

WUXIAN TONGXIN JISHU GAILUN

无线通信 技术概论



李文元 主编



国防工业出版社
National Defense Industry Press

无线通信技术概论

李文元 主编

国防工业出版社

·北京·

内 容 简 介

全书共分8章,包括无线通信基础、无线通信基本技术、移动通信、短波通信、卫星通信、宽带无线通信技术、无线局域网、无线宽带数据网等内容,概要地阐述了各类无线通信技术和无线通信系统及其最新进展。

本书系统地介绍了常见无线通信技术和近几年发展起来的新技术,并对实际商用系统及发展前景作了介绍。全书选材新颖、内容丰富,深入浅出,通俗易懂。

本书可作为通信、电子、信息、计算机等专业的通用教材,也可供从事无线通信的工程技术人员和相关爱好者参考。

图书在版编目(CIP)数据

无线通信技术概论/李文元主编. —北京:国防工业出版社,2006.4

ISBN 7-118-04408-3

I. 无... II. 李... III. 无线电通信—概论
IV. TN92

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 016162 号

※

国防工业出版社出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路23号 邮政编码100044)

新艺印刷厂印刷

新华书店经售

*

开本 787×1092 1/16 印张 17½ 字数 396 千字

2006年4月第1版第1次印刷 印数 1—4000册 定价 30.00元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

国防书店:(010)68428422

发行邮购:(010)68414474

发行传真:(010)68411535

发行业务:(010)68472764

前 言

近十几年来,无线通信成为科学技术发展最活跃的领域之一。从支持话音业务到支持多媒体业务,无线通信技术的发展日新月异,新理论、新技术、新方法不断涌现,并且在理论和实践中表现出相互渗透、相互融合、共同发展的趋势。为了适应现代信息社会不断发展的需要,我们编写了《无线通信技术概论》一书,力图通过介绍现代无线通信中新理论、新技术及其应用,使读者对无线通信领域中的新技术和发展趋势有一个基本了解,从而拓宽知识面,提高专业培训质量。

本书是根据作者多年来从事无线电通信专业的教学与科研工作实践与成果,参考国内外专家学者的相关著作,经过筛选、分析和综合后撰写而成。本书力图做到“新”而“全”,比较系统地反映现代无线通信领域的新技术和新成果。在编写过程中注重理论联系实际,做到深入浅出,分析论证简明扼要,通俗易懂;侧重于基本概念、基本技术和原理的叙述,简化数学推导,以便于读者自学。

全书共分8章:第1章“无线通信基础”,介绍了无线通信系统概念、无线信道、电波传播特性、无线电频谱和天线等基础内容;第2章“无线通信基本技术”,主要讲述了无线通信中涉及的编码、调制、抗干扰和多址技术,以保证各类通信系统中信息传输的可靠性和有效性;第3章“移动通信”,以数字移动通信为重点,系统介绍了第二代移动通信系统(GSM、CDMA),同时也对第三代移动通信系统进行了全面的阐述,并对 Beyond 3G/4G 及其关键技术进行了简单介绍;第4章“短波通信”,介绍了短波通信的原理、短波信道的数据传输技术和短波自适应通信系统;第5章“卫星通信”,主要介绍了卫星通信的基本概念、通信卫星、卫星通信体制、卫星通信地面站以及近年来迅速发展的卫星通信应用系统;第6章“宽带无线通信技术”,介绍了无线宽带数据业务传输中的关键技术,包括 UWB 技术、WiMAX 技术、正交频分复用(OFDM)技术和多天线(MIMO)技术;第7章“无线局域网”,介绍了无线局域网的组成、拓扑结构、物理层、数据链路层技术和安全技术;第8章“无线数据网络”,介绍了其他形态的无线数据网技术,包括无线 ATM 技术、HiperLan 技术、个域网中

