

高等学校电子信息类教材

软件无线电 与认知无线电概论

Introduction to Software Radio & Cognitive Radio

◎ 阎毅 贺鹏飞 编

◎ 裴昌幸 审



电子工业出版社

PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

<http://www.phei.com.cn>

高等学校电子信息类教材

软件无线电与认知无线电概论

Introduction to Software Radio & Cognitive Radio

阎毅 贺鹏飞 编

裴昌幸 审

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

从硬件无线电到软件无线电，被视为通信领域的第三次革命。本书以通俗易懂的语言，详细阐述软件无线电与认知无线电的基本概念、基本原理、关键技术和主要应用。全书分为5章，包括：软件无线电与认知无线电概述，软件无线电的关键技术，软件无线电的系统组成，软件无线电的软件设计，认知无线电概论。

本书概念准确，叙述简明，例题丰富，详细实用，适合作为普通高等学校电子信息、通信、物联网等专业及相关专业的软件无线电与认知无线电课程的教材或参考书。

本书配有电子教案和习题解答，任课教师在提供相关信息后可向本书作者(yanyiyt@163.com)或责任编辑(zhangls@phei.com.cn)免费索取。

未经许可，不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。
版权所有，侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

软件无线电与认知无线电概论 / 阎毅, 贺鹏飞编. —北京: 电子工业出版社, 2013.1
高等学校电子信息类教材
ISBN 978-7-121-19155-8

I. ①软… II. ①阎… ②贺… III. ①无线电技术—高等学校—教材 IV. ①TN014

中国版本图书馆CIP数据核字(2012)第291043号

责任编辑: 张来盛(zhangls@phei.com.cn)

印 刷: 北京市李史山胶印厂

装 订: 北京市李史山胶印厂

出版发行: 电子工业出版社

北京市海淀区万寿路173信箱 邮编 100036

开 本: 787×1092 1/16 印张: 13.75 字数: 330千字

印 次: 2013年1月第1次印刷

印 数: 3000册 定价: 35.00元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题, 请向购买书店调换。若书店售缺, 请与本社发行部联系, 联系及邮购电话: (010) 88254888。

质量投诉请发邮件至 zllts@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线: (010) 88258888。

前 言

软件无线电与认知无线电是现代通信的关键技术之一；从“硬件无线电”到“软件无线电”，被视为通信领域的第三次革命（第一次：从固定通信到移动通信；第二次：从模拟通信到数字通信）。

无线通信和移动通信是目前通信技术中发展最快的技术之一，对人们的生活和社会的发展产生了巨大的影响。进入 21 世纪以来，随着第三代（3G）移动通信网络的全面使用，特别是物联网技术的发展，人们对无线通信和移动通信技术提出了更高的要求 and 更多的需求。而软件无线电与认知无线电是无线通信与移动通信的重要新技术。因此，广大信息与通信工程领域的从业人员，迫切需要熟悉和掌握软件无线电和认知无线电技术。同时，“软件无线电与认知无线电”正在被越来越多的学校开设为专业选修课程，但很难找到适合普通高校（尤其是地方高校）使用的教材。

为了使广大学生能够比较容易地理解和掌握软件无线电和认知无线电的基本概念和基本技术，编者基于数年课程教学经验，在多年教学使用的讲义基础上，参考和借鉴了国内外主要的一些经典教材，试图编写一本易读、易教的普通院校软件无线电和认知无线电教材。

本书讲述了软件无线电与认知无线电的基本概念、基本原理、关键技术和主要应用。全书分为 5 章，分别是：软件无线电与认知无线电概述，软件无线电的关键技术，软件无线电的系统组成，软件无线电的软件设计，以及认知无线电概论。

本书主要面向普通高等学校电子信息、通信、物联网工程类专业本科生，适合 32 学时左右的专业课程；力求兼顾软件无线电与认知无线电的基本概念、基本原理、基本技术和主要系统，同时尽量反映软件无线电与认知无线电的最新发展，旨在用比较小的篇幅，使学生对软件无线电和认知无线电有所了解，为走上工作岗位以后解决相关问题打下一个比较好的基础。

本书在写作上不求全面、深入，但求概念准确，叙述简单明了，内容详细实用。每章开始有教学重点和主要内容提示，在讲解过程中穿插了丰富的例题，最后有本章小结、进一步学习推荐书目和习题，并配有电子教案和习题解答，便于教师讲授和学生学习。

