

现代 无线通信系统

XIANDAI WUXIAN TONGXIN XITONG

冀保峰◎著



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

现代 无线通信系统

冀保峰◎著



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

内 容 提 要

本书共分为8章,具体内容如下:无线通信的概论、无线通信系统的基础、无线通信中的数字调制、无线通信中的抗衰落与组网技术、无线通信系统、无线局域网 WLAN 与蓝牙技术、无线通信新技术及无线接入技术。

本书语言生动、流畅,结构严谨,注重实用性和先进性,可供物联网应用技术、电子信息工程、通信技术等专业工程技术人员参考应用。

图书在版编目(CIP)数据

现代无线通信系统/冀保峰著. --北京:中国水利水电出版社,2016.6

ISBN 978-7-5170-4362-1

I. ①现… II. ①冀… III. ①无线电通信—通信系统
IV. ①TN92

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 110331 号

策划编辑:杨庆川 责任编辑:陈 洁 封面设计:崔 蕾

书 名	现代无线通信系统
作 者	冀保峰 著
出版发行	中国水利水电出版社 (北京市海淀区玉渊潭南路1号D座100038) 网址:www.waterpub.com.cn E-mail:mchannel@263.net(万水) sales@waterpub.com.cn
经 售	电话:(010)68367658(发行部)、82562819(万水) 北京科水图书销售中心(零售) 电话:(010)88383994、63202643、68545874 全国各地新华书店和相关出版物销售网点
排 版	北京厚诚则铭印刷科技有限公司
印 刷	三河市佳星印装有限公司
规 格	170mm×240mm 16开本 18.5印张 240千字
版 次	2016年7月第1版 2016年7月第1次印刷
印 数	0001—2000册
定 价	56.00元

凡购买我社图书,如有缺页、倒页、脱页的,本社发行部负责调换

版权所有·侵权必究

前 言

人类社会建立在信息交流的基础上,通信是推动人类社会文明、进步与发展的巨大动力。在当今信息化社会中,通信技术已成为生产力中最为活跃的技术因素,渗透到社会生活的方方面面,极大地改变了人类社会的运行模式及人们的日常生活方式。特别是在近 20 年,通信技术和通信产业取得了突飞猛进的发展,其中无线通信技术的发展尤其令人瞩目。

当前,无线通信在世界各地都得到了快速发展,并已成为全球通信和 IT 界共同关注的热门领域,无线通信涉及的技术内容非常广泛,尤其随着物联网建设的全面铺开,无线通信的基础技术不断完善和发展变化,各种不同类型的无线通信系统和无线通信新技术更是不断涌现。

自 20 世纪 90 年代中期以来,我国在无线通信产业和科研方面的发展也大大加速。从开发生产第二代数字蜂窝系统产品到独立提出 3G 系统国际标准 TD-SCDMA,再到 TD-SCDMA 开始大规模商用,充分说明我国在无线通信领域的发展令人瞩目。在这种形势下,无线通信已经成为通信工程及其相关专业的一门重要课程。

全书分为 8 章,内容包括无线通信的概论、无线通信系统的基础、无线通信中的数字调制、无线通信中的抗衰落与组网技术、无线通信系统、无线局域网 WLAN 与蓝牙技术、无线通信新技术和无线接入技术。

本书内容丰富、概念清楚、取材新颖、系统性强,充分反映了国际上近年来先进无线通信技术领域的新理论、新技术和新方法。全书内容由浅入深,定性分析与定量分析并举,以适应不同

层次的读者需求。

本书在撰写过程中,作者参阅近年国内外同类书籍,汲取精华,并得到了相关部门及单位的大力支持与帮助,在此谨致以深切的谢意。

本书获以下项目资助:国家自然科学基金(U1404615);毫米波国家重点实验室开放课题经费(K201504);中国博士后基金资助(2015M571637);江苏省基础研究计划青年基金(BK20140875);河南科技大学青年基金(2014QN030)。

鉴于作者水平与学识所限,时间仓促,加之无线通信发展快速,本书中错误、缺点在所难免,敬请广大读者批评指正。

作者

2016年3月

目 录

前言

第 1 章 无线通信的概论	1
1.1 无线通信的发展概况	1
1.2 现代无线通信系统组成	4
1.3 现代无线通信标准化简介	6
第 2 章 无线通信系统的基础	10
2.1 无线通信系统的基本结构	10
2.2 无线信道的传播特性	13
2.3 大尺度衰落	30
2.4 小尺度衰落	46
2.5 多径衰落建模与仿真	53
第 3 章 无线通信中的数字调制	61
3.1 数字调制概述	61
3.2 调制基本概念	84
3.3 常见的数字调制技术	86
3.4 自适应编码调制技术	101
第 4 章 无线通信中的抗衰落与组网技术	105
4.1 抗衰落技术的概述	105
4.2 分集技术	111
4.3 均衡技术	116

