

高等学校物联网工程专业规划教材

物联网工程 实验指导书

彭 力 编著



化学工业出版社

高等学校物联网工程专业规划教材

物联网工程实验指导书

彭 力 编著



化学工业出版社

· 北 京 ·

本书首先介绍了物联网的各项基础技术,阐述了其概念、原理及其应用。其次介绍了 WSN-500 物联网实验箱系统,详细描述了其软、硬件平台的功能。结合 WSN-500 物联网实验箱系统,编写了一系列物联网基础实验,包括实验目的和要求、实验原理、实验步骤、实验结果等内容。

本书可作为本科、专科物联网、自动化、计算机等相关专业的教材,既可以带领初学者迅速入门,也可为研究人员提供较为详细的参考。

图书在版编目(CIP)数据

物联网工程实验指导书 / 彭力编著. —北京: 化学工业出版社, 2012.8

高等学校物联网工程专业规划教材

ISBN 978-7-122-14885-8

I. ①物… II. ①彭… III. ①互联网络-应用-高等学校-教学参考资料②智能技术-应用-高等学校-教学参考资料 IV. ①TP393.4②TP18

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 161663 号

责任编辑: 刘 哲 杨 宇

文字编辑: 吴开亮

责任校对: 周梦华

装帧设计: 张 辉

出版发行: 化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)

印 装: 三河市延风印装厂

787mm×1092mm 1/16 印张 7¼ 字数 166 千字 2012 年 10 月北京第 1 版第 1 次印刷

购书咨询: 010-64518888(传真: 010-64519686) 售后服务: 010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

定 价: 17.00 元

版权所有 违者必究



近年来,物联网技术受到人们的广泛关注。物联网(Internet of Things),指的是将各种信息传感设备,如射频识别(RFID)装置、红外感应器、全球定位系统、激光扫描器等各种装置与互联网结合起来而形成的一个巨大网络。它是未来网络的整合,以标准、互通的通信协议为基础,具有自我配置能力的全球性动态网络设施。在这个网络中,所有实质和虚拟的物品都有特定的编码和物理特性,通过智能界面无缝链接,实现信息共享,其目的是让所有的物品都与网络连接在一起,系统可以自动地、实时地对物体进行识别、定位、追踪、监控并触发相应事件。

和传统的互联网相比,物联网有其鲜明的特征。首先,它是各种感知技术的广泛应用。物联网上部署了海量的多种类型传感器,每个传感器都是一个信息源,不同类别的传感器所捕获的信息内容和信息格式不同。传感器获得的数据具有实时性,按一定的频率周期性地采集环境信息,不断更新数据。其次,它是一种建立在互联网上的泛在网络。物联网技术的重要基础和核心仍旧是互联网,通过各种有线和无线网络与互联网融合,将物体的信息实时准确地传递出去。在物联网上的传感器定时采集的信息需要通过网络传输,由于其数量极其庞大,形成了海量信息,在传输过程中,为了保障数据的正确性和及时性,必须适应各种异构网络和协议。第三,物联网不仅仅提供了传感器的连接,其本身也具有智能处理的能力,能够对物体实施智能控制。物联网将传感器和智能处理相结合,利用云计算、模式识别等各种智能技术,扩充其应用领域,从传感器获得的海量信息中分析、加工和处理出有意义的信息,以适应不同用户的需求,发现新的应用领域和应用模式。

可以肯定,在工业化与信息化融合的大背景下,物联网会是工业乃至更多行业信息化过程中一个比较现实的突破口。物联网的推广将会成为推进经济发展的又一个驱动器,为产业开拓了又一个潜力无穷的发展机会。

本书是作者在多年来对物联网的理论研究和教学的基础上编写的。全书首先介绍了物联网的各项基础技术的概念、原理及其应用。其次,结合 WSN500 物联网实验箱系统,编写了一系列物联网基础实验。本书结构合理,介绍详细,既可以带领初学者迅速入门,也可为研究人员提供较为详细的参考。如本书能为该领域的研究工作做出一定贡献,将是对所有为本书的出版付出辛勤劳动的参编人员最好的鼓励。

笔者诚挚地感谢参与本书资料收集和整理的老师和同学们,感谢冯伟老师以及马晓贤、张佳宇、戴菲菲、陈容、韩潇、赵山、贾云龙等研究生付出的辛勤劳动,也对其他对本书的出版做出贡献的人给予感谢。

由于水平有限,本书中还存在一些不足和缺陷,真诚地期待读者进行批评指正。

彭力

2012年6月于无锡



第 1 章 物联网技术基础	1
1.1 短距离无线通信及无线局域网技术	1
1.1.1 短距离无线通信技术概述	1
1.1.2 无线局域网与 IEEE802.11 标准族	1
1.2 蓝牙技术	2
1.2.1 蓝牙技术的工作原理	2
1.2.2 蓝牙网络基本结构	3
1.2.3 蓝牙的协议栈	4
1.2.4 蓝牙的特点	5
1.2.5 蓝牙技术的应用	6
1.3 Wi-Fi 技术	7
1.3.1 Wi-Fi 技术的概念	7
1.3.2 Wi-Fi 网络结构和原理	8
1.3.3 Wi-Fi 技术的应用	10
1.4 ZigBee 技术	10
1.4.1 ZigBee 技术概述	11
1.4.2 ZigBee 物理层	12
1.4.3 ZigBee 数据链路层	13
1.4.4 ZigBee 网络层	14
1.4.5 ZigBee 应用层	17
1.4.6 ZigBee 技术的特点	18
1.5 超宽带 (UWB) 技术	19
1.5.1 UWB 技术的概念	19
1.5.2 UWB 无线通信系统的关键技术	20
1.5.3 UWB 技术的特点	22
1.5.4 UWB 技术的应用	22
思考题	23

