

GEREN TONGXIN JISHU

个人通信技术

刘 严 杨友林 丁 硕 胡 斌 魏洪峰 石 磊 编著

010101010101010101

01010101010

010101010101010101

0101

010101010101010101

01010101

01010101

01010101010101



東北大學出版社
Northeastern University Press

013234351

TN92
203

个人通信技术

刘 严 杨友林 丁 硕 编著
胡 斌 魏洪峰 石 磊



东北大学出版社
· 沈 阳 ·



北航

C1641614

TN92
203

© 刘 严 等 2013

图书在版编目 (CIP) 数据

个人通信技术 / 刘严等编著. —沈阳: 东北大学出版社, 2013. 3
ISBN 978-7-5517-0301-7

I. ①个… II. ①刘… III. ①无线个人通信 IV. ①TN92

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 044030 号

出 版 者: 东北大学出版社

地址: 沈阳市和平区文化路 3 号巷 11 号

邮编: 110004

电话: 024-83687331(市场部) 83680267(社务室)

传真: 024-83680180(市场部) 83680265(社务室)

E-mail: neuph@neupress.com

http: //www. neupress. com

印 刷 者: 沈阳市第二市政建设工程公司印刷厂

发 行 者: 东北大学出版社

幅面尺寸: 170mm × 240mm

印 张: 12.5

字 数: 301 千字

出版时间: 2013 年 3 月第 1 版

印刷时间: 2013 年 3 月第 1 次印刷

责任编辑: 郎 坤

封面设计: 刘江旸

责任校对: 一 方

责任出版: 唐敏志

ISBN 978-7-5517-0301-7

定 价: 28.00 元

前 言

近几年来, 个人通信已成为国内外电信界的热门话题。“个人通信”这个短语很简单, 但却有很多不同的理解和解释。我国一些专家总结为五个“W”——“任何人(Whoever)在任何地方(Wherever)、任何时间(Whenever)可以同任何人(Whomever)进行任何形式(Whatever)的通信”。这是一种理想的情况, 而现在一些发达国家竞相按照各自的认识和本身的优势开发个人通信。欧洲开发的个人通信网(PCN), 美国开发的个人通信业务(PCS)以及国际电联(ITU)正在研究的通用个人通信(UPT)都是为了实现个人通信。ITU-R 过去研究的未来公用陆地移动通信系统(FPLMTS)和最近修改的 IMT2000 也可以认为其实质是世界性的个人通信。以上各项通信模式中除 UPT 外都以无线移动通信作为必要条件, 这也是目前大多数人所理解的个人通信。

个人通信发展的前提: 大容量、全覆盖、移动性、智能化、低费用。

20 世纪 80 年代, 几项技术革命使 PCS 成为可能。这主要表现在以下几个方面:

- ① 低功耗、超大规模集成电路(VLSI)的发展;
- ② 工作在 1~10GHz 频段固态 RF 电路的发展;
- ③ 可充电电池在体积和容量方面的不断改善;
- ④ 扩频通信技术的发展;
- ⑤ 电话网向数据网的转化, 即通信网络智能化的发展。

另外, 经济上的因素也向 PCS 提出了以下几点需求:

- ① 办公室外工作的需要;
- ② 个人移动性的需求;

- ③ FAX, PC, E-mail, 集中的数据库的增加;
- ④ 在竞争中, 商业的时间线的重要性;
- ⑤ 移动通信的费用降低。

本书的主要内容包括: 个人通信概述, 多址接入技术, 无线通信信道, 抗衰落技术, 数字调制技术, 蜂窝组网技术, 蜂窝和 PCS 通信网, 无线系统中的安全和加密, PCS 和蜂窝系统的网络管理, GSM 蜂窝和 PCS 系统, CDMA 蜂窝和 PCS 系统。

