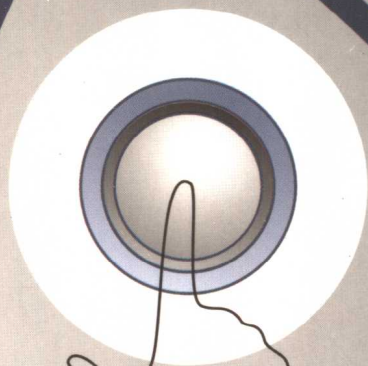


无线单片机技术丛书



Wireless

# 短距离无线数据通信 入门与实战

李文仲 段朝玉 等编著



北京航空航天大学出版社

无线单片机技术丛书

# 短距离无线数据通信 入门与实战

李文仲 段朝玉 等编著

北京航空航天大学出版社

## 内 容 简 介

本书分别以目前世界上广泛应用的 8051 内核无线片上系统 (SoC) NRF9E5、NRF24E1、CC1010 以及无线芯片 NRF905、CC1100 为中心,介绍无线通信和无线网络的原理和实战。本书重点不是讲解无线通信的原理,而是实战,即自己动手进行无线通信和无线网络的项目试验。

本书从自己动手搭建一个无线开发系统开始。从点到点、点到多点,到网状无线网络(中间穿插介绍无线通信和无线网络的相关关键技术 FDMA、TDMA、CSMA、FHSS 等),循序渐进,使对无线通信和无线网络完全不熟悉的电子工程师能够轻松上路,理解无线通信的原理,体验无线网络的奥秘。本书成功地将复杂的无线通信原理和无线网络原理转变为一个纯粹的软件开发过程——一切都变成了一段段用 C51 编写的源程序。

本书可作为高等院校的计算机、电子、自动化及无线课程的教材,也适合广大从事单片机、无线应用、自动化控制及无线传感等工作的工程技术人员作为学习、参考用书。

### 图书在版编目(CIP)数据

短距离无线数据通信入门与实战/李文仲等编著.

北京:北京航空航天大学出版社,2006.12

ISBN 7-81077-942-7

I. 短… II. 李… III. 短距离—无线电通信:数据通信 IV. TN919.72

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 137637 号

© 2006,北京航空航天大学出版社,版权所有。

未经本书出版者书面许可,任何单位和个人不得以任何形式或手段复制或传播本书及其所附光盘内容。

侵权必究。

### 短距离无线数据通信入门与实战

李文仲 段朝玉 等编著

责任编辑 许振伍等

\*

北京航空航天大学出版社出版发行

北京市海淀区学院路 37 号(100083) 发行部电话:010-82317024 传真:010-82328026

http://www.buaapress.com.cn E-mail:bhpress@263.net

涿州市新华印刷有限公司印装 各地书店经销

\*

开本:787×960 1/16 印张:18.5 字数:414 千字

2006 年 12 月第 1 版 2006 年 12 月第 1 次印刷 印数:5 000 册

ISBN 7-81077-942-7 定价:30.00 元(含光盘一张)

# 《无线单片机技术丛书》编委会

主编：李文仲 段朝玉

编委：崔亚远 林 涛

周 恒 王明宇

# 前 言

## 驾驭无线——电子工程师们的必修课

本书是专为广大无线电、电子爱好者,电子工程师,单片机工程师,电子、计算机相关专业的学生们提供的一本无线通信方面的实用书籍。

成都无线龙通讯科技有限公司调动了公司内部的优秀人才和技术资源,完成了本书的写作,因此本书是该公司全体科技人员、工程师集体智慧的结晶。

本书的重点不是讲无线通信的原理,因为任何对无线技术感兴趣的电子工程师、电子爱好者、学生、教师都可以非常方便地通过因特网查询、搜索、阅读到这方面的知识,而且有大量国内外的教材可参考。

《短距离无线数据通信入门与实战》的重点是实战,即自己动手进行无线通信和无线网络的项目试验。通过亲自动手,体验什么是无线通信,什么是无线网络,如何进行无线通信,如何自己动手组建一个低成本、高效率的无线网络……

