



中国电子学会物联网专家委员会推荐

高职高专物联网应用技术专业“十三五”规划教材

# 无线数据通信技术基础

*Fundamentals of Wireless Data Communication Technology*

主 编 杨 槐

副主编 董 灿 庞雪莲



西安电子科技大学出版社  
<http://www.xduph.com>

中国电子学会物联网专家委员会推荐

高职高专物联网应用技术专业“十三五”规划教材

# 无线数据通信技术基础

主 编 杨 槐

副主编 董 灿 庞雪莲

西安电子科技大学出版社

## 内 容 简 介

全书共 10 章,内容分别为无线数据通信基础、无线通信信道、信源与编码、数字信号的基带传输、数字信号的频带传输、无线接入方法和多址技术、无线数据通信协议、无线数据通信组网技术、短距离无线通信技术、移动通信系统。

本书力求简明扼要,深入浅出,注重内容提炼,以避免抽象的理论表述和复杂的公式推导。

本书可作为高职高专院校通信、电子、物联网等相关专业的教材,还可作为无线数据通信领域从事科研、教学的工程技术人员的参考书。

## 图书在版编目(CIP)数据

无线数据通信技术基础/杨槐主编. —西安:

西安电子科技大学出版社, 2016.12

高职高专物联网应用技术专业“十三五”规划教材

ISBN 978 - 7 - 5606 - 4297 - 0

I. ① 无… II. ① 杨… III. ① 无线电通信—数据通信—  
—高等教育—教材 IV. ① TN919.72

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 277647 号

策 划 刘玉芳

责任编辑 宁晓蓉

出版发行 西安电子科技大学出版社(西安市太白南路 2 号)

电 话 (029)88242885 88201467 邮 编 710071

网 址 www.xduph.com 电子邮箱 xdupfxb001@163.com

经 销 新华书店

印刷单位 陕西天意印务有限责任公司

版 次 2016 年 12 月第 1 版 2016 年 12 月第 1 次印刷

开 本 787 毫米×1092 毫米 1/16 印张 17

字 数 399 千字

印 数 1~3000 册

定 价 30.00 元

ISBN 978 - 7 - 5606 - 4297 - 0/TN

**XDUP 4589001 - 1**

\* \* \* 如有印装问题可调换 \* \* \*

# 高职高专物联网应用技术专业 “十三五”规划教材编委会

主 任：曹 毅

副 主 任：陈 良 乐明于

秘 书 长：彭 勇

副秘书长：王小平

编 委：(按姓氏笔画排名)

王万刚	王田甜	王来志	王建勇
王辉春	王 黎	汤 平	向舜然
刘 勇	刘显文	杨 坝	杨 槐
杨 靖	张建碧	李继碧	李 静
罗 勇	郑俏娟	单光庆	易国键
姚 进	贺晓辉	唐中剑	唐德军
徐 欣	黄爱民	章 殷	曹 俊
董 灿	蔡 川	谭 锋	



## 前言

无线数据通信是一种利用电磁波信号可以在自由空间中传播的特性进行信息交换的数据通信方式。近年来,无线数据通信技术的发展十分迅速,从蜂窝电话网发展到无线接入 Internet 和无线家庭网络等,无线数据通信技术影响了人们的生活,这一点是无可争议的。在经过呈指数级的增长后,今天的无线数据通信技术已经成为世界上最大的产业之一。

无线数据通信与网络是以能够在世界的任何地点传输和交换诸如文本、音频和图像之类的数据为发展目标的。人们希望能够无限制地获取和交互信息,所以“5W”(Whoever、Whenever、Wherever、Whomever、Whatever, 无论何人、(在)任何时间、(在)任何地点、与任何人、(以)任何方式)自然成为无线数据通信发展的最终目标,而现代通信技术的发展事实上就是围绕“5W”这一目标逐步向前推进的过程。无线数据通信将个人化的通信模式、宽带的通信能力以及丰富的通信内容进行融合,是当前通信技术朝着宽带化、智能化和个人化发展的必然趋势,是迈向“5W”的必然途径。

本书主要介绍了无线数据通信领域的一些基本知识,包括无线数据通信系统的组成、数字信号的传输、常用的无线数据通信技术和常用的无线数据通信系统。

全书共 10 章。

第 1 章概论,介绍了无线数据通信的基本概念,包括模拟信号与数字信号、无线数据通信系统的基本组成、无线数据通信方式与类型、无线数据通信系统的主要性能指标等,为后面各章的学习做准备。

第 2 章无线通信信道,介绍了无线信道的概念、分类,无线电波的传播方式与无线通信信道的特性,恒参信道与变参信道对所传输信号的影响,对系统带宽、信号带宽、信道带宽和信道容量等概念进行了说明。

