



教育科学“十五”国家规划课题研究成果

现代无线通信技术

邬正义 范瑜 徐惠钢



高等教育出版社

教育科学“十五”国家规划课题研究成果

现代无线通信技术

邬正义 范瑜 徐惠钢

高等教育出版社

内容简介

本书全面介绍了现代军事、工农业生产和日常生活各个领域中的无线通信技术和网络技术的基本概念、基本原理和基本方法。知识涵盖面广,技术内容新是本书的主要特点。

全书共分10章,第1章是无线通信的基础知识,第2~9章分别介绍了短波通信、微波通信、卫星通信、数字移动通信、数字广播电视、无线局域网、Ad Hoc网和无线激光通信等各类现代无线通信技术。第10章介绍了目前国内外关注的OFDM、MIMO和UWB等热点无线通信新技术。

本书内容丰富、概念清晰、语言通俗易懂、叙述深入浅出、注重理论联系实际,每章都配备了一定数量的习题和思考题,适合课堂教学,也便于读者自学和复习。

本书可作为高等院校应用型本科自动化、计算机、通信、电子等电类各专业的专业基础课教材,也可作为相关专业人员的自学参考书。

图书在版编目(CIP)数据

现代无线通信技术/邬正义,范瑜,徐惠钢.

北京:高等教育出版社,2006.8

ISBN 7-04-019902-5

I. 现... II. ①邬...②范...③徐... III. 无线
电通信-高等学校-教材 IV. TN92

中国版本图书馆CIP数据核字(2006)第083706号

出版发行	高等教育出版社	购书热线	010-58581118
社 址	北京市西城区德外大街4号	免费咨询	800-810-0598
邮政编码	100011	网 址	http://www.hep.edu.cn
总 机	010-58581000		http://www.hep.com.cn
经 销	蓝色畅想图书发行有限公司	网上订购	http://www.landaco.com
印 刷	北京鑫海金澳胶印有限公司	畅想教育	http://www.widedu.com
开 本	787×960 1/16	版 次	2006年8月第1版
印 张	27.75	印 次	2006年8月第1次印刷
字 数	520 000	定 价	34.40元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

物料号 19902-00

郑重声明

高等教育出版社依法对本书享有专有出版权。任何未经许可的复制、销售行为均违反《中华人民共和国著作权法》，其行为人将承担相应的民事责任和行政责任，构成犯罪的，将被依法追究刑事责任。为了维护市场秩序，保护读者的合法权益，避免读者误用盗版书造成不良后果，我社将配合行政执法部门和司法机关对违法犯罪的单位和个人给予严厉打击。社会各界人士如发现上述侵权行为，希望及时举报，本社将奖励举报有功人员。

反盗版举报电话：(010) 58581897/58581896/58581879

传 真：(010) 82086060

E - mail：dd@hep.com.cn

通信地址：北京市西城区德外大街4号

高等教育出版社打击盗版办公室

邮 编：100011

购书请拨打电话：(010)58581118

策划编辑	吴陈滨
责任编辑	曲文利
封面设计	于文燕
责任绘图	尹 莉
版式设计	王 莹
责任校对	王 雨
责任印制	朱学忠

总 序

为了更好地适应当前我国高等教育跨越式发展需要,满足我国高校从精英教育向大众化教育的重大转移阶段中社会对高校应用型人才培养的各类要求,探索和建立我国高等学校应用型人才培养体系,全国高等学校教学研究中心(以下简称“教研中心”)在承担全国教育科学“十五”国家规划课题——“21世纪中国高等教育人才培养体系的创新与实践”研究工作的基础上,组织全国100余所培养应用型人才为主的高等院校,进行其子项目课题——“21世纪中国高等学校应用型人才培养体系的创新与实践”的研究与探索,在高等院校应用型人才的教学内容、课程体系研究等方面取得了标志性成果,并在高等教育出版社的支持和配合下,推出了一批适应应用型人才需要的立体化教材,冠以“教育科学‘十五’国家规划课题研究成果”。

