

邮电高等函授教材

通信技术概论 下册

张 政 方建邦 编
张金菊 罗先明

YOU DIAN GAO DENG

YOU DIAN GAO DENG

HAN SHOU

YOU DIAN GAO DENG HAN SHOU

JIAO CAI

HAN SHOU

1.1
8

GAO HAN

邮电高等函授教材

通信技术概论

下册

张 政 方建邦 编
张金菊 罗先明

人民邮电出版社

登记证号(京) 143 号

内 容 提 要

本书比较全面概括地讲述现代通信技术领域的基本技术知识及其发展概况。

全书共分上、下两册。上册内容包括:概述;数字通信;数据通信;程控交换;现代通信网。下册内容包括移动通信、光纤通信、数字微波及卫星通信等,每章讨论一个课题。对每一专题内容,除阐述基本原理外,还讨论了与其相关的实际应用技术及其相应学科领域的技术发展趋势。

本书为邮电高等函授教材,也可供通信部门管理干部和技术人员学习参考。

DU20/22

邮电高等函授教材

通信技术概论

下 册

张 政 方建邦 编
张金菊 罗先明

*

人民邮电出版社出版发行

北京朝阳门内南竹杆胡同 111 号

北京印刷一厂印刷

新华书店总店科技发行所经销

*

开本: 850×1168 1/32 1995 年 1 月 第一版

印张: 10.125 1995 年 1 月北京第 1 次印刷

字数: 264 千字 印数: 1—4 000 册

ISBN 7-115-05448-7/TN·809

定价: 9.50 元

310150

编者的话

通信是人类社会传递信息、交流思想、传播文化知识不可缺少的一种手段，在各种社会活动和经济活动中都起着重要的作用。随着社会经济、科学技术的不断发展，人类智力活动范围的不断扩大，人类社会正步入一个新的历史时代，即信息化时代。能源、材料和信息将构成现代经济的三大支柱，以微电子、光电子、计算机、通信和信息服务业构成的信息产业将成为信息化社会的基础。随着微电子、光电子和计算机应用科学的迅速发展，特别是通信与计算机的密切结合，使通信技术日新月异，迅速发展。进入 90 年代的今天，作为社会基础设施的通信系统和通信网正在向数字化、智能化、综合化、宽带化和个人化等方向发展。

本书共分九章，分别对数字通信、数据通信、程控交换、现代通信网、移动通信、光纤通信、数字微波及卫星通信等有关内容进行专题讨论。全书分为上、下两册。上册为第一章到第五章，第一章和第五章由李文海编写；第二章由鲜继清编写；第三章由王钦笙编写；第四章由苏开荣编写。下册为第六章到第九章，第六章由方建邦编写；第七章由张金菊编写；第八章由张政编写；第九章由罗先明编写。全书由李文海统编。由于编者水平有限，书中一定有一些不足之处，敬请广大读者批评指正。

编者

1994 年 5 月

目 录

第六章 移动通信	1
6.1 概述	1
6.1.1 移动通信的特点	3
6.1.2 移动通信的工作方式	6
6.1.3 移动通信系统的组成	9
6.1.4 移动通信系统的频段使用	10
6.2 蜂窝式移动电话通信网	11
6.2.1 移动电话系统的体制	12
6.2.2 蜂窝式移动电话网及信道的结构	17
6.2.3 蜂窝式移动电话网的编号计划	24
6.2.4 移动通信的交换技术	26
6.2.5 信令	37
6.2.6 多信道共用	39
6.3 蜂窝式移动电话通信设备	53
6.3.1 无线基站 (BS)	53
6.3.2 移动台 (MS)	57
6.3.3 移动业务交换中心 (MSC)	59
6.3.4 蜂窝式移动电话系统的发展趋势	61
6.4 其他移动通信系统简介	64
6.4.1 无线寻呼系统	64
6.4.2 集群系统	65
6.4.3 无绳电话系统	66
6.4.4 卫星移动通信系统	69
本章小结	70

