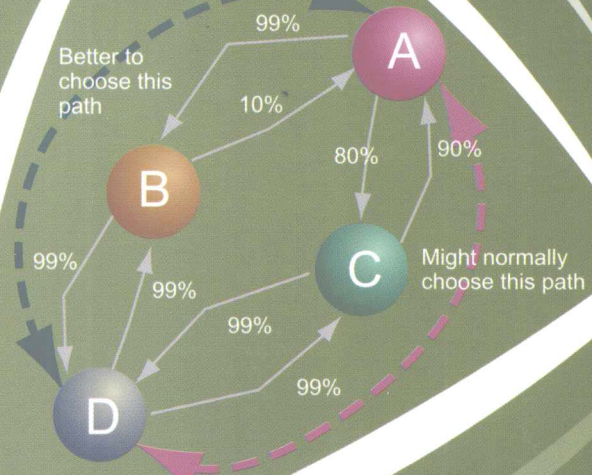
无线单片机技术丛书




Wireless

# ZigBee2007/PRO协议栈实验与实践

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

# ZigBee2007/PRO 协议栈实验与实践

李文仲　段朝玉　等编著

北京航空航天大学出版社

## 内 容 简 介

介绍掌握 ZigBee 技术的关键——ZigBee 协议栈。从 ZigBee1.0 到 ZigBee1.1，再到目前的 ZigBee PRO，协议栈的结构、功能调用、参数设置、软件代码等都有了重大的变化，掌握的难度也在不断增加。如何在这复杂的协议栈技术手册和浩瀚的代码中抓住其中的精髓？如何驾驭协议栈和实现自己的应用设计？只有靠具体动手实践，靠大量的实验去体验和观察。同时介绍了本书涉及的 ZigBee 芯片 CC2520 及相关低功耗微控制器 MSP430。

本书没有太多的理论描述，主要从实践入手，让读者更多地体会 ZigBee 协议如何用程序实现，如何利用 ZigBee 协议达到需要的目的，如何在 ZigBee 协议栈之上建立自己的应用，从而更快速地完成项目。

本书可作为从事单片机、无线应用、自动化控制、无线传感等技术的工程技术人员的学习、参考用书，也可作为高等院校的计算机、电子、自动化专业无线通信课程的教材。

**图书在版编目(CIP)数据**

ZigBee2007/PRO 协议栈实验与实践/李文仲，段朝玉等编著.
北京：北京航空航天大学出版社，2009.3
ISBN 978-7-81124-493-9

Ⅰ.Z… Ⅱ.①李…②段… Ⅲ.无线电通信—通信网 Ⅳ.TN92

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 021433 号

**ZigBee2007/PRO 协议栈实验与实践**

李文仲 段朝玉 等编著

责任编辑 孔祥燮 范仲祥 范曼华

*

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：20.5 字数：459 千字

2009 年 3 月第 1 版 2009 年 3 月第 1 次印刷 印数：5 000 册

ISBN 978-7-81124-493-9 定价：35.00 元

# 序　言

当今世界通信技术迅猛发展。ZigBee 作为一种新兴的短距离无线通信技术，正有力地推动着低速率无线个人区域网络 LR - WPAN(Low - Rate Wireless Personal Area Network)的发展。ZigBee 是基于 IEEE 802.15.4 标准的应用于无线监测与控制应用的全球性无线通信标准，强调简单易用、近距离、低速率、低功耗(长电池寿命)且极廉价的市场定位，可以广泛应用于工业控制、家庭自动化、医疗护理、智能农业、消费类电子和远程控制等领域，拥有广阔的应用前景。

ZigBee 技术核心是运行于微控制器内部的一套软件，也称之为软件 ZigBee 协议栈，负责该协议规范制定的是 ZigBee 联盟。ZigBee 联盟于 2004 年 12 月通过了 ZigBee1.0(也称 ZigBee2004)标准，之后于 2005 年 9 月公布并提供下载。

