

网络与现代通信技术丛书

网络

与

无线通信

技术

● 邹涛 编著



人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS

网络与现代通信技术丛书

网络与无线通信技术

邹 涛 编著

人 民 邮 电 出 版 社

图书在版编目 (CIP) 数据

网络与无线通信技术 / 邹涛编著. —北京: 人民邮电出版社, 2004.1
ISBN 7-115-10837-4

I. 网... II. 邹... III. ①因特网②无线电通信 IV. ①TP393.4②TN92

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2003) 第 118579 号

内 容 提 要

本书全面地介绍了目前因特网及无线通信中的基本知识以及两者相互结合而产生的各种新技术。本书主要从计算机网络的系统组成、协议堆栈、组网、应用等方面对各种较新的网络及无线通信技术逐一做了详细介绍, 并结合市场及产品对其将来的技术走势做出了分析。

本书中介绍的内容包括: 移动通信技术、我国的公用无线数据网 (CHINAMDN)、移动计算、无线接入技术、无线局域网技术、手机上网——WAP 技术、CTI 技术、即时通信技术、短距离无线通信的蓝牙技术等。

本书适合于从事通信及计算机网络工程设计的广大科技人员借鉴与参考, 同时也可作为大学院校师生自学、教学参考书和社会相关领域的培训教材。

网络与现代通信技术丛书

网络与无线通信技术

-
- ◆ 编 著 邹 涛
责任编辑 杨 凌
 - ◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市崇文区夕照寺街 14 号
邮编 100061 电子函件 315@ptpress.com.cn
网址 <http://www.ptpress.com.cn>
读者热线 010-67129258
北京汉魂图文设计有限公司制作
北京朝阳展望印刷厂印刷
新华书店总店北京发行所经销
 - ◆ 开本: 787×1092 1/16
印张: 18
字数: 434 千字 2004 年 1 月第 1 版
印数: 1-4 000 册 2004 年 1 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-115-10837-4/TN · 1970

定价: 29.00 元

本书如有印装质量问题, 请与本社联系 电话: (010) 67129223

前 言

自 20 世纪 90 年代中期以来, 因特网的飞速发展对信息产业产生了巨大而深远的影响。目前人们通过因特网来获取信息, 更多的是通过有线方式。它的好处是获取信息的速度快且信息量丰富。从有线互联进入国内至今短短几年间, 用户规模已经相当可观, 而且仍然呈几何级数增长, 有线互联发展如火如荼。但与此同时, 一个不容回避的事实是, 有线网络的先天缺陷也显露出来: 一根难于摆脱的电线, 使用户经常受到使用环境的制约。

以无线互联为核心的信息服务方式被众多国内外厂商提上议事日程。其中包括网络公司, 还有网络运营商和移动设备供应商。摆脱电线的束缚, 将给消费者带来极大的方便。无线空间无限自由, 通过无线方式在因特网上进行信息交流, 几乎可以类比电话从固定电话发展到移动电话带来的巨大商业机会。更重要的是, 中国是全世界寻呼机的第一大拥有国, 手机拥有量也居世界前列, 这样大的无线信息交互市场为无线互联提供了无限的市场可能和空间。

无线技术和产品可以允许人们通过个人数字助理 (PDA, Personal Digital Assistant)、移动电话等访问因特网或收发电子邮件。而新的硬件产品, 从无线 Modem 到时髦的手机, 都能使人们在任何地方访问到关键的信息。信息提供商, 包括 Microsoft、Yahoo 等公司为这些无线设备提供了新格式的内容, 这样无论用户身在何处, 都可以得到股票报价、天气预报和其他信息服务, 同时还可以收发电子邮件, 甚至上网冲浪。

本书将以网络及无线通信技术为主线, 从计算机网络的体系结构、系统组成、技术应用、产品及市场等多方面对网络, 尤其是计算机网络和移动通信网络相结合的技术, 如: 公用无线数据网 (CHINAMDN)、移动计算、无线接入、无线局域网、WAP、CTI、即时通信、蓝牙等技术做出全面而详尽的分析, 以使读者在建立起有关的基本概念的同时又能把握住网络与无线通信技术发展的最新趋势。