第2章 WSN500 软、硬件研发平台 24

2.1 WSN500 硬件平台	24
2.1.1 WSN500-GATEWAY 嵌入式网关	27
2.1.2 WSN500-CC2530BB 节点电池底板	30
2.1.3 WSN500-CC2530EM 节点模块	34
2.1.4 WSN500-CC Debugger 多功能仿真器	35
2.1.5 WSN500-Sensor-Infrared 热释电红外线传感器扩展板	37
2.1.6 WSN500-Sensor-Luminance 亮度传感器扩展板	38
2.1.7 WSN500-Sensor-Temperature/Humidity 温湿度传感器扩展板	39
2.1.8 WSN500-Sensor-Accelerometer 三轴加速度传感器扩展板	40
2.1.9 WSN500-Sensor-Gases 广谱气体传感器扩展板	40
2.1.10 WSN500-Sensor-Pressure 大气压力传感器扩展板	41
2.2 WSN500 软件开发平台	42
2.2.1 IAR Embedded Workbench	42
2.2.2 SmartRF Flash Programmer	43
2.2.3 SmartRF Studio	44
2.2.4 Packet Sniffer	44
2.2.5 Z-Tool	45
2.2.6 Z-Converter	45
2.2.7 Wireless Sensor Network Monitor	45
2.2.8 串口调试助手	46
2.2.9 Z-Stack V2.2.0	47

第3章 实验及应用开发前的准备工作 48

3.1 硬件平台的准备工作	48
3.2 软件平台的准备工作	48

第4章 物联网基础实验 51

4.1 无线微控制器基础实验	51
4.1.1 实验目的与要求	51
4.1.2 实验设备	51
4.1.3 实验原理	51
4.1.4 实验步骤	52
4.1.5 实验结果	58
4.2 外部中断实验	58
4.2.1 实验目的与要求	58
4.2.2 实验设备	58

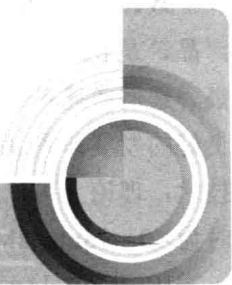
4.2.3	实验内容	59
4.2.4	实验原理	59
4.2.5	实验步骤	60
4.2.6	实验结果	60
4.3	传感器数据读取实验	60
4.3.1	实验目的与要求	60
4.3.2	实验设备	60
4.3.3	实验内容	60
4.3.4	实验步骤	61
4.3.5	实验结果	62
4.4	网关控制实验	62
4.4.1	实验目的与要求	62
4.4.2	实验设备	63
4.4.3	实验内容	63
4.4.4	实验原理	63
4.4.5	实验步骤	65
4.5	ZigBee 网络监控实验	65
4.5.1	实验目的与要求	65
4.5.2	实验设备	66
4.5.3	实验内容	66
4.5.4	实验原理	66
4.5.5	实验步骤	68
4.5.6	实验结果	68
	思考题	68

附 录 69

附录 A	快速体验基于 ZigBee2007/PRO 的无线传感器网络监控系统	69
附录 B	构建自己的网络分析仪	90
附录 C	电路原理图	101

参考文献 108

第 1 章 物联网技术基础



1.1 短距离无线通信及无线局域网技术

1.1.1 短距离无线通信技术概述

近年来,由于数据通信需求的推动,加上半导体、计算机等相关电子技术领域的快速发展,短距离无线与移动通信技术也经历了一个快速发展的阶段,WLAN(无线局域网)技术、蓝牙技术、UWB 技术,以及紫蜂(ZigBee)技术、射频识别(RFID)技术等,取得了令人瞩目的成就。

短距离无线通信通常指的是 100m 以内的通信,分为高速短距离无线通信和低速短距离无线通信两类。高速短距离无线通信最高数据速率 $>100\text{Mb/s}$,通信距离 $<10\text{m}$,典型技术有高速 UWB、WirelessUSB。低速短距离无线通信的最低数据速率 $<1\text{Mb/s}$,通信距离 $<100\text{m}$,典型技术有蓝牙、紫蜂和低速 UWB。

1.1.2 无线局域网与 IEEE802.11 标准族

WLAN 顾名思义是一种借助无线技术取代以往有线信道方式构成计算机局域网的手段,以解决有线方式不易实现的计算机的可移动性,使其应用更加不受空间限制。

无线接入技术主要包括 IEEE 的 802.11、802.15、802.16 和 802.20 标准,分别为无线局域网 WLAN、无线个人域网 WPAN、蓝牙、无线城域网 WMAN 等。其中,基于 802.11 协议的无线局域网接入技术又被称为无线保真技术(Wireless Fidelity, Wi-Fi)。

IEEE 802.11 无线局域网(WLAN)是 IEEE 最初制定的,是计算机网络与无线通信技术相结合的产物,包括 IEEE 802.11a、IEEE 802.11b 和 IEEE 802.11g。IEEE 802.11a 主要用来解决办公室局域网和校园网中用户与用户终端的无线接入。工作在 5GHz UNII(Unlicensed National Information Infrastructure)频带,物理层速率 54Mb/s,传输层速率 25Mb/s。它采用正交频分复用(OFDM)扩频技术,可提供 25Mb/s 的无线 ATM 接口、10Mb/s 的以太网无线帧结构接口

以及 TDD/TDMA 的空中接口,支持语音、数据、图像业务。一个扇区可接入多个用户,每个用户可带多个用户终端。其缺点是芯片没有进入市场,设备昂贵,空中接力不好,点对点连接很不经济,不适合小型设备。