第 3 章信源与编码,介绍了信息码的概念、信源的数字化过程、差错控制编码技术和时分多路复用技术。

第 4 章数字信号的基带传输,介绍了信号在信道中的传输以及基带信号在信道中的传输。

第 5 章数字信号的频带传输,介绍了数字信号的调制与解调、频分多路复用技术和扩频技术。

第 6 章无线接入方法与多址技术,介绍了无线双工通信方式、频分多址技术、时分

多址技术、码分多址技术、扩频及混合多址技术、正交频分复用多址技术和空分多址技术。

第7章无线数据通信协议,介绍了数据通信协议的概念及功能、数据链路传输控制规程、无线数据通信网中的信道接入协议、无线局域网协议和无线宽带数据通信协议。

第8章无线数据通信组网技术,介绍了无线数据组网的发展、无线数据网络体系结构、蜂窝网络拓扑结构、移动 Ad Hoc 网络技术、无线 Mesh 网络技术等,最后用无线多点组网实验和基于物联网的智能家居系统对组网技术的应用进行了介绍。

第9章短距离无线通信技术,介绍了短距离无线通信的概念和目前主流的一些短距离无线通信技术,如无线局域网、蓝牙技术、Wi-Fi 技术、ZigBee 技术、超宽带(UWB)技术等。

第10章移动通信系统,介绍了能远距离传输无线信号的移动通信系统,包括 GSM 蜂窝移动通信系统、3G 移动通信系统、4G 移动通信系统以及卫星移动通信系统等。

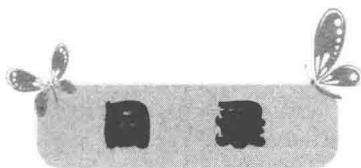
本书是编者多年从事无线通信教学与科研工作的经验和体会的总结。为了适应教学需求,本书在编写过程中力求循序渐进,尽量保证叙述内容的完整性和实用性。

本书由重庆城市管理职业学院的杨槐任主编,董灿与天津电子信息职业技术学院的庞雪莲任副主编,王小平教授主审;王建勇、彭勇、谭锋、吴畏、杨坝、蔡川、张建碧、王万刚、任琪、康亚、王来志以及重庆市工业高级技工学校的徐玲利、重庆普天普科通信技术有限公司的刘显文等老师参编。在编写过程中,编者采纳了多位专家的意见与建议,并引用了相关参考文献。在此,向各位专家及参考文献的原作者表示衷心的感谢,同时,向为本书的出版工作做出贡献的所有人员深表感谢!

由于本书涉及的内容广泛,加之编者水平有限,书中难免存在不足之处,恳请读者批评指正。

编者

2016年9月



<b>第1章 概论</b> .....	1
1.1 无线数据通信基础 .....	1
1.1.1 无线数据通信的发展 .....	1
1.1.2 信息与信息量 .....	2
1.1.3 模拟信号与数字信号 .....	2
1.1.4 无线数据通信系统与网络 .....	3
1.2 无线数据通信的工作方式、信号 传输方式与业务类型 .....	7
1.2.1 无线数据通信与计算机通信、 数字通信 .....	7
1.2.2 无线数据通信的工作方式 .....	8
1.2.3 无线数据通信的信号传输方式 .....	9
1.2.4 无线数据通信的业务类型 .....	11
1.3 无线数据通信系统的主要性能指标 .....	12
1.4 无线数据通信研究的主要内容与 发展目标 .....	14
本章小结 .....	16
习题与思考题 .....	16
<b>第2章 无线通信信道</b> .....	18
2.1 无线信道的概念与分类 .....	18
2.1.1 无线信道的概念 .....	18
2.1.2 无线信道的分类 .....	19
2.2 电波传播方式与无线信道的特性 .....	20
2.2.1 无线电波的传播方式 .....	20
2.2.2 无线通信信道的特性 .....	22
2.3 信道对信号的影响 .....	24
2.3.1 恒参信道对信号的影响 .....	24
2.3.2 变参信道对信号的影响 .....	26
2.4 信号带宽、系统带宽与信道带宽 .....	29
2.5 信道容量 .....	30
2.5.1 香农信道容量 .....	30
2.5.2 奈奎斯特信道容量 .....	31
本章小结 .....	32
习题与思考题 .....	32
<b>第3章 信源与编码</b> .....	33
3.1 信息码 .....	33
3.2 信源数字化 .....	34
3.2.1 模拟信号的数字化 .....	34
3.2.2 离散信源编码 .....	36
3.3 差错控制编码技术 .....	45
3.3.1 差错编码的概念 .....	45
3.3.2 差错控制原理 .....	46
3.3.3 常用的纠错检错码型 .....	47
3.4 时分多路复用技术 .....	49
3.4.1 时分多路复用的基本概念 .....	49
3.4.2 30/32路PCM通信系统的 帧结构与终端组成 .....	50
本章小结 .....	52
习题与思考题 .....	53
<b>第4章 数字信号的基带传输</b> .....	54
4.1 信号在信道中的传输 .....	54
4.1.1 衰减 .....	54
4.1.2 信号的频谱 .....	56
4.1.3 失真 .....	57
4.1.4 噪声与干扰 .....	59
4.2 数字基带信号传输 .....	60
4.2.1 数字基带信号波形 .....	60
4.2.2 数字信号的常用码型 .....	62
4.2.3 数字信号的基带传输 .....	63
本章小结 .....	65
习题与思考题 .....	66