的 IEEE802.15 标准和蓝牙技术。

本书由李文元教授担任主编,陈英梅编写第 1 章和第 6 章部分内容,张玉水编写第 2 章和第 5 章部分内容,樊中山编写第 7、8 章;宁轲、刘润编写第 3 章和第 5 章;李文元、何雯编写第 4、6 章及第 2 章部分内容。

由于无线通信技术发展迅猛,新技术的发展日新月异,因此本书很难包容所有的新技术,加之时间仓促,编者水平有限,书中难免有不妥或错误之处,恳请读者批评指正。

编者

目 录

第 1 章 无线通信基础	1
1.1 引言	1
1.2 无线通信系统的基本构成	4
1.2.1 无线通信系统的组成	4
1.2.2 无线通信系统特点及分类	5
1.2.3 单工与双工通信	5
1.2.4 无线通信网络	6
1.3 无线电波的传播特性	6
1.3.1 电磁波的极化	6
1.3.2 无线电波的传播方式	7
1.3.3 传播路径损耗模型	9
1.4 无线信道特性	11
1.4.1 无线信道的特点	12
1.4.2 无线信道的分析与建模	12
1.4.3 短波信道分析	12
1.5 无线电频谱	14
1.5.1 频谱资源的划分与管理	15
1.5.2 无线通信系统的电磁兼容技术	17
1.6 天线	18
1.6.1 基本概念	18
1.6.2 天线的主要技术指标	19
1.6.3 常用天线的主要类型	21
复习题	24
第 2 章 无线通信基本技术	25
2.1 信源编码	25
2.1.1 语音压缩编码	25
2.1.2 数据压缩编码	29
2.2 信道编码	32
2.2.1 信道编码的基本概念	33
2.2.2 线性分组码	33
2.2.3 卷积码	35

2.2.4	交织码	38
2.2.5	Turbo 码	39
2.2.6	空时编码	40
2.2.7	移动通信中的纠错编码	40
2.3	调制技术	42
2.3.1	正交振幅调制	42
2.3.2	最小移频键控(MSK)	45
2.3.3	$\pi/4$ -DQPSK 调制	48
2.3.4	OFDM 调制	50
2.3.5	扩频调制	52
2.4	多址技术	57
2.4.1	多址技术的概念	57
2.4.2	频分多址(FDMA)	58
2.4.3	时分多址(TDMA)	58
2.4.4	空分多址(SDMA)	58
2.4.5	扩频多址(SSMA)/码分多址(CDMA)	59
2.4.6	分组无线电(PR)/随机多址(RA)	60
2.4.7	多址技术与调制技术在未来移动通信中的融合	61
2.4.8	多址技术与双工方式	62
2.5	抗干扰技术	62
2.5.1	分集技术	63
2.5.2	自适应均衡技术	65
2.5.3	RAKE 接收技术	66
2.5.4	智能天线技术	68
2.5.5	多用户检测(MUD)	70
	复习题	75
第3章	移动通信	77
3.1	概述	77
3.1.1	移动通信的概念及特点	77
3.1.2	移动通信系统的组成	78
3.1.3	移动通信的分类	78
3.1.4	移动通信的发展概况	80
3.2	移动通信的基本原理	84
3.2.1	移动通信信道	84
3.2.2	移动通信的基本技术	87
3.2.3	信令与协议	90
3.2.4	路由与交换	93