Wi-Fi (Wireless Fidelity, 无线保真) 是属于无线局域网的一种,通常是指 IEEE 802.11b 产品,是利用无线接入手段的新型局域网解决方案。Wi-Fi 的主要特点是传输速率高、可靠性高、建网快速、便捷、可移动性好、网络结构弹性化、组网灵活、组网价格较低等,因此具有良好的发展前景。IEEE 802.11b 工作频段为 2.4GHz 的 ISM 自由频段,采用直接序列扩频(DSSS)技术,理论上可以达到 11Mb/s 速率。当带宽是 2Mb/s 时,典型通信距离为 30~45m, 2Mb/s 时为 40~75m, 2Mb/s 时为 75~100m。

IEEE 802.11g 使用了与 IEEE 802.11b 相同的 2.4GHz 的 ISM 免特许频段。它采用了两种调制方式,即 IEEE 802.11a 所采用的 OFDM 和 IEEE 802.11b 所采用的 CCK。通过采用这两种分别与 IEEE 802.11a 和 IEEE 802.11b 相同的调制方式,使 IEEE 802.11g 不但达到了 IEEE 802.11a 的 54 Mb/s 的传输速率,同时也实现了与现在广泛存在的采用 IEEE 802.11b 标准设备的兼容。IEEE 802.11g 已经被大多数无线网络产品制造商选择作为下一代无线网络产品的标准。

1.2 蓝牙技术

蓝牙技术是一种无线数据与语音通信的开放性全球规范,它以低成本的近距离无线连接为基础,为固定与移动设备通信环境建立一个特别连接的短程无线电技术。其实质是要建立通用的无线电空中接口及其控制软件的公开标准,使不同厂家生产的便携式设备在没有电线或电缆相互连接的情况下,能在近距离范围内具有互用、互操作的性能,代替固定通信设备与移动通信设备之间的电缆,实现相互之间的连接。例如,利用蓝牙技术,可以把任何一种原来需要通过信号传输线连接的数字设备,改为无线方式连接,并形成围绕个人的网络。无论在何处,无论是哪种数字设备在手,利用蓝牙技术,都可以使其与周围的数字设备建立联系,共享这些设备中的数据库、电子邮件等。比如,可以用移动电话接收 PC 中的电子邮件,可以用电冰箱来告诉微波炉里面有什么原料,让微波炉提出菜单选项等。

1.2.1 蓝牙技术的工作原理

蓝牙的基本原理是依靠专用的蓝牙芯片,使蓝牙设备在短距离范围内发送无线电信号来寻找另一个蓝牙设备,一旦找到,相互之间便开始通信、交换信息。蓝牙的无线通信技术采用每秒 1600 次的快跳频和短分组技术,以减少干扰和信号衰弱,保证传输的可靠性;以时分方式进行全双工通信,传输速率设计为 1MHz;采用前向纠错(FEC)编码技术,减少远距离传输时的随机噪声影响。其工作频段为非授权的工业、医学、科学频段,保证能在全球范围内使用这种无线通用接口和通信技术,语音采用抗衰弱能力很强的连续可变斜率调制(CVSD)编码方式以提高话音质量,采用频率调制方式以降低设备的复杂性。

蓝牙核心系统包括射频收发器、基带及协议堆栈。该系统可以提供设备连接服务,并支持在这些设备之间变换各种类别的数据。蓝牙系统支持点对点以及点对多点通信的通信方式,系

统的网络结构为拓扑结构，有两种形式——微微网（Piconet）和分布式网络（Scatternet）。微微网是通过蓝牙技术连接起来的一种微型网络，如图 1.1 所示。一个微微网可以只是两台相连的设备，比如一台便携式电脑和一部移动电话，也可以是多台连在一起的设备。在一个微微网中，所有设备的级别是相同的，具有相同的权限。在微微网初建时，定义其中一个蓝牙设备为主设备，其余设备则为从属设备。分布式网络是由多个独立的非同步的微微网组成的，它依靠调频顺序识别每个微微网。同一微微网中所有用户都与这个调频顺序同步。一个分布网络中，在带有 10 个全负载的独立的微微网的情况下，全双工数据速率超过 6Mb/s。

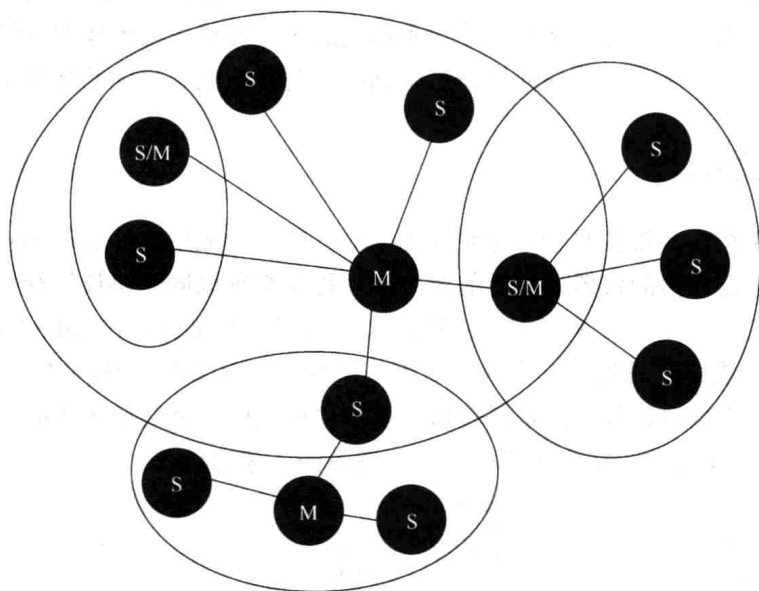


图 1.1 由 4 个微微网组成的散点图

S—从属设备；M—主设备

1.2.2 蓝牙网络基本结构

蓝牙系统由天线单元、链路控制单元、链路管理单元、软件功能四个单元组成，如图 1.2 所示。

(1) 天线单元

实现蓝牙技术的集成电路芯片要求其天线部分的体积要小、重量要轻，因此，蓝牙天线属于微带天线。蓝牙技术的空中接口是建立在天线电平为 0dBm 的基础上的。空中接口遵循 FCC 有关电平为 0dBm 的 ISM 频段的标准。

