

# 第 1 章 移动通信系统概述

## 知识点

- 移动通信的发展和特点
- 移动通信的工作方式和系统分类
- 无线电频谱管理与使用

## 难点

- 各种移动通信工作方式的区别

## 要求

### 掌握：

- 移动通信的概念
- 移动通信的主要特点
- 移动通信的工作方式

### 了解：

- 移动通信的发展历程
- 主要的移动通信系统
- 移动通信的频谱管理与使用

随着社会的发展，人们对通信的需求越来越高。由于人类政治和经济活动范围的日趋扩大及效率的不断提高，要求实现通信的最高目标——在任何时候，任何地方，与任何人都能及时沟通、联系、交流信息。不难设想，没有移动通信是无法实现这一目标的。

所谓移动通信，顾名思义，是指通信的一方或双方在移动中实现的，也就是说，通信的双方至少有一方处于运动中或暂时停留在某一非预定的位置上。其中，包括移动台（在汽车、火车、飞机、船舰等移动体上）与固定台之间的通信、移动台与移动台之间的通信、移动台通过基站与有线用户之间的通信等。

## 1.1 移动通信发展史

早在 1897 年，马可尼在陆地和一只拖船之间，用无线电进行了消息传输，这是移动通信的开端。至今，移动通信已有 100 多年的历史。近十几年来，移动通信的发展极为迅速，已广泛应用于国民经济的各个部门和人们生活的各个领域之中。建国后，我国移动通信最早

应用于军事部门。20世纪70年代,民用移动通信在我国开始发展。1974年制定了民用无线电话机的技术条件,简称74系列标准。20世纪80年代初,又制定了80系列标准。目前,在我国,各种移动通信系统如蜂窝网、无线电寻呼、无绳电话和集群系统都在以极快的速度发展。

移动通信的发展过程及趋势可概括如下:

- (1) 工作频段由短波、超短波、微波到毫米波。
- (2) 频道间隔由100kHz、50kHz、25kHz到12.5kHz和宽带扩频信道。
- (3) 调制方式由振幅压扩单边带、模拟调频到数字调制。
- (4) 多址方式由频分多址(FDMA)、时分多址(TDMA)、码分多址(CDMA)到混合多址,以及固定多址和随机多址的结合。
- (5) 网络覆盖由蜂窝到微蜂窝、微微蜂窝和混合蜂窝。
- (6) 网络服务范围由局部地区、大中城市到全国、全世界,并由陆地、水上、空中发展到陆海空一体化。
- (7) 业务类型由通话为主到传输数据、传真、传输静止图像,直到传输综合业务。

移动通信从产生至今的历史并不长,然而其发展却层出不穷。当第二代数字移动通信系统处于研究和开发的高潮时,人们已经把目光和注意力投向新一代移动通信系统的发展上。

新一代移动通信是个人通信,实现个人通信的网络称为个人通信网(PCN),或称为个人通信系统(PCS,在美国还称作个人通信服务)。其目标是实现:无论任何人(whoever)在任何时候(whenever)和任何地方(wherever),都能够和另一个人(whomever)进行任何类型(whatever)的信息交换。目前,在第三代数字移动通信步入市场并获得广泛应用的同时,有关个人通信的研究(包括标准制定、技术开发和各种试验)也开展得如火如荼。

## 1.2 移动通信的主要特点

移动通信与固定点间通信相比,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播。在固定通信中,传输信道可以是无线电波,也可以是有线电波,但移动通信中,由于至少有一方处于运动状态,显然必须使用无线电波传播。

(2) 电波传播特性复杂。在移动通信系统中由于移动台不断运动,不仅有多普勒效应,而且信号的传播受地形、地物的影响也将随时发生变化。例如,受建筑物阻挡造成的阴影效应会使信号发生慢衰落;多径传播会使信号发生快衰落,即信号幅度出现快速、深度衰落,致使接收信号场强的瞬间变化达30dB以上。因此,只有充分研究移动信道的特征,才能合理设计各种移动通信系统。

(3) 干扰多且复杂。移动通信系统除去受天电干扰、工业干扰和各种电器件的干扰外,基站常有多部收、发信机同时工作,服务区内的移动台分布不匀且时时在变化,故干扰信号的场强可能比有用信号高达几十分贝(如70~80dB)。通常会出现近处无用信号压制远处有用

信号的现象，称为远近效应，这是移动通信系统的一种特殊干扰。此外，还有多部电台之间发生的邻道干扰、互调干扰以及使用相同频道而产生的同频道干扰等。

(4) 组网方式灵活多样。移动通信系统组网方式可分为小容量大区制和大容量小区制两大类。前者采用一个基站（或称基地台）管辖和控制所属移动台，并通过基站与公用电话网（PSTN）相连接，以进行无线用户与有线用户相互之间的通信。小区制根据服务区域，可组成线状网（如铁路、公路沿线）或面状的蜂窝网。在蜂窝网中，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（在频分多址中即为使用不同的频道）。移动台从一个小区驶入另一个小区时，需进行频道切换，亦称过境切换。此外，移动台从一个蜂窝网业务区驶入另一个蜂窝网业务区时，被访蜂窝网亦能为外来用户提供服务，这种过程称为漫游。移动通信网为满足这些要求，必须具有很强的控制功能，如通信（呼叫）的建立和拆除、频道的控制和分配、用户的登记和定位、以及过境切换和漫游的控制等。