本书从自己动手搭建一个无线开发系统开始。从点到点,点到多点,到网状无线网络(中间穿插介绍无线通信和无线网络的相关关键技术 FDMA、TDMA、CSMA、FHSS 等),循序渐进,使对无线通信和无线网络完全不熟悉的电子工程师,能够轻松上路,理解无线通信的原理,体验无线网络的奥秘。当读者全部完成这些试验后,也许会大大松了一口气——“无线通信和无线网络原来如此简单”,这时我们的目的就达到了。

本书的另一个主要特点是,读者只要能读懂相关 C 语言程序代码,就可以轻松地熟悉所需要的无线通信和无线网络功能。成都无线龙通讯科技有限公司的工程师开发了本书全部试验用的 C51 源代码,并在相关无线模块上经过了实际无线通信和网络测试,读者可以在这些源代码上进行裁剪——修改和增加可能的应用。

将复杂的无线通信和无线网络的开发转变为 C 语言的软件开发,正是初学者快速进入无线通信的关键,也是未来无线通信和无线网络技术发展的关键。其实,当完全理解本书的各个试验后,读者所掌握的无线通信和无线网络方面的实际能力就已经达到了较高的水平。在这个基础上,应该可以在工作中轻松地使用相关无线技术。当然这不仅仅是一个学习无线通信的过程,也是丰富用 C51 开发单片机的经验的过程。

成都无线龙通讯科技有限公司(<http://www.c51rf.com>)将提供与该书配套的、专门针对个人用户使用的经济型 C51RF-4 无线单片机开发系统和最新的 C51RF-S3100/8051 无线芯片开发系统。这些无线开发系统包括了本书全部试验所需要的除 KEIL C51 以外的所有软、硬件开发环境。

C51RF-4 无线单片机开发系统全套包括两个基本无线模块、一个无线单片机仿真器、一个直流电源、RS-232 电缆、例子程序源代码、使用说明手册。读者仅仅采用这套经济型开发装置,连接家里的计算机,就可以完成本书大部分的试验。

其中部分无线实验,还可以选择采用 C51RF-S3100/S3000 来完成。这又是一套针对个人学习无线芯片开发而设计的学习、实验开发平台。

本书各章附有练习题,读者可以使用开发系统和模块完成相关习题,并对照所附答案。学习的目的在于应用,所以该书每章习题前的一节,都是一个相关的无线实际应用项目实例,让读者具体实践,以加深了解。

本书已经包括的应用实验项目有无线双向遥控器、长距离 RFID 系统、家庭安全监视系统、无线传感器、温度远程监控、无线 RF232、无线网络病区监视,目的是让读者将学习的相关无线知识和实际无线应用系统相结合,了解实际无线应用系统设计的原理和技术关键。

自己动手,体验无线,是目前国内嵌入式电子技术学习的弱项。成都无线龙通讯科技有限公司推出本书和配套的开发工具,是希望能提供给广大读者一个低价格的无线技术学习的解决方案。而只有动手实践,才能真正理解无线通信和无线网络的基本原理,掌握无线通信和无线网络技术。

今天的世界,已经是无线的世界,未来的世界,更是无线的天下,而掌握无线通信和无线网络技术,应是每个电子工程师的必修课,刻不容缓。但对许多电子工程师而言,无线网络和无线通信好像总蒙着一层神秘的面纱,那么多复杂的公式,那么多复杂的电路,而高频的无线电波还看不见、摸不着,等等。《短距离无线数据通信入门与实践》和配套的无线开发工具,正是要像一把利剑,通过自己的动手实践,揭开这神秘的面纱,让读者一窥无线通信和无线网络的真实面目,驾驭无线通信的技术,在无线网络上自由飞翔。

一本书再好,也只是个入门,一个基础,一个起点。从这本书出发,可以容易地继续攀登无线开发设计的高峰,学习蓝牙技术、802.11 无线网络、802.15.4 低功耗网络、HOMERF 技术等。这是因为这些无线通信和无线网络基本技术的基本原理,都已经包括在本书的文字和试验之中了。