习题	72
第七章 光纤通信	74
7.1 光纤通信概述	74
7.1.1 光波波段的划分	75
7.1.2 光纤通信的特点	76
7.1.3 光纤通信系统的基本组成	77
7.1.4 光纤通信的现状及发展方向	78
7.2 光纤和光缆	79
7.2.1 光纤的结构与分类	79
7.2.2 光纤的传光原理	83
7.2.3 单模光纤	89
7.2.4 光纤的传输特性	94
7.2.5 几种常用的光缆结构	97
7.3 光源和光发送机	100
7.3.1 光纤通信中的光源	100
7.3.2 光发送机	107
7.4 光电检测器与光纤数字接收机	113
7.4.1 半导体光电检测器	113
7.4.2 光纤数字接收机	117
7.5 光纤通信系统	125
7.5.1 强度调制——直接检波光纤通信系统的 基本组成	125
7.5.2 光纤通信中的码型	133
7.5.3 光纤通信系统设计概述	139
7.5.4 新型光纤通信系统的介绍	146
本章小结	153
习题	155
第八章 数字微波通信	157
8.1 数字微波通信的概念	157

8.1.1	微波通信的频段范围和特点	157
8.1.2	通信系统的构成及其工作原理	160
8.1.3	数字微波通信的主要技术指标	170
8.2	数字信号的调制与解调	174
8.2.1	数字微波传输的 PCM 系列及接口码型	174
8.2.2	二进制数字信号的调制与解调	178
8.2.3	四相调相原理	184
8.2.4	QAM 调制原理	191
8.2.5	各种调制方式的性能比较	193
8.3	微波传播	195
8.3.1	自由空间的电波传播	195
8.3.2	电波衰落现象及其影响	197
8.3.3	抗衰落技术	201
8.3.4	微波天线设计的余隙标准	202
8.4	假想参考电路及路由选取	203
8.4.1	假想参考电路	203
8.4.2	数字微波通信线路的传输质量标准	205
8.4.3	数字微波通信的信道噪声	207
8.4.4	路由设计概述	211
8.5	数字微波通信设备简介	215
8.5.1	国产 34Mbit/s 数字微波通信设备的系统指标	215
8.5.2	设备的主要技术指标	217
8.5.3	收发信系统的设备组成	218
8.5.4	公务信道	225
	本章小结	226
	习题	228
第九章	卫星通信	230
9.1	概述	231
9.1.1	卫星通信的基本概念	231

9.1.2	卫星通信系统的组成、工作过程和特点	233
9.1.3	卫星通信的电波传播特点	239
9.1.4	卫星通信线路的性能参数	243
9.2	通信卫星	247
9.2.1	卫星的运动轨道和姿态控制	247
9.2.2	卫星的发射、设置和观察参数	252
9.2.3	通信卫星的组成	256
9.2.4	数字卫星通信系统	263
9.3	卫星通信的多址方式	264
9.3.1	多址方式概述	264
9.3.2	频分多址 (FDMA) 方式	266
9.3.3	时分多址 (TDMA) 方式	272
9.3.4	空分和码分多址方式	277
9.4	地球站	282
9.4.1	地球站的分类、要求与组成	282
9.4.2	天线分系统	286
9.4.3	发射机分系统	290
9.4.4	接收机分系统	293
9.4.5	信道终端设备分系统	294
9.4.6	通信控制分系统和电源分系统	297
9.5	新技术简介	298
9.5.1	ALOHA 系统	298
9.5.2	小天线地球站——VSAT 系统	300
9.5.3	星上信号处理通信卫星	303
9.5.4	低轨道卫星移动通信系统	307
9.5.5	移动卫星通信系统	310
	本章小结	312
	习题	313

第六章 移动通信

本章主要介绍了蜂窝式移动电话系统的组网、编号计划、特有的交换技术、信令等概念及移动通信设备和发展趋势。并对无线寻呼系统、集群系统、无绳电话系统及卫星移动通信系统的组成和工作原理作了简介。

学习要点

通过本章学习，必须掌握移动通信的主要特点、工作方式、系统组成及频段使用。

在蜂窝式移动电话系统的学习中，掌握小区制大容量移动电话的组网、进网、编号计划及移动通信特有的交换技术；了解移动通信的信令及发展趋势。熟悉无线寻呼系统、集群系统、无绳电话系统及卫星移动通信系统的组成及工作原理。

