



物联网核心技术丛书

物联网 实验教程

徐勇军 主 编

任 勇 徐朝农 安竹林 编 著



- ❑ 融中科院、清华大学等**20余家科研院所**多年的技术开发经验
- ❑ 从“**物联网三层架构**”体系出发，全面设计物联网技术的实验
- ❑ 包括**21项**单项技术实验、**5项**演示实验以及**7个**实际应用系统
- ❑ 涵盖RFID、ZigBee、WiFi、RF、自组网、异构网接入等技术
- ❑ 涵盖Android、Qt、安全、搜索、同步、定位、无线视频等技术
- ❑ 本书编写得到了“**感知中国**”**物联网联盟**的大力推动和支持



参考文档、实验源程序、实验环境及配置文档、实验手册等其他实验相关资料



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

物联网核心技术丛书

物联网实验教程

徐勇军 主编

任 勇 徐朝农 安竹林 编著



机械工业出版社

本书从实验的角度介绍物联网相关技术,针对物联网的感知与标识、通信与网络、接入与处理 3 个不同层面的技术,精心设计了 21 项实验,并提供了内容丰富的配套光盘(包括参考文档、实验源程序、实验环境及配置文档、实验手册等其他实验相关资料),还结合智能医疗、智能物流、环境监测等领域的应用场景,介绍了 5 个演示实验和 7 个应用系统,为读者进一步开发物联网应用解决方案提供思路。最后,针对物联网教学及研究实验室建设的实际需求,特别是不同专业或行业背景,提供了一些具体的参考建议,希望能够对广大读者从事相关工作起到借鉴作用。

本书既可作为高等学校物联网工程、传感网工程等相关专业,以及无线通信、网络技术、电子、微电子、单片机、嵌入式系统等课程的实验教材,也可作为物联网应用系统工程开发人员的入门指导书。

图书在版编目(CIP)数据

物联网实验教程 / 徐勇军主编. —北京:机械工业出版社, 2011.4

(物联网核心技术丛书)

ISBN 978-7-111-34147-5

I. ①物… II. ①徐… III. ①互联网络—应用—教材②智能技术—应用—教材 IV. ①TP393.4②TP18

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 070194 号

机械工业出版社(北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

责任编辑:郝建伟

责任印制:杨 曦

保定市中华美凯印刷有限公司印刷

2011 年 5 月第 1 版·第 1 次印刷

184mm×260mm·17.25 印张·426 千字

0001—4000 册

标准书号: ISBN 978-7-111-34147-5

ISBN 978-7-89451-940-5 (光盘)

定价: 43.00 元(含 1DVD)



凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

网络服务

社服务中心:(010) 88361066

门户网: <http://www.cmpbook.com>

销售一部:(010) 68326294

教材网: <http://www.cmpedu.com>

销售二部:(010) 88379649

读者购书热线:(010) 88379203

封面无防伪标均为盗版

物联网核心技术丛书

编审委员会

(以姓氏笔画为序)

名誉主任 刘海涛

主 任 马 建

副 主 任 牛志升 杨志强 张宏科 周立军

委 员 马晓东 马华东 牛建伟 王文东 王双全

孙利民 刘 越 刘 军 任 勇 任丰原

朱珍民 吴健康 陈益强 陈灿峰 张宝贤

张 林 郑 军 罗海勇 赵立君 隆克平

钱跃良 徐勇军 梁久祯 彭 力 阚志刚

秘 书 长 胡毓坚

出版说明

伴随工业化向信息化的发展，智能化管理和服务已进入快速发展的阶段，物联网正是在这样的背景下发展起来的新兴产业。物联网被预言其拥有万亿级市场应用前景，已被世界各国作为应对金融危机、振兴经济的重点领域。物联网的发展，将促进传统生产生活方式向现代方式转变，将大大提高生产力，并提升人们的生活质量，极大拓展信息网络和信息技术应用空间，并将成为我国加快培育发展战略性新兴产业的重要突破口和未来经济发展的重要引擎。

