通信。

表 1-4 我国陆地移动通信的主要频率范围

移动通信频段	移动台发和基站收	基站发和移动台收
160 MHz 频段	138MHz~149.9MHz	150.05MHz~167MHz
450MHz 频段	403MHz~420MHz	450MHz~470MHz
900MHz 频段 (GSM 系统)	890MHz~915MHz	935MHz~960MHz
1800MHz 频段 (GSM 系统)	1710MHz~1755MHz	1805MHz~1850MHz
1900MHz 频段	1865MHz~1880MHz	1945MHz~1960MHz
800MHz (IS-95 CDMA 系统)	825MHz~835MHz	870MHz~880MHz

随着第三代移动通信的迅速发展，国际电信联盟对第三代移动通信系统 IMT-2000 共划分了 230MHz 谱宽，即上行 1885~2025MHz、下行 2110~2200MHz。其中，陆地频段为 170 MHz；移动卫星业务 (MSS) 划分了 60MHz 频谱，即 1980~2010MHz (地对空) 和 2170~2200MHz (空对地)。上下行频带不对称，主要考虑可用双频 FDD 方式和单频 TDD 方式。此规划已在 WRC1992 上通过。2000 年在 WRC 2000 大会上，在 WRC 1992 基础上又批准了 519MHz 新附加频段，即 806~960MHz、1710~1885MHz、2500~2690MHz。

#### (1) WCDMA FDD 模式使用频谱

- 上行为 1920~1980MHz，下行为 2110~2170MHz。
- 美洲地区：上行为 1850~1910MHz，下行为 1930~1990MHz。
- 3GPP 并不排斥使用其他频段。

#### (2) WCDMA TDD 模式使用频谱

- 上/下行 1900~1920MHz 和 2010~2025MHz。
- 美洲地区：上下行 1850~1910MHz 和 1930~1990MHz。
- 美洲地区：上下行 1910~1930MHz。
- 3GPP 并不排斥使用其他频段。

cdma2000 只有 FDD 方式，工作频段分为 13 个频段级别 (Band Class)，其中 Band Class 6 为 IMT-2000 规定的 1920~1980MHz/2110~2180MHz 频段。

根据国际电信联盟有关 IMT-2000 频率划分和技术标准, 结合我国无线电频率划分规定和无线电频谱实际使用情况, 国家信息产业部于 2002 年 10 月正式通过了中国 3G 频谱规划方案, 规定如下。

(1) 核心工作频段

① 频分双工 (FDD) 方式: 1920~1980MHz/2110~2170MHz, 共 120MHz。

② 时分双工 (TDD) 方式: 1880~1920MHz/2010~2025MHz, 共 55MHz。

(2) 扩展工作频段

① 频分双工 (FDD) 方式: 1755~1785MHz/1850~1880MHz, 共 60MHz。

② 时分双工 (TDD) 方式: 2300~2400MHz, 共 100MHz; 与无线电定位业务共用, 均为主要业务。

(3) 卫星移动通信系统工作频段: 1980~2010MHz/2170~2200MHz。

目前已规划给公众移动通信系统的工作频段有: 825~835MHz/870~880MHz、885~915MHz/930~960MHz 和 1710~1755MHz/1805~1850MHz 频段, 同时规划为 3G FDD 方式的扩展频段, 上、下行频率使用方式不变。已分给中国移动公司和中国联通公司的频段继续为 GSM 和 CDMA 公众移动通信系统使用。