4.4	RAKE 接收技术	126
4.5	多址接入技术	127
4.6	越区切换技术	130
4.7	小区制与大区制	131
第 5 章	无线通信系统	156
5.1	GSM 移动通信系统	156
5.2	CDMA 蜂窝移动通信系统	166
5.3	第三代移动通信系统	170
5.4	第四代移动通信系统	181
5.5	下一代移动通信系统展望	185
第 6 章	无线局域网 WLAN 与蓝牙技术	187
6.1	无线局域网的概述	187
6.2	IEEE 802.11 PHY 层	207
6.3	IEEE 802.11 MAC 层	208
6.4	新一代 WLAN 标准	214
6.5	蓝牙技术概述	215
6.6	蓝牙协议规范	215
6.7	蓝牙系统的实现	218
第 7 章	无线通信新技术	222
7.1	软件无线电技术	222
7.2	卫星网络	229
7.3	大规模 MIMO 技术	236
7.4	WiMAX 技术	238
第 8 章	无线接入技术	250
8.1	SCDMA 无线接入技术	250
8.2	McWiLL 无线接入技术	255

8.3	WiBro 无线接入技术	260
8.4	HiperLAN/2 无线接入技术	265
8.5	无线光接入技术	268
参考文献		286

第 1 章 无线通信的概论

无线通信技术已经成为当今社会不可缺少的信息交流技术手段,是当今发展最快的工程技术之一。

无线通信系统的基本构成如图 1-1 所示。

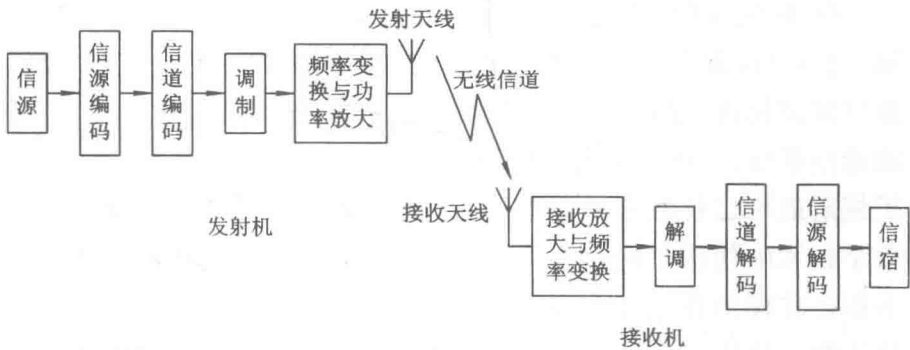


图 1-1 无线通信系统的基本构成

1.1 无线通信的发展概况

无线通信是通过电磁波在自由空间传播以实现信息传输为目的的通信。无线通信的通信双方至少有一方以无线方式进行信息的交换和传输。无线通信可用来传输电报、电话、传真、图像数据和广播电视等通信业务。与有线通信相比,无线通信无须架设传输线路、不受通信距离限制、机动性能好、建立迅速。

1916 年,美国遇到暴风雪袭击,有线电报线路中断,从此开始无线电报逐渐应用于火车调度。各种类型的电台也如雨后春笋般蓬勃发展起来,并被广泛地用于传递商品行情、军事情报、气象

消息和新闻等。后来,无线电通信逐渐又被用于战争。在第一次和第二次世界大战中,无线通信都发挥了很大的威力,以致有人将第二次世界大战称为“无线电战争”。

1920年美国无线电专家康拉德在匹兹堡建立了世界上第一家商业无线电广播电台,从此广播事业在世界各地蓬勃发展,收音机成为人们了解时事新闻的方便途径。1924年,第一条短波通信线路在瑙恩和布宜诺斯艾利斯之间建立。1933年,法国人克拉维尔建立了英法之间的第一个商用微波无线电路,推动了无线通信技术的进一步发展。

20世纪80年代初,欧洲电信标准协会(ETSI)就下设小组对第二代(2G)数字蜂窝系统展开研究,并将其作为全欧洲强制性的数字蜂窝标准,这就是后来被许多国家广泛采用的GSM全球移动通信系统。GSM是第一个对数字调制、网络层结构和业务做了规定的第二代数字蜂窝系统,该系统1990年在欧洲投入使用。数字技术的使用是蜂窝系统发展的又一个重大进步,除了数字技术相比较模拟技术有许多优点之外,数字技术的使用也为通信系统从第一代语音业务向语音加数据的更广泛的业务,以至多媒体业务发展提供了更好的条件。在这个发展过程中,先是GSM提供了短数据业务(SMS),而后发展到称为2.5G的GPRS,进而再向3G发展。与GSM对应但发展稍晚的另一个标准——CDMA也经历着相似的发展演进过程。