<b>第 5 章 数字信号的频带传输</b> .....	67
5.1 数字信号的调制与解调 .....	67
5.1.1 二进制振幅键控 .....	68
5.1.2 二进制频移键控 .....	69
5.1.3 二进制相移键控及二进制差分 相移键控 .....	70
5.1.4 调制解调器 .....	73
5.2 频分多路复用技术 .....	74
5.3 扩频技术 .....	76
5.3.1 PN 码 .....	76
5.3.2 直接序列扩频 .....	77
5.3.3 跳频 .....	79
<b>本章小结</b> .....	81
<b>习题与思考题</b> .....	82
<b>第 6 章 无线接入方法和多址技术</b> .....	83
6.1 无线双工通信方式 .....	83
6.1.1 频分双工 .....	84
6.1.2 时分双工 .....	84
6.2 频分多址技术 .....	85
6.2.1 FDMA 基本原理 .....	85
6.2.2 FDMA 系统的特点 .....	86
6.3 时分多址技术 .....	86
6.3.1 TDMA 基本原理 .....	86
6.3.2 TDMA 系统的特点 .....	87
6.4 码分多址技术 .....	88
6.4.1 CDMA 基本原理 .....	88
6.4.2 CDMA 系统的特点 .....	89
6.4.3 CDMA 系统的两个问题 .....	89
6.5 扩频及混合多址技术 .....	90
6.5.1 跳频多址 .....	90
6.5.2 混合扩频多址 .....	91
6.6 正交频分复用多址接入技术 .....	93
6.6.1 OFDM-TDMA .....	93
6.6.2 OFDM-FDMA .....	93
6.6.3 OFDM-CDMA .....	94
6.7 空分多址技术 .....	94
<b>本章小结</b> .....	95
<b>习题与思考题</b> .....	96

<b>第 7 章 无线数据通信协议</b> .....	97
7.1 数据通信协议的概念及功能 .....	97
7.1.1 协议的概念及功能 .....	97
7.1.2 开放系统互联参考模型 .....	98
7.1.3 无线数据通信网络简介 .....	101
7.2 数据链路传输控制规程 .....	103
7.2.1 数据链路传输控制规程的功能 与分类 .....	103
7.2.2 面向字符型的传输控制规程 .....	106
7.2.3 面向比特型的传输控制规程 .....	109
7.3 无线数据通信网中的信道接入协议 .....	116
7.3.1 单信道无线接入协议 .....	116
7.3.2 多信道无线接入协议 .....	117
7.3.3 无线信道的隐终端和暴露终端 问题 .....	119
7.4 无线局域网协议 .....	120
7.4.1 无线局域网解决方案与运作模式 .....	120
7.4.2 IEEE 802.11 标准中的物理层 .....	121
7.4.3 IEEE 802.11 标准中的 MAC 子层 .....	121
7.4.4 载波侦听多址接入/碰撞回避 机制 .....	122
7.4.5 RTS/CTS 协议 .....	123
7.4.6 随机的时间等待(IFS) .....	125
7.5 无线宽带数据通信协议 .....	126
7.5.1 IEEE 802.16/WiMax 标准化进程 及发展 .....	126
7.5.2 IEEE 802.16e 协议结构 .....	128
<b>本章小结</b> .....	131
<b>习题与思考题</b> .....	131
<b>第 8 章 无线数据通信组网技术</b> .....	133
8.1 无线数据组网的发展 .....	133
8.2 无线数据网络体系结构 .....	134
8.2.1 网络拓扑结构 .....	134
8.2.2 网络协议体系构造 .....	135
8.3 蜂窝网络拓扑结构 .....	135



8.3.1	蜂窝网的概念	135
8.3.2	蜂窝小区的分类	136
8.3.3	容量扩展技术	137
8.4	移动 Ad Hoc 网络技术	137
8.4.1	MANET 的特点	138
8.4.2	MANET 的研究内容	139
8.4.3	MANET 的关键技术	139
8.4.4	MANET 的应用	141
8.5	无线 Mesh 网络技术	141
8.5.1	Mesh 网络的组成	142
8.5.2	无线 Mesh 网络的特点及应用	142
8.5.3	无线 Mesh 网络的关键技术	143
8.6	无线多点组网实验	144
8.7	基于物联网的智能家居系统构成	149
	本章小结	155
	习题与思考题	156
<b>第 9 章 短距离无线通信技术</b> 157		
9.1	短距离无线通信及无线局域网技术	157
9.1.1	短距离无线通信技术概述	157
9.1.2	无线局域网(WLAN)与 IEEE 802.11 标准族	157
9.2	蓝牙技术	161
9.2.1	蓝牙技术的工作原理	161
9.2.2	蓝牙网络的基本结构	162
9.2.3	蓝牙技术的特点	163
9.2.4	蓝牙技术在智能汽车中的应用	165
9.3	Wi-Fi 技术	166
9.3.1	Wi-Fi 技术概述	167
9.3.2	Wi-Fi 的网络结构和原理	168
9.3.3	Wi-Fi 技术在建筑施工智能管理系统中的应用	169
9.4	ZigBee 技术	171
9.4.1	ZigBee 技术概述	171
9.4.2	ZigBee 网络拓扑结构	172
9.4.3	ZigBee 技术的特点	176
9.4.4	ZigBee 技术在智能家居系统中的应用	176