编著者

2012 年 12 月

目 录

第 1 章 个人通信概述	1
1.1 个人通信的基本概念	1
1.2 无线个人通信的主要系统	3
1.2.1 低功率系统	3
1.2.2 数字蜂窝系统(DCS)	4
1.2.3 移动卫星系统	4
1.2.4 无线 LAN/WAN	5
1.2.5 无线用户环路	5
1.2.6 专用移动无线电和寻呼系统	6
1.3 无线个人通信的工作频段	6
1.3.1 WARC-92 的决定	6
1.3.2 FCC 的 PCS 频段规划	8
1.3.3 现有系统标准的工作频段	9
1.4 无线通信的历史背景	9
1.5 无线通信的标准	10
1.6 蜂窝通信的概念	14
1.6.1 第一代蜂窝系统	15
1.6.2 第二代蜂窝系统技术	15
1.7 无绳电话(Cordless Phones)和电信点(Telepoint)系统	17
1.8 基于第二代的 PCS 系统	17
1.9 第三代系统	18
1.10 2G 向 3G 的演进	19
1.10.1 GSM 向 W-CDMA 的演进策略	19
1.10.2 IS-95 向 CDMA2000 的演进策略	19
1.11 3G 无线技术标准	20
1.11.1 标准化组织成立	20

1.11.2	3G 提案	21
1.11.3	4G 阶段	21
1.12	三大主流技术标准的比较	21
1.13	未来移动通信发展趋势	23
1.13.1	各标准(3GPP 标准)	24
1.13.2	WiMAX 简介	24
第 2 章	多址接入技术	26
2.1	引 言	26
2.2	窄带信道化系统	26
2.2.1	模拟信道化系统	26
2.2.2	窄带数字信道化系统	27
2.3	谱效率	29
2.3.1	调制的谱效率	29
2.3.2	多址谱效率	30
2.4	宽带系统	31
2.5	FDMA, TDMA 和 DS-CDMA 的比较	32
2.6	DS-CDMA 系统的容量	33
第 3 章	无线通信信道	35
3.1	引 言	35
3.2	无线电波传播	35
3.3	无线电波的多径特性	36
3.3.1	短期衰落	38
3.3.2	衰落速率和衰落深度	39
3.3.3	电平通过率和平均衰落持续时间	40
3.3.4	长期衰落	41
3.3.5	时延扩展	41
3.3.6	相干带宽	42
3.3.7	符号间干扰	43
3.4	通信信道的容量	43
3.5	电波传播特性的测量与预测	44
3.6	室外宏蜂窝传播模型	45
3.6.1	Longley-Rice 模型	45

3.6.2	Durkin 模型	48
3.6.3	Okumura 模型	51
3.6.4	Hata 模型	56
3.6.5	LEE 模型	60
3.7	个人通信无线传播环境的分类	62
第 4 章	抗衰落技术	66
4.1	简 介	66
4.2	分集接收	66
4.3	分集技术的分类	66
4.4	显分集合成方法	68
4.5	多径信号的分离和合并	69
4.5.1	多径信号分离和合并的概念	69
4.5.2	RAKE 接收机	69
4.5.3	高通 RAKE 接收机	70
4.6	隐分集技术	72
4.6.1	交织编码技术	72
4.6.2	跳频技术	73
4.6.3	直接扩频技术	74
4.7	自适应均衡技术	74
第 5 章	数字调制技术	77
5.1	介 绍	77
5.2	基带信号	77
5.3	调制技术	82
5.3.1	振幅键控	82
5.3.2	频移键控	83
5.3.3	相移键控	84
5.3.4	正交幅度调制	91
5.4	调制问题	92
第 6 章	蜂窝组网技术	94
6.1	引 言	94
6.2	蜂窝系统	94

6.3	正六边形小区的地理分布	96
6.4	共道干扰比	98
6.5	全向天线小区最坏情况蜂窝系统设计	99
6.6	利用方向性天线来减小共道干扰	100
6.7	七小区再用模式中的方向性天线影响	100
6.7.1	三扇区情况	100
6.7.2	六扇区情况	100
6.8	小区分裂	101
6.9	注册(登记)	101
6.10	终端鉴权	101
6.11	切 换	101
6.12	话务量与业务等级	102
6.12.1	微小区话务量	102
6.12.2	业务等级	104
第7章	蜂窝和 PCS 通信网	106
7.1	引 言	106
7.2	PCS 参考模型	106
7.3	PCS 业务	108
7.3.1	基本业务	108
7.3.2	附加服务	108
7.4	PCS 的基本操作流程	109
7.4.1	PS 的一般操作	109
7.4.2	PCS 的基本服务	109
第8章	无线系统中的安全和加密	113
8.1	引 言	113
8.2	无线系统的加密性和安全性	113
8.2.1	加密性的定义	113
8.2.2	加密需求	114
8.2.3	防偷窃需求	114
8.2.4	无线系统需求	115
8.3	无线系统提供加密和安全的方法和过程	115
8.3.1	MIN/ESN 鉴权	116