(5) 移动通信设备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、携带方便。对车载台和机载台的要求除操作简单和便于维修外，还应保证在震动、冲击、高低温变化等恶劣环境中能正常工作。

### 1.3 移动通信的工作方式

移动通信的工作方式很多，有单向信道的单工方式，双向信道的单工、半双工和双工方式等。

#### 1.3.1 单向单工方式

单向单工方式即单方向工作，如图 1.1 (a) 所示。最典型的是无线寻呼系统，即寻呼发射台用单频发出信息，用户则以此频率接收信息，这是一种单工工作方式；另外一种报警系统，如无线电报警系统，大功率发射机发出报警信息，各用户接收机接收。而火警、盗警等报警系统则刚好相反，用户告警发射机分设在一些服务点上，由基站接收告警信息（带有编码的信息，解码后可知道告警的用户情况）。

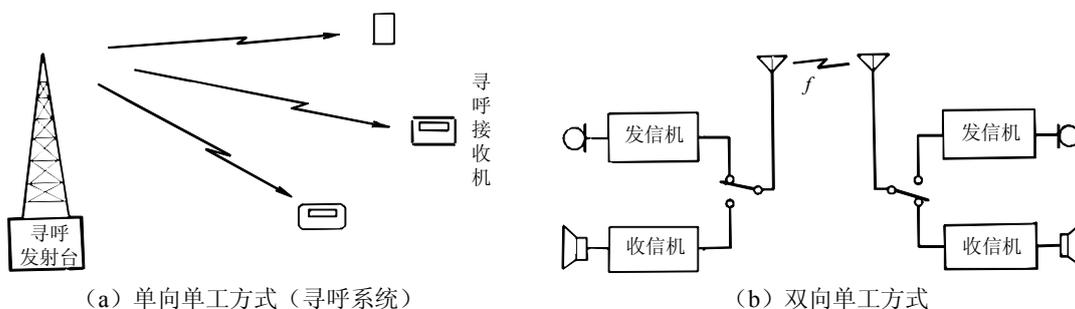


图 1.1 单向、双向同频单工方式

### 1.3.2 双向同频单工方式

双向同频（单频）单工方式是指通信双方（如基地台与移动台之间，移动台与移动台之间）使用同一个工作频率，但各方收发设备不能同时工作的通信方式，如图 1.1（b）所示。通常双方都处于此频率点上的接收守候状态。当甲方讲话时，按下发送讲话（PTT）键，此时发射机工作、接收机关闭，乙方处于守候接收状态；甲方讲完后，甲方松开 PTT 键变成接收状态，乙方按下 PTT 键，仍在此频率上发送讲话，甲方接收。如此反复交替工作，直到双方信息交换完毕。

同频单工方式的优点是：①设备简单，不需要天线共用装置，价格便宜；②组网方便，在场强覆盖范围内，本系统任意两个移动台都可使用同一频率通话，且第三方也能插入通话，故通播和电话会议方式较易实现，由于收发信机是交替工作的，因此不会造成发射对接收的干扰；③不发话时发射机不工作，功耗小。所以这种方式是最经济的，但也有其缺点。如果两个以上的移动台同时用同一频率发射，则会有同频干扰；由于是按键发话，松键收话，有些人员或初次使用的人员不习惯，往往造成通话断续，发话方发送完毕却仍未松开键，不仅收不到对方语音，还干扰别人等。另外，频谱利用也不经济。当系统中需要几个频率组成不同子网时，为避免互调频率点，往往把工作频点与相邻频点的间隔定得很宽，常造成频谱利用浪费。同频单工方式一般用于调度系统，目前城市出租汽车或铁路无线调度用得较多。

### 1.3.3 双向异频单工方式

双向异频单工方式是指通信双方使用两个频率（一对频率），两频率有一定的间隔（根据频段而定，可以是几兆赫至几十兆赫），以排除发射机对接收机所产生的干扰。因而一个基地台可同时使用多对频率而不会引起干扰，容量也可扩展。这种工作方式类似于双向同频单工方式，只是甲、乙双方各用一个频率发射。双向异频单工方式也可改为双工方式，双方设备各加上收发双工器即可。通常，用户为了减少电耗而采用单工方式工作。

### 1.3.4 双向异频（双频）半双工方式

双向异频（双频）半双工方式是指通信双方收发信机分别使用两个频率，一方使用双工方式，另一方使用单工方式。基地台是双工方式，即收发信机同时工作，而移动台是按键讲话的异频单工方式，如图 1.2（a）所示。基地台用两副天线（或采用天线共用器用一副天线）同时工作，移动台通常处于收信守候状态。半双工的优点主要是：①由于移动台采用异频单工方式，故设备简单、省电、成本低、维护方便，而且受邻近移动台干扰少；②收发采用异频，收发频率各占一段，有利于频率协调和配置；③有利于移动台紧急呼叫。半双工的缺点是移动台需按键讲话，使用不方便，发话时不能收信，故有丢失信息的可能。