全书由李文仲、段朝玉负责规划、审核和统稿。参与本书编写及相关工作的主要人员有崔亚远、林涛、周恒、王明宇、康凯、李欣兰、袁圆等。

最后,要特别感谢北京航空航天大学出版社的全力支持,如果没有他们的努力和辛勤劳动,这本书不会这样快出版。

由于时间仓促,作者水平有限,书中难免存在不足之处,欢迎广大读者批评指正。

作 者

2006 年 8 月于成都

# 目 录

## 第 1 章 无线通信和无线网络基础

1.1 嵌入式无线通信和无线网络广阔的应用前景 .....	1
1.1.1 家庭安全系统 .....	1
1.1.2 街头停车收费系统 .....	2
1.1.3 无线读表系统 .....	3
1.1.4 轮胎压力监视系统 .....	3
1.1.5 货物跟踪管理系统 .....	4
1.1.6 农作物环境监测系统 .....	5
1.1.7 其他应用 .....	5
1.2 无线通信的频谱和 ISM 开放频带 .....	5
1.3 典型的无线通信系统 .....	7
1.3.1 典型的长距离无线通信系统 .....	7
1.3.2 短距离无线通信系统 .....	7
1.4 典型的无线网络结构和原理 .....	8
1.4.1 以太网结构 .....	8
1.4.2 无线网络结构 .....	10
1.4.3 短距离无线数据通信网络的各种国际标准简介 .....	11
1.5 习题和答案 .....	14

## 第 2 章 8051 无线片上系统(无线 SoC)简介

2.1 8051 内核微控制器 .....	15
2.2 最新的无线收发芯片介绍 .....	16
2.2.1 Nordic NRF905 无线数据通信收发芯片 .....	17
2.2.2 Nordic NRF2401 无线数据通信收发芯片 .....	18
2.3 8051+无线收发芯片的无线片上系统(SoC) .....	19
2.3.1 CC1010 无线单片机 .....	19
2.3.2 NRF9E5 无线单片机 .....	23
2.3.3 NRF24E1 无线单片机 .....	27
2.3.4 其他 8051 内核的无线单片机 .....	28

2.4	习题和答案	30
<b>第3章 建立自己的无线开发平台</b>		
3.1	安装 C51RF-4 无线 (SoC) 开发系统	33
3.1.1	开发系统硬件平台搭建	33
3.1.2	软件编译/调试平台安装	35
3.1.3	安装无线龙通讯开发下载软件	37
3.2	设置 C51RF-4 在线 DEBUG 环境和参数	39
3.3	目标模块 NRF24E1/NRF9E5 的硬件测试	45
3.4	习题和答案	46
<b>第4章 迈进短距离无线数据通信门坎</b>		
4.1	无线数据通信门坎——点到点无线通信	48
4.2	点到点无线通信的实现——软硬准备	49
4.3	点到点无线数据通信的初始化及关键函数	50
4.3.1	NRF9E5 模块初始化程序	50
4.3.2	其他重要功能函数	58
4.3.3	超时退出的实现	60
4.3.4	NRF9E5 发送和接收函数	61
4.4	发送/接收数据包装格式	63
4.5	点到点无线通信 C51 源代码	64
4.5.1	接收部分	65
4.5.2	发送部分	74
4.6	观察无线通信的实际效果	84
4.6.1	发送模块连接到 C51RF-4 开发系统下载程序	84
4.6.2	发送模块独立开始工作	84
4.6.3	接收模块连接到 C51RF-4 开发系统	85
4.7	应用: 双向无线遥控器	87
4.8	习题和答案	92
<b>第5章 巧用频率资源</b>		
5.1	无线频率分割原理	94
5.2	FDMA 实验的模块和软件准备	97
5.3	FDMA 点到多点无线通信总体结构	98
5.4	点到多点通信 C51 源代码	99