2006 年 12 月，ZigBee 联盟又推出 ZigBee1.1(也称 ZigBee2006)版。ZigBee1.1 较原有 ZigBee1.0 作了比较大的改进，例如新增 ZCL(ZigBee Cluster Library)、集团装置(Group Device)、多播(Multicast)功效及更丰富的网络拓扑，并且可以直接通过无线方式(Over The Air，OTA)进行组态配置和软件更新，此外还移除了 KVP(Key Value Pair)的信息格式。

2007 年 10 月，ZigBee 联盟推出 ZigBee2007，制订出 ZigBee Pro Feature Set(简称 ZigBee PRO)的新标准，对 ZigBee 协议栈进行了重大升级，加强了对家庭自动化(Home Automation，HA)、建筑/商业大楼自动化(Building Automation，BA)和高级抄表结构(Advanced Meter Infrastructure，AMI) 3 种应用类型的支持；同时在自动跳频以及支持更大的网络、更高级的路由算法等方面的改进和提高，将 ZigBee 协议栈的可用性和可靠性提高到一个全新的阶段。

成都无线龙通讯科技有限公司(以下简称无线龙)自 ZigBee 协议公开以来，一直专注于 ZigBee 技术的研究开发，在 ZigBee 开发系统和相关教材书籍方面，努力跟踪该技术的发展。ZigBee1.0 的协议配套教材为《ZigBee 无线网络技术入门与实战》，配套开发系统为 C51RF - JKS；ZigBee1.1 的协议配套教材为《ZigBee2006 无线网络与无线定位实战》，配套开发系统为 C51RF - 3 - PK。本教材就是专门为 ZigBee PRO 协议而作，配套系统为 C51RF - CC2520 - PK。

掌握 ZigBee 技术的关键是掌握 ZigBee 协议栈，从 ZigBee1.0 到 ZigBee1.1，再到目前的 ZigBee PRO，协议栈的结构、功能调用、参数设置、软件代码等都有了重大的变化，掌握的难度也在不断增加。如何在这复杂的协议栈技术手册和浩瀚的代码中抓住其中的精髓？如何驾驭协议栈和实现自己的应用设计？只有靠具体动手实践，靠大量的实验，去体验和观察。因此本书没有太多的理论描述。如果读者需要了解相关 ZigBee 理论，可查阅北京航空航天大学出版社出版的《ZigBee 无线网络技术入门与实战》和《ZigBee2006 无线网络与无线定位实战》两本书。如果读者具有一些 ZigBee 的理论基础知识，那么此书必定会让读者尽快地去验证并应用

这些理论。如果读者还对 ZigBee 技术一无所知，那么此书前面的小部分理论性章节会让读者对 ZigBee 技术不再陌生。如果读者已经有 ZigBee 的开发经验，那么通过本书将使读者更进一步地领会最新 ZigBee PRO 协议应用。

此书也非常适合高校 ZigBee 技术的教学，因为大量的实例让学生学习不再空洞，让学生把高深的理论知识通过本书的实验直观地演示 ZigBee 组网、ZigBee 数据传输、ZigBee 网络拓扑等功能，使学生学习起来更加得心应手。

本书第 1、2 章主要介绍 ZigBee 必要的理论知识。其中：第 1 章主要介绍了从 ZigBee 的起源到 ZigBee PRO 技术的发展历程，ZigBee 技术的基本概念和基础知识，以及 ZigBee 技术的应用和将来的发展概述；第 2 章主要介绍目前市面上普遍采用的 ZigBee 芯片，重点介绍本书涉及的 ZigBee 芯片 CC2520 及相关处理器 MSP430。

第 3 章主要对无线龙推出的经典 ZigBee 专业开发系统 PK 进行全面讲解，为后续的实践打下硬件基础。为了承接 ZigBee2006 协议开发系统，介绍了 C51RF－3－PK 系统，并对 ZigBee2007/PRO 协议推出的 C51RF－CC2520－PK 进行了更为详细的介绍。