以这种半双工方式作无线电链路中继，只要用较少载频便可实现，如图 1.2（b）所示。在两移动台间加入中继台时，只要用 3 个载频（ $f_1$ 、 $f_2$ 、 $f_3$ ）即可实现通信。当异频单工制的两移动台 A 与 B 要通话时，A 用  $f_1$  发话，中继台 C 以  $f_1$  收话，解调后的信号以  $f_3$  转发出去；中继台 D 以  $f_3$  收到 C 的信号，解调后以  $f_2$  发出，移动台 B 则以  $f_2$  收。反过来，B 以  $f_1$  发，A 以  $f_2$  收。

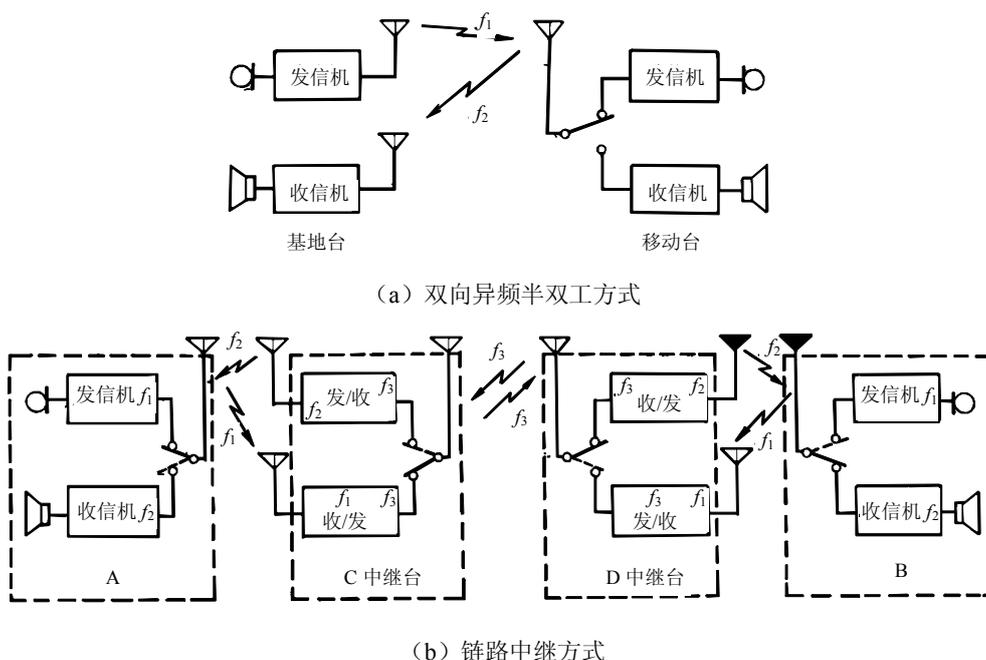


图 1.2 双向异频半双工方式

### 1.3.5 双向异频（双频）双工方式

双向异频双工方式是指每个方向使用一个频率，通话时无需按下发话键，与普通电话使用情况类似。这种方式最受人们欢迎，不仅使用方便，还因收发频率有一定间隔，干扰较少，其示意图如图 1.3 所示。其缺点是各移动台间无法直接通话，因为它们的收发频率是相同的。各移动台间通信必须通过基地台中继，而中继台一旦失效就会中断移动台间联络；各移动台在通信过程中发射机经常处于发射状态，故耗电大；另外，占用频率较多、需要有天线共用器和隔离措施。

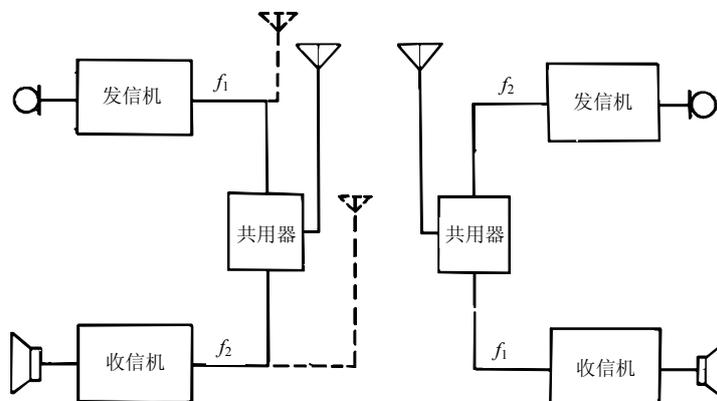


图 1.3 双向异频双工方式

异频双工的收发频率间必须有一定的间隔才能避免自身发对收的干扰。间隔大小在不同频段有不同规定。我国无线电管理委员会规定的间隔是：150MHz 频段为 5.7MHz，450MHz 频段为 10MHz，800MHz 与 900MHz 频段为 45MHz。这样基站在配置若干对频率同时工作时，相互之间不会引起干扰。