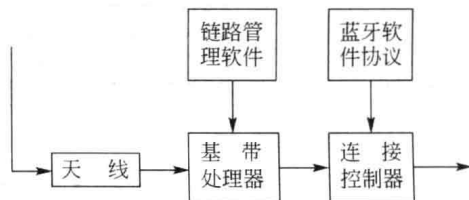


图 1.2 蓝牙系统各单元的连接关系

蓝牙系统的无线发射功率符合 FCC 关于 ISM 波段的要求，由于采用扩频技术，发射功率可增加到 100MW。系统的最大跳频为 1600 跳/s。在 2.402GHz 和 2.480GHz 之间，采用 79 个 1MHz 带宽的频点。系统的设计通信距离为 0.1~10m。如果增加发射功率，距离可以达到 100m。

(2) 链路控制单元

蓝牙产品的链路控制硬件单元包括 3 个集成器件：链路控制器、基带处理器以及射频传输

/接收器。此外，还使用了 3~5 个单独调谐元件，基带链路控制器负责处理基带协议和其他一些低层常规协议，蓝牙基带协议是电路交换与分组交换的结合。采用时分双工实现全双工传输。

(3) 链路管理单元

链路管理 (LM) 软件模块携带了链路的数据设置、鉴权、链路硬件配置和其他一些协议。LM 能够发现其他远端 LM，并通过 LMP (链路管理协议) 与之通信。

(4) 软件功能单元

蓝牙设备应具有互操作性。对于某些设备，从无线电兼容模块和空中接口到应用协议和对象交换格式，都要实现互操作性；另外一些设备（如头戴式设备）的要求则宽松得多。蓝牙计划的目标就是要确保任何带有蓝牙标记的设备都能进行互操作。蓝牙技术系统中的软件模块是一个独立的操作系统，不与其他任何操作系统捆绑，符合已制定好的蓝牙规范。

1.2.3 蓝牙的协议栈

提出蓝牙技术协议标准的目的是，允许遵循标准的各种应用能够进行相互间的操作。为了实现互操作，在与之通信的仪器设备上的对应应用程序必须以同一协议运行。图 1.3 所示的协议列表是一个支持业务卡片交换应用的协议栈（自上至下）实例：vCard→OBEX→RFCOMM→L2CAP→基带。该协议栈包括一个内部对象表示规则、vCard、无线传输协议及其他部分。不同应用可运行于不同协议栈，但是每个协议栈都要使用同一公共蓝牙数据链路的物理层。图 1.3 就是互操作应用支持的蓝牙应用模型之上的完整的蓝牙协议栈。

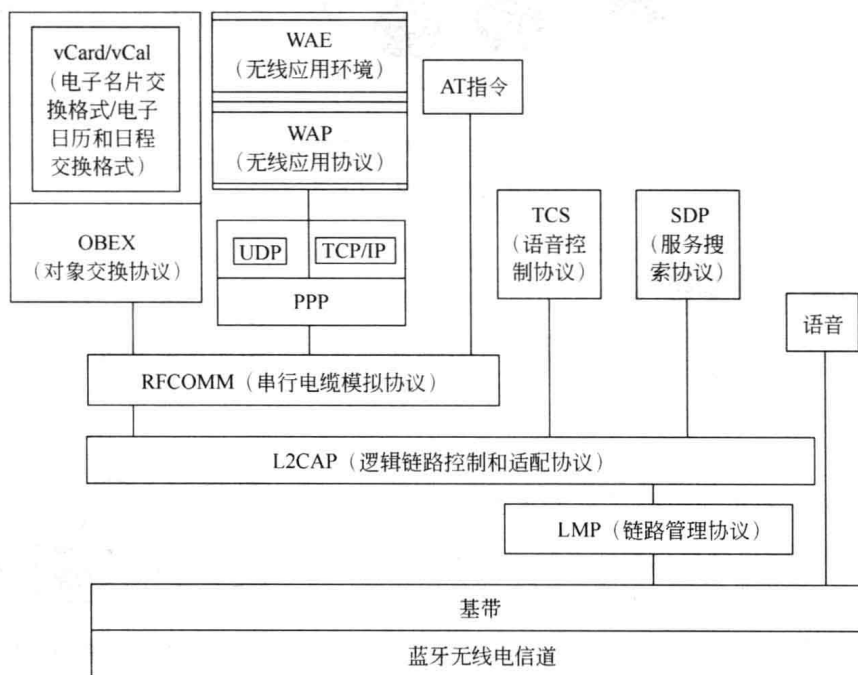


图 1.3 蓝牙协议栈

整个蓝牙协议栈包括蓝牙指定协议 (LMP 和 L2CAP) 和非蓝牙指定协议 (如对象交换协议 OBEX 和用户数据报协议 UDP)。设计协议和协议栈的主要原则是尽可能利用现有的各种高层协议，以保证现有协议与蓝牙技术的融合以及各种应用之间的互通性，充分利用兼容蓝牙技术标准的软硬件系统。