6.1 概述

随着经济的发展，人民生活水平的提高，人们对电话的需求量迅速增长，对它的功能也提出了更高的要求。不但要求能在固定点（如家中或工作单位）打市内电话、国内长途电话及国际长途电话，而且希望能在任何地点（如移动的汽车、轮船或飞机上）随时进行

通话，甚至要求在走路时也能打电话。这就是我们要介绍的移动通信。

所谓移动通信，就是指通信的双方，至少有一方是在移动中进行信息交换的。例如，固定点与移动体（汽车、轮船、飞机）之间、或移动体之间以及活动的人与人、人与移动体之间的通信，都属于移动通信的范畴，如图 6.1 所示。

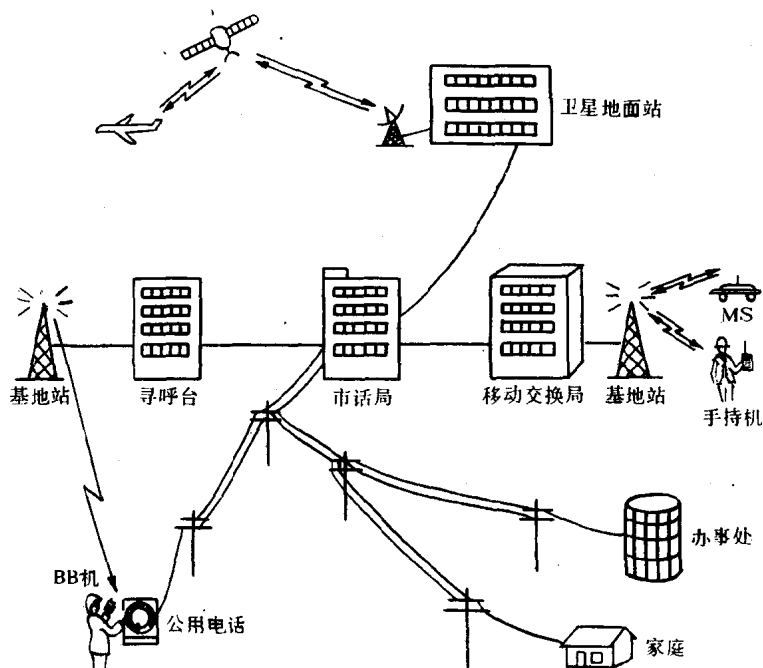


图 6.1 移动通信

需要说明的是，这里所说的“信息交换”，不仅指双方的通话，随着移动通信的不断发展，还将为数据、传真、图像等非话业务提供服务。

目前，移动通信主要有蜂窝式移动通信系统、无线寻呼系统、无

绳电话系统、集群调度系统、无中心选址系统和卫星移动通信系统等。本章以蜂窝式移动电话系统为主进行介绍，而对其他移动通信系统仅作简单叙述。

6.1.1 移动通信的特点

与其它通信方式相比，移动通信具有以下主要特点：

一、电波传播条件恶劣

在陆地上，移动体（如汽车）往来于建筑群或障碍物之间，当工作频率超过 30MHz 时，各建筑物就成了散射体产生反射波。因此其接收信号的强度，将由直射波和反射波叠加而成，如图 6.2 所示。