本书由阎毅、贺鹏飞合编，具体分工如下：第 1、2、3 章由阎毅编写，第 4、5 章由贺鹏飞编写；全书由阎毅统稿。西安电子科技大学通信工程学院裴昌幸教授审阅了稿件，在此表示衷心感谢。

在本书编写过程中所参考的相关教材，都列在书末参考文献当中。在此，向有关教材的原作者和出版社表示诚挚的谢忱。

由于编者水平有限，书中难免存在不足与错误，切望广大读者批评指正。

联系邮箱：yanyiyt@163.com。

编 者
2012 年 12 月

目 录

第 1 章 软件无线电与认知无线电概述	1
1.1 软件无线电与认知无线电的研究背景	1
1.1.1 软件无线电的研究背景	1
1.1.2 认知无线电的研究背景	5
1.2 软件无线电与认知无线电的定义和特点	8
1.2.1 软件无线电	8
1.2.2 认知无线电	10
1.3 软件无线电与认知无线电的发展	12
1.3.1 从硬件无线电到软件无线电	12
1.3.2 从软件无线电到认知无线电	15
1.4 软件无线电与认知无线电所需的技术	16
1.4.1 射频/微波技术	17
1.4.2 智能天线技术	18
1.4.3 多输入多输出技术	20
1.4.4 调制解调技术	21
1.4.5 数字信号处理技术	22
1.4.6 同步技术	23
1.4.7 采样技术	24
1.4.8 软件技术	25
1.4.9 安全技术	26
1.4.10 认知技术	27
1.4.11 定位技术	28
1.5 软件无线电与认知无线电的研究进展	28
1.5.1 软件无线电的研究进展	28
1.5.2 认知无线电的研究进展	29
1.6 软件无线电与认知无线电的应用	30
1.6.1 软件无线电的应用	30
1.6.2 认知无线电的应用	31
1.7 本章小结	31
1.8 进一步学习推荐书目	31
习题	32

第 2 章 软件无线电关键技术	33
2.1 射频/微波技术	33
2.1.1 概述	33
2.1.2 微波“铁三角”	34
2.1.3 射频前端	35
2.2 智能天线技术	39
2.2.1 概述	39
2.2.2 智能天线的概念和原理	39
2.2.3 常用智能天线	41
2.2.4 智能天线应用	42
2.3 多输入多输出技术	44
2.3.1 分集接收技术	44
2.3.2 多天线技术	46
2.3.3 空时编码技术	49
2.4 采样技术	51
2.4.1 概述	51
2.4.2 低通采样	52
2.5 调制解调技术	62
2.5.1 调制与解调	62
2.5.2 模拟信号调制解调	62
2.5.3 数字信号调制解调	66
2.6 数字信号处理技术	70
2.6.1 概述	70
2.6.2 模/数转换	70
2.6.3 多速率信号处理	71
2.6.4 高效数字滤波	73
2.6.5 数字信号正交变换	75
2.6.6 自适应数字滤波	75
2.6.7 盲信号处理	76
2.7 软件设计技术	78
2.7.1 概述	78
2.7.2 软件设计原理	78
2.7.3 软件设计算法	79
2.7.4 软件设计语言	80
2.8 信息安全技术	81
2.8.1 概述	81
2.8.2 信息加密原理	82
2.8.3 信息加密算法	83

2.9	同步技术	84
2.9.1	概述	84
2.9.2	载波同步技术	85
2.9.3	位同步技术	86
2.9.4	群同步技术	87
2.9.5	同步算法	87
2.10	本章小结	88
2.11	进一步学习推荐书目	88
	习题	89
第3章	软件无线电的系统组成	90
3.1	引言	90
3.2	软件无线电系统的组成	90
3.2.1	软件无线电系统的模型	91
3.2.2	软件无线电的体系结构	92
3.2.3	软件无线电系统的实现	93
3.3	软件无线电系统接收机	99
3.3.1	概述	99
3.3.2	外差式接收机	101
3.3.3	零中频接收机	102
3.3.4	低中频接收机	105
3.3.5	宽中频接收机	108
3.3.6	信道化接收机	109
3.4	软件无线电发射机	115
3.4.1	概述	115
3.4.2	外差式发射机	117
3.4.3	零中频发射机	118
3.4.4	低中频发射机	118
3.4.5	宽中频发射机	118
3.4.6	信道化发射机	119
3.5	应用举例	119
3.5.1	概述	119
3.5.2	在移动通信系统中的应用	119
3.5.3	在电子对抗中的应用	121
3.5.4	在雷达系统中的应用	122
3.5.5	在消费电子中的应用	122
3.6	本章小结	123
3.7	进一步学习推荐书目	123
	习题	124