蓝牙技术标准体系结构中的协议可分为以下四层。

① 核心协议 BBP（基带协议）、LMP（链路管理协议）、L2CAP（逻辑链路控制和适配协议）、SDP（服务搜索协议）等。

② 电缆替代协议 RFCOMM（基于 ETSI TS 07.10 的串行电缆模拟协议）。

③ 电话传送控制协议 TCS 二进制、AT 命令集。

④ 可选协议 PPP（点对点协议）、UDP/TCP/IP、OBEX（对象交换协议）、WAP（无线应用协议）、vCard、vCal、IrMC、WAE（无线应用环境）。

除上述协议层外，蓝牙标准还定义了主机控制器接口（HCI），它为基带控制器、链路管理器、硬件状态和控制寄存器提供命令接口。HCI 位于 L2CAP 的下层，也可以位于 L2CAP 的上层。

1.2.4 蓝牙的特点

蓝牙技术是一种短距离无线通信的技术规范，它最初的目标是取代现有的掌上电脑、移动电话等各种数字设备上的有线电缆连接。

蓝牙技术的特点可以归纳为如下几点。

（1）全球范围适用

蓝牙设备工作的频段选在全球通用的 2.4GHz 的 ISM（即工业、科学、医学）频段，这样用户不必经过申请就可在 2400~2500m 范围内选用适当的蓝牙无线电收发器频段。其组件主要是芯片与无线电收发器两部分。芯片底部附有 USB 转换板，用来连接电脑、电话或其他电子产品。当芯片收到电子信号后，就将其转化成无线电信号，送到无线电收发器发送出去。它能够穿过固体和非金属物质传送，其一般连接范围是 1~10m，但通过增加传送能量的方法，其范围可扩大到 100m。

（2）TDMA 结构

蓝牙技术的传输速率设计为 1Mb/s，以时分方式进行全双工通信。其基带协议是电路交换和分组交换的组合，一个跳频频率发送一个同步分组，每个分组占用一个时隙，也可以扩展到 5 个时隙。蓝牙技术支持一个异步数据通道，或三个并发的同步话音通道，或一个同时传送异步数据和同步话音的通道，每一个话音通道支持 64Kb/s 的同步话音。异步通道支持最大速率 721Kb/s、反向应答速率 57.6Kb/s 的非对称连接，或者是 432.6Kb/s 的对称连接。

（3）使用跳频技术

蓝牙技术采用跳频（Frequency Hopping, FH）扩展频谱的技术来解决干扰的问题。跳频技术是把频带分成若干个跳频信道，在一次连接中，无线电收发器按一定的码序列不断地从一个信道跳到另一个信道，只有收发双方是按这个规律进行通信的，其他的干扰不可能按同样的规律进行干扰。跳频的瞬时带宽是很窄的，但通过扩展频谱技术可使这个窄带宽成百倍地扩展成宽带宽，使可能的干扰影响变得很小。因此，这种无线电收发器是窄带、低功率的，成本低廉，但具有很高的抗干扰性。

（4）组网灵活性强

设备和设备之间是平等的，无严格意义上的主设备，这使得测试设备与被测设备之间、被测设备与被测设备之间以及测试设备与测试设备之间数据交换更加便利灵活。甚至被测设备也能发出测试请求，从而为测试系统的智能化提供了更可靠的保障依据，特别是对于多传感数据融合测试系统具有更广泛的实用意义。

(5) 成本低

为了能够替代一般电缆,它必须具备和一般电缆差不多的价格,才能被广大普通消费者所接受,也才能使这项技术普及开来。随着市场的不断扩大,供应商纷纷推出自己的蓝牙芯片和模块,蓝牙产品价格正飞速下降。

1.2.5 蓝牙技术的应用

跳频、TDD 和 TDMA 等技术的使用,使实现蓝牙技术的射频电路较为简单,通信协议的大部分内容可由专用集成电路和软件实现,保证了采用蓝牙技术的仪器设备的高性能和低成本。就目前的发展来看,蓝牙技术已经或将较快地与如下设备或系统融为一体。

(1) 在手机上的应用

嵌入蓝牙芯片的移动电话已经出现,它可实现一机三用:在办公室可作为内部无线电话;回家后可当作无绳电话;在室外或乘车途中可将移动电话与掌上电脑或个人数字助理(PDA)结合起来,并通过嵌入蓝牙技术的局域网接入点访问因特网。同时,借助嵌入蓝牙芯片的头戴式话筒和耳机以及语音拨号技术,不用动手就可以接听或拨打移动电话。

(2) 在掌上电脑中的应用

掌上电脑已越来越普及,嵌入蓝牙芯片的掌上电脑可提供各种便利。通过嵌有蓝牙芯片的掌上电脑,不仅可编写电子邮件,还可立即通过周围的蓝牙仪器设备发送出去。

(3) 在其他数字设备上的应用

数字照相机、数字摄像机等设备装上蓝牙芯片,既可免去使用电线的不便,又可不受存储器容量有限的束缚,将所摄图片或影像通过嵌有蓝牙芯片的手机或其他设备传送到指定的计算机中。