无线通信系统从2G发展到3G,在技术上并没有本质的变化,主要是在系统带宽和数据传输速率方面进一步提高,业务功能进一步增强。但是,2G面向语音服务,而3G主要面向数据特有的特性。在3G系统中,除了要求更高的传输速率外,数据应用区别于语音的特点主要有两个:一是数据传输大多都是突发的,用户可能很长时间不发送数据,一旦发送又会要求非常高的速率,语音传输的速率要求则是长期不变的;二是语音传输对实时性有很严格的要求,数据的传输对实时性要求因数据的类型而不同,非常宽泛,如视频图像传输对实时性的要求高于语音数据传

输,而文件传输对实时性的要求则要宽松得多。

3G 不仅具有之前无线通信系统的语音和数据等业务功能,还可以传输图像与实时视频信号,是支持语音、数据和多媒体业务的先进的、智能化的移动通信网,基本实现了个人通信的理想。3G 移动通信网络包括卫星移动通信网络和陆地移动通信网络两大部分,将形成一个对全球无缝覆盖的立体通信网络,同时满足城市和偏远地区各种用户密度的通信。

国际上,3G 地面移动通信系统的主流标准有三个:WCDMA、CDMA2000 和 TD-SCDMA (Time Division-Synchronous Code Division Multiple Access)。其中,前两种系统已经开始商用,TD-SCDMA 也已经具备商用条件。

目前,超 3G(B3G)技术和 4G 技术也已经开始研究,3G 数据速率可以达到 2Mb/s,B3G 数据速率则可以达到 1Gb/s 以上。

伴随着世界移动通信的发展,中国的移动通信技术研究及应用均获得了快速发展。在第一代模拟移动通信的发展中,中国基本上全部采用了国外进口设备。从第二代数字移动通信系统技术开始,中国逐步实现了自主开发与制造,并在此基础上自主地进行核心技术的创新,技术水平得到快速提高。在发展第三代移动通信技术的过程中,中国在 1998 年提出了自主知识产权的系统标准 TD-SCDMA,并为国际电信联盟(International Telecommunications Union,ITU)接纳,成为国际上三个主流的 3G 通信标准之一。TD-SCDMA 是中国在通信领域第一次系统性地提出的国际标准,在移动通信技术上的这一重大进步标志着从第三代移动通信开始,中国的移动通信技术已经发展到具备直接参与国际竞争的能力。2008 年,TD-SCDMA 系统产品在技术上逐渐成熟,并在产业化方面取得重大进展,开始大规模试商用。

到 2008 年 7 月底,全球移动用户数已经超过 30 亿,中国移动用户数已经超过 6 亿,中国已经成为世界第一大移动通信市场。

图 1-2 为现代无线通信网的组织结构示例,它应用现代无线

通信技术实现了各种网络的接入和互联。从无线局域网、无线个域网、无线城域网到无线广域网,从移动 Ad hoc 网络到无线传感网络、无线 Mesh 网络、从 WiFi 到 WiMedia、WiMAX,从 IEEE 802.11、IEEE 802.15、IEEE 802.16 到 IEEE 802.20,从 GSM、GPRS、CDMA 到 3G、超 3G、4G 等,多种网络融合在一起,使之相互取长补短,发挥每一种网络的长处,从而逐步实现与完善符合未来个人通信需求的综合性通信网络。