我国为了发展民族工业, 在 3G 频谱划分上, 大力向 TD-SCDMA 政策倾斜, 给 TD-SCDMA 分配了 155MHz 频谱, 其中有 55MHz 核心频谱和 100MHz 扩展频段频谱。而给 WCDMA 和 cdma2000 新分配了 180MHz 频谱, 即 120MHz 的核心频段频谱和 60MHz 的扩展频段频谱。对于 FDD 方式来说, 由于收发对称所以频谱只有一半, 即对 WCDMA 和 CDMA2000 来说, 对称频谱共有 90MHz。TD-SCDMA 的占用带宽最小, 单载波时只有 1.6MHz, 而 WCDMA 单载波占用带宽为 5MHz, CDMA2000 为  $N \times 1.25\text{MHz}$  (对 3G,  $N=3$ )。TD-SCDMA 在频率资源方面占有绝对的优势。图 1-6 是我国大陆陆地移动通信 2G 频谱使用和 3G 新增频谱情况。

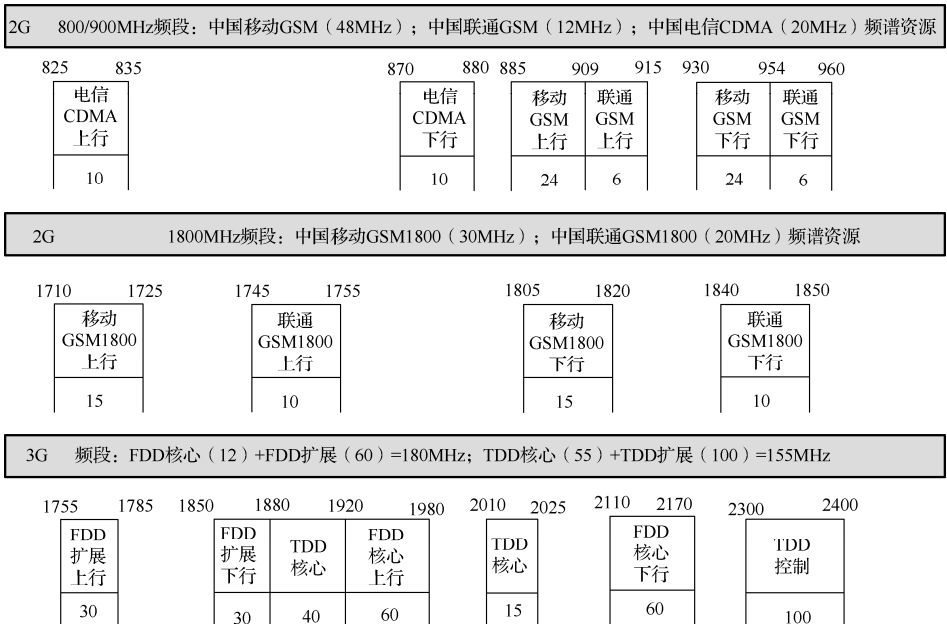


图 1-6 我国大陆陆地移动通信 2G 频谱使用和 3G 新增频谱情况

2007年 NGMN (下一代移动网络) 董事会已经批准发布有关移动运营商对于频谱分配建议的《下一代网络频谱需求白皮书》。该白皮书提出希望国际电联为移动通信业务开放更多频谱, 以达到无处不在的覆盖并满足未来的用户需求; 提出要实现国际电联的全球移动社会的理想, 需要使用 1GHz 以下的一致性频谱, 同时开放更高频段的重要频谱 (最好是 3.4~4.2GHz); 重点建议频谱管制部门能够在 470~806/862MHz 频段给移动通信业务分配至少 120MHz 的带宽。中国移动积极参与了该白皮书的讨论和制定, 强调 470~806/862MHz 频段对移动运营商降低覆盖成本、减小网络对环境的影响以及促进通信行业良性发展的重要性。

## 1.5 移动通信基本技术

移动通信系统是在数字通信系统模型 (如图 1-7 所示) 基础上构建的, 当信道采用无线电时就可实现最简单的点对点无线通信; 当采用多址接入技术可实现点对多点无线通信; 当采用频率再用技术, 解决广播、寻呼、切换、安全等问题时就可实现多点对多点的移动通信。