3.2.5	爱尔兰公式与爱尔兰表格	97
3.3	数字移动通信系统	99
3.3.1	GSM 数字蜂窝移动通信系统	99
3.3.2	CDMA 数字蜂窝移动通信系统	104
3.4	第三代移动通信系统(IMT - 2000)	107
3.4.1	概述	107
3.4.2	IMT - 2000 的基本目标	108
3.4.3	IMT - 2000 的功能模型和系统组成	109
3.4.4	典型的 IMT - 2000 系统标准	109
3.4.5	我国 3G 的发展情况	114
3.5	第四代移动通信系统(B3G/4G)	115
3.5.1	第四代移动通信系统的概述	115
3.5.2	第四代移动通信系统的特点	115
3.5.3	第四代移动通信系统的网络结构	116
3.5.4	第四代移动通信系统的研究开发现状	116
	复习题	117
第 4 章	短波通信	119
4.1	概述	119
4.1.1	短波通信的发展历程	119
4.1.2	短波通信新技术及其发展方向	120
4.2	短波信道数据传输技术	121
4.2.1	短波信道对数据传输的影响	121
4.2.2	短波高速数据传输技术	122
4.2.3	短波抗干扰宽带高速数据传输技术	125
4.3	短波自适应通信	126
4.3.1	短波自适应通信的基本原理	126
4.3.2	短波自适应通信典型系统介绍	129
4.3.3	短波自适应通信系统	132
4.4	短波通信系统数字化	137
4.4.1	软件无线电短波系统	137
4.4.2	软件无线电短波系统的关键技术	139
	复习题	140
第 5 章	卫星通信	142
5.1	概述	142
5.1.1	卫星通信基本概念	142
5.1.2	卫星通信的特点	142
5.1.3	卫星通信系统分类	143

5.1.4	卫星通信系统的组成及工作原理	144
5.1.5	卫星通信工作频段与电波传播特点	145
5.1.6	卫星通信的发展	147
5.2	通信卫星	149
5.2.1	卫星的轨道	149
5.2.2	通信卫星的组成和功能	151
5.2.3	卫星转发器	152
5.2.4	通信卫星举例——IS-VI	153
5.3	卫星通信地面站	154
5.3.1	地面站的分类	154
5.3.2	地面站技术性能要求	155
5.3.3	地面站的组成和各分系统简介	155
5.3.4	地面站的站址选择	157
5.4	卫星通信的体制及信道分配	158
5.4.1	卫星通信体制	158
5.4.2	信道分配技术	159
5.5	VSAT 卫星通信系统	160
5.5.1	概述	160
5.5.2	VSAT 网的组成及系统工作原理	160
5.5.3	VSAT 网络结构	162
5.5.4	VSAT 分类	163
5.6	卫星移动通信系统	163
5.6.1	概述	163
5.6.2	低轨道(LEO)卫星移动通信系统	164
5.6.3	中轨道(MEO)卫星移动通信系统(Odyssey)	167
5.6.4	同步轨道(GEO)区域卫星移动通信系统	168
5.7	全球定位系统(GPS)	168
5.7.1	概述	168
5.7.2	GPS 系统的组成	169
5.7.3	GPS 定位原理	171
5.8	卫星通信与 Internet	172
5.8.1	卫星 TCP/IP 数据传输技术	173
5.8.2	卫星 Internet 接入的特点	176
5.8.3	卫星 Internet 接入在我国的应用情况	177
5.9	几种典型系统介绍	177
5.9.1	IDR 卫星通信系统	177
5.9.2	IBS 商用业务系统	180

5.9.3	直播卫星系统(DBS)	183
	复习题	188
第6章	宽带无线通信技术	189
6.1	UWB无线通信技术	189
6.1.1	UWB的定义	189
6.1.2	UWB无线通信原理	190
6.1.3	UWB的关键技术	191
6.1.4	UWB的技术优势	195
6.1.5	UWB的应用	196
6.1.6	与其他短距离无线技术的比较	197
6.2	WiMAX技术	198
6.2.1	WiMAX的研究历程及其现状	198
6.2.2	WiMAX关键技术	199
6.2.3	WiMAX的组网技术	202
6.2.4	WiMAX与其他宽带技术的比较	204
6.3	OFDM	206
6.3.1	OFDM的研究历程及其现状	206
6.3.2	OFDM基本原理和系统组成	207
6.3.3	OFDM关键技术	211
6.3.4	OFDM技术在无线系统中的应用	212
6.4	MIMO	214
6.4.1	MIMO的研究历程及其现状	214
6.4.2	MIMO基本原理和系统组成	215
6.4.3	MIMO关键技术	217
	复习题	222
第7章	无线局域网	223
7.1	概述	223
7.2	无线局域网的基本概念	224
7.2.1	无线局域网的含义	224
7.2.2	无线局域网的特点	225
7.3	无线局域网的协议和拓扑结构	226
7.3.1	局域网的标准协议体系基础	226
7.3.2	无线局域网的拓扑结构	228
7.3.3	IEEE802.11系列无线局域网协议标准	230
7.3.4	无线局域网组织	233
7.4	无线局域网物理层技术	233
7.4.1	跳频扩频传输技术	233