为了适应物联网技术发展的新趋势和新特点，以及新时期对物联网专业技术人才培养工作的需要，机械工业出版社邀请来自全国从事物联网相关研究和教学工作的单位，如无锡物联网产业研究院、中国科学院、北京邮电大学、清华大学、东南大学、电子科技大学、北京航空航天大学、江南大学等，以及产业界，如中国移动、国家电网、诺基亚等的首席科学家、校长、院长、资深研究员、教授、高工、研究及教学团队，成立了丛书编委会，共同策划了这套涵盖物联网核心技术的丛书，并且将陆续出版。在编写过程中，得到了无锡市新区管委会、国家传感信息中心管委会等政府机构的支持和指导，特别是得到了“感知中国”物联网联盟的大力推动和支持。

这套丛书将力求做到：内容全面、客观、公正、系统，对物联网产业的发展具有一定的指导意义，有助于促进物联网知识的普及和物联网产业的健康有序发展。通过讲述物联网的概念、作用、本质和发展现状，将给人民大众的工作、生活和学习带来革命性的影响。丛书的出版将对物联网相关产业发展规划的制定、物联网应用的推广、物联网知识的普及起到有益的促进作用，将使更多的人通过了解物联网进而投身物联网的研究与应用，从而助力于推动物联网技术及产业在中国的发展。

这套丛书的选题是开放式的。随着物联网技术日新月异的发展，我们将不断更新和补充选题，使这套丛书及时反馈物联网领域的新发展和新技术。我们也欢迎在科研、生产和教学第一线有丰富经验的科技人员和教师积极参与这项工作。

物联网技术发展迅速而且涉及领域非常宽，这套丛书的选题和编审如有缺点和不足之处，诚恳希望各位读者提出宝贵意见，以利于今后不断改进。

机械工业出版社

前 言

2009年8月7日,温家宝总理在江苏无锡提出“加快推进传感网发展”、“尽快建立中国的传感信息中心”,后被称为“物联网”的这一科技新宠迅速引起了社会各产业界、学术界的高度关注和广泛共鸣。人们开始从各自的专业领域和实际需求,演绎出了形形色色的“物联网”。而其无处不在的普适性,也给物联网的高速发展,以及向各行各业的渗透铺平了道路。虽然物联网诞生不久,但其概念已经深入人心,人们开始探讨物联网相关的理论、技术、标准、应用等一系列问题。实际上物联网还是太年轻,其概念、内涵在科技界和工业界都没有达成共识,让我们在这么短的时间内,用科学实验这么具体的方式来展示物联网,这是一个巨大的挑战,我们确实感到战战兢兢、如坐针毡。

经反复讨论,编写团队整理了大量和物联网(特别是无线传感器网络)相关的实验。考虑到可能作为广大读者迈入物联网实验神圣殿堂的第一步,并成为对物联网相关技术进行深入研究的基础,本书首先着重介绍相关开发环境建立、软件开发、程序调试、实验原理等相关基础知识,然后立足当前国内外厂商的主流芯片及实现方案,以物联网不同技术层面的实验原理为主线,精心设计20余项实验,并将具体的实验过程、实验代码等通过配备内容丰富的配套光盘呈现出来,以在有限的篇幅内,展示更多的实验技术。另外,本书还结合智慧医疗、智能物流、智能家居等领域,编制了5个演示实验和7个应用系统的介绍,可以进一步加深读者对物联网应用的认知,减少用户从理论到实践的周期。通过对本书的部分或全部实验进行适当选修,可以让学生或工程技术人员在最短的时间内,深入理解物联网各层面的知识,同时也为物联网从实验室走向工程应用提供参考。

为了能够尽量全面展示物联网不同层面的技术核心,本书为物联网的感知与标识、通信与网络、接入与处理3个不同的技术层面设计了传感器技术实验、RFID技术实验、短距离无线通信实验、无线自组网实验、IEEE 802.15.4实验、ZigBee网络实验、公网接入实验、网络安全通信实验、室内实时定位实验、自组网时间同步实验及数据索引及搜索实验等20多个实验。为了便于读者系统掌握,本书把所有实验聚焦到单片机、嵌入式及智能终端等3大平台,并详细给出了各自平台环境的搭建方法和基础实验,以供读者入门以及进一步提高。另外,本书还结合智能医疗、智能物流、环境监测等领域的具体应用需求,给出了基于物联网的一些综合演示实验以及应用演示系统,为读者开发物联网应用解决方案提供思路。最后针对高校及企业建立物联网教学及研究实验室,提供了一些具体的建议,希望能够起到抛砖引玉的作用。