8.3.2	共享加密数据鉴权	116
8.3.3	基于令牌的鉴权	117
第9章	PCS 和蜂窝系统的网络管理	119
9.1	简介	119
9.2	PCS 管理的目标	120
9.3	PCS 的管理要求	121
9.3.1	计费管理	121
9.3.2	配置管理	123
9.3.3	故障管理	124
9.3.4	性能管理	125
9.3.5	规划管理	125
9.3.6	安全管理	126
9.4	电信管理网络	126
9.4.1	层次化管理结构	126
9.4.2	物理结构	127
第10章	GSM 蜂窝和 PCS 系统	129
10.1	频率-时间分隔的蜂窝系统	129
10.2	系统的基本特点	130
10.3	系统的结构与功能	130
10.3.1	移动台	131
10.3.2	基站子系统	132
10.3.3	网络子系统	133
10.3.4	操作支持子系统	134
第11章	CDMA 蜂窝和 PCS 系统	136
11.1	引言	136
11.2	CDMA 与信道配置	136
11.2.1	CDMA 与蜂窝结构的关系	136
11.2.2	物理信道与逻辑信道	138
11.2.3	码分物理信道与逻辑信道配置	139
11.2.4	数据传输与信息帧结构	139
11.2.5	码分多址系统的同步与定时	144
11.3	CDMA 数字蜂窝通信系统	145

11.3.1	CDMA 数字蜂窝通信系统的链路	145
11.3.2	CDMA 系统的移动台与基站台	149
11.3.3	扩频码的发生	153
11.3.4	差错控制及加密算法	161
11.4	CDMA 系统的功率控制	162
11.4.1	输出功率的限制	162
11.4.2	开环功率控制	163
11.4.3	闭环功率控制	165
11.5	软切换、越区及漫游	166
11.5.1	CDMA 系统的信道切换类型	166
11.5.2	软切换过程	168
11.5.3	系统、网络及漫游	169
参考文献		171
附录 通信工程缩略词		174

第 1 章 个人通信概述

1.1 个人通信的基本概念

个人通信(Personal Communications)是人类通信的最高目标,它用各种可能的网络技术,实现任何人在任何时间、任何地点与任何人进行任何种类的信息交换。

个人通信的定义目前尚未统一,其提法也不尽相同。在 ITU-T 中称为通用个人通信(UPT, Universal Personal Telecommunication),在美国称为 PCS(Personal Communication Services),在英国称为 PCN(Personal Communication Network)。其中 UPT 的定义如下:“UPT 在允许个人移动性(Personal Mobility)的情况下获取电信业务。它能使每个 UPT 用户享用一组由用户规定的预定业务,并利用一个对网络透明的 UPT 个人号码,跨越多个网络,在任何地理位置、在任何一个固定或移动的终端上发起和接收呼叫。它只受终端和网络能力以及网络经营者规定的限制。”

所谓个人移动性是指一个使用者根据一个个人识别标志在任何一个终端上获取电信业务的能力,以及网络根据使用者的业务(Service Profile)档案提供所需电信业务的能力。

个人通信的概念在移动通信概念的基础上实现了飞跃。它使用户彻底摆脱了终端的束缚,以人作为通信的对象,而不是以某个电话机或终端为对象,从而可以解决诸如打电话过程中电话接通了却找不到被叫用户的问题。在个人通信系统中,用户无论走到何处,网络都会将该用户的电信业务提供到距其最近的终端上。它打破了传统网络中用户、终端、网络接口一一对应的关系,从而实现无论何时何地使用任一固定或移动终端,均能和任何人建立全时空的信息交换。

个人通信(或 UPT)仅仅是智能网络中的一种业务,可称之为个人通信业务,提供 PCS 的网络或系统称为个人通信网或个人通信系统。提供 PCS 的网络或系统可能是多种多样的,本书主要讨论以无线接入方式为基础提供个人通信的系统或网络(简称无线个人通信)。

为了实现无线个人通信,工业界、学术界和各种标准化组织都在进行着广泛深入的研究和探讨。在学术界,关于无线个人通信的各种学术会议不断举行,各

种特刊和新的杂志不断出现, 工业界正在推出各种各样的试验和商用系统(包括: 数字蜂窝系统、低功率无绳电话系统和无线用户环路系统、低轨道卫星系统、无线 LAN(局域网)/WAN(广域网))等, 标准化组织(ESTI(欧洲航天技术研究所), ITU-R, JTC)正在推出新的标准。