7.4.2	直接序列扩频传输技术	234
7.4.3	红外线传输技术	235
7.5	无线局域网数据链路层技术	236
7.5.1	MAC 子层的主要服务	236
7.5.2	MAC 基本结构和协议	237
7.5.3	分布式协调功能	238
7.5.4	点协调功能	242
7.5.5	MAC 帧格式	243
7.5.6	MAC 子层的管理	245
7.6	无线局域网安全	246
7.6.1	无线局域网安全概述	246
7.6.2	无线局域网安全机制	247
	复习题	250
第 8 章	无线宽带数据网络	251
8.1	概述	251
8.2	无线 ATM(WATM) 技术	251
8.2.1	无线 ATM 技术基础	251
8.2.2	无线 ATM 基本模型	252
8.2.3	协议实体	252
8.2.4	移动管理	253
8.3	HiperLAN 网络技术	253
8.3.1	HiperLAN-1 的产品要求和体系结构	254
8.3.2	HiperLAN-1 物理层和媒介访问控制层	254
8.3.3	HiperLAN-2 技术	255
8.3.4	HiperLAN-2 的体系结构和参考模型	255
8.4	IEEE802.15 标准的 WPAN	258
8.5	蓝牙网络	260
8.5.1	蓝牙网络基本概念	260
8.5.2	蓝牙协议	260
8.5.3	蓝牙个人域网络	263
	复习题	265
	参考文献	266

第 1 章 无线通信基础

1.1 引 言

现代无线通信始于 19 世纪末。1873 年,麦克斯韦提出电磁波辐射理论,奠定了无线电通信的理论基础;1897 年 5 月 18 日,马可尼进行横跨布里斯托尔海峡的无线电通信试验取得成功,标志着无线电通信的诞生;1901 年,马可尼实现了隔着大西洋的无线电通信。从 20 世纪初以来,巨大的市场需求、理论界的一次次跨越、微电子和半导体器件的进步,使无线通信技术日益成熟并得到飞速发展,无线通信进入了崭新的时代。

无线通信的发展历程见表 1.1。

表 1.1 无线通信技术发展大事记

时间	历史性事件的描述
1895 年	俄国人波波夫和意大利人马可尼分别发明了无线电报机
1897 年	马可尼进行横跨海峡的无线电通信试验取得成功
1906 年	美国人弗雷斯特发明了电子管,为无线电通信奠定了基础
1918 年	调幅广播和超外差收音机问世
1921 年	美国底特律和密执安警察厅开始使用车载无线电台,是最早的无线语音通信
1934 年	人们利用微波无线电系统传送电话横越英吉利海峡
1936 年	调频广播开播
1946 年	美国在圣路易丝城建立了世界上第一个公用汽车电话系统
1947 年	美国贝尔实验室提出了蜂窝通信的概念,可采用多小区制构成蜂窝移动通信系统
1948 年	晶体管问世;香农提出信息论,并成为信息论的奠基人,半个多世纪以来无人超越
1957 年	第一颗人造卫星上天,微波通信与空间技术的结合产生了卫星通信
20 世纪 60 年代初	激光器件出现,集成电路问世
1962 年	世界上第一颗商业同步卫星“晨鸟”上天,标志同步卫星通信进入实用阶段;美国成功研制了脉码调制设备,用于电话的多路化通信
20 世纪 70 年代	大规模集成电路出现,数字微波通信系统开始投入使用
20 世纪 80 年代	超大规模集成电路出现,商用移动通信迅速发展