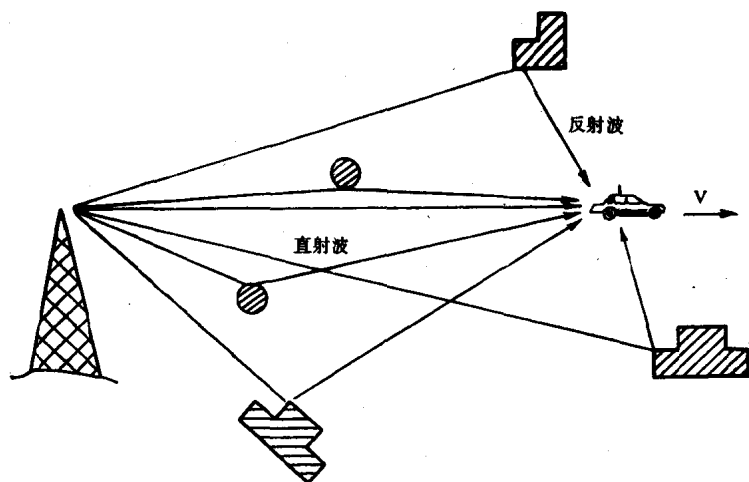


图 6.2 电波的多径传播

这些电波虽然都是从一个天线辐射出来的，但由于传播的途径不同，到达接收点时的幅度和相位都不一样，而汽车又在行驶途中。因此，汽车在不同位置时，其接收信号合成的强度是不同的。这将造成汽车在行驶中接收信号的电平起伏不定，最大可相差 30dB 以

上，这种现象通常称为衰落，它严重地影响着通话质量。

上述现象在日常生活中大家是有体会的。例如使用室内天线的黑白电视机，当把接收天线放置在室内不同位置时，图像质量会有很大差异，有的位置雪花很多且出现重影，图像模糊不清。而有的位置图像特别清晰。究其原因与上述相似，电视天线接收的信号亦是由直射波和房屋四壁反射到接收天线的反射波叠加的结果。在不同位置，由于各电波的幅度和相位均起了变化，因而合成信号的强度就会有很大差异，从而影响了接收电视图像的质量。

对于电视接收机来说，只要在室内选好位置就可解决问题。但对于移动通信来说就复杂多了。这主要是因为通信的一方或双方都是在不停的运动中，位置经常变动，欲保证一定等级的通信质量，要求在进行移动通信系统的设计时，必须具有抗衰落的能力和储备。

二、强干扰情况下工作

通信质量的好坏，不仅取决于设备性能，还与外部的噪声及干扰有关。发射功率再高，当噪声和干扰达到一定程度时，也无法正常工作。

对于移动通信来说，其主要噪声来源是人为噪声。如汽车的点火系统，这种影响大家也是有体会的。当我们收看电视节目时，如果附近有一部汽车正在发动，就会在电视屏幕上出现一串白点，这就是汽车点火系统造成的。为保证通信质量，除选择抗干扰性强的调制方式（调频或调相）外，移动通信设备还必须有足够的抗人为噪声的能力和储备。

移动通信的主要干扰有互调干扰、邻道干扰及同频干扰等。互调干扰主要是由设备中器件的非线性引起的，如接收机的混频级、发射机的功率放大级等。在多信道共用系统中，如果信道频率配置不当，就会产生严重的互调干扰。

邻道干扰是指相邻或邻近信道（或频道）之间的干扰，如图 6.3 所示。用户 A 占用了 K 信道，用户 B 使用 $(K \pm 1)$ 信道，本来它们之间不应存在干扰问题，但当一个距固定点很远（如用户 A），而另

一个却很近时（如用户 B），由于信道间隔有限，就会出现 $(K \pm 1)$ 信道接收的强信号干扰 K 信道弱信号的现象，我们把这种情形称为邻道干扰。为解决这个问题，在移动通信设备中，使用自动功率控制电路。当汽车驶近固定点时，使其发射功率自动降低，而远离固定点时，自动升高。