2002年11月,教研中心在南京工程学院组织召开了“21世纪中国高等学校应用型人才培养体系的创新与实践”课题立项研讨会。会议确定由教研中心组织国家级课题立项,为参加立项研究的高等院校搭建高起点的研究平台,整体设计立项研究计划,明确目标。课题立项采用整体规划、分步实施、滚动立项的方式,分期分批启动立项研究计划。为了确保课题立项目标的实现,组建了“21世纪中国高等学校应用型人才培养体系的创新与实践”课题领导小组(亦为高校应用型人才立体化教材建设领导小组)。会后,教研中心组织了首批课题立项申报,有63所高校申报了近450项课题。2003年1月,在黑龙江工程学院进行了项目评审,经过课题领导小组严格的把关,确定了首批9项子课题的牵头学校、主持学校和参加学校。2003年3月至4月,各子课题相继召开了工作会议,交流了各校教学改革的情况和面临的具体问题,确定了项目分工,并全面开始研究工作。计划先集中力量,用两年时间形成一批有关人才培养模式、培养目标、教学内容和课程体系等理论研究成果报告和研究报告基础上同步组织建设的反映应用型人才特色的立体化系列教材。

与过去立项研究不同的是,“21世纪中国高等学校应用型人才培养体系的创新与实践”课题研究在审视、选择、消化与吸收多年来已有应用型人才培养探索与实践成果基础上,紧密结合经济全球化时代高校应用型人才培养工作的实际需要,努力实践,大胆创新,采取边研究、边探索、边实践的方式,推进高校应用型人才工作,突出重点目标,并不断取得标志性的阶段成果。

教材建设作为保证和提高教学质量的重要支柱和基础,作为体现教学内容

和教学方法的知识载体,在当前培养应用型人才中的作用是显而易见的。探索、建设适应新世纪我国高校应用型人才体系需要的教材体系已成为当前我国高校教学改革和教材建设工作面临的十分重要的任务。因此,在课题研究过程中,各课题组充分吸收已有的优秀教学改革成果,并和教学实际结合起来,认真讨论和研究教学内容和课程体系的改革,组织一批学术水平较高、教学经验较丰富、实践能力较强的教师,编写出一批以公共基础课和专业、技术基础课为主的有特色、适用性强的教材及相应的教学辅导书、电子教案,以满足高等学校应用型人才的需要。

我们相信,随着我国高等教育的发展和高校教学改革的不断深入,特别是随着教育部“高等学校教学质量和教学改革工程”的启动和实施,具有示范性和适应应用型人才需要的精品课程教材必将进一步促进我国高校教学质量的提高。

全国高等学校教学研究中心

2003年4月

前 言

无线通信是通信技术中发展最快、也是最具应用前景的一个重要分支。由于通信技术已经渗透到工农业生产和人们生活的各个方面,知识更新速度很快,专业性也比较强,因此在电类专业开设无线通信技术课程是十分必要的。纵观现有的这方面的教科书和各类通信专业书籍,有的内容已经陈旧,跟不上学科发展的步伐,有的过于专业,不适合非通信类专业使用。为了适应工程应用型本科人才培养的需要,我们在多年教学改革积累的基础上,参考和整理了大量现代无线通信技术文献,并结合我们的研究成果,编写了《现代无线通信技术》这本专业基础课教材。

全书共分10章,除第1章无线通信基础为各章提供共同的专业基础知识,第10章无线通信新技术集中介绍目前已成为研究热点的无线通信新技术之外,其他各章分别从不同的应用领域和研究角度出发,向读者介绍无线通信系统的技术脉络,它们分别是:第2章现代短波通信、第3章微波通信、第4章数字移动通信、第5章卫星通信、第6章数字广播电视、第7章无线局域网、第8章Ad Hoc网络和第9章无线激光通信。各章之间既相互联系,又相对独立,适用于应用型本科的电子信息工程、自动化、电气工程及自动化计算机科学与技术、网络工程、机械电子工程、电子科学与技术等专业的教学需要,在使用中教师可以根据课时和实际需要选择合适的章节进行组合。

本教材的主要特色如下:

1. 专业的通信类教材一般分工都很细,如移动通信、光纤通信、卫星通信、短波通信、微波通信等都有专门的教材或专著。对于非通信专业的学生来讲,要了解或学习通信方面的专业知识,一下子要学那么多课程或阅读那么多的专业书,不但时间上不允许,而且实际上也没有必要。编写本教材,就是希望提供一本全面介绍无线通信技术知识的通用教材,使学生能够通过一门课的学习,对无线通信技术有基本完整的了解和掌握,为今后从事专业工作打下良好的基础。