目前，国内外已采用时分双工技术，可以进行收、发同频双工通信，现在这种工作方式的使用已经很普遍了。

上述一些工作方式各有优缺点，究竟采用哪一种要根据建网的实际需要和各种条件来选定。

## 1.4 移动通信的分类

移动通信有以下多种分类方式：

- 按使用对象可分为民用通信和军用通信。
- 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、时分多址和码分多址等。
- 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。

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，下面将分别简述几个典型的移动通信系统。

### 1.4.1 早期无线电寻呼系统

早期无线电寻呼系统是一种单向通信系统，早期无线电寻呼系统的用户设备是袖珍式接收机，称作袖珍铃，又叫传呼机，俗称“BB机”，这是由于它的振铃声近似于“B···B···”声音之故。无线电寻呼系统的组成如图 1.4 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“袖珍铃”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，被呼用户的袖珍接收机会发出呼叫声，并在液晶屏上显示主呼用户的电话号码及简要消息，如有必要，袖珍铃用户利用邻近市话电话机与主呼用户通话。早期无线电寻呼系统虽然是单向的传输系统，通话双方不直接利用它对话，但由于袖珍接收机小巧玲珑、价格低廉、携带方便，受到用户欢迎，因而在国内外发展极为迅速。但随着人们生活水平的提高，移动通信技术的迅速发展，手机已逐步取代了传呼机，在我国传呼机已基本被淘汰。

### 1.4.2 早期公用移动电话通信系统

公用移动电话通信系统是最典型的移动通信系统，使用范围广，用户数量多。通常所用的汽车电话就属于公用移动电话通信系统。

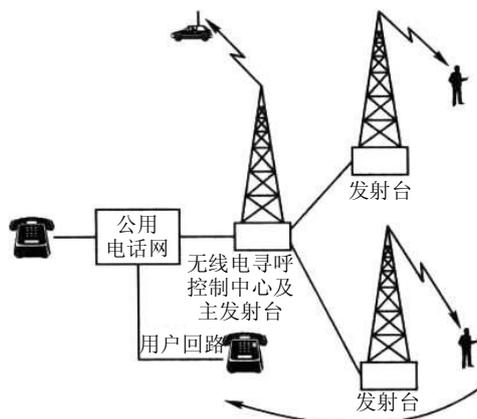


图 1.4 无线电寻呼系统的组成

早在 1946 年美国圣路易斯启用了第一个公用汽车电话通信网，采用了人工接续方式，移动用户在通信前要选择—个空闲频道与移动电话交换局联系，并将被呼用户的电话号码告诉话务员，由话务员呼叫用户，接通后通话。这种方式接续速度比较慢，往往需要几分钟才能接通—次电话。到了 1964 年，出现了现代汽车电话系统，如美国的 IMTS (Improved Mobile Telephone Services)，即改进型移动电话设备，它不仅可以进行自动拨号、双工通信，而且采用了多频道共用技术。所谓多频道（或多信道）共用是指—组频道被众多用户所共用，这种“动态分配频道”方式，避免了固定频道分配方式造成频率资源的浪费，大大提高了频率利用率。IMTS 系统工作频段分 150MHz 和 450MHz 两种，采用大区制组网方式，如图 1.5 所示，基站（或基地台）包括多部收发信机，—般天线高架，覆盖半径为几十公里。由于基站功率较大，而移动台功率较小，为解决上行信号较弱问题（如远离基站或电波传播条件较差时），在服务区内可增设若干外围接收站，或称分集接收站，某些上行信号可通过分集接收台传到基站。

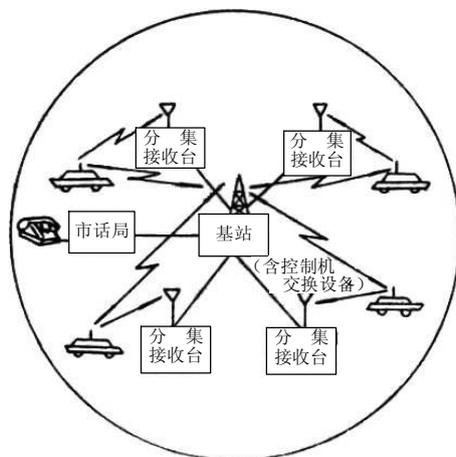


图 1.5 大区制移动电话系统示意图

随着经济的发展，人们对汽车电话的需求越来越多，因此频率有限与用户众多的矛盾日益突出。20 世纪 70 年代后期，出现了小区制大容量的移动电话系统，即蜂窝式移动电话系统。