20 世纪 80 年代以后,随着集成电路技术和微处理器的成熟,蜂窝系统的提出以及无线接入技术的进展,商用的无线移动通信系统时代到来。先后经历了第一代模拟蜂窝移动通信(1G)、第二代数字蜂窝移动通信(2G)、第三代宽带多媒体移动通信(3G),以及现

在方兴未艾的第四代移动通信(4G)技术的大发展,如表 1.2 所示。

表 1.2 移动通信的发展历程

1G	时间	20 世纪 80 年代开始商用,90 年代初达到顶峰。我国 1987 年开通 900MHz 模拟蜂窝电话 TACS 系统,2001 年底模拟蜂窝网在我国停止运行
	技术特征	采用模拟技术,蜂窝结构,FDMA 多址技术
	支撑业务	主要是模拟语音业务
	代表系统	美国 AMPS、英国 TACS、北欧 NMT、日本 HCATS 等
	缺点	系统容量有限,业务种类单一,业务质量低,保密性差,抗干扰能力弱,不能发送数字信息等
2G	时间	1982 年提出 GSM 概念,1986 年标准初步完成,1990 年完成规范,1991 年开通第一个商用 GSM 系统;20 世纪 70 年代末提出 CDMA 概念,1995 年香港第一次商用
	技术特征	采用数字技术,TDMA、CDMA 多址方式
	支撑业务	支持语音通话、收发电子邮件等低速数据业务(最高不超过几十 kb/s)
	代表系统	欧洲的 GSM 系统,北美的 IS-54(D-AMPS),日本的 DPC 系统,以及 IS95~IS98 CDMA 系统
	缺点	带宽有限,无法实现移动多媒体业务和不同体制间的全球漫游
3G	时间	1985 年提出概念,1998 年—2000 年方案征集,2002 年—2003 年规范稳定。2000 年 10 月韩国开始商用,2001 年 10 月日本开始商用,2005 年以后市场逐渐成熟
	技术特征	带宽达 5MHz 以上,以 CDMA 为核心技术,高速数据传输,采用功率控制、动态资源分配、多用户检测、智能天线、软件无线电等技术
	支撑业务	提供高速的数据传输能力(最高到 2Mb/s);还提供移动 Internet 和多媒体业务,包括视频会议、可视电话等
	代表系统	WCDMA,CDMA2000,TD-SCDMA
	缺点	无线传输技术(RTT)及核心网制式不统一,带宽不够宽,不适应互连网要求
4G	时间	2002 年提出概念,预计 2010 年完成标准化及试验系统,2015 年大规模商用
	技术特征	采用定位技术、切换技术、软件无线电、智能天线、交互干扰抑制和多用户识别、可重构性/自愈网络、新的调制技术(如 OFDM、flashOFDM、自适应调制等)、信道传输技术(如 MIMO)、系统资源管理、网络化技术和安全技术等
	支撑业务	广带(Broad band)移动和无缝业务。广带移动支持三类业务:一类是语音、短信、视频和移动 Internet;第二类是分组交换的语音业务和数据业务;第三类业务是 bit-hungry 业务,如远程通信、虚拟实现等。无缝业务要使现存网络与新建网络很好地互联、融合,并保证终端业务漫游中的不间断性、跨多个网络时业务提供的透明性