9.5	超宽带(UWB)技术	178
9.5.1	UWB 技术的概念	179
9.5.2	UWB 无线通信系统的关键技术	180
9.5.3	UWB 技术的特点	182
9.5.4	UWB 技术的应用	184
	本章小结	186
	习题与思考题	187
<b>第 10 章 移动通信系统</b> 188		
10.1	移动通信系统的发展	188
10.1.1	移动通信系统的演进过程	188
10.1.2	移动通信系统的发展趋势	190
10.2	GSM 蜂窝移动通信系统	194
10.2.1	GSM 系统的主要参数	194
10.2.2	GSM 的网络结构	197
10.2.3	GSM 的特殊技术	200
10.2.4	GPRS 系统	201
10.3	3G 移动通信系统	206
10.3.1	第三代移动通信系统概述	206
10.3.2	TD-SCDMA	210
10.3.3	WCDMA	212
10.3.4	CDMA2000	214
10.3.5	基于 3G 通信技术的智能交通系统应用	216
10.4	4G 移动通信系统	217
10.4.1	第四代移动通信系统概述	217
10.4.2	4G 的关键技术	222
10.4.3	4G 标准	236
10.5	卫星移动通信系统	239
10.5.1	基本概念	239
10.5.2	卫星通信系统的组成	241
10.5.3	卫星通信的工作频段	243
10.5.4	卫星移动通信系统介绍	243
	本章小结	246
	习题与思考题	246
<b>附录 A 缩略语</b> 250		
<b>附录 B 分贝和信号强度</b> 260		
<b>参考文献</b> 262		

# 第 1 章 概 论

## 本章教学目标

- 了解无线数据通信的发展。
- 掌握无线数据通信中信号的分类。
- 掌握无线数据通信的工作方式。
- 掌握无线数据通信的业务类型。
- 熟悉无线数据通信系统的主要性能指标。
- 了解无线数据通信研究的主要内容与发展目标。

## 本章重点及难点

- 模拟信号与数字信号。
- 无线通信系统的基本组成。
- 无线信道带宽。

## 1.1 无线数据通信基础

无线通信(Wireless Communication)是一种利用电磁波信号可以在自由空间中传播的特性进行信息交换的通信方式。近些年无线通信技术在信息通信领域中发展最快、应用最广。无线通信如果在移动中实现就称为无线移动通信。无线通信由最初的电报开始,经过 150 多年的发展,通过来自各界的成千上万名工程师、研究人员和科学家的辛勤劳动,终于取得了今天的成果。

### 1.1.1 无线数据通信的发展

无线技术影响着人们生活的各个方面,这一点是无可争议的,每一天都有人成为新的无线用户,目前全球范围内已经有超过 71 亿的无线用户。

人们从 20 世纪 70 年代开始就对无线网进行研究。在整个 80 年代,以太网迅猛发展的同时,无线网因为具有不用架线、灵活性强等优点,以己之长补“有线”所短,赢得了特定市场的认可。但当时的无线网还只是作为有线以太网的一种补充,遵循的是 IEEE 802.3 标准,导致直接架构于其上的无线网络产品易受其他微波噪声的干扰,性能不稳定,传输速率低且不易升级,这些问题使得不同厂商的产品相互不兼容,无线网的进一步应用受到限制。这就迫使人们不得不制定一个有利于无线网自身发展的标准,即无线局域网标准。

1997 年 6 月,802.11 标准终于被 IEEE 通过。它是 IEEE 制定的无线局域网标准,用

来规定网络的物理(PH)层和媒质访问控制(MAC)层,其中对MAC层的规定是重点。各厂商的产品在同一物理层上可以相互操作,在逻辑链路控制(LLC)层上也是一致的,即对网络应用方面MAC层以下是透明的。这样更容易质优价廉地实现无线网的两种主要用途——“(同网段内)多点接入”和“多网段互连”。但是对应用来说,一定程度上的“兼容”就意味着竞争开始出现。802.11在MAC层以下规定了三种发送及接收技术:扩频(Spread Spectrum)技术、红外(Infrared)技术、窄带(Narrow Band)技术。其中,扩频技术由直接序列(Direct Sequence, DS)扩频技术(简称直扩)和跳频(Frequency Hopping, FH)扩频技术组成,直接序列扩频技术通常会与码分多址(CDMA)技术相结合。

无线数据通信是在有线数据通信的基础上发展起来的,能实现移动状态下的数据通信。数据通信是计算机与通信相结合而产生的一种通信方式,主要用来实现人与计算机以及计算机与计算机之间的通信。原来的数据通信是固定式计算机通过电信传输线路实现的。近年来,随着移动电话通信的迅速发展,个人计算机的迅速普及,多种便携式计算机例如膝上型计算机、笔记本计算机、手持式计算机等迅速增多,固定计算机之间的数据通信已不能满足需要。人们希望能随时随地进行数据信息的传送和交换,于是数据通信传输媒体开始从有线扩展到无线,出现了无线移动数据通信。

### 1.1.2 信息与信息量

在日常生活中,人们通过对话、书信、表演等多种形式进行思想的交流和现象的描述,这些过程都可以称为消息(message)的传递。消息中所包含的对接收者有意义的内容称为信息(information),消息是信息的载体。信息的多少用信息量表示。信号(signal)是信息的表现形式,它可以是声音、图像、电压、电流或光等。