本书共分为七章, 其中, 第一章为概论; 第二章为无线通信、移动通信与因特网, 主要介绍了集群通信、蜂窝移动通信及无线计算机通信的发展等无线通信方面的基础知识; 第三章为无线接入技术, 介绍了无线接入的基本知识及几种宽带无线接入技术; 第四章为无线局域网 WLAN, 介绍了无线局域网的组成、协议、标准及扩频技术; 第五章为 WAP 技术, 主要介绍 WAP 模型、WAP、WAP 网关及应用; 第六章为无线寻呼、电话与因特网, 主要介绍了无线寻呼技术、即时通信技术及计算机与电话集成 (CTI); 第七章为蓝牙技术, 重点介绍蓝牙系统的结构、协议堆栈及产品。

由于作者水平有限且时间仓促, 书中难免出现错漏之处, 恳请读者批评指正。

目 录

第一章 概论	1
第二章 无线通信、移动通信与因特网	3
2.1 无线通信系统概述	3
2.1.1 无线电频率划分及电波传播方式	3
2.1.2 无线通信系统的分类	9
2.2 移动集群通信	20
2.2.1 概述	20
2.2.2 集群通信系统的组成	22
2.2.3 集群通信系统功能	26
2.2.4 集群通信系统的网络结构	28
2.3 蜂窝移动通信	29
2.3.1 第一代和第二代移动通信系统	29
2.3.2 第三代和第四代移动通信系统	33
2.3.3 我国的 5 种移动电话网	39
2.4 我国的公用无线数据网 (CHINAMDN)	39
2.4.1 无线移动数据通信概述	39
2.4.2 我国的公用无线数据网 (CHINAMDN)	41
2.5 无线通信的发展趋势	43
2.6 无线计算机通信的发展及移动计算网	50
2.6.1 大型机联网	50
2.6.2 微型机联网	51
2.6.3 移动计算网与移动 IP	52
第三章 无线接入技术	67
3.1 无线接入的分类	67
3.1.1 移动无线接入	67
3.1.2 固定无线接入	72
3.2 无线接入系统结构	78
3.2.1 无线接入技术的特点	78

3.2.2	无线接入系统的结构组成及功能	78
3.2.3	无线接入系统的接口	79
3.3	无线接入工程的设计	82
3.3.1	无线电频段的工程预算	83
3.3.2	路径分析	84
3.3.3	无线覆盖区域	86
3.3.4	用户段工程	86
3.4	无线接入的应用	86
3.4.1	在电话网中的应用	86
3.4.2	在移动通信中的应用	95
3.4.3	其他应用	100
3.5	宽带无线接入	103
3.5.1	LMDS 与固定 3.5GHz 无线接入	104
3.5.2	无线 ATM	112
3.5.3	宽带无线接入面临的问题	117
第四章	无线局域网	119
4.1	无线局域网的组成及特点	119
4.1.1	无线局域网的概念	119
4.1.2	无线局域网的组成	120
4.1.3	无线局域网的特点	120
4.2	无线局域网的协议体系	124
4.2.1	概述	124
4.2.2	物理层	124
4.2.3	MAC 层	125
4.3	几种无线局域网技术和标准介绍	131
4.3.1	802.11 系列	132
4.3.2	HiperLAN	134
4.3.3	HomeRF 的 SWAP	136
4.3.4	蓝牙 (Bluetooth)	137
4.3.5	几种标准的比较分析	138
4.4	无线局域网中的扩频技术	139
4.4.1	概述	139
4.4.2	直接序列扩频	140
4.4.3	跳频	147
4.4.4	性能比较	152
4.4.5	混合扩频系统	154
4.5	无线局域网应用方案	155