随着个人通信技术的飞速发展, 在许多技术(如: CDMA(码分多址)和 TDMA(时分多址)系统的容量、信道指配方法、设计的复杂性和系统性能的折中等)问题上都产生了激烈的争论。通过这些争论, 已就无线个人通信的近期目标等问题取得了共识: 为了实现个人通信系统, 需要这样一些合适的无线电系统, 这些系统能给工作在规定频率上的、低功率、低成本、重量轻、小衬衣口袋大小的个人通信器最佳地提供话音和中速数据业务。此外, 还需要一种以上的无线网络接入技术, 多个子网和系统的智能、良好的集成, 更加注重通信链路的质量。

不同的组织提出的具体系统目标不尽相同。例如: ITU-R 提出的“未来公用陆地移动通信系统(FPLMTS)”的系统特征如下:

- ① 采用 1.8 ~ 2.2GHz 频带的数字系统;
- ② 在多种无线环境下工作(蜂窝系统、无绳系统、卫星系统和固定的无线系统环境);
- ③ 使用多模式终端, 提供漫游能力;
- ④ 提供广泛的电信业务;
- ⑤ 具有与固定网络业务可比的高质量 and 完整性;
- ⑥ 具有国际漫游和系统内部越区切换的能力;
- ⑦ 使用智能网(IN)技术进行移动性管理和业务控制;
- ⑧ 具有高水平的安全和保密能力;
- ⑨ 具有灵活开放的网络结构。

欧洲 RACE Project(欧洲高级通信技术研究计划) R2020(Code Division Testbed, CODIT, 码分测试床)支持的研究认为, 第三代移动无线电系统(TGMS, Third Generation Mobile System)(或个人通信系统)应在下列方面取得突破:

- ① 支持广泛的业务和多种业务速率(或多媒体业务), 速率可高达 2Mbit/s;
- ② 高质量的业务要求(例: 达到长途电话质量的语音, 数据业务的误比特率小于 10^{-6});
- ③ 工作在混合蜂窝小区的场合(宏蜂窝、微蜂窝、微微蜂窝等);
- ④ 工作在不同的环境(室内/室外, 商用/家用, 蜂窝/无绳系统等);
- ⑤ 在频率和无线电资源管理、系统建立和业务提供等方面具有高度的灵活性;
- ⑥ 能工作在不同经营者的网络中。

从上面的讨论可以看出：个人通信的实现将使人们在任何地方都可以自由地享用网络提供的多媒体业务。

1.2 无线个人通信的主要系统

迈向个人通信的重要步骤，就是建立一个全球移动通信网。该网在 ITU 中称为 FPLMTS(the Future Public Land Mobile Telecommunications System, 未来公用陆地移动通信系统)，在欧洲称为 UMTS (Universal Mobile Telecommunications System, 通用移动通信系统)。FPLMTS(1996 年更名为 IMT-2000)的标准化工作开始于 1985 年，2000 年投入运营。它包括了无绳电话、寻呼、公用无线电话、农村无线电小交换机，可供陆上、海上和空中的终端使用。

目前，迈向个人通信这一目标的主要系统有：低功率系统、数字蜂窝系统、移动卫星系统、无线 LAN/WAN、专用移动无线电和寻呼系统等。

1.2.1 低功率系统

目前，已投入运营或已制定标准的低功率系统有：欧洲的 CT-2(第二代无绳电话)和 DECT(数字增强无绳通信)，瑞典的 DCT-900(CT-3，第三代无绳电话)，日本的 PHS(个人手持电话系统)，北美的 WACS(无线接入通信系统)，以及综合 PHS 和 WACS 优点的标准 PACS(个人接入通信系统)，如表 1-1 所列。这些系统主要用来提供公用无绳电话业务(Telepoint)，其中最流行的是 CT-2 系统。这些系统的主要特点是：采用 32kbit/s ADPCM(自适应差分脉冲编码调制)话音编解码器、TDMA/FDMA(频分多址)的多址方式，每个(对)载波上可以传输 1~12 路话音，多数采用时分双工(TDD)的工作方式，调制方式为 GFSK(高斯频移键控)或 $\pi/4$ QPSK(四相相移键控)，手机发射功率的平均值为 5~25mW，工作频率为 900MHz 或 1800MHz。