例如,当两个人进行面对面的谈话时,谈话的内容就是消息,其中有一部分对听者来说是有意义的,这部分称为信息,而声音的表现形式是声波,这个声波就是信号;如果这两个人是通过电话交谈的,则声音以电流的形式被传送到对方,这时信号的形式就是电流。

在各种形式的信号中,电信号由于具有传递速度快(接近于光速)、传输距离远、能承载的信息量大并且处理方便等优点,成为通信信号的主要形式。近年来,随着光纤的大量应用,光信号也越来越多地用于通信中。本书主要讨论的是电信号,或者是由其他形式转换以后的电信号,如话音信号和图像信号。

### 1.1.3 模拟信号与数字信号

电信号按其波形特征可分为两大类:一类是模拟信号,另一类是数字信号。

#### 1. 模拟信号

自然界存在的信号大多是模拟信号,其主要的特征有两个,即时间上的连续与状态上的连续。所谓时间上连续,指的是在任何时刻信号的电量(电压或电流)对信号都是有意义的,而状态上连续则说明信号的电量可能是某一个有限范围内的任意值,具体反映在模拟信号经过传输后如果与传输前的信号不一致,信号所携带的信息就会部分丢失。图1-1(a)是一个模拟的话音信号的波形。如果该波形在 $t_1$ 时刻受到干扰,如图1-1(b)所示,则喇叭上会发出异常的“咔嚓”声。常见的模拟信号有话音信号、电视图像信号以及来自于各种传感器的检测信号等。

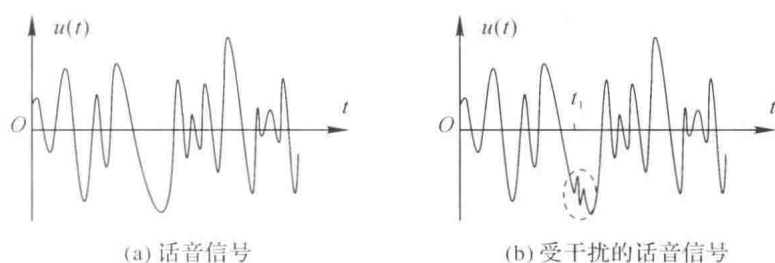


图 1-1 语音信号的波形

## 2. 数字信号

数字信号是用特定时刻的有限状态来表示信息的。图 1-2(a)是一个二进制信号的波形，它的状态只有两个，分别用“1”和“0”表示，如果传输过程中信号的电平发生了变化，接收端可能通过比较判断将所有电平归为两个状态(将所有大于 0 V 的电平判别为高电平，将所有小于 0 V 的电平判别为低电平)，因此，数字信号在传输过程中如果电平发生了变化，只要变化量不是足够大，不影响接收端的正确判断，信息就不会丢失。例如，当接收端收到图 1-2(b)所示的波形时，可以恢复成与发端一样的矩形波；如果接收端只在  $t_1, t_2, \dots, t_n$  时刻(即“特定时刻”)进行判别，则在其他时刻信号发生变化，如变成图 1-2(c)所示的波形时，仍然可以恢复成与发端一样的波形。

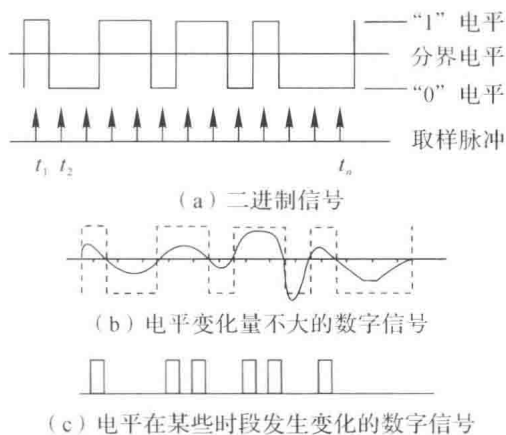


图 1-2 二进制数字信号

数字信号处理相对于模拟信号处理具有电路体积小、功能强等许多模拟处理所不能比拟的优点，因此随着数字信号处理技术的发展，数字信号越来越多地被用于通信中。

模拟信号与数字信号是可以相互转换的。模拟信号可以通过 A/D 转换变为数字信号，而数字信号通过 D/A 转换又可以变为模拟信号。在通信中常见的 A/D 转换方式有脉冲编码调制、增量调制以及在此基础上改进的各种方式。

### 1.1.4 无线数据通信系统与网络

通信是将信号从一个地方向另一个地方传输的过程。用于完成信号的传递与处理的系统称为通信系统(Communication System)。现代通信要实现多个用户之间的相互连接，这

种由多用户通信系统互连的通信体系称为通信网络(Communication Network)。通信网络以转接交换设备为核心,由通信链路将多个用户终端连接起来,在管理机构(包含各种通信与网络协议)的控制下实现网上各个用户之间的相互通信。