4.5.1	无线局域网的组建及应注意的问题	155
4.5.2	WLAN 的优点	158
4.6	无线局域网的安全性	159
4.6.1	WEP 加密机制	159
4.6.2	自定义防火墙	160
4.6.3	未来的解决方案——IEEE 802.1x	160
4.7	无线局域网的应用领域及发展	161
4.7.1	无线局域网的应用领域	161
4.7.2	3ComWLAN 的典型应用	161
第五章	WAP 技术	164
5.1	WAP 概述	164
5.1.1	WAP 的概念	164
5.1.2	WAP 的由来及设计特点	166
5.1.3	WAP 业务现状	168
5.1.4	标准化参考	170
5.2	WAP 模型	171
5.2.1	WAP 应用结构模型	171
5.2.2	WAP 模型与 WWW 模型的比较	172
5.2.3	已通过的 WAP 标准	174
5.3	WAP	175
5.3.1	WAP 与 Internet 标准的关系	175
5.3.2	WAP 的构架	175
5.3.3	典型应用配置	181
5.4	WAP 网关	182
5.4.1	WAP 网关的结构与功能	182
5.4.2	WAP 服务器与移动网络 (MN) 的连接	184
5.4.3	WAP 网关服务器的深层次应用	187
5.4.4	WAP 网关的选择	188
5.5	WAP 的安全性	189
5.5.1	存在于 WAP 网关处的危险	189
5.5.2	TLS 与 WTLS	193
5.5.3	无线安全的未来	195
5.6	WAP 的前景	196
5.6.1	局限性	196
5.6.2	发展前景	197
第六章	无线寻呼、电话与因特网	198

6.1	无线寻呼与因特网	198
6.1.1	传统的无线寻呼	198
6.1.2	新兴的无线寻呼技术	205
6.2	因特网与即时通信技术	217
6.2.1	ICQ 与即时信息传递技术	217
6.2.2	即时信息传递技术及产品	219
6.3	电话、计算机与因特网——CTI	219
6.3.1	概述	219
6.3.2	CTI 技术的发展	220
6.3.3	TAPI/TSAPI 和 ECTF 的标准框架	222
6.3.3	CTI 技术的应用	224
6.3.4	呼叫中心	227
第七章	蓝牙技术	233
7.1	蓝牙技术概述	233
7.1.1	产生及现状	233
7.1.2	特点及优势	236
7.1.3	无线频段的选择和抗干扰	238
7.2	蓝牙系统的结构及协议堆栈	239
7.2.1	网络结构	239
7.2.2	协议堆栈	244
7.2.3	蓝牙系统的功能单元	252
7.2.4	主要技术指标及相关参数	255
7.2.5	相关技术比较	255
7.3	蓝牙产品及应用	257
7.3.1	蓝牙产品及相关企业	258
7.3.2	蓝牙对蜂窝技术的影响	263
7.3.3	应用前景	264
7.4	蓝牙技术存在的问题及发展前景	266
7.4.1	存在的问题	266
7.4.2	技术前景	269
附录	缩略词表	271
参考文献		276

第一章 概 论

过去的 3 个世纪中，每个世纪都有一种推动社会进步的主流技术。18 世纪伴随着工业革命而来的是伟大的机械时代；19 世纪则是蒸汽机时代；而在 20 世纪，关键技术是信息收集、处理和发布。我们已经看到了世界范围电话网的安装、收音机和电视机的发明、计算机工业的诞生以及因特网的出现及其史无前例的迅速发展，通信卫星的发射，以及其他种种成就。

由于技术的飞跃发展，这些领域正在迅速地融合。信息收集、传输、存储和处理之间的差别在不断地消失。在广阔的地理位置上分布有数以万计的商业、办公和科研机构。工作人员可以期望只需要按一下按钮就能够了解最遥远地点的当前情况。在收集、处理和发布信息能力提高的同时，对更复杂的信息处理手段的需求增长得更快。

尽管网络技术和其他技术相比还很年轻，然而却在短短的时间里取得了惊人的进展（1998 年初我国因特网上网用户有 61 万户，到年底激增到 210 万户；据中国互联网络信息中心 CNNIC 统计，截至 2003 年 6 月 30 日，我国上网用户已经达到 6800 万）。

从 20 世纪后期开始，网络技术与无线通信技术不断渗透并结合，对信息技术的发展带来了及其深远的影响。

近 20 年来，随着无线通信技术的不断发展和社会需求的日益增长，包括移动电话、无线寻呼、卫星通信等在内的无线通信得到了越来越广泛的普及和应用，并展示出广阔的市场前景。

从全球范围来看，无线通信用户的年增量和增速都在持续大幅度增长，无线通信已经进入规模化发展的阶段。如今，快速发展的无线通信已成为信息产业中最为耀眼的“亮点”，并成为推动社会经济发展的强劲动力。具体体现在以下几个方面：