第 4 章 软件无线电的软件设计	125
4.1 引言	125
4.2 软件体系	126
4.2.1 概述	126
4.2.2 软件体系结构	127
4.2.3 软件结构的开放性	131
4.3 软件通信	132
4.3.1 概述	132
4.3.2 软件通信结构 (SCA)	133
4.3.3 软件协同	142
4.4 软件设计方法	143
4.4.1 概述	143
4.4.2 面向过程的软件设计	145
4.4.3 面向对象的软件设计	147
4.5 编程语言	148
4.5.1 概述	149
4.5.2 无线知识描述语言	149
4.5.3 汇编语言	149
4.5.4 高级语言	149
4.5.5 硬件描述语言	151
4.6 软件下载	152
4.6.1 概述	153
4.6.2 软件下载	153
4.6.3 软件可重配置	155
4.7 应用举例	156
4.7.1 概述	156
4.7.2 软件设计举例	157
4.8 本章小结	158
4.9 进一步学习推荐书目	159
习题	160
第 5 章 认知无线电概论	161
5.1 从软件无线电到认知无线电	161
5.1.1 发展背景	161
5.1.2 认知无线电——软件无线电的新发展	162
5.2 认知无线电与软件无线电的关系	164
5.2.1 概述	164
5.2.2 软件无线电的发展	165

5.2.3 认知无线电的平台	166
5.3 认知无线电的技术特点	167
5.3.1 概述	167
5.3.2 认知能力	168
5.3.3 可重配置能力	169
5.4 认知无线电关键技术	169
5.4.1 地理定位技术	170
5.4.2 频谱感知技术	174
5.4.3 人工智能技术	175
5.4.4 网络技术	180
5.4.5 电磁兼容技术	184
5.5 认知无线电的认知技术	186
5.5.1 概述	186
5.5.2 无线场景分析	186
5.5.3 频谱空洞检测	188
5.5.4 自适应波束形成	190
5.5.5 信道容量估计	191
5.5.6 动态频谱管理	193
5.6 认知无线电的国际标准组织	195
5.6.1 概述	195
5.6.2 认知无线电工作组和特殊兴趣组	196
5.6.3 无线区域网络工作组	196
5.7 认知无线电的系统结构	197
5.7.1 认知无线电系统的组成	197
5.7.2 认知无线电发射机	198
5.7.3 认知无线电接收机	198
5.8 认知无线电与软件无线电的应用举例	199
5.8.1 软件控制无线电	199
5.8.2 综合航电系统	200
5.8.3 战术抗干扰可编程信号处理器	200
5.8.4 无线区域网络	201
5.9 本章小结	201
5.10 进一步学习推荐书目	202
习题	203
缩略语	204
参考文献	209

第1章 软件无线电与认知无线电概述

教学提示：软件无线电与认知无线电是20世纪末发展起来的具有重大突破性质的通信新技术，是电子信息、物联网、通信类专业的重要专业课程之一。本章简单介绍软件无线电与认知无线电的研究背景、基本概念、发展历程、基本技术、主要应用和本课程的学习方法等。

教学要求：本章要求学生了解软件无线电与认知无线电的基本概念、主要特点、基本技术、主要应用等，应重点掌握软件无线电与认知无线电的基本概念、基本技术和主要应用等。

软件无线电与认知无线电是20世纪末发展起来的通信新技术，是通信领域的第三次革命。这三次革命为：

第一次，从固定通信到移动通信；

第二次，从模拟通信到数字通信；

第三次，从硬件无线电到软件无线电。

但是，对许多初学者来说，“软件无线电”与“认知无线电”仍然是比较迷惑的词汇，对于它们的含义还是有许多误解。

在这一章里，我们概述软件无线电与认知无线电的研究背景、基本概念、发展历程、基本技术和主要应用等，以使读者对软件无线电与认知无线电有一个初步的了解。

1.1 软件无线电与认知无线电的研究背景

作为20世纪末发展起来的通信新技术，软件无线电与认知无线电已经不是陌生的概念了。虽然真正的软件无线电系统与认知无线电系统还不是很多，但随着软件无线电与认知无线电技术的应用，未来的通信系统无疑将会发生很大的改变。