第 4、5 章针对 ZigBee2006 协议栈两个非常具有代表性的例程进行分析。其中：第 4 章介绍了 ZigBee 网络的建立、加入、退出，以及数据传输等 ZigBee 网络的基本功能；第 5 章介绍了 ZigBee 协议中非常具有实用性的“绑定”功能。通过这两章的介绍，读者应该能在 ZigBee2006 协议栈基础上建立自己的应用，并完成基于 ZigBee2006 协议栈的项目。

第 6～8 章主要对 ZigBee2007/PRO 协议栈进行剖析。其中：第 6 章是 ZigBee2007 基础实验，主要是让读者感觉 ZigBee2007 与 ZigBee2006 的区别；第 7 章是 ZigBee PRO 基础实验，让读者第一次认识这个 ZigBee 联盟推出的新概念，并通过程序去亲身体会它的存在和优势；第 8 章是 ZigBee PRO 进阶实验，通过 ZigBee 联盟规定的家庭自动化模式实现家庭智能化演示。

第 9 章介绍无线龙在前面所有实验基础上开发的一套无线传感器网络应用。从硬件的设计，到软件的实现，最后通过上位机 PC 软件监控界面来全面监控整个基于最新 ZigBee PRO 协议的传感器网络。本章对之前所学进行了全面总结，也为学习 ZigBee 协议画上了一个圆满的句号。

无线龙的工程师们为本书的实验开发了全部代码，而且这些实验均在无线龙系列开发系统上进行了实际验证。第 4、5 章实验是在C51RF－3－PK系统上验证通过的；第 6～8 章实验是在 C51RF－CC2520－PK 系统上验证通过的；而第 9 章的无线网络传感器方案是在 C51RF－CC2520－WSN 系统上验证通过的。

希望每位读者在学习完本书后都能自己动手开发 ZigBee 相关项目，也希望本书能为读者带去一份精彩的技术人生。我们的初衷是真诚地为读者服务！

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，这本书是不会这么快出版的。

作　者

2008 年 10 月

于锦江河畔

# 目　录

## 第 1 章　ZigBee 技术概述



## 第 2 章　低功耗微控制器 MSP430 与 ZigBee 芯片 CC2520



## 第 3 章　ZigBee 无线网络多功能开发系统

## 第 4 章　ZigBee 开发入门

## 第 6 章　ZigBee2007/PRO 入门



## 第 7 章　ZigBee2007/PRO 进阶

## 第 8 章 ZigBee2007/PRO 高级应用——家庭自动化

# 第 1 章

# ZigBee 技术概述

ZigBee 是一种新兴的短距离、低速率无线网络技术。它是一种介于无线标记技术与蓝牙之间的技术提案，此前被称作 HomeRF Lite 或 FireFly 无线技术，主要用于近距离无线连接。它有自己的无线电标准，是通过数千个微小的传感器之间相互协调来实现通信的。这些传感器只需要很少的能量，以接力的方式通过无线电波将数据从一个传感器传到另一个传感器，所以通信效率非常高。而这些数据就可以进入计算机用于分析，或者被另外一种无线技术如 WiMax 收集。

## 1.1 ZigBee 技术的演变与进展

ZigBee 的基础是 IEEE 802.15.4。它是 IEEE 无线个人区域网(Personal Area Network，PAN)工作组的一项标准，被称作 IEEE 802.15.4(ZigBee)技术标准。

ZigBee 不只是 802.15.4 的名字。因为 IEEE 仅规范了低级媒体控制层(MAC)层和物理层协议，所以 ZigBee 联盟对其网络层协议和 API 进行了标准化。IEEE 802.15.4 完全协议用于一次可直接连接到一个设备的基本节点的 4 KB，或者作为 Hub 或路由器的协调器的 32 KB。每个协调器可连接多达 255 个节点，几个协调器则可形成一个网络，而对路由传输的数目则没有限制。ZigBee 联盟还开发了安全层，以保证这种便携设备不会意外泄漏其标识，而且这种利用网络的远距离传输不会被其他节点获得。