（1）移动电话用户数量大幅攀升，移动通信市场空前活跃

最近两年，全球移动电话用户的年增长数量已超过固定电话；未来 10 年内，移动电话用户的总量将超过固定电话用户。

蜂窝移动通信自 20 世纪 80 年代大规模投入应用以来，大大改变了人类的通信和生活方式。经过多年的发展，全球蜂窝移动电话市场呈现出日趋繁荣的局面。尤其近几年来，全球移动电话用户数量更呈现出前所未有的、高速增长的气势。据统计，1996 年底，全球移动电话用户不到 1.5 亿，且大多集中在发达国家；1998 年底已猛增到 2.83 亿，用户数量增长了近一倍；而到 2002 年年底，全球移动电话用户已突破 10 亿户。目前，全球移动电话用户正以每天上百万户的速度“爆炸式”增长。

（2）卫星、无线接入等业务持续发展

① 卫星通信快速发展

在卫星通信领域,从最初的专用系统发展到目前的卫星移动个人通信。卫星通信由于其一系列独特作用,已成为未来个人化通信不可缺少的重要组成部分。

据统计,自20世纪60年代以来,全球已发射了约300颗对地静止轨道(GEO)卫星。80年代后期,各种具有全球覆盖功能、以实现全球个人通信为目的的卫星移动通信系统设计方案纷纷出台。最具代表性的是以国际移动通信卫星ICO系统为代表的中轨道(MEO)卫星系统和以铱系统、全球星系统为代表的低轨道(LEO)卫星系统。近几年来,铱系统和全球星系统相继投入商业运营。目前,在卫星通信领域,已呈现出高、中、低轨道(GEO/MEO/LEO)卫星系统竞相争辉的景象,卫星通信发展日趋活跃,未来市场前景看好。预计到2004年,L、S、C、Ku、Ka、V(Q/W)频段的GEO/MEO/LEO卫星总数将达2000颗左右。而随着第三代移动通信的不断发展,卫星通信在宽带通信领域将发挥更大的作用。

② 无线接入、集群通信应用前景广阔

作为一种快速、经济的解决方案,无线接入成为当前接入网发展的主要趋势之一。而无线本地环路作为一种新型的无线接入系统,是解决通信服务于大众、为农村地区提供电信业务的重要手段。我国幅员辽阔,农村电话普及率不高,因此无线本地环路应用前景十分广阔。而随着包括中、宽带无线接入在内的无线接入技术的不断发展,无线接入的应用前景将更为广阔。

自20世纪80年代以来,集群通信得到了日益广泛的应用。据有关资料显示,目前,我国数字集群通信的潜在市场需要800~900万部移动台,14~15万个信道,市场价值达500亿元。到2005年,全国将需要135万部移动台、23500个信道。

随着通信网络数字化和计算机处理连续事件能力的迅速发展,近几年以来,通信技术和计算机技术的相互渗透的进程明显加快,它已远远超出传统意义上通信网采用计算机技术进行处理和控制的范围,进而出现了通信网和计算机网的相互集成。这种集成不但体现在技术方面,而且在业务上也已经广泛出现,这种进展已经成为通信发展的一大热点。虽然因特网的出现在一定程度上使人们克服了彼此间交流的距离和障碍,使世界各地的人们能够进行互相沟通和交流。但在这样的信息时代,人们越来越渴望随时随地能上网。无线通信技术与Internet的结合便由此形成,其结果便是导致无线因特网的诞生。

利用移动终端上网已成为人们关注的焦点。而专门针对这一应用提出的WAP(无线应用协议)技术,则引起了全球的注目。利用这一技术,用户可以使用便携式移动终端接入因特网,享受航班查询等专门的信息服务。目前,许多知名设备制造商和应用开发商已推出多种基于WAP的系统和应用,许多大运营公司关于WAP无线数据业务的商用化试验正在积极进行之中。

美国著名的因特网研究公司eMarketer在其公布的“无线因特网报告”中提到,今后几年内,亚洲与北美两个地区的无线因特网将得到极大的普及,用户人数将成倍增加。Ovum Research公司则估计到2005年年底移动因特网的用户人数将增长到4.84亿。国际数据公司(IDC, International Data Corporation)对移动因特网发展的前景相当乐观,估计美国、西欧、亚太和日本等地区的移动因特网用户人数到2003年就会从1999年的500万达到3.29亿以上。虽然目前由于网络带宽的限制以及技术上的原因,无线因特网还存在这样或那样的问题,但其总的发展趋势却是无法阻挡的。