蓝牙芯片的微型化和低成本将为它在家庭和办公室自动化、家庭娱乐、电子商务、工业控制、智能化建筑物等领域开辟广阔的应用前景。

(4) 蓝牙技术在测控领域的应用

随着测控技术的不断发展,对数据传输、处理和管理提出了越来越高的自动化和智能化要求。蓝牙技术可以在短距离内用无线接口来代替有线电缆连接,因而可以取代现场仪器之间的复杂连线,这对于需要采集大量数据的测控场合非常有用。例如,数据采集设备可以集成单独的蓝牙技术芯片,或者采用具有蓝牙芯片的单片机提供蓝牙数据接口。在采集数据时,这种设备可以迅速地将所采集到的数据传送到附近的数据处理装置(例如 PC、笔记本电脑、PDA)中,不仅避免了在现场铺设大量复杂连线和对这些接线是否正确的检查与核对,而且不会发生因接线可能存在的错误而造成测控的失误。与传统的以电缆和红外方式传输测控数据相比,在测控领域应用蓝牙技术的优点如下。

① 抗干扰能力强。采集测控现场数据经常遇到大量的电磁干扰,而蓝牙系统因采用了跳频扩频技术,故可以有效地提高数据传输的安全性和抗干扰能力。

② 无需铺设缆线,降低了环境改造成本,方便了数据采集人员的工作。

③ 没有方向上的限制,可以从各个角度进行测控数据的传输。

④ 可以实现多个测控仪器设备间的联网,便于进行集中测量与控制。

(5) 蓝牙技术可用于自动抄表领域

计量水、电、气、热量等的仪器仪表可通过嵌入的蓝牙芯片,将数据自动集中到附近的几个数据采集节点,再由该节点通过电力线以载波方式或电话线等传输到数据采集器以及供水、

电、气、热量等管理部门的数据处理中心。这种方式可有效地解决部分计量测试节点难以准确采集测控数据的问题。

1.3 Wi-Fi 技术

1.3.1 Wi-Fi 技术的概念

Wi-Fi 全称 Wireless Fidelity, 又称 802.11b 标准, 是 IEEE 定义的一个无线网络通信的工业标准 (IEEE 802.11)。802.11b 定义了使用直接序列扩频 (Direct Sequence Spread Spectrum, DSSS) 调制技术在 2.4GHz 频带实现 11Mb/s 速率的无线传输, 在信号较弱或有干扰的情况下, 宽带可调整为 5.5Mb/s、2Mb/s 和 1Mb/s。

Wi-Fi 是由 AP (Access Point, 无线访问节点) 和无线网卡组成的无线网络。AP 作为传统的有线局域网络与无线局域网络之间的桥梁, 其工作原理相当于一个内置无线发射器的 Hub 或者路由。无线网卡则是负责接收由 AP 所发射信号的 Client 端设备。因此, 任何一台装有无线网卡的 PC 均可通过 AP 分享有线局域网络甚至广域网络的资源。

Wi-Fi 第一个版本发表于 1997 年, 其中定义了介质访问接入控制层 (MAC 层) 和物理层。物理层定义了工作在 2.4GHz 的 ISM 频段上的两种无线调频方式和一种红外传输的方式, 总数据传输速率设计为 2Mb/s。两个设备之间的通信可以自由直接 (Ad Hoc) 的方式进行, 也可以在基站 (Base Station, BS) 或访问点 (Access Point, AP) 的协调下进行。

1999 年增加了两个补充版本: 802.11a 定义了 5GHz ISM 频段上的数据传输速率可达 54Mb/s 的物理层; 802.11b 定义了 2.4GHz 的 ISM 频段上但数据传输速率高达 11 Mb/s 的物理层。2.4GHz 的 ISM 频段为世界上绝大多数国家通用, 因此 802.11b 得到了最为广泛的应用。苹果公司把自己开发的 802.11 标准起名为 AirPort。1999 年, 工业界成立了 Wi-Fi 联盟, 致力解决符合 802.11 标准的产品的生产和设备兼容性问题。

802.11 标准及补充标准的制定情况如下: 802.11, 原始标准 (2Mb/s, 工作在 2.4GHz); 802.11a, 物理层补充 (54Mb/s, 工作在 5GHz); 802.11b, 物理层补充 (11Mb/s, 工作在 2.4GHz); 802.11c, 符合 802.1d 的媒体接入控制层桥接 (MAC Layer Bridging); 802.11d, 根据各国无线电规定所做的调整; 802.11e, 对服务等级 QoS (Quality of Service) 的支持; 802.11f, 基站的互连性 (Interoperability); 802.11g, 物理层补充 (54Mb/s, 工作在 2.4GHz); 802.11h, 无线覆盖半径的调整, 室内 (indoor) 和室外 (outdoor) 信道 (5GHz 频段); 802.11i, 安全和鉴权 (Authentication) 方面的补充; 802.11n, 导入多重输入输出 (MIMO) 技术, 基本上是 802.11a 的延伸版。

除了上面的 IEEE 标准, 另外有一个被称为 IEEE 802.11b+ 的技术, 通过 PBCC (Packet Binary Convolutional Code) 技术在 IEEE 802.11b (2.4GHz 频段) 基础上提供 22Mb/s 的数据传输速率。事实上, 这并不是 IEEE 的公开标准, 而是一项产权私有的技术 (产权属于美国德州仪器 Texas Instruments)。也有一些被称为 802.11g+ 的技术, 在 IEEE 802.11g 的基础上提供 108Mb/s 的传输速率, 但与 802.11b+ 一样, 同样是非标准技术。由无线网络芯片生产商 Atheros 所提倡的则为 SuperG。