ZigBee 联盟成立于 2001 年 8 月。2002 年下半年，英国 Invensys 公司、日本 Mitsubishi 公司、美国 Motorola 公司及荷兰 Philips 半导体公司四大巨头共同宣布，它们将加盟“ZigBee 联盟”，以研发名为“ZigBee”的下一代无线通信标准。这一事件成为该项技术发展过程中的里程碑。

到目前为止，除了 Invensys、Ember、Mitsubishi、Motorola、TI(德州仪器)、Freescale(飞思卡尔)和 Philips 等国际知名的大公司外，该联盟已有 200 多家成员企业，并在迅速发展壮大。

其中涵盖了半导体生产商、IP服务提供商、消费类电子厂商及OEM商等，例如Honeywell、Eaton和Invensys Metering Systems等工业控制和家用自动化公司，甚至还有像Mattel之类的玩具公司。所有这些公司都参加了负责开发ZigBee物理和媒体控制层技术标准的IEEE 802.15.4工作组。

有关ZigBee的详细介绍，可查阅北京航空航天大学出版社出版的《ZigBee2006无线网络与无线定位实战》。

## 1.1.1 ZigBee技术的由来

在蓝牙技术的使用过程中，人们发现蓝牙技术尽管有许多优点，但仍存在着许多缺陷。对工业、家庭自动化控制和遥测遥控领域而言，蓝牙技术显得太复杂，且功耗大、距离近、组网规模太小等，因此这些领域对无线通信的需求越来越强烈。正因为如此，经过人们的长期努力，ZigBee协议于2004年正式制定。

ZigBee是一个由可多达65 000个无线数传模块组成的无线数传网络平台，十分类似现有移动通信的CDMA网或GSM网。其中每一个ZigBee网络数传模块类似移动网络的一个基站，在整个网络范围内，它们之间可以进行相互通信；每个网络节点间的距离可以从标准的75 m，到扩展后的几百米，甚至几公里。另外，整个ZigBee网络还可以与现有的其他各种网络链接。例如，可以通过互联网在北京监控云南某地的一个ZigBee控制网络。

不同的是，ZigBee网络主要为自动化控制数据传输而建立，而移动通信网主要为语音通信而建立。每个移动基站价值一般都在百万元人民币以上，而每个ZigBee“基站”却不到1 000元人民币。每个ZigBee网络节点不仅本身可以与监控对象连接，例如与传感器连接直接进行数据采集和监控，还可以自动中转别的网络节点传过来的数据资料。除此之外，每一个ZigBee网络节点(FFD)还可在自己信号覆盖的范围内，与多个不承担网络信息中转任务的孤立子节点(RFD)无线连接。

每个ZigBee网络节点(FFD和RFD)可支持多达31个的传感器和受控设备，并且每一个传感器和受控设备还可以有8种不同的接口方式。另外，ZigBee可以采集和传输数字量和模拟量。

## 1.1.2 ZigBee技术的发展历程

ZigBee是以IEEE 802.15.4标准为基础发展起来的无线通信技术。2000年12月，工作小组成立，负责起草IEEE 802.15.4标准。2002年10月，ZigBee联盟当时的成员有Philips Semiconductor、Honeywell、Mitsubishi、Invensys和Motorola等。其中Philips Semiconductor于2004年4月退出，改由Philips Lighting(飞利浦照明)接替其在ZigBee Alliance中的原

有会员位置。

2004年12月，ZigBee1.0标准（又称为ZigBee2004）出台，之后于2005年9月公布并提供下载。2006年12月，又对ZigBee1.0进行了修订，推出了ZigBee1.1版（又称为ZigBee2006）。ZigBee1.1对原有ZigBee1.0作了若干修改，例如新增ZCL（ZigBee Cluster Library）、群化式装置（Group Device）、多播（Multicast）功效，以及直接通过无线方式（Over The Air，OTA）进行组态配置。此外，还移除了KVP（Key Value Pair）的信息格式。