第二章 无线通信、移动通信与因特网

2.1 无线通信系统概述

无线通信的发展已有 100 多年的历史，在这一过程中产生了不少新的学科。与此同时，无线通信又在不断地与其他学科进行综合，从而不断地涌现出一系列的通信方式，使得无线通信在不断适应社会需求的同时，自身也得到不断的发展。

由于无线电频谱是最宝贵的有限资源，而且人们掌握技术有一个发展过程，因而从历史上看，人们总是从低频段向高频段方向进行开发利用，并努力提高频谱利用率。又因为无线电各频段传播的特点，因此开发出来的通信系统很自然地是丰富多彩、各式各样的。

从技术发展的角度来看，近百年来已开发出不少新技术、新装备，但有一条规律是，直至今日没有哪一种技术被完全否定掉，而是各得其所地发展。关键问题是如何应用得当而已。通信是人与人交流的重要手段，从电信角度来看，无非是将信息转化为电磁波进行传输的一种手段。因而这种传输离不开由交换、传输（有线、无线）与终端所组成的通信网来进行。而无线通信主要作为传输手段时，总是离不开与有线传输系统互相配合，两者总是相辅相成的发展。

从无线通信发展全过程来看，不难看出，每一种传输系统总有一个发展过程和其鼎盛时期。无线通信的发展大致说来可以分为三个重要阶段：20 世纪 20~30 年代的短波通信，50~70 年代的微波接力通信（含卫星通信），80 年代到现在的蜂窝移动通信。

从无线通信方式的发展来看，由点到点通信发展到干线传输方式，以至将交换、无线传输、用户终端综合在一起组成的系统以“网”的概念来进行传输的通信方式。而承载的电信业务，则是由电话传输的语音发展到数据的传输，以至图像的传输。

2.1.1 无线电频率划分及电波传播方式

1. 无线电频率的分配

在介绍无线通信系统的组成和性能指标之前，首先介绍一下无线电频率的定义、分配以及主要用途。无线电是指频率为 $10^4 \sim 3 \times 10^{12}$ Hz 的电磁波。

(1) 无线电频段的定义、分配以及主要用途

	频 率	频 段	波 长	传播特性	主 要 用 途
甚低频 (VLF)	3~30kHz	超长波	1~100km	空间波为主	海岸潜艇通信、远距离通信、超远距离导航

续表

	频 率	频 段	波 长	传播特性	主 要 用 途
低频 (LF)	30~300kHz	长波	1~10km	地波为主	越洋通信、中距离通信、地下岩层通信、远距离导航
中频 (MF)	300~3000kHz	中波	100~1000m	天波与地波	船用通信、业余无线电通信、移动通信、中距离导航
高频 (HF)	3~30MHz	短波	10~100m	天波与地波	远距离短波通信、国际定点通信
甚高频 (VHF)	30~300MHz	米波	1~10m	空间波	电离层散射 (30~60MHz)、流星余迹通信、人造电离层通信 (30~144MHz)、对空间飞行体通信、移动通信
超高频 (UHF)	300~3000MHz	分米波	0.1~1m	空间波	小容量微波中继通信 (352~420MHz)、对流层散射通信 (700~10000MHz)、中容量微波接力通信 (1700~2400MHz)
特高频 (SHF)	3~30GHz	厘米波	0.01~0.1m	空间波	大容量微波中继通信 (3600 ~ 4200MHz)、大容量微波中继通信 (5850~8500MHz)、数字通信、卫星通信、国际海事卫星通信 (1500 ~ 1600MHz)
极高频 (EHF)	30~300GHz	毫米波	0.001~0.01m	空间波	再入大气层时的通信、波导通信

无线电广播、无线电视广播以及其他各种无线通信系统都是在这个频率范围内进行通信。其中还有部分频段特意划分出来留给业余无线电爱好者使用。但它们所占用的频率范围都有所限定，而不可能是任意使用某个频率。其频段的具体分配如下：