2. 为了讲清工作原理,一般通信类专业教科书都离不开复杂的数学推导和公式。数学能够准确地描述通信系统的模型和工作原理,是学习通信技术必不可少的工具,但对于非通信专业的学生来讲,由于受到先修课程的限制,大量地运用复杂的数学公式,无疑会给他们的学习带来困难,往往会使初学者望而生畏,以致对数学背后丰富的物理意义反而不甚理解,这也是无线通信知识普及工作中的一个难点。因此,我们在编写本教材时遵循了这样一条原则,除了必不可

少的数学公式与推导以外,尽可能使用浅显易懂的文字和图例来描述和讲清无线通信技术的原理,使学生不觉得这是一门深奥而枯燥的课程,而是作为一门有趣而实用的学问来研究。这也是符合应用型本科的教学原则的。

3. 本教材的第三个特点是内容新。在教材内容的取舍上,我们坚持以介绍现代新技术为主,基本上涵盖了近一二十年无线通信领域的主要成果。数字移动通信是本教材的重点内容,对传统的短波通信、微波通信和卫星通信则主要介绍近年来发展起来的新技术。此外,我们还特意增加了数字广播电视、无线局域网、激光通信等一般通信教材上不太涉及的无线通信领域里的最新技术内容,并专门开辟章节,对如 OFDM 技术、Space-Time Architecture、UWB、自协作通信网概念——Ad Hoc、传感器网络、宽带无线接入等最新的无线通信技术做了概括性的介绍,这些新技术虽然已经在国际上成为该领域的研究热点,但国内介绍这方面知识的相关书籍还不多,把这些通信领域里的最新技术介绍给读者,有利于他们开阔眼界、开拓思路,培养热爱科学、勇于创新的时代精神。

本书由邬正义主编,并编写第 1~6 章,范瑜编写第 7、8 和 10 章,徐惠钢编写第 9 章,邬正义负责全书的统稿和整理。张惠国、陈勇老师帮助绘制了大量图稿。本教材在编写过程中得到了上海交通大学电子工程系博士生导师金荣洪教授的悉心指导和帮助,并承蒙他在百忙中仔细审阅了全部书稿,提出了宝贵的修改意见。在编写和出版过程中,还得到了高等教育出版社高等理工出版中心的大力支持和帮助。在此谨向所有关心和帮助本书编写和出版的老师和朋友表示衷心的感谢。

无线通信技术涉及的知识面广、专业性强,我们在编写过程中请教了多位专家,参考了大量国内外专业书籍和文献,这些书籍和文献绝大部分均已在参考文献中列出,在此谨向这些专家和文献的作者表示感谢。鉴于作者的学识水平有限,在成书过程中难免有疏漏和错误之处,欢迎读者和同行不吝赐教、批评指正。

编 者

2006 年 4 月

于常熟理工学院东湖校区

目 录

绪 论	1
第 1 章 无线通信基础	6
1.1 无线电波	6
1.1.1 无线电波段的划分	6
1.1.2 无线电波的传播特性	8
1.2 调制与解调	12
1.2.1 幅度调制	14
1.2.2 角度调制	15
1.3 数字通信	16
1.3.1 基本概念	16
1.3.2 语音编码(信源编码)	21
1.3.3 数字调制技术	21
1.3.4 信道编码与差错控制技术	25
1.3.5 扩频通信技术	26
1.4 数据通信与网络	29
1.4.1 数据通信的特殊性	30
1.4.2 数据通信系统的组成	30
1.4.3 数据通信的信息交换方式	31
1.4.4 数据通信的网络体系结构与协议	34
1.4.5 帧中继与 ATM	38
习题与思考题	39
第 2 章 现代短波通信	40
2.1 概述	40
2.2 短波在电离层中的传播特性	41
2.2.1 短波的传播方式	41
2.2.2 最高可用频率(MUF)	43
2.2.3 多径传播问题	44
2.2.4 衰落	45
2.2.5 多普勒频移	46
2.3 单边带(SSB)短波通信	47
2.3.1 单边带通信原理	47
2.3.2 单边带调制的特点及其技术问题	49