那么，究竟什么是软件无线电与认知无线电？为什么会出现软件无线电与认知无线电呢？

1.1.1 软件无线电的研究背景

与许多通信新技术一样，软件无线电技术最早也是由军事通信技术发展而来的，经历了从军用到民用的发展历程。该技术源于20世纪70年代美国军方对甚高频(Very High Frequency, VHF)(30~300 MHz)多模式无线电系统的开发。直到20世纪90年代，软件无线电概念才被明确提出。

1. 问题的提出

随着电子通信技术的发展，电子信息设备在军事领域中的作用越来越重要。军事现代化的一个重要标志，就是军事信息化。无线通信已经成为现代战争的重要信息传输手段。

但是，长期以来，军用无线设备都是针对不同的军事需求而设计的。对于不同的军用无线通信设备而言，虽然它们的发送与接收单元有许多相似的功能，但结构却有许多不同，不能通用。例如，不同无线通信设备的射频载波不同、调制方式不同、波形结构不同等。这就使得军事无线装备具有如下特点：

- (1) 品种多；
- (2) 系列多；
- (3) 通用性差；
- (4) 协同能力差。

这就是传统的“硬件无线电”。硬件无线电的上述特点，无法适应现代战争海、陆、空、天立体协同作战的要求。因此，必须考虑如何解决。

2. 解决的方法

在现代战争中发挥着重要作用的空军中，飞机上有着众多的无线电设备：

- (1) 雷达系统；
- (2) 通信系统；
- (3) 导航系统；
- (4) 识别系统。

在传统的“硬件无线电”中，这些系统分别由不同的硬件设备构成。飞行任务的日益复杂多样，使得机载无线电设备越来越多，如图 1-1 所示。

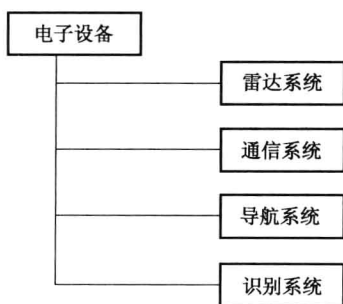


图 1-1 机载无线电设备

由于受到飞机载重能力的限制，不可以无限地增加飞机上无线电设备的数量和重量。因此，美国空军启动了综合航电系统（Integrated Communications Navigation Identification Avionics, ICNIA）计划。综合航电系统包括通信、导航和识别系统。该计划的目标是：开发一种多功能、多频带的航空无线电系统。

1992年，综合航电系统的样机成功进行了测试。这是世界上第一个可编程的无线电系统。

在美国开发的第四代战斗机上采用了高度综合的航空电子系统。该系统的关键电子设备是一个综合的核心处理机。其中的通信、导航、识别系统整合为一个子系统（Communications Navigation Identification, CNI）。该系统可以提供以下功能：

- (1) 超视距敌我识别（Identification Friend or Foe, IFF）能力；
- (2) 安全、多通道、多频段语音通信能力；
- (3) 机载内部数据链（Inter Flight Data Link）交换能力；
- (4) 多编队飞行同步显示能力；
- (5) 支持 35 种不同的通信、导航、识别的信号波形的能力；
- (6) 射频（30~1 600 MHz）无线电通信。

这些功能是由一系列不同类型的通用模块支持的（如图 1-2 所示），飞机电子设备不再出现通信机、导航仪等具体设备，系统功能是通过软件在通用模块的支持下实现的。

这就是最早的“软件无线电（Software Radio, SR）”。

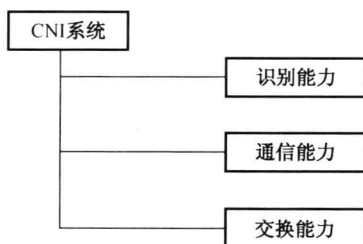


图 1-2 通信、导航、识别子系统

3. 移动通信的困惑

在民用通信领域，无线移动通信是发展最为迅速的通信技术。在短短的数十年中，通信技术经历了从固定通信到移动通信，从模拟通信到数字通信的两次变革，并将迎来第三次变革——从“硬件无线电”到“软件无线电”。