表 1-1

已投入运营或已制定标准的低功率系统

欧洲	CT-2, DECT
瑞典	DCT-900 (CT-3)
日本	PHS
中国、越南	PAS (类似 PHS)
北美	WACS

1.2.2 数字蜂窝系统(DCS)

数字蜂窝系统主要有：欧洲的 GSM(全球移动通信系统)、英国的 DCS-1800、北美的 D-AMPS(数字式进阶移动电话系统)(IS-54/IS-136)和 CDMA(IS-95)、日本的 PDC(个人数字蜂窝系统)等。其中 IS-54 与 IS-136 的主要差别在于：IS-54 使用了 AMPS 的 10kbit/s 的控制信道，IS-136 采用 48.6kbit/s 的数字控制信道。

这些系统的主要特点是：均采用 8 ~ 13kbit/s 的声码器(其主要算法有：RPE-LTP(带有长期预测的规则脉冲激励线性预测编码)，VSELP(矢量和激励线性预测编码)，QCELP(高通码激励线性预测))，除 IS-95 采用 CDMA/FDMA 以外，其余系统均采用 TDMA/FDMA 方式，每对载波可传输 3 ~ 16 路话音(IS-95 除外)，采用 GMSK(高斯滤波最小移位键控)或 $\pi/4$ QPSK 调制，均采用频分双工(FDD)的工作方式，手机发射功率的平均值为 125 ~ 600mW，工作频段为 900MHz/1500MHz/1800MHz，均采用了较复杂的均衡或分集技术来克服多径衰落。在 IS-95 中还采用了复杂的功率控制技术来解决 CDMA 系统中的远近效应。在增强型 IS-95 系统中，带宽为 2.5MHz/1.25MHz，数据速率达 78.6kbit/s 或 38.4kbit/s，声码器速率为 13kbit/s 或 8kbit/s。

除了上述系统以外，还有休斯公司的 System 2000(它在 IS-54 基础上采用 E-TDMA 的多址方式)，摩托罗拉窄带 AMPS 系统(该系统将 30kHz 的信道分成三个 10kHz 的窄信道)、宽带 CDMA 系统(工作在 1.85 ~ 2.2GHz，带宽为 40MHz，调制方式为 M-PSK(相位偏移调制))等。

1.2.3 移动卫星系统

移动卫星系统主要分为两大类。

第一类是同步轨道移动卫星系统，其主要系统为 Inmarsat-B，Inmarsat-M，澳大利亚的 MOBILESAT，北美的 MSAT，Jet Propulsion Lab(喷气推进实验室)建议的 PASS 实验系统，欧洲的 Olympus 卫星系统、PRODAT 和 MSBN 移动卫星系统，美国的 ACTS 卫星系统，日本的 EST-VI 卫星系统等。一些利用同步轨道卫星为手持式终端提供话音和数据业务或 PCS 的试验计划或系统有：Inmarsat 的 mini-M，Inmarsat Project 21 中提出的 Inmarsat Transition-P，美国的 Tritium 系统和 Celsat 系统，以及日本 MPT 的 COMETS 等。

第二类是中低轨道的移动卫星系统。美国的 1GHz 以上的低轨移动卫星系统有 IRIDIUM(66 颗星)、ODYSSEY(12 颗星)、ELLIPSO(15/9 颗星)、GLOBESTAR(24/28 颗星)、ARIES(48 颗星)、TELEDESIC 网络(840 颗星)等。

还有前苏联 COSCON 公司的 Kochoh 系统(32 颗星)、欧洲的 ARCHIMEDES 系统、德国的 Loopus(3 颗星)、墨西哥 12 颗星的低轨卫星系统计划、法国 5~6 颗星的低轨卫星系统计划。

1.2.4 无线 LAN/WAN

无线 LAN/WAN 是个人通信系统中另一个重要的领域。IEEE802.11 正在致力于制定无线 LAN 的标准。有几十家公司提供无线 LAN 的产品,如 AirLAN, Altair Pluss II, ARLAN, FreePort, InfraLAN, RangeLAN, RoamAbout 及 WaveLAN 等。西安电子科技大学也已研制成功无线 LAN 产品。