2.3.3 短波单边带信号的产生	51
2.3.4 单边带发射机和接收机	54
2.4 短波数据通信技术	56
2.4.1 传输高速数据信号的调制技术	56
2.4.2 时频组合调制	57
2.4.3 分集接收技术	58
2.4.4 差错控制技术	60
2.5 短波自适应选频技术	60
2.5.1 自适应选频的基本原理	61
2.5.2 实时信道估值(RTCE)技术	62
2.5.3 自适应信号处理技术	70
2.5.4 自适应控制技术	70
2.6 短波扩频与跳频通信	71
2.6.1 短波直接扩频通信系统	71
2.6.2 短波跳频扩频通信技术	71
2.7 短波通信网	73
2.7.1 短波自适应通信网	73
2.7.2 短波跳频通信网	79
2.8 短波软件无线电技术	82
2.8.1 短波通信技术发展中面临的问题	82
2.8.2 软件无线电的基本概念	83
2.8.3 短波软件无线电原理与结构	84
2.8.4 短波软件无线电的关键技术	86
习题与思考题	89
第3章 微波通信	90
3.1 概述	90
3.2 微波通信的特点	91
3.3 微波的视距传播特性	92
3.3.1 天线高度与传播距离	92
3.3.2 微波的自由空间传播损耗	93
3.3.3 地面效应和大气效应	94
3.4 微波中继系统的组成和工作方式	96
3.4.1 系统组成	96
3.4.2 中继方式	97
3.5 PDH微波中继通信系统	100
3.5.1 数字微波通信系统的PCM/TDM复用方式	101
3.5.2 PDH的复接原理	105
3.6 SDH微波中继通信系统	111

3.6.1	SDH 的速率等级与帧结构	111
3.6.2	SDH 的复用原理和映射方法	117
3.6.3	SDH 微波通信的技术特点	121
3.6.4	SDH 微波通信的关键技术	121
	习题与思考题	125
第 4 章	数字移动通信	126
4.1	概述	126
4.1.1	移动通信的发展历史	126
4.1.2	移动通信的特点	127
4.1.3	移动通信系统的电波传播	129
4.2	蜂窝数字移动通信网	132
4.2.1	蜂窝形小区制区域覆盖原理	132
4.2.2	蜂窝移动通信网的组网技术	137
4.3	移动通信的主要关键技术	141
4.3.1	多址方式	141
4.3.2	系统容量	144
4.3.3	功率控制	145
4.3.4	切换技术	147
4.4	GSM 系统	149
4.4.1	系统结构	150
4.4.2	网络结构	151
4.4.3	信号帧结构与信道分类	152
4.4.4	区域定义、用户编号与识别	153
4.4.5	GSM 网的移动通信管理与控制	155
4.4.6	GSM 的信号处理技术	161
4.5	通向 3G 的里程碑——GPRS	163
4.5.1	GPRS 的主要特点和应用	163
4.5.2	GPRS 网络的实现	164
4.5.3	GPRS 的移动性管理和会话管理	166
4.6	CDMA 系统	169
4.6.1	CDMA 移动通信工作原理	170
4.6.2	CDMA 蜂窝移动通信的优点	171
4.6.3	N-CDMA (IS-95) 系统	172
4.6.4	N-CDMA 系统的主要特色技术	174
4.7	第三代/第四代移动通信技术	177
4.7.1	全球性的 3G 无线传输标准	177
4.7.2	三种代表性 3G 系统制式的主要特点	178
4.7.3	后 3G 和 4G 移动通信的展望	180

习题与思考题	181
第 5 章 卫星通信	182
5.1 概述	182
5.2 卫星通信系统	182
5.2.1 卫星与卫星轨道	182
5.2.2 卫星通信系统的分类	184
5.2.3 卫星通信系统的组成与工作方式	185
5.2.4 卫星通信的特点	188
5.3 卫星通信链路及设备	189
5.3.1 评价卫星通信质量的参数和基本技术指标	189
5.3.2 主要星载设备和地球站设备	192
5.4 卫星通信体制与多址技术	196
5.4.1 卫星通信体制	196
5.4.2 多址连接技术	197
5.4.3 多址分配技术	205
5.4.4 ALOHA 方式	207
5.5 INTELSAT 及其通信技术	209
5.5.1 国际通信卫星系统发展概况	210
5.5.2 中数据速率载波系统 (IDR)	211
5.5.3 国际卫星通信组织的商用业务 (IBS)	213
5.5.4 TDMA (时分多址) 技术	214
5.5.5 VISTA 技术	216
5.6 VSAT 卫星网络系统与 技术	217
5.6.1 VSAT 系统概述	218
5.6.2 VSAT 的网络结构与组网方式	221
5.6.3 VSAT 网络的多址技术	226
5.6.4 VSAT 网络协议	228
5.7 卫星移动通信技术	234
5.7.1 卫星移动通信系统的分类、特点和主要技术	234
5.7.2 静止轨道卫星移动通信系统	235
5.7.3 中低轨道卫星移动通信系统	238
习题与思考题	242
第 6 章 数字广播电视	243
6.1 数字音频广播	243
6.1.1 数字音频广播 (DAB) 系统	243
6.1.2 DAB 的传输模式和工作频段	245
6.1.3 DAB 的数据广播业务	245
6.1.4 DAB 的主要关键技术	246