几种模拟蜂窝式移动通信系统的主要性能参数如表 1.1 所示。

表 1.1 几种蜂窝式移动通信系统的主要性能参数

系统名称		AMPS (美国)	TACS (英国)	NMT (北欧)		C-450 (德国)	NTT (日本)
				NMT-450	NMT-900		
无线频段 (/MHz)		900	900	450	900	450	800
收发间隔 (/MHz)		45	45	10	45	10	55
频带宽度 (/MHz)		25×2	25×2	4.5×2	25×2	4.4×2	25×2
频率间隙 (/kHz)		30	25	25	12.5	20	12.5
发射功率 (W)	基站	40	100	50	25, 6, 1.5	20	25.5
	车台	3	4~10	15	6	15	1
	手机	0.6	0.6~1.6	2	2	—	1
小区半径 (km)	市区	2~7	1~4	4	2	>2	2~3
	郊区	10~20	<15	20	10	25	5~10
语音调制方式		FM	FM	FM	FM	FM	FM
数字信令调制方式及 速率		FSK 10kb/s	FSK 8kb/s	FSK 1.2kb/s	FSK 1.2kb/s	FSK 5.28kb/s	FSK 2.4kb/s

小区制移动电话系统网络结构称为“蜂窝式”，在空间上能实现频率复用。图 1.6 所示为蜂窝式移动通信系统的组成，图中一个六角形区域称为一个小区（或称无线区），七个小区构成一个区群。图中小区编号代表不同的频道组，经过合理地配置频道，可以使相邻区群使用相同的频道，既提高了频率再用率，又能把同频干扰限制在允许的范围之内。

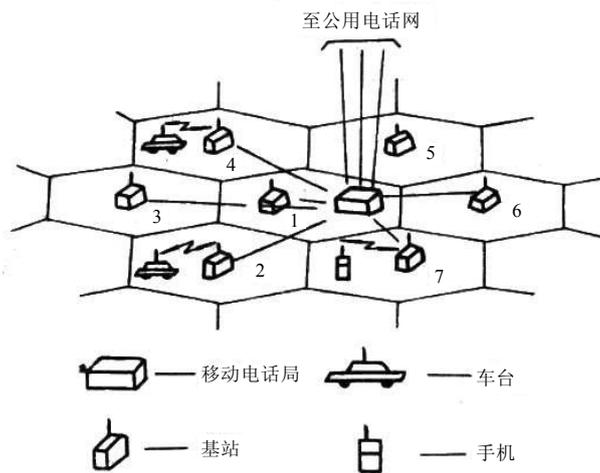


图 1.6 蜂窝式移动通信系统的组成

蜂窝式移动通信系统可以进行移动用户与市话用户之间的通信，也可以进行移动用户相互之间的通信。其中移动电话局（亦称移动业务中心）在通信网中起控制和协调作用。它对所在地区已注册登记的用户实施管理（如频道分配、频道转换、指定移动台发射功率等），也能为外地来的漫游用户提供服务。移动电话局又是移动通信网与公用电话交换网（PSTN）的

接口单元，通过它来完成移动用户与市话用户的通信。

蜂窝式移动通信系统由于妥善地缓解了有限频率资源与众多用户的矛盾，尽管系统成本较高，还是得到了越来越广泛的应用。

### 1.4.3 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，手机与座机之间用无线电连接，这样做允许携带手机的用户可以在一定范围内自由活动进行通话。因为手机与座机之间不需要用电缆连接，故称之为“无绳”电话机。目前电话也朝着网络化的方向发展，比如在用户比较密集的地区设置基站，基站与有线电话网连接，并有若干个频道为用户所共用。用户在基站的无线覆盖区域内，可选用空闲频道，经过基站进入有线电话网，对有线网中的固定用户发起呼叫并建立通信链路。

无绳电话的手机、座机或基站所发射的功率均在 10mW 以下，无线覆盖半径约在 100m 左右。表 1.2 给出了几种模拟无绳电话系统的主要性能参数。

表 1.2 几种模拟无绳电话系统的主要性能参数

系统		日本（由政省标准）	美国（FCC 标准）	欧洲（CEPT 标准）
性能	手机发	253.862 5~254.962 5	49.830~49.990	914.012 5~914.987 5
	座机发	380.212 5~381.312 5	46.610~46.970	959.012 5~959.987 5
频道间隔（kHz）		12.5	20/40	25
频道数目		88	18/9	40
发射功率		10mW 以下	10mW 以下	10mW 以下
频道共用方式		多频道	单频道	多频道
语音调制方式		FM	FM	FM
控制信号		副载波 FM	单音	副载波 FM

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，目前已经有数字式无绳电话系统。

### 1.4.4 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。无线调度也是一种常用的移动通信业务，广泛应用于公共汽车、出租汽车及大型工矿企业、车站、码头、机场等进行生产调度和指挥。早期的无线调度是由基站控制所属移动台构成的无线电话系统，众多移动用户之间是不能直接通话的。

20 世纪 70 年代，国际上出现了一种具有选呼功能的调度系统，它利用选呼设备在一个共用频道上，能选择任一个属台作为通信对象而不干扰其他移动用户，因为呼叫信号决定于用户地址码，因此，移动用户只有收到自己的号码时才有响应，并能自动发出回呼信号，否