### 1. 通信系统的基本组成

图 1-3 是一个通信系统的基本组成框图。从总体上看,通信系统包括五个组成部分:信源、发送设备、信道、接收设备和信宿。其中,信源与信宿统称为终端设备(Terminal Equipments),发送设备与接收设备统称为通信设备(Communication Equipments)。信源将原始信号转换成电信号,即基带信号,常见的信源有话筒、摄像机、计算机等。发送设备将该信号进行适当的处理,如进行放大、调制等,使其适合于在信道中传输。信道是信号传递的通道,在这个通道中信号以电流、电磁波或光波的形式传播到接收端。接收设备的作用是将收到的高频信号(或光信号)经过放大、滤波选择和解调后恢复为原来的基带信号。信宿将来自于接收设备的基带信号恢复成原始信号。如果信源是话筒,要传输的信号是话音信号,则信宿就应是扬声器(或耳机),它将话音电信号转换成能为人耳所感觉的声音。



图 1-3 通信系统的基本组成

目前广泛使用的信道主要有双绞线(电话线)、同轴电缆、光导纤维和无线信道。这些信道有各自的传输特性,因此发送设备必须对来自信源的基带信号进行处理,使之适合在信道中传输。例如,话音信号在本地电话网的双绞线中传输时,可以不经调制,因为本地电话网的双绞线的传输频率范围为 300~3400 Hz,电话信号可以直接通过,但在传输计算机数据时,则需要对计算机数据进行调制,使已调信号的频率限制在 300~3400 Hz 范围内;在进行无线电通信时,话音信号难以直接变成电磁波向空间辐射,因此发送设备要将话音信号进行高频载波调制,其输出端接高频天线,它能将高频电信号转换成电磁波而有效地向空间辐射。如果传输信道是光导纤维,则发送设备就必须将基带信号转换成光信号。

一般来说,信源的输出与信宿的输入是相同的,两个终端的设备也是对应的。例如,发端如果是话筒,则接收端就是喇叭或耳机;发端是摄像机,则接收端是显示器;发端是计算机,则接收端也是计算机。

发送设备与信源、接收设备与信宿往往是合二为一的。在双向通信时,终端设备中既有信源又有信宿,如计算机既可以产生信号,又可以接收信号。通信设备中既有发送设备又有接收设备,如调制解调器,它对要发送的信号进行调制,又对接收的信号进行解调。图 1-4 是一个双向通信系统的组成框图。

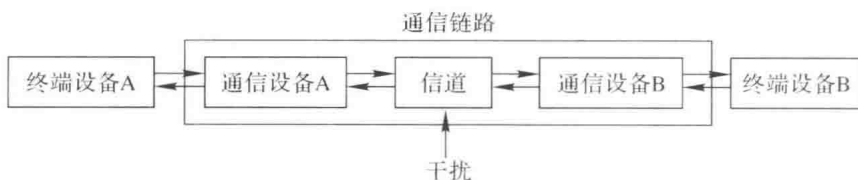


图 1-4 双向通信系统组成

从通信网络的角度看,通信设备 A、信道和通信设备 B 构成了连接终端设备 A 与终端设备 B 的通道,这条通道也被称为链路(Link)。

## 2. 无线通信系统的组成及分类

无线通信系统同样由五个部分组成:信号源、发射设备、传输媒质、接收设备、受信人,如图 1-5 所示。

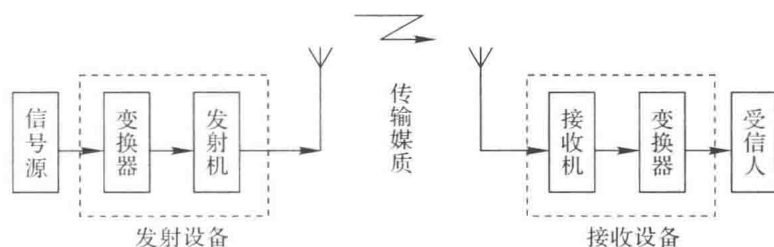


图 1-5 无线通信系统组成

信号源提供需要传送的信息;发射设备由变换器和发射机组成,变换器完成待发送的信号(图像、声音等)与电信号之间的转换,发射机将电信号转换成高频振荡信号并由天线发射出去;传输媒质指信息的传输通道,对于无线通信系统来说,传输媒质指自由空间;接收设备由接收机和变换器组成,接收机将接收到的高频振荡信号转换成原始电信号以方便受信人接收;受信人指信息的最终接收者。

按照关键部分的不同特性,无线通信系统可分为以下类型:

(1) 按照工作频段或传输手段分类,有中波通信、短波通信、超短波通信、微波通信和卫星通信等。所谓工作频率,主要指发射与接收的射频(RF)频率。射频实际上就是“高频”的广义语,它是指适合无线电发射和传播的频率。无线通信的一个发展方向就是开辟更高的频段。