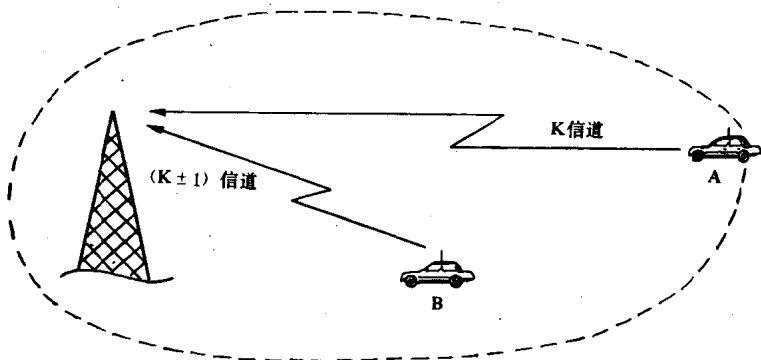


图 6.3 邻道干扰

同频干扰是指相同载频电台之间的干扰。它是蜂窝式移动通信系统所特有的，要求移动通信在组网时，必须予以充分的重视。

三、具有多卜勒效应

当运动的物体达到一定速度时，如超音速飞机，固定点接收到的载波频率将随运动速度 v 的不同，产生不同的频移，通常把这种现象称为多卜勒效应。其频移值为

$$f_d = \frac{v}{\lambda} \cos \theta$$

式中 λ ——接收信号载波的波长；

θ ——电波到达时的入射角。

例如，人造卫星在发射前，其星上发射机的载频 f_1 是预知的。发射后，地面接收站收到的载波信号频率已不是 f_1 了，而是 $f_1 \pm f_d$ 。由于卫星运动的速度（径向速度）在变化，所以 f_d 也在变化，使到达

接收机的电波载频在变化,因而使用一般的接收机是无法接收卫星信息,必须使用采用了“锁相技术”的接收机才行。实际上,卫星地球站就是一部大型锁相接收机。它之所以能稳定的接收卫星信息,主要是由于“锁相技术”具有频率跟踪和低门限性能,即接收机在捕捉到卫星发来的载频信号之后,当发来的载频信号随速度 v 变化时,地面接收机本振信号频率跟着变,这样就可不使信号丢失。另外,还可以利用其窄带性能,把淹没在噪声中的微弱信号提取出来,这也是一般接收机做不到的。所以移动通信设备都毫无例外的采用锁相技术。

四、采用跟踪交换技术

由于移动体在通信区域内是随机运动的,而其发射机在不通话时,又处于关闭状态,即它与固定点无固定联系,为实现可靠有效的通信,要求移动通信设备必须具有位置登记、越区切换及漫游访问等跟踪交换技术,这将在第二章中重点说明。

6.1.2 移动通信的工作方式

按照通信的状态和频率使用的方法,移动通信可分为三种工作方式:单工制、半双工制和双工制。

一、单工制

1. 单频(同频)单工

单频是指通信的双方使用相同的工作频率(f_1);单工是指通信双方的操作采用“按——讲”方式,如图 6.4 所示。平时,双方的接收机均处于守听状态。如果 A 方需要发话,可按压“按——讲”开关,关掉 A 方接收机,使其发信机工作,这时由于 B 方接收机处于守听状态,即可实现由 A 至 B 的通话;同理,也可实现由 B 至 A 的通话。在该方式中,同一部电台(如 A 方)的收发信机是交替工作的,故收发信机可使用同一副天线,而不需要天线共用装置。

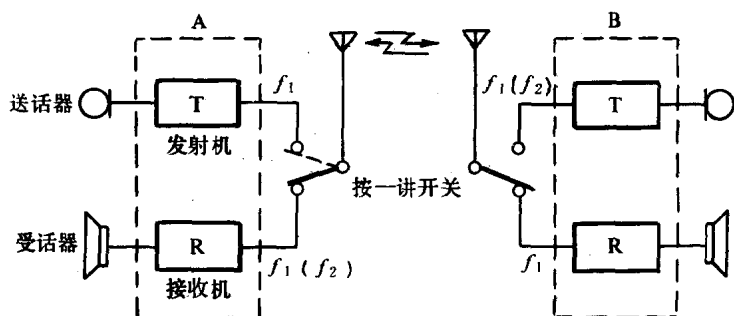


图 6.4 单工通信方式

这种工作方式设备简单，功耗小，但操作不便。如使用不当，会出现通话断断续续的现象。譬如，A 方在发话过程中，出现短暂的停顿时，如果 B 方误以为讲话完毕，按下 B 方的“按——讲”开关，开始讲话，结果由于 B 方接收机停止工作，使 B 方收听不到 A 方后半部分讲话；与此同时，由于 A 方不是处于守听状态（即接收机未工作），所以也听不到 B 方前半部分的讲话。当 A 方讲完之后，按下“按——讲”开关，听到的是 B 方讲话的后半部分。总之，如果配合不好，双方通话就会出现断断续续的现象。此外，若在同一地区多部电台使用相邻的频率，相距较近的电台间将产生严重的干扰。

2. 双频单工

双频单工是指通信双方使用两个频率 f_1 和 f_2 ，而操作仍采用“按——讲”方式。同一部电台（如 A 方）的收发信机也是交替工作的，只是收发各用一个频率，其优缺点大致与单频单工相同，只是电台间的干扰小一些。