近 20 年来，移动通信发生了飞速变化，如图 1-3 所示。



图 1-3 移动通信发展

移动通信经历了三代发展：

- (1) 第一代移动通信系统（1G）：模拟移动通信系统；
- (2) 第二代移动通信系统（2G）：数字移动通信系统；
- (3) 第三代移动通信系统（3G）。

现在，正在研究第四代移动通信系统。

移动通信系统的升级换代速度很快，成本巨大。如果采用硬件替换的方法完成这种

升级换代，则所需的成本惊人。据估计，在欧洲建立全新的 3G 网络需要费用达 2 000 亿美元。

移动通信系统的标准很多，如表 1-1 所示。

表 1-1 移动通信系统标准

	欧 洲	美 国	中 国
1G	TACS	AMPS	TACS
2G	GSM	TDMA CDMA	GSM CDMA
3G	cdma2000	WCDMA	TD-SCDMA

在我国国内，三大移动运营商使用的移动通信系统有：

- (1) GSM；
- (2) CDMA；
- (3) TD-SCDMA；
- (4) WCDMA；
- (5) cdma2000。

为了实现一部手机可以全球漫游的目标，需要适应不同的通信标准。为此，提出了“多标准通信终端”的概念。所谓多标准通信终端，就是可以工作在不同通信标准下的用户单元。为了实现多标准通信终端，采用传统的硬件无线电的方法显然是困难的；因为硬件无线电方式的经济成本较高。

例 1-1 GSM 系统的升级。

解 在 GSM 手机中增加 GPRS 数据服务，需要用户购买新的硬件终端，需要支付较大的经济负担。

4. 软件无线电的引出

为了解决军用与民用无线通信系统的多标准问题，软件无线电无疑是最佳的选择。

对于各种不同的通信标准，全世界都可以生产具有相同结构和器件的硬件平台，软件无线电终端可以通过软件下载获得新的服务。这样可以大大降低成本。

例 1-2 GSM 系统的升级（续）。

解 在 GSM 系统中增加 GPRS 数据服务，如果采用软件无线电方式，用户就不需要购买新的硬件终端，只需下载新的软件就可以获得新的服务。

这样，系统升级的成本大大降低。

因此，许多专家认为：软件无线电是一个解决全球无线通信需求的方案。软件无线电技术将会成为未来无线通信设备设计的核心技术。

例 1-3 SMR 系统的升级。

解 美国的 SMR 系统是用于出租车行业的无线通信系统。用硬件无线电方法对该系统进行升级，有两种方案：

(1) 在现有站点和频段采用全新网络，同时更换新的车载机，在某一个特定时刻进行网络切换；

(2) 采用全新的频段来配置新的系统，并逐步将老用户转移到新的系统中来。

方案(1)的缺点在于：在原有车载机旁加装新的系统是困难的，所需的经济成本也比较大，用户无法接受。

方案(2)的缺点在于：频谱资源非常紧缺，获得新的频段是很困难的；两个频段同时服务于一个用户群，经济负担也是无法承受的。

如果采用软件无线电的方法进行系统升级，可以进行逐步升级方案：在典型 SMR 的 5 个信道中，先将其中一个信道用于新的系统，过一段时间增加一个信道，直到全部 5 个信道都更新完毕。

该方案的优点在于：成本最低。

例 1-4 3G 移动通信系统的升级。

解 现在的 3G 移动通信系统就是基于软件无线电技术的，因此，3G 移动通信系统在系统升级时所需的成本是很低的。

结论：在无线通信系统升级时，采用软件无线电技术付出的成本是最低的。

1.1.2 认知无线电的研究背景

软件无线电是一种载波频率、信号带宽、调制方式、网络接入等特性均由软件定义的无线电技术。

1. 软件无线电的特点

软件无线电的优势主要体现在以下几个方面：

- (1) 系统结构通用，功能实现灵活，升级换代方便；
- (2) 易于实现不同系统间的互操作；
- (3) 由于它通过软件实现系统的主要功能，因此更易于采用新的信号处理手段，从而提高系统抗干扰的性能；
- (4) 拥有较强的跟踪新技术的能力。