5.4.1	数据包长度变化	99
5.4.2	增加一个频道改变函数	99
5.4.3	接收程序流程图	100
5.4.4	接收程序源代码	100
5.4.5	发送程序流程图	110
5.4.6	发送程序源代码	110
5.5	观察 FDMA 无线通信的实际效果	120
5.5.1	发送模块连接到 C51RF-4 开发系统下载程序	121
5.5.2	发送模块独立工作	122
5.5.3	接收模块连接到 C51RF-4 开发系统	122
5.6	应用:无线温度传感器	123
5.7	习题和答案	129
<b>第 6 章 时间区分避免多节点无线通信冲突</b>		
6.1	时分多址原理	131
6.2	模块和软件的准备	133
6.3	TDMA 点到多点无线通信的实验结构	134
6.4	时分多址 C51 源代码	135
6.4.1	TDMA 接收主机流程图	135
6.4.2	TDMA 接收主机源代码	135
6.4.3	TDMA 发送节点流程图	144
6.4.4	TDMA 发送节点源代码	145
6.5	通过仿真观察无线通信的实际效果	154
6.5.1	系统连接以及程序下载	155
6.5.2	节点模块独立开始工作	156
6.5.3	接收模块连接到 C51RF-4 开发系统	156
6.6	应用:长距离 RFID 系统	156
6.7	习题和答案	162
<b>第 7 章 更智能地提高无线通信防冲突的效率</b>		
7.1	载波监听原理	164
7.2	实验器材的准备	165
7.3	发送/接收数据包格式	166
7.4	载波监听 C51 源代码	166
7.4.1	主机程序解析	166

7.4.2	节点程序解析 .....	176
7.5	观察无线通信的实际效果 .....	186
7.6	应用:双向家庭安全系统无线传感器 .....	188
7.7	习题和答案 .....	194
<b>第 8 章 跳频通信——在无线通信中抗干扰</b>		
8.1	跳频无线通信的概念 .....	196
8.2	实现无线跳频通信的技术关键 .....	198
8.3	无线跳频的软件实现 .....	198
8.4	FHSS 通信 C51 源代码 .....	199
8.4.1	FHSS 主机通信的实现 .....	199
8.4.2	FHSS 分机(节点)设计实现 .....	209
8.5	观察无线跳频通信的实际效果 .....	219
8.6	应用:工业控制开关量传送系统 .....	221
8.7	习题和答案 .....	225
<b>第 9 章 实现具有自组织、自我管理功能的无线数据网络</b>		
9.1	无线网络的硬件组成 .....	227
9.2	网络通信协议的组成及详解 .....	228
9.3	自组织、自我管理功能的无线数据网络 C51 源代码 .....	229
9.3.1	网络同步时段 .....	229
9.3.2	广播信号时段 .....	230
9.3.3	加入/退出网络时段 .....	235
9.3.4	网络维持及数据交换申请时段 .....	240
9.3.5	点到点数据交换时段 .....	244
9.3.6	其他重要的程序 .....	249
9.3.7	主程序 .....	254
9.4	观察无线网络通信的实际效果 .....	263
9.5	应用:病区无线监控系统 .....	266
9.5.1	电路原理 .....	266
9.5.2	网络主要程序介绍 .....	269
9.6	习题和答案 .....	282
参考文献 .....		284

# 第 1 章

## 无线通信和无线网络基础

### 1.1 嵌入式无线通信和无线网络广阔的应用前景

今天,我们已经真正进入了一个无线技术无所不在的时代。在家中,使用便利的无绳电话;出门在外,使用手机与远方的亲人通话、发短信息;开车,GPS 系统为我们导航指路;工作,使用无线网卡可以随时随地进行网上办公,等等。

随着技术的进步,无线通信和无线网络将迅速地向我们日常生活中的各个方面扩展。嵌入式的无线通信和无线网络正在向我们走来,以无线片上系统(SoC)为核心的低功耗、小体积、低价格嵌入式无线通信和无线网络系统近年来得到了迅速发展,已经产生出无数的新应用和新市场。这种新的嵌入式无线通信和无线网络,也正是本书所讨论的重点,试举以下几个实际例子。