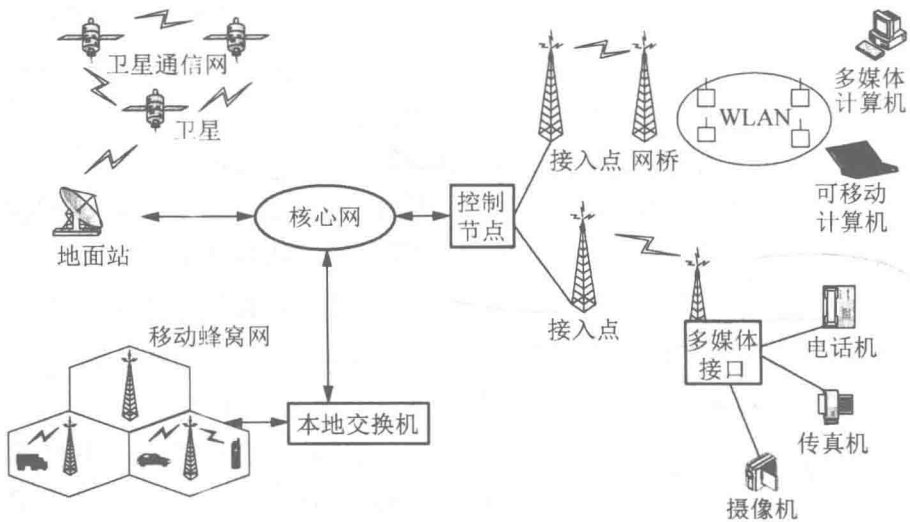


图 1-2 现代无线通信网的组织结构示例

1.2 现代无线通信系统组成

不同的无线通信系统,虽然它们具体的设备组成和复杂度差异较大,但基本组成都是一样的,图 1-3 给出了无线通信系统的基本组成框图,包括信源、发送设备、无线信道、噪声与干扰、接收设备、信宿这六大基本组成部分。

信源是发出信息的基本设备,它的主要作用是将待发送的原始信息变换为电信号,这种电信号也称为基带信号。例如,话筒将声音变为电信号,还有如摄像机、电传机和计算机等设备都可

以看作信源。

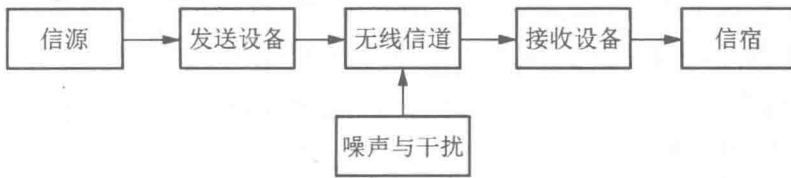


图 1-3 无线通信系统的基本组成

发送设备是将信源产生的电信号转换成适合在无线信道中传输的电磁波信号,并将此电磁波信号送入无线传播信道,从而将信源和无线信道匹配起来。发送设备一般包括两方面的功能,即调制和放大。放大包括电压放大和功率放大,放大的主要目的是提高发送信号的功率。在需要频谱搬移的场合,调制是最常见的变换方式。调制将低频信号加载到高频载波中,从而实现信号的远距离、多路、低损耗的快速传输。调制可以通过使高频载波信号随基带信号的变化而改变载波的幅度、频率或相位来实现。调制方式可分为模拟调制与数字调制两大类,第一代无线通信系统采用模拟调制,目前的无线通信系统都采用数字调制。常用的数字调制方式有 ASK、FSK、PSK、MSK、GMSK、QPSK、8PSK、16QAM、64QAM 等。对数字无线通信系统来说,发送设备还包括信源编码和信道编码。信源编码将来自信源的连续消息变换为数字信号,并对其进行适当的压缩处理以提高传输效率。信道编码使数字信号与无线传输信道相匹配,通过在被传输数据中引入冗余来避免数据在传输过程中出现误码,目的是提高传输的可靠性和有效性。用于检测错误的信道编码称为检错编码,既可检错又可纠错的信道编码称为纠错编码。常见的信道编码方式有分组码、卷积码、Turbo 码、循环码等。

无线信道是电磁波传输的通道,对于无线通信来说,无线信道主要是指自由空间。对于电磁波而言,它在发送端与接收端之间的无线信道中传输时,并没有一个有形的连接,其传播路径也往往不止一条,因此电磁波在传输过程中必然会受到多种干扰的影响而产生各种衰落,从而造成系统通信质量的下降。

噪声与干扰是无线通信系统中各种设备及信道中所固有的,它不是人为加入的设备,并且是人们所不希望的。对于无线通信,信道中的噪声和干扰对信号传输的影响较大,是不可忽略的,为分析方便,它被看成是各处噪声的集中表现而抽象加入到无线信道中的一部分。

接收设备的功能与发送设备的功能相反,主要是接收自由空间中传输过来的电磁波,从带有干扰的接收信号中正确还原出相应的原始基带信号。接收设备具体包括解调、译码、解码等功能。此外,在发送设备和接收设备中需要安装天线来完成电磁波的发送和接收。

信宿是信息传输的归宿点,其作用是将还原的原始基带信号转换成相应的原始信息。

1.3 现代无线通信标准化简介

1.3.1 标准化的意义

标准化是指通信和网络的技术体系、网络结构、系统组件和接口遵循开放性和标准化的要求,采用全球、全行业或全国统一的技术标准、规范或建议。其主要意义在于以下几个方面。

①通信和网络标准化,可以方便地实现各种通信设备之间的互操作。

②有利于设备采购、互联互通、系统维护以及与其他用户或系统的接口。

③可以降低互联互通的成本以及生产、销售等环节的成本。

1.3.2 主要标准化组织

1. 国际电信联盟(ITU)