Wi-Fi 技术突出的优势如下。

- ① 较广的局域网覆盖范围。Wi-Fi 的覆盖半径可达 100m 左右，相比于蓝牙技术覆盖范围更广，可以覆盖整栋办公大楼。
- ② 传输速度快。Wi-Fi 技术传输速度非常快，可以达到 11Mb/s（802.11b）或者 54Mb/s（802.11a），适合高速数据传输的业务。
- ③ 无需布线。可以不受布线条件的限制，因此非常适合移动办公用户的需要，在机场、车站、咖啡店、图书馆等人员较密集的地方设置“热点”，并通过高速线路将因特网接入上述场所，用户只要将支持 WLAN 的笔记本电脑或 PDA 拿到该区域内，即可高速接入因特网。
- ④ 健康安全。IEEE 802.11 规定的发射功率不可超过 100mW，实际发射功率约 60~70mW，而手机的发射功率在 200mW~1W 间，手持式对讲机高达 5W，与后者相比，Wi-Fi 产品的辐射更小。

1.3.2 Wi-Fi 网络结构和原理

IEEE 802.11 标准定义了介质访问接入控制层（MAC）和物理层（PHY）。物理层定义了工作在 2.4GHz 的 ISM 频段上，总数据传输速率设计为 2（802.11b）~54Mb/s（802.11g）。图 1.4 所示为 802.11 的标准和分层。

在 802.11 的物理层，IEEE 802.11 规范是在 1997 年 8 月提出的，规定了工作在 ISM2.4~2.4835GHz 频段的无线电波，其中后者采用了两种扩频技术——DSSS 和 FHSS。

工作在 2.4GHz 的跳频模式，使用 70 个工作频道，FSK 调制，0.5Mb/s 通信速率。其工作原理如图 1.5 所示。

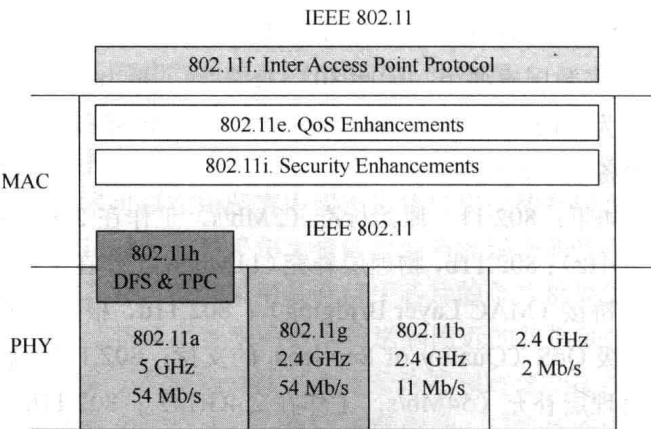


图 1.4 802.11 标准和分层

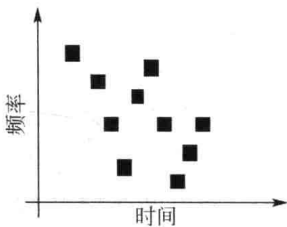


图 1.5 使用跳频工作原理

IEEE 802.11b 发布于 1999 年 9 月。与 IEEE 802.11 不同，它只采用 2.4GHz 的 ISM 频段的无线电波，且采用加强版的 DSSS，它可以根据环境的变化，在 11Mb/s、5Mb/s、2Mb/s 和 1Mb/s 之间动态切换。目前 802.11b 协议是最为广泛的 WLAN 标准。

IEEE 802.11b 工作在 2.4GHz 的 DSSS 模式，CCK/DQPSK 调制，其工作原理如图 1.6 所示。

还有一种是工作在 5GHz 的 OFDM 模式，CCK/DQPSK 调制，54Mb/s 通信速率（802.11a）。其工作原理如图 1.7 所示。

一个 Wi-Fi 连接点，网络成员和结构站点（Station）是网络最基本的组成部分。

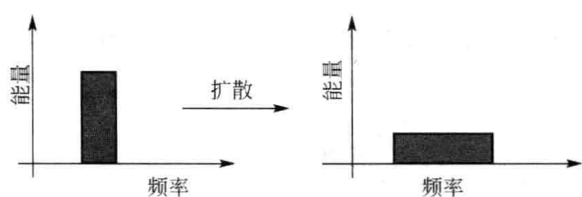


图 1.6 使用 DSSS 模式原理

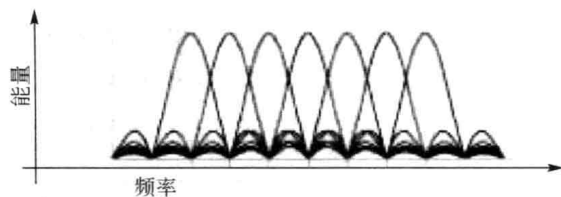


图 1.7 使用 OFDM 模式原理

(1) 基本服务单元 (Basic Service Set, BSS)

网络最基本的服务单元。最简单的服务单元可以只由两个站点组成。站点可以动态地连接 (Associate) 到基本服务单元中。

(2) 分配系统 (Distribution System, DS)

分配系统用于连接不同的基本服务单元。分配系统使用的媒介 (Medium) 逻辑上和基本服务单元使用的媒介是分开的, 尽管它们物理上可能会是同一个媒介, 例如同一个无线频段。

(3) 接入点 (Access Point, AP)

接入点既有普通站点身份, 又有接入到分配系统功能。

(4) 扩展服务单元 (Extended Service Set, ESS)

由分配系统和基本服务单元组合而成。这种组合是逻辑上的, 并非物理上的——不同的基本服务单元有可能在地理位置上相去甚远。分配系统也可以使用各种各样的技术。

(5) 关口 (Portal)

也是一个逻辑成分, 用于将无线局域网和有线局域网或其他网络联系起来。

这里有三种媒介: 站点使用的无线的媒介, 分配系统使用的媒介, 以及和无线局域网集成在一起的其他局域网使用的媒介。物理上它们可能互相重叠, IEEE 802.11 只负责在站点使用的无线媒介上的寻址 (Addressing), 分配系统和其他局域网的寻址不属无线局域网的范围。