则处于禁听、禁讲的守候状态。显然，选呼系统比简单的“一呼百应”系统更符合使用者的要求。

由于城市中各部门、各系统都要求各自建立自己的调度系统，使得移动通信频率拥挤现象更为严重。到了 20 世纪 80 年代，出现了集群移动通信系统。所谓“集群”，一是将各用户部门所需的基站及控制设备，集中建站、统一管理，各部门只需建立各自的调度台和配置相应的车台和手机；二是采取动态分配空闲频道的办法实现多频道共用，从而充分利用频率资源及信道设备。

集群系统采用半双工通信方式，基站的转发器为双工方式，而移动用户为异频单工。系统具有多种呼叫类型。如组呼、选呼、全呼及优先呼叫等。除此之外，系统还可与公用电话交换网（PSTN）或专用电话交换机（PABX）互连，以供移动用户与有线用户建立通信。

除了上述几种典型的移动通信系统之外，近年来出现的无中心控制移动通信系统也引起了人们的广泛注意。它把控制功能分散到各移动台中，系统内各移动台都具有自动选择空闲频道、发送和接收控制信令以及自动选呼等功能，因此系统具有机动灵活的特点，免去了基站的投资及维护管理。但这一系统的移动台稍复杂，控制功能也受到一定的约束。随着微电子技术的发展，移动台的体积、重量及成本可望进一步减小。因此，无中心控制移动通信系统是一种颇有发展前途的移动通信系统。同样，分组无线电通信系统也是一种待发展的移动通信系统，目前以数据传输为主，未来将向宽带、多种业务综合传输发展。

## 1.5 无线电频谱的管理与使用

### 1.5.1 无线电频谱管理

无线电频谱是一种有限的自然资源，它广泛地应用于通信及其他一些领域中。由于无线电频谱是有限的，而电台的数量却飞速增加，因此必然形成频率不够分配的局面。而频率短缺又限制了无线电业务的发展，所以如何从技术上挖掘无线电频谱的潜力以及科学地管理和使用无线电频率已经引起相关部门的重视并努力地去解决它。移动通信主要是无线通信，所以对频谱使用的依赖性很大。特别是近十余年来，移动通信已从过去的点对点通信或简单的调度网发展到多种手段的通信系统和复杂的综合网，对无线电频率的使用越来越多，若不严格管理将会出现混乱。

世界各国早就开始重视频谱管理，1927 年在华盛顿召开的电联代表大会上首次给各类无线电业务划分了专用频带，以防止和减少相互的干扰；随后又制定出无线电规则，并在以后多次的无线电行政大会上进行修改，一直沿用至今。国际电联设有相关的常设机构，其中，国际无线电咨询委员会（CCIR）和国际频率登记委员会（IFRB）对频谱管理更是做了大量的研究工作，并负责主持日常业务工作。许多国家对无线电频率的管理和开发也十分重视，并对频谱管理制定了一些十分严格的法则和规定，设立了专门机构，并在政府直接领导下实行统一集中管理。如美国早在 1934 年就制定了通信法，负责无线电管理的机构是国家电信和信息总局（NTIA）及联邦通信委员会（FCC）。这两个机构分别管理联邦政府部门和非联邦政府

部门使用的无线电频谱，而有关国际上的频率协调则由美国国务院负责。美国已先后编制了 SHADOW（进行视距内地形范围的计算）、INMOD（计算互调产物）和 FOR/FD（计算频率相关抑制和频率距离）等软件作为管理的技术手段。英国、法国、日本、俄国和加拿大等国家也在 20 世纪 70 年代先后成立了相应的管理无线电频谱的机构，制定了管理方法。我国于 1962 年成立了全国无线电管理委员会和各省市无线电管理委员会（或管理局），它们对指导国内和各地区、各部门合理地利用无线电频谱，防止各类无线电业务和无线电设备间的相互干扰等都起到了重要的作用。

实践证明，对频谱进行科学管理和分配是十分有效的。以美国为例，20 世纪 70 年代初已拥有几百万台陆上移动电台，若按原来的频谱管理和使用方法，陆上移动电台数量已经饱和，因此数量不可能再有明显增加；但采用新的频谱管理方法后，能使容纳的移动电台数量增加几百倍。

近几年来，我国全民对无线电频谱作为一种国家资源的认识已大大提高。国家和各省市无线电管理部门已在技术管理、技术监测和编制先进的应用软件等方面做了许多工作，对无线电频谱的管理能力也大大提高。