国际电信联盟(International Telecommunication Unit, ITU)是电信界最权威的标准制定机构,成立于1865年5月17日,1947年10月15日成为联合国的一个专门机构,总部设在瑞士日内瓦。

电信标准部(ITU-T)由原国际电报电话咨询委员会(CCITT)和国际无线电咨询委员会(CCIR)从事标准化工作的部门合并而成,是国际电信联盟下设的制定电信标准的专门机构。其主要职责是完成电联有关电信标准方面的目标,即研究电信技术、操作和资费等问题,出版建议书,目的是在世界范围内实现电信标准化,包括在公共电信网上无线电系统互联和为实现互联所应具备的性能。

国际电信联盟电信标准部长期以来做了大量的通信标准化工作,例如,电话调制器技术标准,从早期的CCITT.24到后来的ITU-T V.92。

2. 国际标准化组织(ISO)

国际标准化组织(International Organization for Standardization, ISO)正式成立于1947年2月23日,总部设在瑞士日内瓦。国际标准化组织是一个在国际标准化领域中十分重要的全球性的非政府组织。ISO的任务是促进全球范围内的标准化及其有关活动,以利于国家间产品与服务的交流,以及在知识、科学、技术和经济活动中发展国家间的相互合作。其标准化工作涉及各个行业,通信技术的标准化只是其中一小部分。

国际标准化组织长期致力于国际标准化工作,例如,ISO产品质量保证体系ISO9001以及Medium Access Control(MAC) Security Enhancements:ISO/IEC 8802-11:2005。

3. 电气和电子工程师协会(IEEE)

电气和电子工程师协会(Institute of Electrical and Electronics Engineers, IEEE)的前身 AIEE(美国电气工程师协会)和 IRE(无线电工程师协会)成立于1884年。1963年1月1日, AIEE 和 IRE 正式合并为 IEEE。自成立以来, IEEE 一直致力于推动电工技术在理论方面的发展和应用方面的进步。作为科技革新的催化剂, IEEE 通过在广泛领域的活动规划和服务来满足其成员的需要。

IEEE 是一个非盈利性科技学会, 拥有全球近 175 个国家 36 万多会员。透过多元化的会员, 该组织在太空、计算机、电信、生物医学、电力及消费性电子产品等领域中都是主要的权威。在电气及电子工程、计算机及控制技术领域中, IEEE 发表的文献占了全球将近 30%, IEEE 每年也会主办或协办 300 多项技术会议。IEEE 长期以来为通信领域制定了大量的技术标准, 如 IEEE 802.3 系列局域网标准。

4. 美国通信工业协会 TIA

美国通信工业协会(Telecommunications Industry Association, TIA)是 1988 年由 EIA(美国电气工业联盟)中独立出来的, 总部位于华盛顿阿林顿 EIA 总部大楼。EIA 会员包括从半导体、元器件到家用电器的广泛厂家。TIA 也是经过 ANSI 认可的指定标准的组织, 但其属于行会性质, 除了标准工作外, 其职责还包括为保护和促进会员厂家利益而影响政策、促进市场和组织交流(包括展览和提供信息), 主要的作用是影响有关政策, 组织制定业内标准, 发展和创造市场(机会), 为会员介绍市场并沟通会员与市场的关系。

TIA 长期以来制定了大量的工业标准, 如计算机上常见的串行通信接口标准: EIA RS-232C。

5. 美国国家标准化协会 ANSI

美国国家标准协会 ANSI(American National Standards Institute)最早起源于 1918 年——由数百个科技学会、协会组织和团体组织成立的一个专门的标准化机构美国工程标准委员会(AESC),制定统一的通用标准。美国工程标准委员会于 1928 年改组为美国标准协会(ASA),1966 年 8 月又改组为美利坚合众国标准学会(USASI),1969 年 10 月 6 日改为现名。

6. 欧洲电信标准协会 ETSI

欧洲电信标准协会(European Telecommunications Standards Institute,ETSI)是欧洲地区性标准化组织,GSM 就是 ESTI 为第二代蜂窝移动通信系统制定的技术标准。

7. 因特网工程任务组 IETF

因特网工程任务组(The Internet Engineering Task Force,IETF)成立于 1985 年年底,主要任务是负责因特网相关技术规范的研发和制定。