然而ZigBee1.1依然无法达到最初的理想，此标准又于2007年10月完成再次修订（称为ZigBee2007/PRO，或者ZigBee PRO或ZigBee2007），推出了ZigBee Pro Feature Set（简称ZigBee PRO）的新标准。此新标准ZigBee联盟更专注3种应用类型的拓展，包括家庭自动化（Home Automation，HA）、建筑/商业大楼自动化（Building Automation，BA）和先进抄表基础建设（Advanced Meter Infrastructure，AMI）。

ZigBee PRO与之前的ZigBee1.1有诸多的不同，且推翻了许多在ZigBee1.0、1.1版本中的设计，例如移除了Cskip的地址排定（Address Assignment）法。这就表示ZigBee PRO不支持1.1版本中的树状路由（Tree Routing）法。然而却同时增加了新的机制，例如或然性的地址安排（Stochastic Address Assignment）、多对一性的路由（Many to One Routing）和来源节点性的路由（Source Routing）。

另外，还增加了快速频率切换（Frequency Agility）、封包拆解（Fragmentation）与重组（Reassembly）及群组性寻址（Group Addressing）等功能，并且将安全性机制区分成标准安全与高度安全两种模式。

由于许多标准有直接以制定年份为名的习惯，因此ZigBee1.0有时也称为ZigBee2004。ZigBee1.1有时也称为ZigBee2006。ZigBee PRO有时也称为ZigBee2007。又如IEEE 802.16d于2004年完成，有时也称为IEEE 802.16 2004。另外，从修订角度而言，ZigBee1.0为Rev 7，1.1版本为Rev 13，PRO版本则为Rev 16。

自从2003年12月CHIPCON公司推出业界第一款ZigBee收发器CC2420以来，各大半导体厂家可谓百家争鸣，先后推出了许多款ZigBee收发芯片，其中仍然以CHIPCON公司最受关注。先后有多家公司推出与ZigBee收发芯片匹配的专业处理器，除了CHIPCON公司外，就以微芯公司的PIC18F4620和ATMEL公司的A222222最为成功。2004年12月，CHIPCON公司推出了全球第一个IEEE 802.15.4/ZigBee片上系统（SoC）解决方案——CC2430无线单片机。该款芯片内部集成了一颗增强型的8051内核以及业内性能卓越的ZigBee收发器CC2420。2005年12月，CHIPCON公司再接再厉，推出了内嵌定位引擎的ZigBee/IEEE 802.15.4解决方案CC2431。

2006年2月，TI公司收购了CHIPCON公司，以巩固其在RF行业的龙头地位。之后，TI公司在发布的ZigBee收发器以及无线单片机上进行不断修订，也陆续开发出了许多具有针对性的开发系统，并于2006年10月把其自身的MSP430处理器用于对ZigBee收发器的控制，

而且在2007年5月又推出了整套CC2420+MSP430 ZigBee/IEEE 802.15.4 Development Kit开发包。另外,TI公司于2008年2月,推出了第二代ZigBee/IEEE 802.15.4收发芯片CC2520;2008年4月,推出了ZigBee协处理器CC2480;2008年6月,推出了2.4 GHz放大芯片CC2591。

在国内,嵌入式无线开发工具供应商成都无线龙通讯科技有限公司(以下称无线龙)从2005年就开始进行ZigBee无线网络技术研发,并相继跟随芯片发展步伐推出相关ZigBee开发工具。例如ZigBee2004开发系统C51RF-3-JKS,配套北京航空航天大学出版社出版的《ZigBee无线网络技术入门与实战》;ZigBee2006开发系统C51RF-3-PK,配套北京航空航天大学出版社出版的《ZigBee2006无线网络与无线定位实战》;ZigBee2007开发系统C51RF-CC2520-PK,配套北京航空航天大学出版社出版的《ZigBee2007/ PRO协议栈实验与实践》;ZigBee协处理器CC2480开发工具ARMRF2-STR911。