6.1.5 数字 AM 广播	248
6.2 数字电视	256
6.2.1 世界主要数字电视标准	257
6.2.2 地面数字电视广播的复杂性	258
6.2.3 地面数字电视广播的干扰和失真	259
6.2.4 DVB 传输系统与关键技术	261
6.2.5 DVB-T 地面广播电视传输系统	265
6.3 卫星数字广播	271
6.3.1 卫星广播的发展	271
6.3.2 卫星广播系统	273
6.3.3 卫星数字电视广播	275
6.3.4 卫星数据广播	279
6.3.5 卫星数字声音广播	280
习题与思考题	282
第 7 章 无线局域网	283
7.1 概述	283
7.1.1 无线局域网的发展历史	283
7.1.2 无线局域网的基本特点	285
7.1.3 无线局域网的组成	289
7.2 室内电波传播模型	290
7.3 IEEE 802.11 标准	291
7.3.1 IEEE 802.11 标准概述	291
7.3.2 IEEE 802.11 标准的拓扑结构	292
7.3.3 媒体访问控制层	294
7.3.4 物理层	296
7.4 IEEE 802.11b 标准	299
7.4.1 概况	299
7.4.2 多速率支持	299
7.5 IEEE 802.11a 标准	300
7.5.1 概况	300
7.5.2 IEEE 802.11a 标准的 PLCP 子层	302
7.6 IEEE 802.11g 标准	303
7.7 IEEE 802.11 系列标准比较	304
7.8 无线局域网与蜂窝移动通信网的互通	305
7.8.1 WLAN 与 GPRS 互通方案	305
7.8.2 WLAN 与 WCDMA 互通方案	307
7.9 无线宽带接入的 IEEE 802.16 标准	309
7.9.1 IEEE 802.16 标准	309

7.9.2	与 IEEE 802.11 标准的比较	310
7.9.3	IEEE 802.16 标准的技术展望	311
	习题与思考题	313
第 8 章	Ad Hoc 网络	314
8.1	基本概念	314
8.1.1	移动 Ad Hoc 网络的产生背景与历史	314
8.1.2	移动 Ad Hoc 网络的定义与基本概念	314
8.1.3	移动 Ad Hoc 网络的特点	315
8.2	链路自适应技术	316
8.2.1	自适应编码调制	316
8.2.2	功率控制	316
8.2.3	混合 ARQ (HARQ)	317
8.2.4	自适应资源分配	319
8.3	Ad Hoc 无线网络协议	321
8.3.1	MAC 协议	321
8.3.2	单播路由协议	324
8.3.3	组播路由协议	328
8.3.4	传输层协议	331
8.4	Ad Hoc 网络安全	335
8.4.1	安全威胁	336
8.4.2	入侵检测 (IDS)	336
8.5	蓝牙 Ad Hoc 网络	339
8.5.1	蓝牙概述	340
8.5.2	蓝牙协议	342
8.5.3	蓝牙 Ad Hoc 网络	344
8.6	Ad Hoc 网络应用的发展前景	347
8.6.1	移动办公	347
8.6.2	家庭区域网络	347
8.6.3	无线传感器网络	348
8.6.4	紧急和灾难场合	349
8.6.5	无线个人网	349
8.6.6	军事应用	351
8.6.7	小结	352
	习题与思考题	352
第 9 章	无线激光通信	354
9.1	概述	354
9.1.1	光通信的历史	354
9.1.2	激光	356