但是，软件无线电的实现还需要克服以下技术难点：

- (1) 多频段天线的设计；
- (2) 宽带 A/D、D/A 转换；
- (3) 高速数字信号处理器 (DSP)。

因此，软件无线电还是有待改进的。

2. 频带分配

频谱是通信能够使用的唯一资源；与水、空气等自然资源一样，频谱也是一种日益

短缺的资源。

频谱资源的统筹规划是由国际电信联盟(International Telecommunication Union, ITU)管理的。在国内, 频谱管理是由国家频率管理委员会下属的国家频率管理研究所进行的。

频带分配的不同原则:

- (1) 基于静态频带的分配原则;
- (2) 基于动态频带的分配原则。

图 1-4 所示为国际电信联盟制定的频带分配情况。

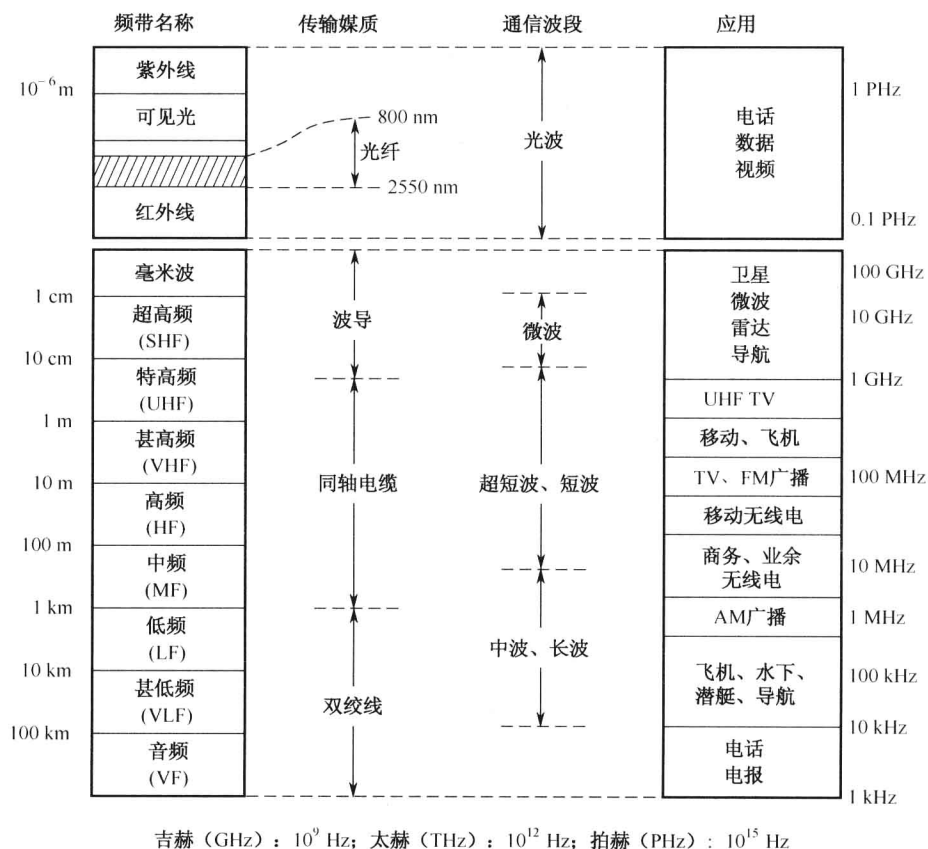


图 1-4 频带分配情况

由图 1-4 可以看出, 不同的频带被分配用于不同的用途。

我国先后开放了 2.4 GHz、5.8 GHz 作为工业/科学/医学 (Industrial, Scientific and Medical, ISM) 频段, 提高了微波频段无线扩频技术的商业价值。但是, ISM 频段的资源非常有限。