(2) 按照通信方式分类,有(全)双工、半双工和单工方式。

(3) 按照调制方式分类,有调幅、调频、调相以及混合调制等。

(4) 按照传送的消息的类型分类,有模拟通信和数字通信,也可以分为话音通信、图像通信、数据通信和多媒体通信等。

各种不同类型的通信系统其组成和设备的复杂程度都有很大不同,但是组成设备的基本电路及其原理都是相同的,遵从同样的规律。

### 1) 数据通信系统

数据通信是在计算机或其他数据终端之间进行存储、处理、传输和交换数字化编码信息的通信技术。数据通信系统有两种类型;一种是模拟数据通信系统,另一种是数字数据通信系统。“数据”一词表明信息的类型,“数字”一词表明信息传递与处理的方式。数据信号可以以模拟的方式进行通信,也可以以数字的方式进行通信。计算机数据用一个调制解调器在电话网中传输是数据信号的模拟传输,而在校园网中,计算机数据都是以数字方式传输的,相应的传输系统称为数字数据通信系统。

一个简单的从 A 点到 B 点的数据通信系统的构成如图 1-6 所示。从 A 点到 B 点的通信系统可以分为以下七个部分:

(1) A 点的数据终端设备(DTE);

- (2) A 点的 DTE 与数据通信设备(DCE)之间的接口；
- (3) A 点的 DCE；
- (4) A 点与 B 点的数据传输信道；
- (5) B 点的 DCE；
- (6) B 点的 DCE 与 DTE 之间的接口；
- (7) B 点的 DTE。

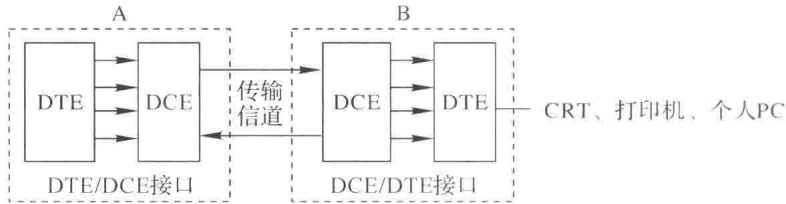


图 1-6 数据通信系统的组成

DTE 是数据通信系统中的终端设备或终端系统，是一个数据源或数据宿，或两者兼而有之，常见的有微型计算机、打印机、传真机等。DTE 通常只能进行短距离的通信，通信能力很有限，但它有较强的数据功能，包括与 DCE 的连接以实现数据的收和发、串行与并行的转换、数据线路的控制、与新连接的数据网相对应的网络功能以及为在两端的 DTE 之间进行数据连接所必需的其他各功能。DTE 可以是一台单独的设备，也可以由两台以上的设备组成。

DCE 具有将数据以模拟或数字方式在通信网络中传输的功能。在发送端，DCE 接收来自于 DTE 的串行或并行数据，并将它转换成适合于信道传输特性的信号送入信道；在接收端，DCE 接收来自信道的信号并将其转换成串行或并行的数据流送给 DTE。DCE 的主要作用是实现信号的变换与编解码。它将来自 DTE 的信号进行变换使之变成适合信道传输的线路码，并通过编码使之具有抗干扰能力，在有些系统中 DCE 还要对信号进行调制，使信号能在具有带通特性的信道中传输；信号到达接收端后，接收端的 DCE 要对收到的信号进行相反的变换与解码。DCE 还有向 DTE 传送时钟信号的功能及其他功能。Modem 是一种 DCE，常用的调制方式是 FSK、PSK 或 QAM。

如果连接 DTE、DCE 的电缆和信号电平要求不同，就会造成连接困难。为此 EIA 制定了 RS-232C 作为 DTE 和 Modem 之间的标准接口。

分组交换数据网中的 DCE 还要包括与用户相连的分组交换节点。

在物理结构上，DCE 可以是一台单独的设备，也可以与 DTE 合二为一，如传真机等。在计算机网络中，计算机就是一种 DTE，而 DCE 则可能是以网卡的形式安装在计算机的扩展槽中。现有的 DTE/DCE 接口标准有多个，虽然它们的方案有所不同，但每个标准都提供了连接的机械、电气及功能参数。EIA 的有关标准是 EIA-232、EIA-442 和 EIA-449，ITU-T 的相关标准有 V 系列和 X 系列。

## 2) 无线数据通信系统

无线数据通信系统是地面有线数据通信网的延伸和补充。系统以蜂窝小区组网方式为主，由基站和无线终端组成，无线终端可以是便携电脑或是专为移动性操作设计的设备。无线移动数据通信网通过与有线数据通信网的互连，使数据通信网的应用扩展到无线移动

数据通信。

无线数据通信网的拓扑结构主要有如下几种形式：直接连接、星状网络、树状网络、网状网络和蜂窝状网络。

(1) 无线数据通信的方式。现在，无线移动数据的通信方式迅速增多，已经有电路交换蜂窝移动通信、蜂窝数字分组数据(CDPD)通信、微蜂窝扩频通信、专用分组无线通信、双向卫星数据通信等多种方式的移动数据通信开通使用。最为常用的有：

① 电路交换蜂窝移动通信。这是利用蜂窝移动电话电路提供数据通信业务的一种方式。用户通过调制解调器(Modem)与网络相连，通常是把蜂窝调制解调器插入蜂窝移动电话机，或是装在便携式计算机内，就可以发送数据信息。数据信息通过蜂窝移动电话网接入公用电话网。