#### 1.1.1 家庭安全系统

有一个舒适、美好、安全的住宅环境,是每个人的愿望。一套家庭安全系统(见图 1.1),可由若干个无线节点系统组成一个无线网络,所有节点均采用电池供电——安装在屋顶的自动烟雾传感器节点、安装在厨房的煤气泄漏监视传感器节点、安装在门窗上的防盗监视传感器节点,每个节点都是一个智能的系统,并通过无线网络保持双向联系。所有节点无线汇集到家庭中心无线服务器上,中心服务器连接有电话线和因特网。

如果无线节点发现火灾、气体泄漏、盗贼入侵等情况会立即报警,如果主人不在家,系统会直接通过电话和因特网自动报警。更为神奇的是,如果盗贼切断电源、切断电话或网络电缆,该系统的各个节点会聪明地自动将报警信号无线传输到邻里的家中(如果邻居家中安装类似的无线节点),通过邻居家中的电话和网络发出警报。

这样的无线节点系统优点是：

- 完全无线化。各节点间无须有任何连线,安装方便。
- 节点微型化。节点只有纽扣大小,不会影响室内美观,且不易发现。
- 微功率消耗。节点对微型电池使用智能节电管理,电池可以工作一年以上而无须更换。
- 实时双向通信。节点之间、节点和服务器的之间保持多路由双向通信,大大提高了通信可靠性。
- 无线节点单芯片化。随着技术的不断发展,现阶段每个节点成本已低于两美元,且仍在不断降低。

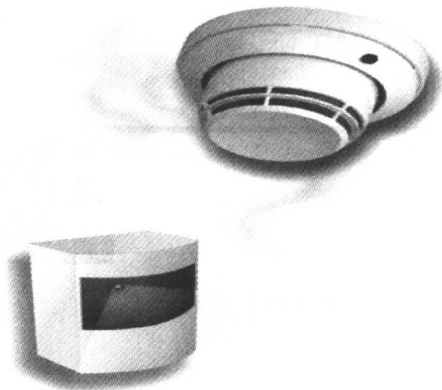


图 1.1 家庭安全系统

## 1.1.2 街头停车收费系统

随着汽车越来越多地进入寻常家庭,市区停车场的车位开始捉襟见肘,在马路边停车成了应急的选择。于是,马路边林立的收费表成为了都市的一道风景线。若我们漫步在美国纽约等城市的繁华中心区,会看到各种汽车停泊在马路两边。几辆车中间,有一个自动停车收费系统,司机投入硬币或刷卡,收费系统就会打印出一张发票,将发票放到车窗前,作为存车依据。这样的自动收费系统有一个弊病,就是查验困难,有些司机不交费或少交费也很难被查处,因为查验人员无法对每个车辆上的发票逐一检查。

我们可以使用无线技术改造这些街头停车收费系统,使每个街头的停车收费表变成一个智能的无线节点。这些节点记录停车收费的情况,并通过每个停车表的无线网络路由,建立起与其他附近收费表的无线双向网络通信。

这种新的街头无线收费表和其他传感器配合,可以提供更加智能和人性化的服务。一个希望找到最近停车位的车主,只须使用任意一个停车表,按几下键,停车表通过无线网络搜索,便会很快告诉车主哪里有最近的停车位。对于管理者,查验停车收费的工作将变得非常简单和高效,查验人员只须驾驶警车,以一定速度通过要查验的路段,无线收费表就会自动地通过无线,将当前的收费情况告知查验警车;同时还会通过加密通信,告知硬币储存量,以便及时取出。若警车发现某停泊的汽车没有交费或少交费,就可马上开出罚单。

另外,由于这些林立街头的收费表,在大都市中心建立了一个分布广泛的无线网络,我们还可以添加一些其他的应用。例如,可以增加一个醒目的红色按钮,如果有人突然发病或遇到

抢劫,可以按下这个按钮,无线收费表就会通过无线网络,自动向报警中心和急救中心发出信号。

### 1.1.3 无线读表系统

在我们日常生活中,家里的水表、电表、煤气表等都需要按时查表收费。如果每个表都采用智能无线系统(见图 1.2),自动完成水、电、气的计量,自动存储在系统存储器中,那么在需要查表时,查表员无须进入家中,无线电波穿墙而过,查表人员就可以在瞬间轻松完成读表。对于一个应用了无线读表系统的小区,每个家庭中的无线智能表和邻居家中的无线智能表自动连接成了一个无线网络,就像接力赛跑一样,一个无线节点双向通过另一个无线节点组成网状数据链,将整栋大楼的无线智能表都连接在同一个无线网络上。这样查表人员可以不用上下楼,只须查阅大楼入口处的任何一个表,便可以完成对整栋大楼的查表工作。