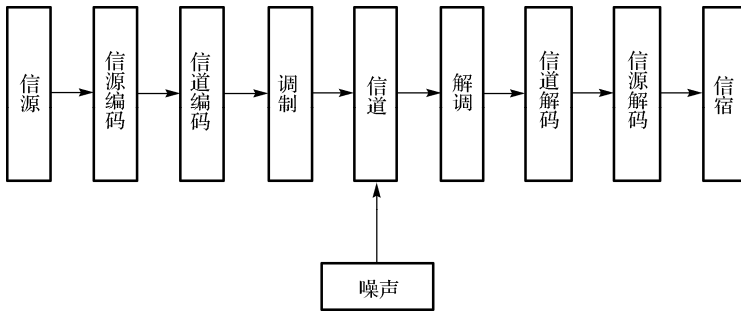


图 1-7 数字通信系统模型

### 1.5.1 信源编码技术

信源编码的作用之一是当信息源给出的是模拟语音信号时, 信源编码器将其转换成数字信号, 以实现模拟信号的数字化传输。信源编码的作用之二是以提高通信有效性为目的而对信源符号进行的变换, 就是针对信源输出符号序列的统计特性来寻找某种方法, 把信源输出符号序列变换为最短的码字序列, 使后者的各码元所载荷的平均信息量最大, 同时又能保证无失真地恢复原来的符号序列。

在数字通信中, 语音的信源编码技术主要有三种: 波形编码、参数编码和混合编码。

#### 1. 波形编码

根据语音信号波形的特点是连续变化的模拟信号, 将其转换为数字信号。此类波形编码技术最经典的就是脉冲编码调制技术 (PCM), 即 ITU-T G.711A 和 ITU-T G.711 $\mu$ , 其编码速率为 64kb/s。PCM 可实现模拟信号到数字信号的转变, 具体经过三个过程: 抽样、量化和编码, 如图 1-8 所示。

##### (1) 抽样(Sampling)

抽样是把模拟信号以其信号带宽 2 倍以上的频率提取样值, 变为在时间轴上离散的抽

样信号的过程。例如，话音信号带宽被限制在  $0.3\sim 3.4\text{kHz}$  内，用  $8\text{kHz}$  的抽样频率 ( $f_s$ )，就可获得能取代原来连续话音信号的抽样信号。