长期以来，人们在开发新频段的同时，还在努力缩小频谱间隔（如从 50kHz 到 25kHz，再到 12.5kHz，甚至到 5kHz）和提出新的调制方式以提高频率利用率。尽管在单个信道的信息容量方面做了大量努力，但仍未解决问题。因此采用常规的方法已无法满足电台数量急剧增长的要求。从理论上分析，无线电频谱使用效率  $\eta$  应由频段所携带的信息量  $M$ 、通信时间  $t$ 、使用的频段  $\Delta f$  和占据的立体空间  $V$  等来衡量，公式表示为

$$\eta = M / (t \Delta f V)$$

所以不能用通常那种简单的网络规划来进行频率指配，而要在指配前进行电磁兼容分析。这就要求对整个频谱传播的物理特性进行详尽的了解，采用一种新的频谱管理方法。

为了促进无线通信事业，乃至整个通信事业更快更好地发展，满足无线用户，尤其是移动用户急剧增加、无线业务种类不断增加的需求，人类必须充分利用频率资源。根据无线电频率资源的特点和性质，对它的充分利用，不外乎从三个方面做工作：

(1) 对频率实施严格的管理与协调。国际上已由专门的部门对各种无线电业务所使用的频率、频率容限、必要带宽等内容以规则形式做了详尽的规定，而且不断地进行修正和补充，如国际无线电大会（WARC 或 WRC 等）经常开会分析和讨论，并不断提出新的办法、措施和规定。相应地，我们国家及各省、市的各级无线电管理局（或委员会）也不断改进和提高了各自的管理方法和水平，对频率资源的指配、监测和监理等管理工作都取得了比较明显的成绩。

据了解，目前我国各级无线电管理局（或委员会），尤其是国家无线电监测中心的无线电检测设备已经比较完善，手段也比较先进，监理事业已开展，加大了频率管理工作的力度。

(2) 开发新频段。这是一项十分艰巨的开拓性工作。目前已有关于极高频（30~300GHz）的开发报道。

(3) 研究并采用各种频率的有效利用技术。这方面的研究一直很活跃。归纳起来，大致可分为两大类。一类是提高无线电波的频谱利用率，使每个信道所占用的频谱尽可能减少，如采用高效调制技术，或者采用扩频技术等使实际占用的频谱减少。另一类是提高无线电信

道的利用率，在服务等级（GOS）一定、给定信道间隔的条件下，就统计而言，使每一个信道所能容纳的用户数为最大，或者说能承载和完成的话务量为最大。用通俗的话来说，即使信道空闲时间最小。关于有效利用频率的各种技术如图 1.7 所示。

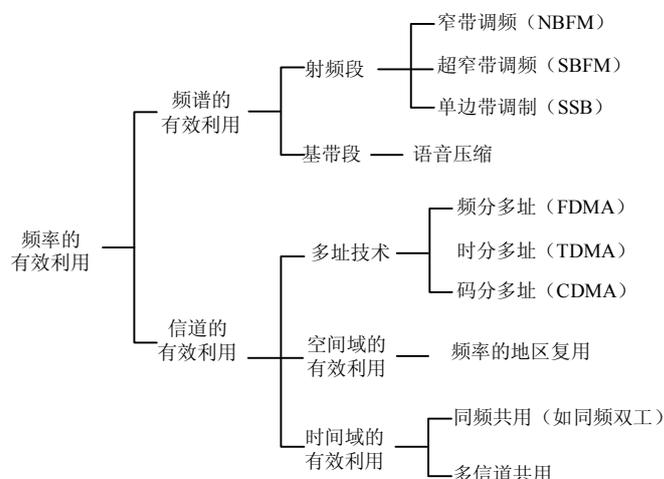


图 1.7 无线电频率有效利用示意图

### 1.5.2 移动通信的频谱特性和管理

移动通信使用的频谱要考虑以下几个方面的因素：

- 无线电管理局（或管理委员会）的规定和指配。
- 电波传播特性。
- 环境噪声及各种干扰情况（要进行电测）。
- 覆盖区域范围。
- 区域内地形、地物及各种障碍情况。
- 设备特性。
- 经济成本。

移动通信是移动用户与基地台之间的通信，除海上和航空以及高频远距离移动通信外，通常多用直射波传播或视距内传播，因此甚高频、特高频以及超高频频段用得较多。这几个频段的波长较短，相应的天线物理尺寸小，设备的尺寸也较小，比较符合移动通信的要求。这几个频段大致有以下一些特性：

(1) 30~60MHz，属甚高频低端，其特点是自由空间传播损耗小，受地形、地物影响也小一些，但噪声电平较高，比较适合通信距离稍远（50~80km）、地形有些起伏，但环境噪声不大的情况使用。

(2) 100~300MHz，属甚高频高端，其特点是自由空间传播损耗较大，受地形、地物影响不太大（比低端要大些），噪声电平仍较高，适合中等距离（25~50km）使用。

(3) 400~600MHz，属特高频频段，自由空间传播损耗大，受地形、地物影响也较大，但环境噪声电平较低，适合城市中近距离（服务半径在 30km 以内）的移动通信使用。