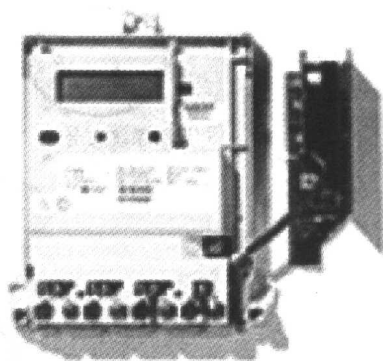


图 1.2 无线读表系统

由许多无线节点构成的双向无线读表网络系统,不仅可以方便查表,而且经过进一步改造,能源部门还可对每个单独的电、水、气表等进行实时监测和控制,达到节约能源的目的。

### 1.1.4 轮胎压力监视系统

有汽车驾驶经验的人都知道保持汽车轮胎压力的重要性。在高速驾驶中,如果轮胎突然失去压力甚至破裂,将会造成重大事故。因此,实时监视轮胎压力对安全驾驶非常重要。但是,轮胎在车辆行驶中是高速旋转的,安装任何有线的传感器都是非常困难的。

采用无线轮胎压力监视系统,无线节点被放置在汽车每个轮胎中。轮胎高速旋转时,每个节点的单片机控制传感器定时监测轮胎内的压力,并通过无线网络以无线方式将监测到的轮胎压力信息传输到驾驶台上的轮胎压力显示系统,如果轮胎压力出现异常,系统将立即发出报警信号。

在这种轮胎压力监视系统中,无线节点由单片机、收发电路、压力传感器和电池组成。它被做成一个很小的模块,固定在轮胎内部。电池可以工作两年左右的时间,每个无线节点的制作价格可以低于 3 美元。目前,一些高档汽车厂商已经开始在其最新款的车型中安装无线轮胎压力监视系统。

无线轮胎压力监视系统只是智能无线系统在汽车工业中应用的一例,从长远看,智能无线系统在汽车工业中将会有更多、更重要的应用。

在近几年推出的新款汽车中,我们可以看到越来越多的无线系统的应用,例如,丰田公司的 LS400 型轿车(见图 1.3)上就装备了最新的高性能无线遥控器,当持该遥控器的车主接近车门时,可遥控打开车门并启动汽车引擎。

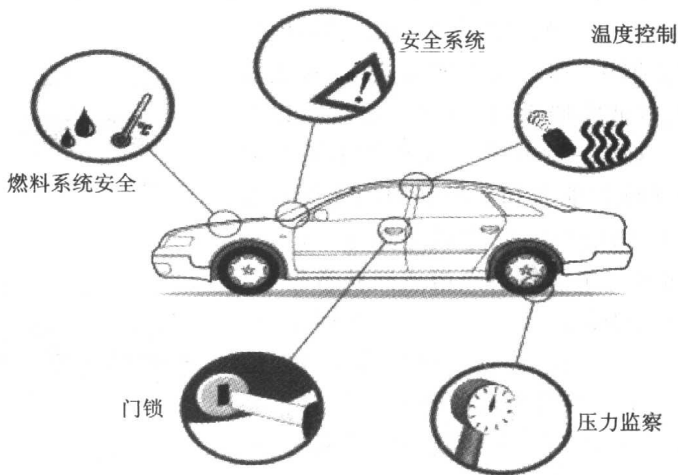


图 1.3 无线智能系统在汽车上的应用

### 1.1.5 货物跟踪管理系统

每天有成千上万的集装箱通过卡车、火车和轮船被运输到世界的各个角落。监控这些移动中的货物,是货主和运输公司共同的工作。

被做成信用卡大小的无线节点,作为电子标签,粘贴在每个集装箱上,每个无线节点都有一个独特的电子编码(EPC),存储运输信息、货物信息、客户信息等。运输过程中,通过车船上现有的卫星定位系统,调度中心和客户可以随时了解该货物的具体位置,得知收到货物的准确时间。卡车、火车或者轮船将货物运送到目的地后,收到调度中心的查询要求,调度中心便可以迅速通过车船上的无线网络,对这些电子标签的无线节点进行查询,获得相关信息。