(2) 无线电广播频段的划分

名 称	简 称	频 率
长波	SW	150~200kHz
中波	MW	535~1605kHz
短波 120m	SW 120m	2300~2490kHz
短波 90m	SW 90m	3200~3400kHz
短波 75m	SW 75m	3900~4000kHz
短波 60m	SW 60m	4750~5060kHz
短波 49m	SW 49m	5950~6200kHz
短波 41m	SW 41m	7100~7300kHz
短波 31m	SW 31m	9500~9775kHz
短波 25m	SW 25m	11700~11975kHz
短波 19m	SW 19m	15100~15450kHz
短波 16m	SW 16m	17700~17900kHz
短波 13m	SW 13m	21450~21750kHz
短波 11m	SW 11m	25600~26100kHz
调频广播	FM	87~108MHz

(3) 电视广播频率划分

电视广播频率分为无线电视广播和有线电视广播，其占用的频率范围为：

VHF-I 频段		VHF-II 频段	VHF-III 频段	
信道 1	48.5~56.5MHz	FM 87~108MHz	信道 6	167~175MHz
信道 2	56.5~64.5MHz		信道 7	175~183MHz
信道 3	64.5~72.5MHz		信道 8	183~191MHz
信道 4	76~84MHz		信道 9	191~199MHz
信道 5	84~92MHz		信道 10	199~207MHz
			信道 11	207~215MHz
			信道 12	215~223MHz

(4) 固定通信业务频段的划分

频段号	频 率	频段号	频 率	频段号	频 率
1	14~200kHz	13	9.04~9.50MHz	25	23.35~25.07MHz
2	1605~2065kHz	14	9.775~9.995MHz	26	25.11~25.60MHz
3	2107~2170kHz	15	10.100~11.175MHz	27	26.1~28.0MHz
4	2190~2850kHz	16	11.4~11.7MHz	28	29.7~50MHz
5	3155~3400kHz	17	11.975~12.330MHz	29	54~74.6MHz
6	3500~3900kHz	18	13.36~14.00MHz	30	132~144MHz
7	3950~4063kHz	19	14.35~14.99MHz	31	148~216MHz
8	4438~4650kHz	20	15.45~16.46MHz	32	225~328.6MHz
9	4750~5480kHz	21	17.36~17.70MHz	33	335.4~400MHz
10	5730~5950kHz	22	18.03~21.00MHz	34	406~420MHz
11	6765~7000kHz	23	21.75~21.85MHz	35	450~470MHz
12	7.3~8.195MHz	24	22.72~23.20MHz	36	

(5) 民用通信频率划分

信 道 号	A 频段 (kHz)	B 频段 (kHz)	C 频段 (kHz)	D 频段 (kHz)	E 频段 (kHz)	F 频段 (kHz)
01	25615	26065	26515	26965	27415	27865
02	25625	26075	26525	26975	27425	27875
03	25635	26085	26535	26985	27435	27885
04	25655	26105	26555	27005	27455	27905
05	25665	26115	26565	27015	27465	27915
06	25675	26125	26575	27025	27475	27925
07	25685	26135	26585	27035	27485	27935
08	25705	26155	26605	27055	27505	27955
09	25715	26165	26615	27065	27515	27965
10	25725	26175	26625	27075	27525	27975
11	25735	26185	26635	27085	27535	27985
12	25755	26205	26655	27105	27555	28005
13	25765	26215	26665	27115	27565	28015
14	25775	26225	26675	27125	27575	28025
15	25785	26235	26685	27135	27585	28035
16	25805	26255	26705	27155	27605	28055

续表

信道号	A 频段 (kHz)	B 频段 (kHz)	C 频段 (kHz)	D 频段 (kHz)	E 频段 (kHz)	F 频段 (kHz)
17	25815	26265	26715	27165	27615	28065
18	25835	26275	26725	27175	27625	28075
19	25835	26285	26735	27185	27635	28085
20	25855	26305	26755	27205	27655	28105
21	25865	26315	26765	27215	27665	28115
22	25875	26325	26775	27225	27675	28125
23	25905	26355	26805	27255	27705	28155
24	25885	26335	26785	27235	27685	28135
25	25895	26345	26795	27245	27695	28145
26	25915	26365	26815	27265	27715	28165
27	25935	26375	26825	27275	27725	28175
28	25935	26385	26835	27285	27735	28185
29	25945	26395	26845	27295	27745	28195
30	25955	26405	26855	27305	27755	28205
31	25965	26415	26865	27315	27765	28215
32	25975	26425	26875	27325	27775	28225
33	25985	26435	26885	27335	27785	28235
34	25995	26445	26895	27345	27795	28245
35	26005	26455	26905	27355	27805	28255
36	26015	26465	26915	27365	27815	28265
37	26025	26475	26925	27375	27825	28275
38	26035	26485	26935	27385	27835	28285
39	26045	26495	26945	27395	27845	28295
40	26055	26505	26955	27405	27855	28305