这些系统的工作频段以 900MHz 和红外占多数,少数采用 2.4GHz 或 18GHz 频段,多采用 FSK(频移键控)调制和直接序列扩频。数据速率分为两类:一类是中低速率(8~250kbit/s),另一类是高速率(1~5.7Mbit/s)。高速无线 LAN 的工作半径在几百米左右,基本上都提供与 Ethernet(以太网)等网络的接口。

至少已有 11 个国家和地区提供速率为 1.2~9.6kbit/s 的无线 WAN 业务。如 ARDIS, EMBARC, Mobilecomm, Nextel Communications, RadioMail, RAM Mobile Data 和 SkyTel 等。

另外,还有许多公司以现有 AMPS 蜂窝网为基础,提供蜂窝数字分组数据(CDPD)业务,以 GSM 网为基础提供通用分组无线电业务(GPRS)。

除上述系统外,欧洲将在 1.88~1.90GHz 频段内发展 DECT LAN,在 2.4~2.5GHz 频段内发展扩频 LAN,在 5GHz 和 17GHz 频段内发展高速欧洲无线 LAN(Hiper LAN),其速率大于 10Mbit/s,日本也在制定无线 LAN 的标准并开发产品。

1.2.5 无线用户环路

无线用户环路是近几年发展起来的利用无线系统代替电话交换局到用户住宅之间有线电路的新型系统。它具有投资少、安装快捷、用户安装灵活等特点。

无线用户环路系统到本地交换机接口可采用标准的 V5.2 接口,空中接口标准可以采用现有数字蜂窝的标准,如 CDMA, GSM, DCS-1800, NAMPS(窄带模拟移动电话业务), TACS(全接入通信系统), AMPS 等,也可以采用低功率系统的标准,如 DECT, PHS, CT-2, PACS 等。现有的系统有摩托罗拉的 CDMA WILL 和 TeleDensity, DIVA 公司的 DIVA-2000, 高通公司的 QCTel, 朗讯科技的 AirLoop, 法国达索公司的 EASYNET, 荷兰诺基亚的 WLL 系统等。

利用上述标准还可以独立构成无线 PABX(专用自动小交换机)系统。

1.2.6 专用移动无线电和寻呼系统

在现有许多模拟专用移动无线电(PMR)的基础上,许多国家正在发展数字专用移动通信系统。欧洲的PMR系统有:模拟12.5kHz的FM(调频)系统、TETRA(Trans-European Trunked Radio, 泛欧集群无线电)系统和DSSR(Digital Short Range Radio, 数字短距离无线电)系统。美国也已推出了数字集群系统,如摩托罗拉的iDEN(集成数字增强型网络,前身是MIRS)系统等。

在现有寻呼系统基础上,许多国家正在推出加强型的系统并实现局部地区的联网,欧洲还制定了ERMES(European Radio Message System, 欧洲无线电信息系统)的标准。飞利浦推出了APOC(先进寻呼操作码)高速寻呼编码方式,摩托罗拉推出了FLEX高速寻呼方式。除了单纯的数字寻呼系统外,还有语音寻呼系统和双向寻呼系统,如摩托罗拉的reFLEX和FLEXion系统。许多国家还将利用卫星系统进行国际寻呼。

1.3 无线个人通信的工作频段

利用无线信号传输用户的各种信息是无线个人通信的基础。如何获得足够的频率资源,让这些无线信号顺利地传输,是无线个人通信成败的关键。

世界无线电管理大会(WARC, World Administrative Radio Conference)是国际电信联盟(ITU)中最重要的会议,主要讨论如何有效地利用无线频谱和修改国际频率分配表(International Table of Frequency Allocations)。1992年WARC做出了许多对未来电信业务有重要影响的决定。各国政府也有相应的机构管理各自国家的无线电频率资源,如我国的国家无线电管理委员会,美国的联邦通信委员会(FCC)等。

1.3.1 WARC-92 的决定

WARC-92的决定中与无线个人通信相关的内容包括三部分,即1GHz以下的低轨道卫星系统(见表1-2)、1GHz以上的移动卫星系统(见表1-3)和移动业务(见表1-4)。

从表1-2至表1-4中可以看到,1610~1626.5MHz和2483.5~2500MHz主要用于低轨道移动卫星通信,1700~2600MHz将用于陆地移动通信业务。1885~2025MHz及2110~2200MHz用于FPLMTS,其中1980~2010MHz和2170~2200MHz用于世界范围移动通信。另外,WARC-92还分配了24.45~24.65GHz