9.1.3	激光通信	357
9.1.4	微波与无线激光通信的比较	360
9.1.5	无线激光通信的优势	362
9.1.6	无线激光通信的应用	363
9.1.7	无线激光通信进展	364
9.2	无线激光通信的基本原理	372
9.2.1	从贝尔的光电话看无线激光通信的基本构件	372
9.2.2	无线大气激光通信系统的主要构件原理	373
9.2.3	无线空间激光通信系统的基本构架	381
9.2.4	无线激光通信系统的关键技术	382
9.3	无线大气激光通信光信道的损耗特性	384
9.3.1	无线大气激光通信信道的衰减	384
9.3.2	光发射、接收端机的效率	385
9.3.3	几何损耗	387
9.3.4	大气信道衰减	389
9.4	瞄准、捕获和跟踪(ATP)	391
9.4.1	ATP子系统结构组成	391
9.4.2	ATP子系统控制流程	392
9.4.3	ATP子系统相关技术	394
9.5	无线激光通信系统设计实例	395
9.5.1	总体功能和结构	395
9.5.2	参数确定	396
9.5.3	系统各功能模块的设计考虑	397
9.6	室内无线激光通信	398
9.6.1	红外光的特点	398
9.6.2	红外链路的设计	400
9.6.3	影响红外无线通信系统性能的主要因素	401
9.6.4	红外无线通信的关键技术	402
9.6.5	红外线数据协会(IrDA)	403
	习题与思考题	404
第10章	无线通信新技术	406
10.1	正交频分多路调制(OFDM)技术	406
10.1.1	简介	407
10.1.2	正交频分复用原理	409
10.1.3	OFDM的同步、调制与解调	410
10.2	多天线与时空处理技术	410
10.2.1	简介	410
10.2.2	MIMO信道模型	413

10.2.3	MIMO 系统容量	415
10.2.4	MIMO 系统中的空时编码	417
10.3	超宽带(UWB)技术	419
10.3.1	简介	419
10.3.2	UWB 无线物理层协议	421
10.3.3	UWB 应用前景	423
10.3.4	WLAN/WPAN 标准	424
	习题与思考题	426
	主要参考文献	427

绪 论

19世纪,电报和电话的相继发明,使人类获得了远距离传送信息的重要手段。但是,这些电信号都是通过金属导线传送的。只有线路架设到的地方,信息才能传到,这就大大限制了信息的传播距离和范围,特别是在大海、高山等无法架设通信线路的地方,有线电报和电话都将英雄无用武之地。有线通信的局限性还在于无法实现移动通信,人们很难想像,为了在移动的交通工具之间通信,还要让它拖上一条长长的电线尾巴。

现代无线通信始于19世纪末,在这一百多年的漫长岁月里,无线通信技术不断完善发展,得到了广泛的应用,它使通信摆脱固定线路的约束,从静止的、固定的通信方式向自由移动方向前进,将人类带入了一个崭新的自由通信的新时代。

无线通信的出现首先得益于物理学家对电磁理论执着的研究和探索。当然,世界各国的科学家和工程师们在电子技术领域里取得的辉煌成果,对信息与通信理论的深入研究,以及人们对无线电频率利用技术的不断改进,都为无线通信的发展做出了重要贡献。

最早的无线通信是无线电报通信。1895年,意大利人马可尼试验成功了无线电报机。1912年,莫尔斯无线电报在一次海难中拯救了695个人的生命,这件事向人类昭示了发展无线通信的重要性和必要性。

无线电报发明后,人们又开始了无线语音通信的研究。美国人弗雷斯特发明的真空三极管为无线电话通信奠定了物质基础。不过,用无线电传送语音,最先用在了无线电广播中。1906年圣诞节前夕,美国新英格兰海岸附近穿梭往来的船只上,一些听惯了“滴滴答答”莫尔斯电码声的报务员们,忽然听到耳机中传来朗读圣经故事的声音,并听到有人拉着小提琴,还伴有亨德尔的《舒缓曲》,这就是由物理学家费森登主持和组织的人类历史上第一次无线电广播。

1921年,美国底特律和密执安警察厅开始使用车载无线电台,这是最早的无线话音通信应用。第二次世界大战期间,军事上的需求促进了无线电通信技术及其制造业的长足发展,同时也出现了许多新的理论和技术。二战结束后,移动通信技术逐渐从军用转向民用。1946年,美国在圣路易斯城建立了世界上第一个公用汽车电话系统,以后,加拿大、荷兰等国也陆续开设了公用汽车电话业务。在此时期的接续通话主要是通过话务员来完成的,网络大多属于二级结构,采用大区制,可用的频道很少,有些系统还是人工转接的。由于使用不方便,无