(6) 无绳电话使用频率划分

表一:

组 数	座机发射频率 (MHz)	手机发射频率 (MHz)
1	48.000	74.000
2	48.025	74.025
3	48.050	74.050
4	48.075	74.075
5	48.100	74.100
6	48.125	74.125
7	48.150	74.150
8	48.175	74.175
9	48.200	74.200
10	48.225	74.225
11	48.250	74.250
12	48.275	74.275
13	48.300	74.300
14	48.325	74.325

续表

组 数	座机发射频率 (MHz)	手机发射频率 (MHz)
15	48.350	74.350
16	1.665	48.375
17	1.690	48.400
18	1.715	48.425
19	1.690	48.450
20	1.740	48.475

表二:

组 数	座机发射频率 (MHz)	手机发射频率 (MHz)
1	45.000	48.000
2	45.025	48.025
3	45.050	48.050
4	45.075	48.075
5	45.100	48.100
6	45.125	48.125
7	45.150	48.150
8	45.175	48.175
9	45.200	48.200
10	45.225	48.225

其中,表一为我国无线电管理委员会 1985 年制定,表二为 1992 年制定。规定无绳电话频道间隔为 25kHz,座机发射功率不得超过 50mW,手机发射功率不得超过 20mW。

(7) 玩具无线电遥控及通信频率

通信设备	带宽 (kHz)	发射功率 (mW)	频率 (MHz)	遥控设备	带宽 (kHz)	发射功率 (W)	频率 (MHz)
1	<12	≤100	26.965	1	≤8	≤1	26.975
2	<12	≤100	26.985	2	≤8	≤1	26.995
3	<12	≤100	27.005	3	≤8	≤1	27.015
4	<12	≤100	27.025	4	≤8	≤1	27.045
5	<12	≤100	27.055	5	≤8	≤1	27.065
6	<12	≤100	27.075	6	≤8	≤1	27.095
7	<12	≤100	27.105	7	≤8	≤1	27.115
8	<12	≤100	27.125	8	≤8	≤1	27.145
9	<12	≤100	27.165	9	≤8	≤1	27.195
10	<12	≤100	27.185	10	≤8	≤1	27.255

(8) 业余无线电频率的划分

编 号	第一区 (MHz)	第二区 (MHz)	第三区 (MHz)	中国 (MHz)
1	1.810~1.850	1.800~1.850	1.800~2.000	1.800~2.000, 共用
		1.850~2.000		
2	3.500~3.800	3.500~3.750	3.500~3.900	3.500~3.900, 共用
		3.750~4.000		

续表

编 号	第一区 (MHz)	第二区 (MHz)	第三区 (MHz)	中国 (MHz)
3	7.000~7.100	7.000~7.100	7.000~7.100	7.000~7.100, 专用
	7.100~7.300	7.100~7.300	7.100~7.300	X
4	10.100~10.150	10.100~10.150	10.100~10.150	10.100~10.150, 次要
5	14.000~14.250	14.000~14.250	14.000~14.250	14.000~14.250, 专用
6	14.250~14.350	14.250~14.350	14.250~14.350	14.250~14.350, 共用
7	18.068~18.168	18.068~18.168	18.068~18.168	18.068~18.168, 共用
8	21.000~21.450	21.000~21.450	21.000~21.450	21.000~21.450, 专用
9	24.890~24.990	24.890~24.990	24.890~24.990	24.890~24.990, 共用
10	26.000~29.700	26.000~29.700	26.000~29.700	26.000~29.700, 共用
11		50.00~54.00	50.00~54.00	50.00~54.00, 次要
12	144.0~146.0	144.0~146.0	144.0~146.0	144.0~146.0, 专用
13		146.0~148.0	146.0~148.0	146.0~148.0, 共用
14		220.0~225.0		X
15	430.0~440.0	430.0~440.0	430.0~440.0	430.0~440.0, 次要

其中,“专用”指“业余业务专用”,“共用”指业余业务与其他业务共同使用,“次要”指业余业务为次要业务与其他业务共用的频段。其中 2~9 和 12 可用于自然灾害通信;160~162MHz 为气象频段。