不仅是硬件,软件方面TI公司也跟进得相当快,而且是唯一一家免费公开协议栈的公司。

2007年1月,TI公司宣布推出ZigBee协议栈(Z-Stack),并于2007年4月提供免费下载版本V1.4.1。Z-Stack达到ZigBee测试机构德国莱茵集团(TUV Rheinland)评定的ZigBee联盟参考平台(golden unit)水平,目前已为全球众多ZigBee开发商所广泛采用。Z-Stack符合ZigBee2006规范,支持多种平台,其中包括面向IEEE 802.15.4/ZigBee的CC2430片上系统解决方案、基于CC2420收发器的新平台以及TI公司的MSP430超低功耗微控制器(MCU)。

除了全面符合ZigBee2006规范以外,Z-Stack还支持丰富的新特性,如无线下载,可通过ZigBee网状网络(Mesh Network)无线下载节点更新。Z-Stack还支持具备定位感知(Location Awareness)特性的CC2431。上述特性使用户能够设计出可根据节点当前位置改变行为的新型ZigBee应用。

Z-Stack与低功耗RF开发商网络,是TI公司为工程师提供的广泛性基础支持的一部分,其他支持还包括培训和研讨会、设计工具与实用程序、技术文档、评估板、在线知识库、产品信息热线以及全面周到的样片供应服务。

2007年7月,Z-Stack升级为V1.4.2,之后对其进行了多次更新,并于2008年1月升级为V1.4.3。2008年4月,针对MSP430F4618+CC2420组合把Z-Stack升级为V2.0.0;2008年8月,升级为Z-Stack V2.0.0,支持CC2520+MSP430;2008年7月,Z-Stack升级为V2.1.0 ,支持ZigBee PRO and Smart Energy。

Z-Stack 2.1.0软件全面支持ZigBee与ZigBee PRO特性集并符合最新智能能源规范,非常适用于高级电表架构(AMI)。Z-Stack 2.1.0软件可与无线龙的C51RF-CC2520-PK平台协同工作。该平台包括MSP430超低功耗微控制器、CC2520 RF收发器以及CC2591距离扩展器,通信距离可达数公里。该软件提供了其所支持的应用范例库,其中包括智能能源、

家庭自动化以及无线下载（OAD）等功能。

目前，TI 公司一共推出了 3 种 ZigBee 方案：方案 1 为单芯片（SOC）CC2430/ CC2431；方案 2 为协处理器（CC2480）方案，提供 AT 命令接口；方案 3 为微控制器加射频收发器（CC2520/CC2420）。

方案 1 和 3 功耗理想，其中方案 1 是单芯片方案，集成度高；方案 3 是采用 TI MSP430 加上外置的射频收发器。方案 2 的 ZigBee 协处理器可以与任何微控制器接口，下一步还将与 DSP 对接，因此方案 2 更加灵活，易于尽快上市。

对于方案 1，无线龙提供的开发平台是 C51RF－3－PK；对于方案 2，提供的开发平台是 RF2－STR911；对于方案 3，提供的开发平台是 C51RF－CC2520－PK。相关开发平台介绍，详见第 3 章。

## 1.2　ZigBee 技术特点

ZigBee 技术特点包括以下几方面。

- 可靠：采用了碰撞避免机制，同时为需要固定带宽的通信业务预留了专用时隙，避免了发送数据时的竞争和冲突；节点模块之间具有自动动态组网的功能，信息在整个 ZigBee 网络中通过自动路由的方式进行传输，从而保证了信息传输的可靠性。
- 时延短：针对时延敏感的应用做了优化，通信时延和从休眠状态激活的时延都非常短。通常时延都在 15～30 ms 之间。
- 网络容量大：可支持高达 65 000 个节点。
- 安全：ZigBee 提供了数据完整性检查和鉴权功能，加密算法采用通用的 AES－128。
- 高保密性：采用 64 位出厂编号，并支持 AES－128 加密。
- 数据传输速率低：只有 10～250 KB/s，专注于低传输应用。
- 功耗低：在低功耗待机模式下，两节普通 5 号干电池可使用 6 个月到 2 年，免去了充电或者频繁更换电池的麻烦。这也是 ZigBee 的支持者一直引以为自豪的独特优势。
- 成本低：因为 ZigBee 数据传输速率低，协议简单，且 ZigBee 协议免收专利费，所以大大降低了成本。
- 优良的网络拓扑能力：ZigBee 设备具有无线网络自愈能力，ZigBee 具有星、树和网状网络结构的能力，因此通过 ZigBee 无线网络拓扑能简单地覆盖广阔范围。
- 有效范围大：有效覆盖范围为 10～75 m（通过功放可在低功耗条件实现 1 000 m 以上的通信距离），具体依据实际发射功率的大小和各种不同的应用模式而定，基本上能够覆盖普通家庭或办公室环境。
- 工作频段灵活：使用的频段分别为 2.4 GHz（全球）、868 MHz（欧洲）及 915 MHz（美