回顾无线通信的发展历程,从不同的角度来看无线通信技术经历了很大的变化,如表 1.3 所示。

表 1.3 无线通信技术发展演进

分类	发展演进的内容
工作频段	由高频(HF)、甚高频(VHF)至毫米波段(EHF)
带宽	由窄带到宽带再到超宽带
调制方式	由模拟的调幅、调频、单边带到数字调制
通信方式	由单工单信道对讲到双工多信道共用
多址方式	由 FDMA、TDMA 到 CDMA、SDMA
传输方式	由模拟传输到数字传输
传输速率	由低速到高速,为满足多媒体业务的需求,数传速率达到 2Mb/s 以上
通信业务	由通话为主到增加低速数据、图像,再到多媒体业务
通信规模	由单机到系统,由专线到网络
网络结构	由单一网到多区网;向综合化、智能化、全球化、个人化的方向发展
网络制式	由单基站大区制到蜂窝网络小区制
移动速度	由静止、步行、典型车速到高速、航空以至卫星
传播环境	由地面室外环境、室内环境、室外至室内环境到卫星环境
系统覆盖	由有限服务区、国内服务区、区域服务区至全球服务区
通信环境	由水上、陆地、空中到陆海空一体化以至地下、水下和深空
通信用户	由军政机要用户、业务用户到公众用户
移动终端	体积由人背马驮至便携、手持以至袖珍;质量由几十千克、几千克、几百克以至几十克
器件	由电子管、晶体管、集成电路、大规模集成电路至超大规模集成电路与微处理器
设备体制	由模拟无线电到数字无线电,再到软件无线电;由以硬件为主到硬件、软件结合以至软件为主
制造	由单件、小批量、批量到大规模生产
运营	由独家垄断专营到多家竞争
通信容量	由小容量、中容量、大容量到超大容量以至满足全球个人通信的需求

技术的进步与市场需求是无线通信飞速发展的核心推动力。纵观近 20 年来无线通信的发展历程和近年来信息技术取得的新进展,可以预见未来的无线通信发展总趋势是宽带、高速、多媒体业务、移动网络、智能化、个性化,如表 1.4 所示。

表 1.4 未来的无线通信发展趋势

分类	发展趋势
无线市场用户	移动电话用户数量的增长速度大大超过固定电话用户
无线业务种类	移动数据业务比重将日益增长,形成移动因特网。高速数字传输技术使无线宽带多媒体移动通信业务投入商用,个人通信时代来临
无线通信设备	无线通信设备正朝着数字化、宽带化、小型化的方向发展
无线通信网络	综合化、智能化、全球化、个人化是无线网络的发展方向,最终形成一个全球的移动宽带综合业务数字网(M-BISDN)
无线通信技术	无线通信技术正朝着高、精、尖方向发展,分工和合作愈显紧密和复杂
网络覆盖范围	各种高、中、低轨移动卫星系统和平流层通信系统的运行,将可解决全球覆盖及海岛、沙漠、丛林等偏远地区的通信

总之,从单台站的无线通信到蜂窝移动通信网络,再到未来理想的个人通信,反映出了人类对通信需求从受束缚到摆脱束缚、从固定传输到自由移动、从单纯语音到任意多媒体业务方向发展的趋势。而微电子技术、计算机技术、通信技术、频率重用技术、网络技术等的成长,使这些理想趋势逐步得以实现。无线通信技术的成长和近年来的快速发展表明,具有充分通信自由的个人通信时代必将如期而至。

本章主要讲述无线通信系统的基础知识,包括通信系统的基本构成、无线电传播特性、无线信道、频谱资源利用以及天线的基本知识等。

1.2 无线通信系统的基本构成

1.2.1 无线通信系统的组成

通信就是将信息从发送方传送到接收方的过程。图 1.1 为一个通信系统的简化方框图。可以看到一个通信系统是由发信设备、传输介质和受信设备三部分组成。其中,发信设备将原始的信源转换成适合在给定传输介质上传输的信号,其中包括放大、滤波、调制、编码等处理过程;受信设备完成相逆的功能,包括译码、解调、变换、放大等,将收到的信号还原成原来的信息送至接收端。传输介质也称为信道,在信道中还常常会引入干扰和噪声,而造成通信质量的下降。

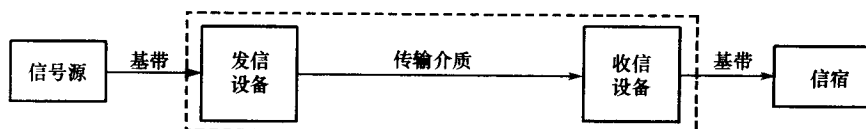


图 1.1 通信系统结构框图

根据传输介质的不同,可以分为有线通信和无线通信。有线通信利用导线(传输线路)来传递信息。因此有线通信必须要事先铺设专门的传输线路,常用的传输线路有架空明线、通信电缆、光缆及波导管等,分别构成市话通信、电缆载波通信、光纤通信和波导通信等。