在 2003 年的美伊战争中,美军的后勤部门就采用了类似的货物跟踪管理系统,有效地保证了美军在战争中的后勤供应。

采用智能无线节点构成的货物跟踪管理系统,类似一个个典型的长距离 RFID 系统,该系统还可以用于超市的存货管理、大型仓库的管理等方面。另外,该系统还可应用于高速公路的

收费管理：一个智能无线节点被固定在汽车挡风玻璃上，节点中存储了车主的信息，当汽车接近高速公路收费站时，收费站的收费系统和无线节点进行通信，完成车主号码校对，并自动收费，然后绿灯放行。该系统大大提高了收费效率，可以实现不停车自动收费，现在美国、加拿大的高速公路都已采用这样的自动收费系统。

### 1.1.6 农作物环境监测系统

无线技术在农业生产方面也有重要的应用，最新的农作物环境监测系统，可以对农作物长势、农业灾害和土壤墒情、气候变化等进行监测，从而确保农作物正常生长。

在农作物环境监测系统中，每个无线农作物环境监测节点由单片机构成，在每个节点上配置了不同的传感器，包括温度、湿度、光照、盐碱度等。节点间距离可以达到百米以上，几百个这样的无线节点组成的无线网络，可覆盖百亩以上的土地。每个节点既实时监视该点附近的温度、湿度等情况，同时也无线双向中转信息，将信息传输到天线范围内的其他节点上，这样即使某节点故障，附近的节点也可以建立新的通信链路，确保通信畅通。

这样的一套智能无线网络系统，不仅可以自动监视农作物环境，而且能在环境气候发生灾害性变化时及时发出警报。另外，如果加装相应功能的传感器，还可以为高价值农业产品提供防盗功能。

### 1.1.7 其他应用

嵌入式无线通信和无线网络系统的应用范围还包括公共设施自动化、无线宽带网络、仓库和物流管理、医院监护、安全管理、国防军事、水文监控等。

随着无线技术的不断发展和应用市场的不断扩大，不久的将来，我们的大部分电子产品都将是无线并可随时在线的，一个无线社会很快就将成为现实。21世纪，无线技术将继续展示其巨大的力量，并将深刻改变人们的生活方式。

---

## 1.2 无线通信的频谱和 ISM 开放频带

日常生活中，我们经常能够看到各式各样的天线。对于一个无线系统来说，能够正确地发送和接收信息是最基本的要求。天线作为无线通信中不可缺少的一部分，其基本功能就是接收和发送无线电波。发射时，把高频电流转换为电波；接收时，把电波转换为高频电流。那么这么多的电波在大气中是如何传播，如何区分哪些是我们需要的电波呢？

频谱是我们区别各种电波的一个重要依据,无线通信的频谱在 RF(Radio Frequency)这一段包括了常见的调频收音机、各种手机、无线电话、无线卫星电视等。由于从几十兆到几千兆的频谱上(如图 1.4 所示)集中了各种不同的无线应用,而且这些无线电传播都使用同一个通信媒介——大气,所以为了保证各种无线通信之间不相互干扰,就需要对无线频道的使用进行必要的管理。