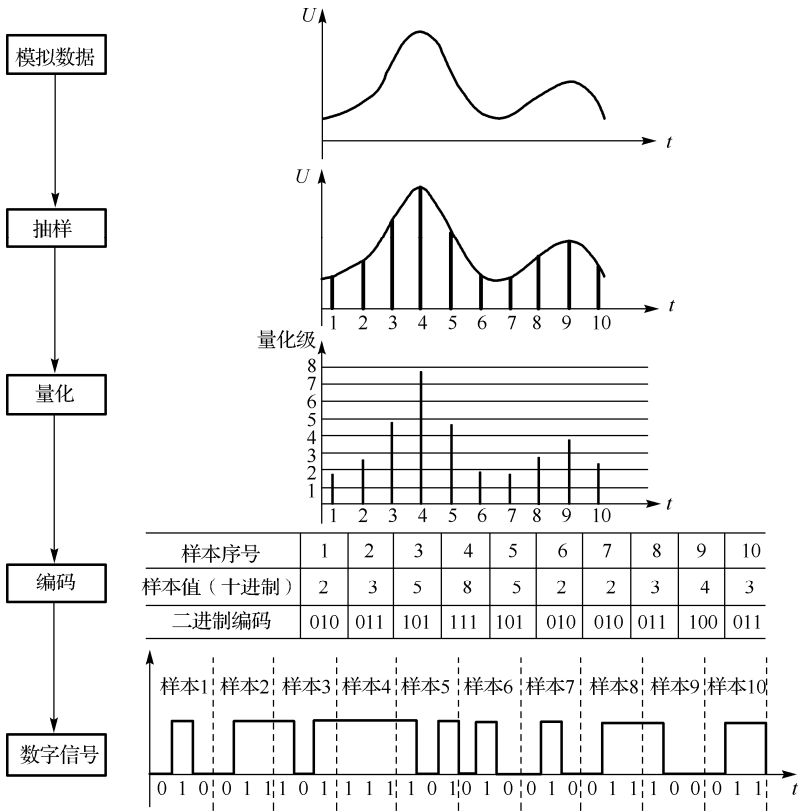


图 1-8 PCM 抽样、量化和编码示意图

## (2) 量化 (Quantizing)

抽样信号虽然是时间轴上离散的信号，但仍然是模拟信号，其样值在一定的取值范围内，可有无限多个值。显然，对无限个样值一一给出数字码组来对应是不可能的。为了实现以数字码表示样值，必须采用“四舍五入”的方法把样值分级“取整”，使一定取值范围内的样值由无限多个值变为有限个值。这一过程称为量化。

量化后的抽样信号与量化前的抽样信号相比较，当然有所失真，且不再是模拟信号。这种量化失真在接收端还原模拟信号时表现为噪声，并称为量化噪声。量化噪声的大小取决于把样值分级“取整”的方式，分的级数越多，即量化级差或间隔越小，量化噪声也越小。

## (3) 编码 (Coding)

量化后的抽样信号在一定的取值范围内仅有有限个可取的样值，且信号正、负幅度分布的对称性使正、负样值的个数相等，正、负向的量化级对称分布。若将有限个量化样值的绝对值从小到大依次排列，并对应地依次赋予一个十进制数字代码（例如，赋予样值 0 的十进制数字代码为 0），在码前以“+”、“-”号为前缀，来区分样值的正、负，则量化后的抽样信号就转化为按抽样时序排列的一串十进制数字码流，即十进制数字信号。简单高效的数据系统是二进制码系统，因此，应将十进制数字代码变换成二进制编码。根据十进

制数字代码的总个数，可以确定所需二进制编码的位数，即字长。这种把量化的抽样信号转换成给定字长的二进制码流的过程称为编码。

## 2. 参数编码

参数编码是从话音波形信号中提取生成话音的参数，使用这些参数通过话音生成模型重构出话音，使重构的话音信号尽可能地保持原始话音信号的语意。也就是说，参数编码是把话音信号产生的数字模型作为基础，然后求出数字模型的模型参数，再按照这些参数还原数字模型，进而合成话音。

参数编码的编码速率较低，可以达到 2.4 kb/s，产生的话音信号是通过建立的数字模型还原出来的，因此重构的话音信号波形与原始话音信号的波形可能会存在较大的区别、失真会比较大。而且因为受到话音生成模型的限制，增加数据速率也无法提高合成话音的质量。不过，虽然参数编码的音质比较差，但是保密性很好，一直被应用在军事上。典型的参数编码方法是 LPC (Linear Predictive Coding, 线性预测编码)。

## 3. 混合编码

混合编码克服了参数编码激励形式过于简单的缺点，成功地将波形编码和参数编码两者的优点结合起来，激励用了话音产生模型，通过对模型参数进行编码，减少被编码对象的动态范围和数据量，又使编码过程产生接近与原始型号话音波形的合成话音，保留说话人的自然特征，提高话音质量。比较成功的混合编码器有：多脉冲激励线性预测编码 (MPLPC)、规则脉冲激励线性预测编码 (RPELPC)、码激励线性预测编码 (CELP)，以及多带激励编码 (MBE)，前 3 种是基于全极点话音产生模型的混合编码器，MBE 是基于正弦模型的混合编码器。

移动通信对话音编码的要求：速率较低，纯编码速率应低于 16Kb/s；在一定编码速率下，音质应尽量可能高；编码时延应较短，控制在几十毫秒以内；算法复杂程度适中，易于大规模集成；在强噪声环境中，算法应具有较好的抗误码性能，以保持较好的话音质量。综合考虑上述要求，移动通信系统一般采用混合编码。