无线通信系统,则是利用空间电磁波作为传输介质,在空中传递信号。在发信设备与受信设备上需要安装天线,完成电磁波的辐射与接收。如图 1.2 所示为无线通信系统的构成框图。由于原始的信息如语音、数据、图像等都是频率比较低的信号,例如音频信号在 300Hz~3400Hz,视频信号不超过 6MHz。这样的信号不利于天线的辐射和电磁波的传播,因此发信设备要将低频信息加到高频载波信号上,这个过程叫做调制;频率变换器

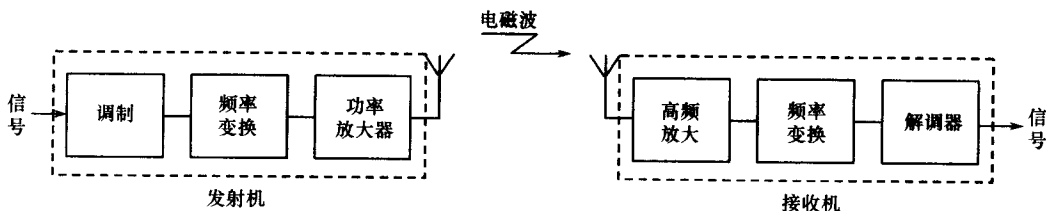


图 1.2 无线通信系统框图

进一步将信号变换成发射电波所需要的频率(如短波频率、微波频率等),经过功率放大,再通过天线辐射出去进行传输。在接收设备中也要经过信号放大、频率变换,最后通过解调的过程再将原始信息恢复出来,从而完成无线通信的过程。

采用多路复用技术可以在一个传输信道上传送多个信号,提高信道的利用率。常用的多路复用技术有时分复用(TDM)、频分复用(FDM)、码分复用(CDM)等。如果多个信号产生于不同的地点时,则称为多址技术,相应的有时分多址(TDMA)、频分多址(FDMA)和码分多址(CDMA)。两种技术都在无线通信中加以应用。

1.2.2 无线通信系统特点及分类

无线通信系统具有独特的优势,可以省去铺设线缆的费用;同时很容易跨越水域,克服山脉、峡谷等造成的传输障碍,利用自由空间进行通信使它具有了不可替代的灵活性。无线通信也比较容易获得较远的通信距离。然而由于无线通信是开放的信道,信道的特性将直接影响通信的效果。

无线通信系统可以分为很多不同的类型。根据传输信号的形式不同,可以分为模拟无线通信和数字无线通信;根据无线终端(用户)状态的不同,可以分为固定无线通信和移动无线通信;根据电磁波的波长(或频率)的不同,可以分为长波通信、中波通信、短波通信、超短波通信等;根据信道路径与传输方式的不同,又分为微波中继通信、卫星通信等不同的无线通信系统。

1.2.3 单工与双工通信

无线电通信系统有单向传输和双向传输两种方式。大多数通信网采用的是双向传输,单向传输只用于无线电寻呼系统。双向传输可分为单工、半双工和双工三种工作方式。

在单工系统中,通信双方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。同频单工是指通信双方使用相同的频率工作,发送时不接收,接收时不发送。平常各接收机均处于守候状态。异频双工是指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换进行工作的。

半双工系统允许双向通信,但发送和接收都使用相同的无线信道。这样在同一时间,用户只能发送或接收信息,比如“按下通话”和“放开收听”等限制是半双工的显著特征。

双工通信是指通信双方可同时进行发送和接收的工作方式,有时称作全双工通信。它是通过提供两条同样的但相互独立的信道(频分双工,FDD),或一条无线信道上相邻的时隙(时分双工,TDD)进行发送和接收。