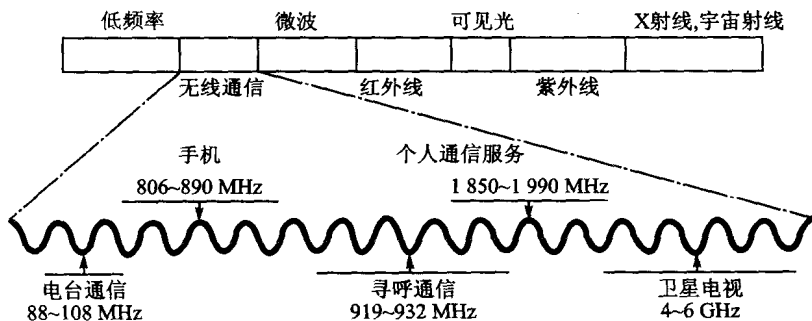


图 1.4 无线通信的频谱范围

各国的无线电管理机构负责管理 RF 频道的使用。在美国这个管理机构是美国联邦通信委员会(FCC),欧洲是欧洲电信标准化协会(ETSI),中国是中国无线电管理委员会。频道管理最基本的规则是,无线发送器的使用需要获得许可。

各国的无线管理部门也规定了某些频带无须许可就可以使用,以满足不同的需要,这些频带通常包括 ISM (Industrial Scientific and Medical) 频带。各国的无线电管理不尽相同。在美国,FCC 管理无线电频谱的分配,可用的免许可证的频带包括 27 MHz、260~470 MHz、902~928 MHz 和最常用的 2.4 GHz 频带。其中 260~470 MHz 频带对数据传送的类型有所限制,而其他频带则没有这样的限制。ISM 频道在欧洲所分配到的频率为 433 MHz、868 MHz 和 2.4 GHz。中国目前可以使用的 ISM 频率是 433 MHz 和 2.4 GHz。

除了 ISM 频带以外,在中国整个低于 135 kHz,在北美、南美和日本低于 400 kHz,也都是可以使用的免费频段。各国对无线频谱资源的管理,不仅规定了相关的 ISM 开放频道的频率,同时也严格规定了在这些频率上所使用的发射功率。在实际使用这些频率时,需要查阅各国无线频谱管理机构的具体技术要求。

中国的无线电管理要求的具体技术参数请查阅中国信息产业部发布的《微功率(短距离)无线电设备管理暂行规定》。



## 1.3 典型的无线通信系统

### 1.3.1 典型的长距离无线通信系统

典型的长距离无线通信系统如图 1.5 所示,包括 3 大部分:发送端、接收端、中继站。发送端向外界发送数据信息,如果传输距离比较远,那么当出现信号衰减时,就需要安装中继站来提高信号传送的质量,接收端把信息接收下来分析,处理使用。

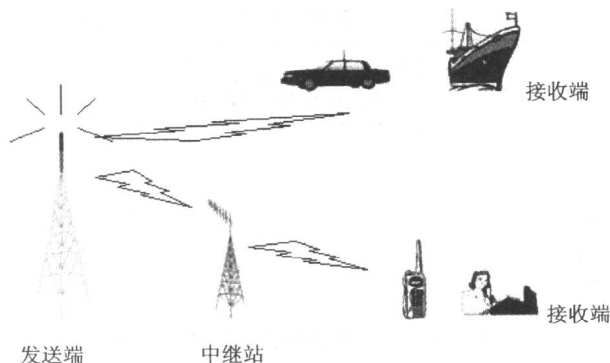


图 1.5 无线通信长距离系统示意图

长距离无线通信系统可以广泛应用于军队、武警、公安、交通运输、石油勘探、森林防火、抗洪抢险、国土勘查、电视台现场直播、海关缉私、港口作业等领域,实现人员背负、车载、船载、机载等各种条件下的灵活组网及高速实时图像、语音和各种数据信息传输。

长距离无线通信系统,大部分需要申请固定的无线频道,通信距离可以从几十米到几千里,并可以由许多无线基站组成各种无线网络。

### 1.3.2 短距离无线通信系统

随着数字通信和计算机技术的发展,许多短距离无线通信的要求被提出。短距离无线通信和长距离无线通信有很多方面的区别,主要的特征如下:

- 无线发射功率从几  $\mu\text{W}$  到小于  $100 \mu\text{W}$ 。
- 通信距离范围从几厘米到几百米。
- 主要在房间内使用。