单工制适用于用户少、专业性强的移动通信系统中，如对讲机、无中心选址系统等。

二、半双工制

半双工制是指通信的双方，有一方（如 A 方）使用双工方式，即收发信机同时工作，且使用两个不同频率 f_1 和 f_2 ；而另一方（如 B 方），则采用双频单工方式，即收发信机交替工作，如图 6.5 所示。平时，B 方处于守听状态，仅在发话时才按压“按——讲”开关，切断收信机使发信机工作。其优点是设备简单、功耗小、克服了通话断断续续的现象。但操作仍不太方便。所以半双工制主要用于专用移动通信系统中，如汽车调度、集群系统等。

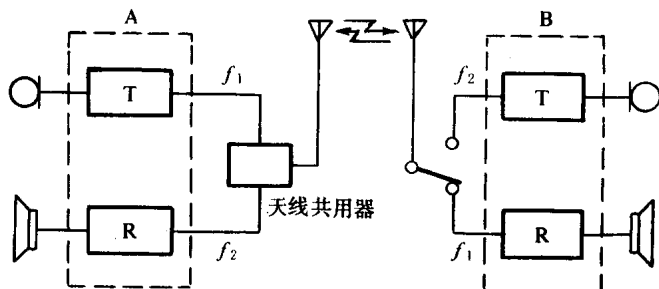


图 6.5 半双工通信方式

三、双工制

双工制是指通信双方收发信机均可同时工作，即任一方在发话的同时，也能收听到对方的话音，无需“按——讲”开关，与普通市内电话的使用情况类似，操作方便，如图 6.6 所示。采用这种方式，在使用过程中不管是否发话，发信机总是工作的，故耗电多。这一点以对以电池为能源的移动体尤为不利。为此，在某些系统中，移动体的发信机仅在发话时才工作，而移动体接收机总是工作的，通常称这种系统为准双工系统，它可以和双工系统相兼容。目前，这种工作方式在蜂窝式移动电话系统中获得了广泛的应用。

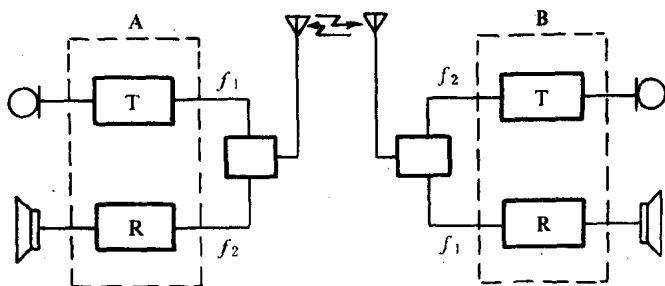


图 6.6 双工通信方式

6.1.3 移动通信系统的组成

移动通信系统一般由移动台 (MS)、基站 (BS)、移动业务交换中心 (MSC) 以及与市话网 (PSTN) 相连接的中继线等组成, 如图 6.7 所示。

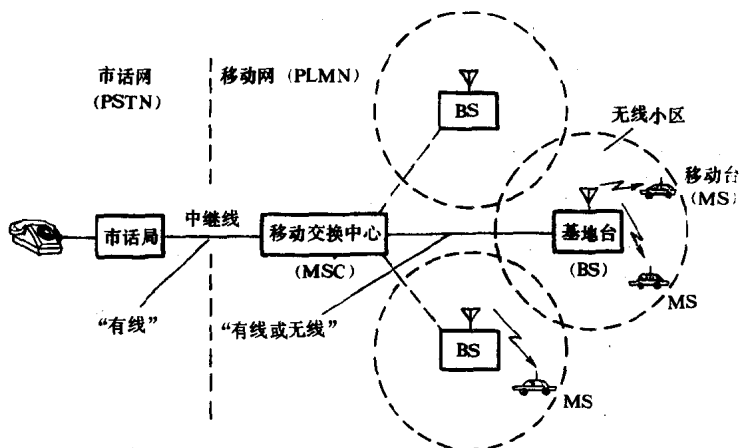


图 6.7 移动通信系统的组成