(4) 800~1000MHz, 属特高频频段, 自由空间传播损耗更大, 但噪声小、电波穿透能力强, 适合城市近距离使用。

移动通信所受的噪声干扰主要是环境噪声, 而环境噪声中又以人为噪声为主。它一般以脉冲的形式出现, 例如汽车发动机点火噪声、车上各种电器设备噪声(如雨刷、喇叭……), 不仅是本车的, 会车时别的车辆噪声也会产生干扰。车载台经过高压电站、大功率变压器和工业区等也会受到强大的噪声干扰。一般来说, 城市的人为噪声比郊区要大, 大城市比小城市要大, 至于接收机本身的噪声, 比起人为噪声来要小得多。图 1.8 所示为 ITT 手册上刊载的平均人为噪声功率曲线。

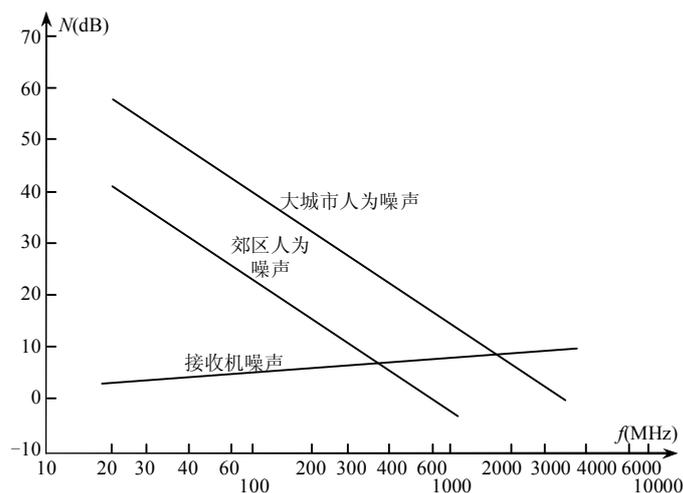


图 1.8 平均人为噪声功率曲线

由图 1.8 可见, 人为噪声变化规律为每倍频程均按 7.5dB 递减, 因此 400MHz 要比 100MHz 低 15dB 左右, 而城市人为噪声要比郊区高 20dB 左右。故从减少干扰看, 频段高显然是有利的。

噪声中还有宇宙噪声, 它也随频率增高而减少。通常高于 300MHz 时, 可忽略不计。

电波传播损耗量随频段增高而增加, 有许多公式可以计算出来。通常传播损耗按每倍频程增加 6dB 左右, 所以在图 1.8 中 400MHz 平均人为噪声功率曲线比 100MHz 要增加 12dB 左右的传播损耗。

设备特性和经济成本也是必须考虑的, 因为频段高也造成了元器件的价格增高。

从近几年发展来看, 移动通信使用的频段已由 800~1000MHz 升高到 2000MHz 以上, 随着移动通信发展到第四代, 还将升高到 5000~6000MHz 或更高。根据国际电联 1979 年的规定, 划分给移动通信的主要频段 (MHz) 如下:

29.7~47.0

47.0~50.0 (此部分和广播共用)

54.0~68.0 (此部分和广播共用)

68.0~74.8

75.2~87.0

87.0~100.0 (此部分和广播共用)  
138.0~144.0  
148.0~149.9  
150.05~156.7625  
156.8375~174.0  
174~223 (此部分和广播共用)  
223~328.6  
335.4~399.9  
406.1~430 (此部分以陆上移动为主)  
440~470  
470~960 (此部分和广播共用)  
1427~1525  
1668.4~1690  
1700~2690  
3500~4200  
4400~5000

可见,移动通信可使用的频段范围是很广的,而且频率分配必须能预见到未来发展。目前,陆上移动通信的频率主要是 40MHz、150MHz、450MHz、800MHz、900MHz 和 1.8~2.0GHz 等频段。

1980 年我国国家无线电管理委员会根据我国国情划给移动通信的频段和国际规定的相仿,但略有不同,分配如下(单位为 MHz):

29.7~48.5  
64.5~72.5 (与广播共用)  
72.5~74.6  
75.4~76.0  
138.0~149.9  
150.05~156.7625  
156.8375~167.0  
223.0~235.0  
335.4~399.9  
406.1~420  
450~470  
560~606  
798~960 (与广播共用)  
1427~1535  
1668.4~2690  
4400~4990

2000年5月,世界无线电大会(WRC-2000)在IMT-2000(第三代移动通信)的1.9GHz核心频段基础上,又确认几段附加频段:

1710~1885MHz、2500~2690MHz和1GHz以下的806~960MHz用作国际漫游IMT-2000,并确认一些国家主管部门(主要指中国)计划将2300~2400MHz频段作为地面IMT-2000使用。

由此可见,并不是用户想要什么频率就可用什么频率。用户使用的频点必须要当地无线电管理局(或管理委员会)申请批准才能使用。

## 习题

1. 什么叫移动通信?移动通信有哪些特点?
2. 移动通信有哪些工作方式?各有何优缺点?
3. 常用的移动通信系统包括哪些类型?
4. 简述蜂窝网的结构和特点。
5. 什么是集群移动通信系统?它采用什么工作方式?
6. 概述移动通信的发展历史和发展方向。
7. 无线电频谱管理主要包括哪几个方面?
8. 移动通信频率的选择有哪些限制因素?