频分双工(FDD)为用户和基站同时提供了无线发送信道,以便双方在接收对方信号的同时可以不间断发送。在基站使用独立的发送和接收天线来容纳两个独立的信道。但是,在用户单元只有一根天线用来和基站之间进行发送和接收,用户单元内部使用双工器来使一根天线能同时进行发送和接收。

时分双工(TDD)方式,在时间上分享同一信道,将其一部分时间用于从基站向用户发送信息,而其余的时间用于从用户向基站发送信息。如果信道内的数据传输速率远大于终端用户的数据速率,就可以存储用户数据,即使在同一时刻不存在两条同步无线传输信道,仍能给用户提供全双工操作。TDD只在数字传输和数字调制时才可以使用,而且

只用在室内或小范围的无线应用场合,在这些场合下覆盖的距离比传统蜂窝系统覆盖的距离要小得多,相应的无线传输时延也小得多。

1.2.4 无线通信网络

另外,现代无线通信技术发展到今天,已经不再局限于单一的通信模式,其中一个重要的标志就是网络化,无线通信与有线通信的结合构成了直接面向用户的无线通信网。如图 1.3 所示,无线通信网络分为核心网和接入网两部分,无线网络主要扮演接入网的角色,提供用户在移动中进行通信的可能性。目前,无线接入技术已经成为现代通信的一大热点问题。

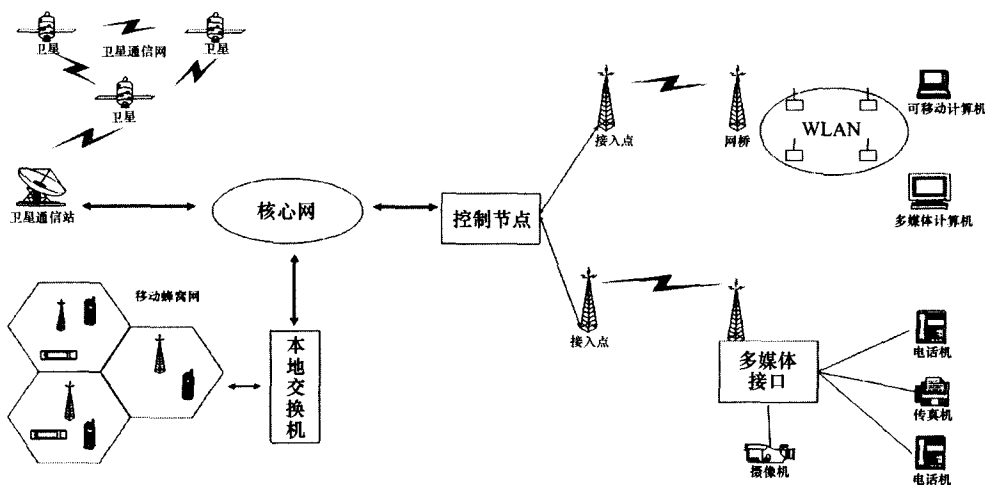


图 1.3 现代无线通信网的组织结构

1.3 无线电波的传播特性

无线电波是一种电磁波,与光波一样在自由空间中以直线方式传播,传播速度为 3×10^8 m/s,同时也具有折射、反射、绕射和干涉等波的特性。

1.3.1 电磁波的极化

无线电波是以横向电磁波(TEM)的形式在空间中传播的,如图 1.4 所示,其中电场、磁场跟无线电波的传播方向是相互垂直的。

一般用极化方向来表示电场矢量的方向,若电场方向与地球表面平行,我们称之为水平极化;若与地球表面垂直,则称为垂直极化。水平极化和垂直极化都属于线极化,因为极化方向是恒定的。

电场矢量还可以旋转地在空间中传播,如果在传播一个波长时电场矢量旋转了 360° ,而且场强的大小恒定,这种极化称为圆极化;如果场强大小随极化角度的变化而变化,则称为椭圆极化。

极化概念的建立对于理解天线的工作原理至关重要,在本章天线一节中还要介绍。