GSM 系统话音编码器是采用线性预测编码-长期预测编码-规则脉冲激励编码器 (LPC-LTP-RPE 编码器)。其中 LPC+LTP 为声码器，RPE 为波形编码器，再通过复用器混合完成模拟话音信号的数字编码，每话音信道的编码速率为 13kb/s，话音质量 MOS 接近或达到 3.6。

WCDMA 系统话音编码器是采用自适应多速率话音编码 (AMR)，核心思想是根据空中接口上/下行信号质量的变化情况来调整上下行话音编码模式，实现自动话音速率切换功能。AMR 可提供 8 种话音速率：12.2kb/s, 10.2kb/s, 7.95kb/s, 7.40kb/s, 6.70kb/s, 5.90kb/s, 5.15kb/s, 4.75kb/s。其中，12.2kb/s 编码与 GSM-EFR 兼容；7.40kb/s 编码与美国标准 IS-641 (US-TDMA speech codec) 兼容；6.70kb/s 编码与小灵通的 PDC-EFR 兼容。可以看到，由于 AMR 话音算法与目前各种主流移动通信系统的编码兼容，所以非常利于设计多模终端。

### 1.5.2 信道编码技术

数字信号在信道传输时，由于噪声、衰落以及人为干扰等，将会引起差错。为了减少



差错,信道编码器对传输的信息码元按一定的规则加入保护成分(监督元),组成所谓“抗干扰编码”。接收端的信道译码器按一定规则进行解码,从解码过程中发现错误或纠正错误,从而提高通信系统抗干扰能力,实现可靠通信。

针对无线环境的恶劣性对接收信号的错误率有很大影响,采用信道编码技术是移动通信中提高系统传输数据可靠性的有效方法,使接收机能够检测和纠正传输媒介带来的信号误差。在第二代移动通信系统中应用卷积码和交织,对保证话音和低速数据业务的业务质量取得了很好的效果。第三代系统与第二代相比,需要提供的业务种类大大增加,对信道编码有更高的要求。

在第二代移动通信系统中,GSM与IS-95 CDMA中主要采用卷积码、Fire码以及卷积与RS的级联码。在第三代移动通信系统中,采用的信道编码类型主要有两种:卷积码和Turbo码。

在未来移动通信系统中,卷积编码仍可以作为实时话音业务的一种候选方案,而Turbo码仍可以作为非实时高速数据业务的一种候选方案。研究表明,LDPC码可以通过增加码字长度,同时采用优化的译码实现,其性能要好于Turbo码,所以它也是可能应用于未来移动通信系统的非实时高速数据业务的信道编码候选方案。

Turbo码,又称并行级联卷积码(PCCC),是由C.Berrou等在ICC'93会议上提出的。它巧妙地将卷积码和随机交织器结合在一起,实现了随机编码的思想。同时,采用软输出迭代译码来逼近最大似然译码。Turbo码的发现,标志着信道编码理论与技术的研究进入了一个崭新的阶段,结束了长期将信道截止速率作为实际容量的历史。

LDPC码(Low-Density Parity-Check Codes)即低密度校验码,是Gallager于1963年提出的。研究表明,利用置信传播算法,LDPC码能够以较低的硬件复杂度实现接近香农极限的译码性能。人们认识到LDPC码所具有的优越性能及其巨大的实用价值,所以继Turbo码之后,LDPC码成为近年来编码理论界的又一研究热点。

Turbo码是应用在UMTS系统中的新的纠错编码技术。其纠错性能优于卷积编码,但是解码复杂度较高且编码时延较大,适用于对时延要求不高但速率较高的数据业务。另外,Turbo码的理论分析困难。至今尚未有对Turbo码译码器误码率的完整理论分析和估计,一般通过仿真模拟其性能。

LDPC码相对于Turbo码来说,有以下优点:

- LDPC码的译码算法,是一种基于稀疏矩阵的并行迭代译码算法,运算量要低于Turbo码译码算法,并且由于结构并行的特点,在硬件实现上比较容易。因此在大容量通信应用中,LDPC码更具有优势。
- LDPC码的码率可以任意构造,有更大的灵活性。而Turbo码只能通过打孔来达到高码率,这样打孔图案的选择就需要十分慎重的考虑,否则会造成性能上较大的损失。
- LDPC码具有更低的错误平层,可以应用于无线通信、深空通信以及磁盘存储工业等对误码率要求更加苛刻的场合。而Turbo码的错误平层在10量级上,应用于类似场合中,一般需要和外码级联才能达到要求。
- LDPC码是20世纪六十年代发明的,现在,在理论和概念上不再有什么秘密,因此在知识产权和专利上不再有麻烦。

在Shannon理论的指导下,随着移动通信技术和信道编码技术的发展,不断涌现出性

能更接近 Shannon 极限的编码方法应用于移动通信系统中，提高移动通信中数据传输的有效性和可靠性。

### 1.5.3 调制技术

调制技术是把基带信号转换成传输信号的技术，模拟信号经过抽样、量化、编码后的基带信号以二进制数字信号“1”或“0”控制高频载波的参数（振幅、频率和相位），使这些参数随基带信号而变化。调制技术可以分为模拟调制和数字调制两类。模拟调制包括调幅（AM）、调频（FM）、调相（PM）等技术；数字调制的基本类型分为振幅键控（ASK）、频移键控（FSK）和相移键控（PSK）3种，另外，还有许多由基本调制类型改进或综合而获得的新型调制技术。

对数字移动通信而言，采用数字调制技术将一串比特流的信息嵌入一个无线电波中，从而在空中发送出去。通过调制完成：

- 频谱搬移：在大气层中，音频范围（200~3400Hz）的低频信号传输将急剧衰减，而较高频率范围的信号可以传播到很远的距离。为了采用无线传送方式，将这些音频信号调制到高频段去匹配无线信道。
- 电磁波的频率与天线尺寸匹配：一般天线尺寸为电磁信号的  $1/4$  波长为佳，调制可以将频带变换为更高的频率，从而减小天线的尺寸。
- 在高频段易于实现信道复用：将多路信号互不干扰地安排在同一物理信道中传输。由于移动通信信道带宽有限，干扰和噪声影响大，存在多径衰落和多普勒效应，所以

对于移动通信采用的调制技术应满足以下条件：

- 抗干扰性能要强；
- 要尽可能地提高频谱利用率；
- 带外辐射要小，对相邻的信道信号干扰较小；
- 在占用频带宽的情况下，单位频谱所容纳的用户数要尽可能多；
- 同频复用的距离小；
- 能提供较高的传输速率，使用方便，成本低。

目前数字移动通信系统的调制技术主要有两大类：

① 线性调制技术。主要包括 PSK、QPSK、DQPSK、OK-QPSK、 $\pi/4$ -DQPSK 和多电平 PSK 等调制方式。由于这类调制技术产生的信号包络不恒定，所以发射端要求功率放大器的线性度较高，这种要求在设备制造中会增大难度和成本，但是这类调制方式可获得较高的频谱利用率。

② 恒定包络（连续相位）调制技术。主要包括 MSK、GMSK、GFSK 和 TFM 等调制方式。这类调制技术的优点是已调信号具有恒定包络，对放大设备没有线性要求，但频谱利用率通常低于线性调制技术。

提高频谱利用率是提高通信容量的重要措施，是人们规划和设计通信系统的焦点。在 20 世纪 80 年代初期，人们在选用数字调制技术时，大多把注意力集中于恒定包络数字调制方式（如泛欧 GSM 蜂窝移动通信系统采用 GMSK）。但在 20 世纪 80 年代中期以后，人们却着重采用 QPSK 之类的线性数字调制（如美国的 IS-95 CDMA 蜂窝移动通信系统采用 QPSK 和 O-QPSK，WCDMA 和 TD-SCDMA 蜂窝移动通信系统采用 BPSK 和 QPSK）。另