例 1-5 2.4 GHz 频段的带宽。

解 2.4 GHz 频段的带宽为 80 MHz, 由于多数无线局域网产品都工作在这个频段上, 因此, 只能采用扩频调制技术的工作方式。

3. 频谱利用率与频谱空洞

对于频谱这个通信能够使用的唯一资源，可用频段将它分为两类：

- (1) 授权频段；
- (2) 非授权频段。

授权频段是由政府授权使用的。专门的频谱管理机构分配特定的授权频段，供给特定的通信业务使用。因此，授权频段具有独享性。

非授权频段是开放的，使用者无须申请就可以使用。因此，非授权频段通常是饱和的。

频谱资源的紧张已经成为制约无线通信业务发展的瓶颈。甚至有人断言：未来战争的胜利者，必然是最善于控制、驾驭、运用电磁频谱的一方。

因此，频谱复用技术已经成为现代无线通信的重要研究内容之一。频谱复用技术的两个研究方向：

- (1) 降低信号的功率谱密度，以进行频谱的复用；
- (2) 采用灵活的频谱管理技术。

许多学者经过检测、分析当前无线频谱的使用状况，发现：虽然大多数频谱已经分配给不同的用户，但是，在相同时间、相同地点频谱的使用却非常有限。

常常是：大部分频率点未被使用，而热点频率则处于超负荷运行状态。

2002年11月，美国联邦通信管理委员会(Federal Communications Commission, FCC)频谱政策任务组撰写的一份报告指出：当前分配的绝大多数频谱的利用率在15%~85%之间。

2005年，美国对芝加哥地区长期频谱占用情况进行了测量与分析，结果表明：在3 GHz以下的频谱的平均利用率为5.2%，如图1-5所示。

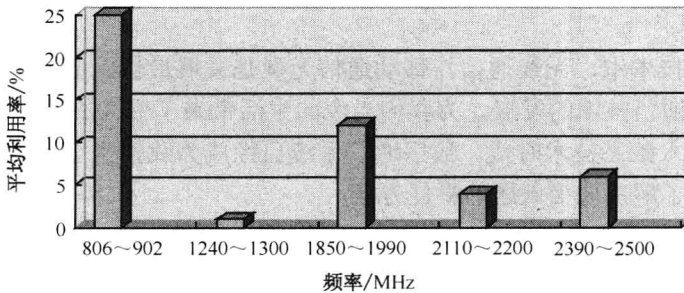


图 1-5 频谱平均利用率

因此 FCC 认为，当前的最大问题不是没有频谱资源可用，而是现有的频谱分配方式导致频谱资源没有得到充分利用。必须彻底改变当前的固定频谱分配政策，采用动态频谱分配政策，利用多种技术实现“频谱共享”。

这种频谱利用的不足，可以用“频谱空洞”的概念来描述。所谓频谱空洞，是指分配给授权用户的频段，在特定时间和特定地理位置条件下，没有被授权用户使用。

由于采用静态频谱授权方式，导致了频谱空洞的存在。由于频谱空洞的存在，降低

了频谱利用率。由于频谱利用率的低下，使得频谱资源异常紧张。

为了解决有限的频谱资源和不断增长的无线通信用户的需求之间的矛盾，需要采用新的技术，以减少频谱空洞，提高频谱利用率。

4. 认知无线电的引出

将被授权用户称为主用户，或既有用户；与之对应，未被授权的用户称为次用户，或认知用户。

为了提高频谱资源的利用率，减少频谱空洞的出现，可以在主用户没有使用授权频谱的情况下，允许次用户接入频谱空洞。这样，就可以提高频谱资源的利用率。这就是认知无线电的基本思想。

认知无线电（Cognitive Radio，CR）就是利用频谱空洞，提高频谱利用率的软件无线电。

1999年，认知无线电的概念最早由瑞典的 Joseph Mitola 博士提出，它是对软件无线电功能的进一步扩展。

1.2 软件无线电与认知无线电的定义和特点

随着无线通信技术的发展，无线电技术经历了以下发展：

- (1) 从硬件无线电到软件无线电；
- (2) 从软件无线电到认知无线电。

那么，究竟什么是软件无线电？什么是认知无线电？

1.2.1 软件无线电

在现代通信技术中，无线通信与移动通信无疑是发展最快、应用最广的技术之一。无线通信与移动通信技术的发展，为我们当今的生活带来了极大的改变。

随着通信进入数字技术时代，数字通信系统已经成为我们当今主要的通信系统。数字信号处理成为了解决通信问题的最佳方法。

1. 软件无线电的含义

面对越来越多的各种通信设备，我们需要一种软件无线电技术。有了这种软件无线电技术，只需配置一个无线电硬件设备，就可以实现任何通信应用。

例 1-6 采用软件无线电技术的通信设备。

解 采用软件无线电技术以后，一种无线电硬件设备就可以实现手机、卫星接收机、收音机等多种设备的通信功能，如图 1-6 所示。

采用软件无线电技术，可以用一种无线电设备，实现多种通信需求。这就像用一台个人计算机，通过运行不同的软件，就可以完成各种功能一样，如表 1-2 所示。