② 蜂窝数字分组数据通信。这种方式是把数字数据信息按分组方式在蜂窝网的空闲话音信道上发送，简称 CDPD 方式。由于它是重叠业务，所以比其他技术方式便宜。CDPD 通信在性能上优于电路交换蜂窝移动通信，在覆盖范围上又优于专用分组网，因此较有发展前途。

③ 专用分组无线数据通信。该方式与 CDPD 方式相似，但是通过专用网络传送数据分组，用户可通过膝上型电脑经过调制解调器接入网络。

(2) 无线数据通信的特点。无线移动数据通信与有线数据通信相比，有如下独特之处。

① 可以随时随地进行通信，快速方便。例如，新闻记者携带一台便携式电脑，即可在现场通过移动电话机将新闻稿件及时发出。

② 可以追踪移动资源。例如汽车公司可以随时掌握车辆情况，进行调度，提高运营效率。

③ 在移动数据终端内均可存储信息。例如，当接收数据的人暂时离开或不便当时接收时，可将信息存储在数据终端，待人回来后或方便时随时提取、不会丢失。此外，随时可访问中心数据库、因特网，商业人员可在现场接订单、开发票、当场结算用户信用卡等，都是无线移动数据通信所具有的独特功能。

## 1.2 无线数据通信的工作方式、信号传输方式与业务类型

### 1.2.1 无线数据通信与计算机通信、数字通信

在两个数据终端设备(DTE)之间进行的通信称为数据通信。在两个数据终端设备之间进行的无线通信称为无线数据通信。因为计算机属于智能化程度较高的数据终端，故计算机通信属于数据通信的范畴。

由于目前应用最普遍的数据终端是计算机，因此有许多人又将计算机通信与数据通信等同起来。狭义地讲，计算机通信着重于数据信息的交互，即更侧重于计算机内部进程之间的通信。数据通信是计算机通信中的通信子网，它实现通信协议中的下三层功能，主要完成两个数据终端之间的通信传输任务。

数据通信具有许多新的思想和概念，是一种新的通信技术，完全不同于电话通信。数据通信简单地说是计算机应用开发的产物。计算机得到普遍使用后，由于单个计算机在应



用方面不能充分地发挥其潜力，因此人们自然地想到把计算机用通信线路连接起来进行远程通信，实现资源共享，这样数据通信就出现了。

数字通信一般而言并不针对某种用户业务，故不会涉及用户终端。但数据通信却是针对数据业务的，它既可以在模拟通信系统上通过调制技术传输数据，也可以在数字通信系统上传输数据。简言之，无线数据通信既可以使用模拟信道，也可以使用数字信道。

由“0”和“1”组成的数字码流是数字通信中的电信号，既可以表示成数据信息，也可以代表语音和图像信息等，这些码流对应于模拟通信中模拟信号数字化后的信号。

## 1.2.2 无线数据通信的工作方式

与有线数据通信一样，无线数据通信的工作方式可分为单工通信、半双工通信及全双工通信。

### 1. 单工通信方式

单工通信是指数据消息只能单方向进行传输的一种通信工作方式，如图 1-7(a)所示，发送端只管发送，接收端只管接收。

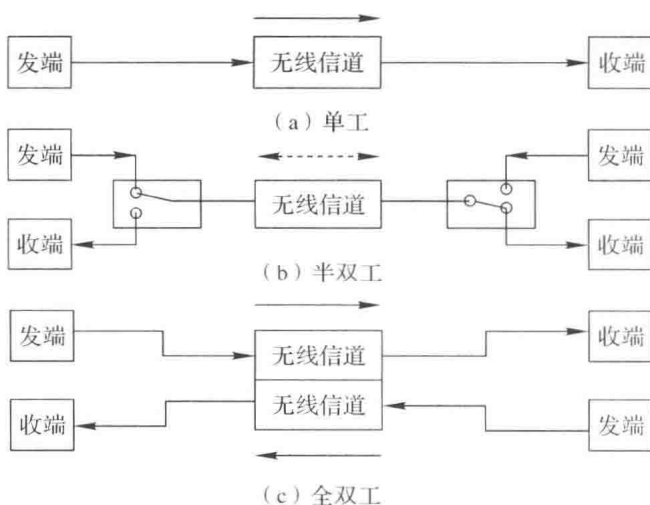


图 1-7 无线数据通信的工作方式示意图

### 2. 半双工通信方式

半双工通信是指通信双方使用同一个信道进行通信的工作方式。通信双方既作为输入端又作为输出端，虽然可以在两个方向上传送数据，但通信双方不能同时收发数据，如图 1-7(b)所示。采用这种工作方式，通信系统中每一端的发送器和接收器通过收/发开关接到通信线路上，因电子开关的切换由软件控制，所以会产生时间延迟。

由于大多数串行接口和终端都为半双工工作方式提供了换向功能，也为全双工模式提供了两条独立的引脚，所以在实际使用时，一般并不需要通信双方同时既发送又接收，像打印机这类的单向传送设备，半双工就能胜任，无须采用全双工方式。

### 3. 全双工通信方式

全双工通信是指通信双方可同时进行双向传输的工作方式，如图 1-7(c)所示。

数据的发送和接收分流，分别用不同的信道传输，例如采用频分复用或时分复用技术，