国),均为免执照频段。

ZigBee 技术和 RFID 技术在 2004 年就被列为当今世界发展最快,市场前景最广阔的 10 大最新技术中的两个。关于这方面的报道,只需在百度或 GOOGLE 搜索栏中键入“ZigBee”,就会看到大量的有关报道。总之,今后若干年,都将是 ZigBee 技术飞速发展的时期。

尽管,国内不少人已经开始关注 ZigBee 这门新技术,而且也有不少单位开始涉足 ZigBee 技术的开发工作,然而,由于 ZigBee 本身是一种新的系统集成技术,应用软件的开发必须与网络传输、射频技术和底层软硬件控制技术结合在一起,因而深入理解这个来自国外的新技术,再组织一个在这几个方面都有丰富经验的配套队伍,本身就不是一件容易的事情。因此到目前为止,国内除了成都无线龙等几家公司外,有关 ZigBee 开发的公司还是很少。但可喜的是,随着无线龙 ZigBee 各个系列的实用开发系统推向市场(可通过 http://www.c51rf.com 查看最新的消息),目前各大高校以及公司相继加入了 ZigBee 的开发行列中。

## 1.3 ZigBee2007/PRO 特性

ZigBee2007 规范定义了 ZigBee 和 ZigBee PRO 的两个特性集。全新 ZigBee2007 规范构建于 ZigBee2006 之上,不但提供了增强型功能,而且在某些网络条件下还具有向后兼容性。

### 1.3.1 ZigBee 与 ZigBee PRO 比较

ZigBee 特性集提供了树寻址、AODV 网状路由、单播、广播和群组通信,以及安全等特性。相比之下,ZigBee PRO 用随机寻址取代了树寻址;其虽然包括了 ZigBee2006 和 ZigBee2007 规范中所使用的相同的 AODV 路由,但却提供了多对一源路由备选方案。ZigBee PRO 还增加了有限的广播寻址功能,并增加了对“高级”安全性的支持功能。ZigBee 和 ZigBee PRO 特性集均对可选频率捷变和拆分提供了更多的支持。

ZigBee 的树寻址按照等级分配地址。ZigBee PRO 采用的随机寻址法随机地为设备分配地址,并通过不断监控和达到“管理”流量将冲突挑选出来。ZigBee 不仅受益于可靠、独特的寻址方法,而且不存在经常性的监控通信与处理地址冲突的开销。但 ZigBee PRO 却得益于调整功能,如当通信限制会导致一个由多个(5 个以上)跳频(Hop)组成的网络时,或当一个网络由多个移动终端设备组成时,该优势是以不断增加的启动延迟为代价的。这是因为 ZigBee PRO 必须允许一定的时间用来解决地址冲突问题,而对于树寻址而言则并非必须。

ZigBee 和 ZigBee PRO 路由均使用 Ad Hoc 方式的按需距离矢量(AODV)路由协议,但是只有 ZigBee PRO 可支持多对一源路由选项。在牺牲一个较大协议栈的前提下,多对一源路由实现了快速路由建立,此时多个设备(如传感器)均向一个接收器(Sink)报告(如网关设