我国国家无线电管理委员会根据国际电联频率划分的有关规则,参照目前国际上通用技术标准,结合我国频谱使用的实际状况,对 2000MHz 频段地面无线电业务使用的频率进行了重新规划:

① 蜂窝移动通信(一)

工作频段:1710~1755MHz 和 1805~1850MHz

② 蜂窝移动通信(二)

工作频段:1865~1880MHz 和 1945~1960MHz

上述两种业务频段作为公众蜂窝移动通信频段,由国家无线电管理委员会根据公众蜂窝移动通信运营单位的申请和实际需求进行分配或指配。

③ 无线接入(频分双工 FDD 方式)

工作频段:1800~1990MHz 和 1960~1980MHz

上述频率用于公众通信网,由国家无线电管理委员会根据公众通信运营单位的申请和实际需求进行分配或指配。

④ 无线接入(时分双工 TDD 方式)

工作频段:1900~1920MHz

频率指配及台站(网)审批管理权限按微波接力通信台站管理办法执行。

⑤ 扩频数据通信

工作频段:2400~2483.5MHz

台站(网)审批管理权限按微波接力通信台站管理办法执行。

⑥ 多路微波有线电视电视传输系统(MMDS)

工作频段：2533~2599MHz

⑦ 无线电定位

工作频段：2300~2690MHz

⑧ 微波接力通信

工作频段：2300~2690MHz

⑨ 工业、科学、医疗设备无线电磁波辐射频段：2400~2500MHz

2. 无线电波的传播方式

无线电波以光速 ($c = 3 \times 10^8 \text{m/s}$) 离开发射天线, 然后经过不同的传播路径到达接收点。人们根据这些各具特点的传播方式, 把无线电波归纳为 4 种主要类型。

(1) 地波: 沿地球表面传播的无线电波。

(2) 天波: 即电离层波。地球大气层的高层存在着电离层。无线电波进入电离层时其方向会发生改变, 出现折射。因为电离层折射效应的积累, 电波的入射方向会连续改变, 最终会“拐”回地面, 电离层如同一面镜子会反射无线电波。我们把这种经电离层反射而折回地面的无线电波称为天波。

(3) 空间波: 由发射天线直接到达接收点的电波, 被称为直射波。有一部分电波是通过地面或其他障碍物反射到达接收点的, 被称为反射波。直射波和反射波合称为空间波。

(4) 散射波: 当大气层或电离层出现不均匀团块时, 无线电波有可能被这些不均匀媒质向四面八方反射, 使一部分能量到达接收点, 这就是散射波。

短波通信采用得最多的是天波传播的方式; 空间波和散射波的运用多见于超高频通信, 而地波传播一般只用于低频段和近距离通信。

2.1.2 无线通信系统的分类

1. 短波通信

无线电短波是指波长在 100m 以下、10m 以上的电磁波, 其频率为 3~30MHz。在这个无线电频段, 电波可以通过高层大气的电离层进行折射或反射而回到地面达到远距离通信, 当电波被地面再次反射而由天空二次返回时, 传送距离更远, 电波经过多次反射可以实现全球通信。

短波通信可以传送电报、电话、传真、低速数据和语音广播等多种信息。在卫星通信出现以前, 无线电短波通信在国际通信、防汛救灾、海难救援以及军事通信等方面发挥了独特的重要作用。

短波通信系统是由发信机、收信机、天线系统以及各种终端设备组成。由于远距离通信或广播需要强大的发射功率, 收信系统又远离干扰源, 因此一般情况下收发信台最好设在郊区, 对于台站较多的大城市还需要规划设置发信区和收信区, 以免强大的发射功率使灵敏度极高的收信机无法工作。收发信天线的前方应有数百米的净空区, 不能有高大树木或建筑物, 以免对电波造成阻挡; 也不能有造成干扰的高压电线或电气铁道, 这些都要在城市规划中予以注意。

短波通信的质量随时都受电离层特性的影响, 距地面约 100km 以上的高空大气十分稀薄, 受太阳或宇宙线的辐射后, 气体分子产生电离, 形成电离层。电离层的高度和电子浓度在白天和晚上, 冬天和夏天各有不同, 对短波的传播产生不同影响。一般说来, 白天需要用