两个设备之间的通信可以以自由直接 (Ad Hoc) 的方式进行, 也可以在基站 (Base Station, BS) 或者接入点 (Access Point, AP) 的协调下进行, 也称为 Infrastructure 模式。

Wi-Fi 网络的结构如图 1.8 所示。

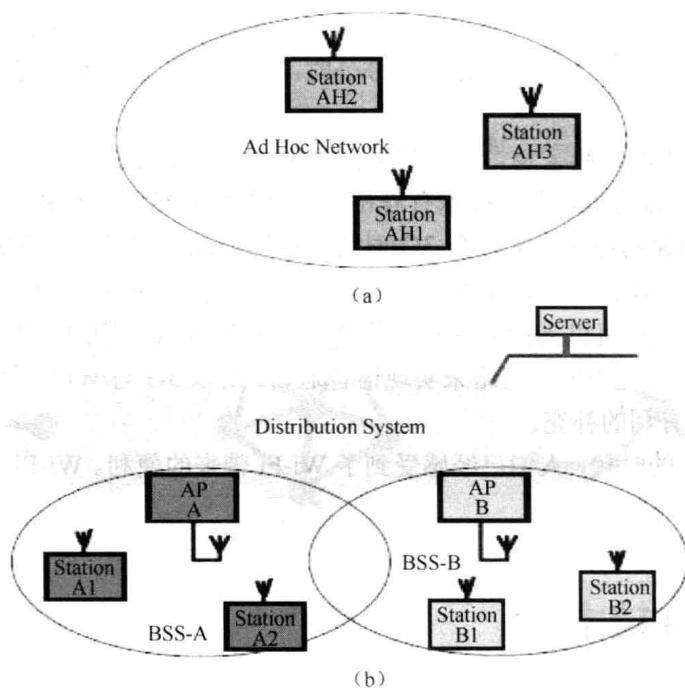


图 1.8 802.11 两种主要网络通信结构

802.11 网络底层和以太网 802.3 结构相同，相关数据包装也使用 IP 通信标准和服务，完成

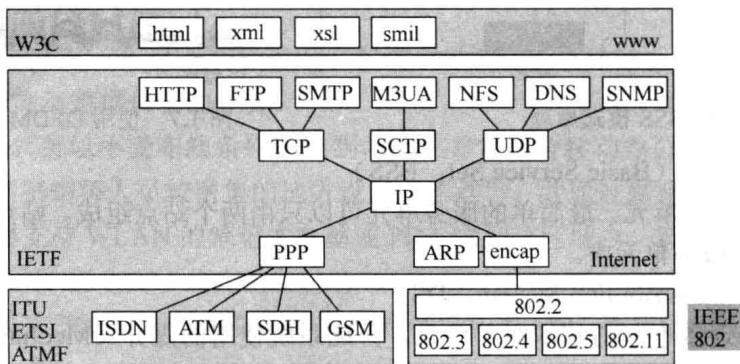


图 1.9 802.11 的 IP 网络结构

1.3.3 Wi-Fi 技术的应用

由于 Wi-Fi 的频段在世界范围内是无需任何电信运营执照的免费频段, 因此 WLAN 无线设备提供了一个世界范围内可以使用的、费用极其低廉且数据带宽极高的无线空中接口。用户可以在 Wi-Fi 覆盖区域内快速浏览网页, 随时随地接听拨打电话, 而其他一些基于 WLAN 的宽带数据应用, 如流媒体、网络游戏等功能更是值得用户期待。有了 Wi-Fi 功能, 打长途电话 (包括国际长途)、浏览网页、收发电子邮件、音乐下载、数码照片传递等, 再无需担心速度慢和花费高的问题。

Wi-Fi 在掌上设备的应用越来越广泛，而智能手机就是其中之一。与早前应用于手机上的蓝牙技术不同，Wi-Fi 具有更大的覆盖率和更高的传输速率，因此 Wi-Fi 手机已成为目前移动通信业界的时尚潮流。

现在 Wi-Fi 的覆盖范围在国内越来越广泛，高级宾馆、豪华住宅区、飞机场以及咖啡厅之类的区域都有 Wi-Fi 接口。当人们去旅游、办公时，就可以在这些场所使用掌上设备，尽情地网上冲浪。

随着 3G 时代的来临,越来越多的电信运营商也将目光投向了 Wi-Fi 技术,Wi-Fi 覆盖小、带宽高,3G 覆盖大、带宽低,两种技术有着相互对立的优缺点,取长补短相得益彰。Wi-Fi 技术低成本、无线、高速的特征非常符合 3G 时代的应用要求。在手机的 3G 业务方面,目前支持 Wi-Fi 的智能手机可以轻松地通过 AP 实现对互联网的浏览。随着 VOIP 软件的发展,以 Skype 为代表的 VOIP 软件已经可以支持多种操作系统。在装有 Wi-Fi 模块的智能手机里装上相应的 VOIP 软件后,就可以通过 Wi-Fi 网络来实现语音通话。所以 3G 与 Wi-Fi 是不矛盾的,且 Wi-Fi 可以作为 3G 高效、有利的补充。

在网络高速发展的时代，人们已经感受到了 Wi-Fi 带来的便利。Wi-Fi 与 3G 的融合必定会开启一个全新的通信时代。

1.4 ZigBee 技术

ZigBee 是近几年提出的一种近距离、低复杂度、低功耗、低数据速率、低成本的双向无线