本书由中国科学院计算技术研究所徐勇军组织编写,清华大学任勇为本书相关实验的设计进行了大量的指导,并完成了第6章和第8章相关内容的编写;中国石油大学徐朝农与中国科学院计算技术研究所团队密切合作,完成了书中物联网硬件环境的开发;中国科学院计算技术研究所安竹林为实验内容的精选与整理进行了大量的工作。由于本书涉及的软硬件平台较多(包括单片机平台、嵌入式平台和智能终端平台)、实验开发工作量大、知识结构跨度

较宽（包括感知层、网络层和应用层），争取到了团队内外诸多专家、老师及同学的大力支持。这里包括中国科学院计算技术研究所罗海勇、林以明、陈彦明、姜鹏、王鹏、李培培、赵登昌、王飞、吴琳等，在计算所联合培养的北京师范大学李超、吕芸帙，中国石油大学于德龙，武汉理工大学汪三青、付小丽、昆明理工大学尹喜等。虽然最终选进教材的实验只有 20 余项，但我们实际开发的实验远远不止这些。限于篇幅的原因，很多很好的实验没有被选进本书，我们将通过其他途径同希望进一步了解物联网实验的读者共享。

本书还得到了其他相关企业、高校的大力支持。诺基亚（中国）研究院陈灿峰博士在智能终端平台方面，中国联通研究院张云勇博士在智能家居系统方面，中国电子器材总公司赵惟副总经理和郭达博士在城市防洪系统方面，国土资源部地质环境监测研究院周平根教授在地质监测系统方面，中国人民解放军某部张杰博士、中国科学院软件研究所朱红松博士在相关应用演示系统方面，灵玖中科软件（北京）有限公司技术总监于满泉和刘治华博士在智能搜索方面，艾威梯科技（北京）有限公司卫俊平博士智慧医疗方面，深联致远（北京）科技有限公司的李镜华、刘峰、黄建英工程师在 RFID 实验方面，北京奥尔斯电子科技有限公司张鑫工程师在智能家居方面，北京师范大学李朱峰博士在实验室建设方面，北京理工大学张华平博士和祝烈煌博士在海量智能搜索和网络安全方面都付出了相当多的工作，中国科学院计算所传感器网络实验室主任崔莉研究员也为本书的撰写提供了很多支持和建议，还有很多没有一一提到的领导、朋友、同事及同学，他们在这艰苦的几个月中，为本书的顺利出版付出了辛勤的汗水，在此一并表示由衷的感谢。

本书作为《物联网核心技术丛书》中的一本，与其他各本都有密切联系。通过本书相关实验的动手操作，可以加深读者对《物联网技术概论》中与物联网概念及内涵、体系结构、物联网关键技术的理解，也可以进一步加深读者对物联网的网络协议及其实现的原理和方法等内容的理解。另外，本书第 6 章和第 7 章结合若干行业应用，从演示方案的角度与《物联网技术应用》进行呼应。本书内容还涉及传感器技术、RFID 技术、无线传感器网络、短距离无线通信、物联网安全、物联网定位等内容，这些都将和相关丛书形成呼应。可以说，《物联网实验教程》是丛书的一个映射，也是整个物联网领域的一面镜子。

物联网具有很强的实践性，要想熟练地掌握这些实验技术，实验操作是非常重要的环节。本书所涉及的所有硬件平台、软件平台、软件开发环境、软件源代码等都将在光盘中一并提供。我们专门开设了新浪博客（<http://blog.sina.com.cn/wulianlab>），并设立了专业的网站（<http://www.wulianlab.cn/>），对书中的具体问题和读者在实际操作中的问题进行解答，同时还将随时更新实验内容以及可能发生的错误或不完善的地方。另外，读者还可以通过电子邮件（wulianlab@gmail.com）与我们沟通。物联网技术是新兴的技术，将在近几年获得飞速发展，本书也将随时更新相关内容，以与最新技术保持同步，使读者能够循序渐进地掌握物联网各层次的开发技术，为以后更深层次的理论研究和应用实践打下坚实的基础。

需要指出的是，物联网领域的研究尚处于起步阶段，许多技术还不成熟，其硬件平台和技术方案也千差万别，因此要编写一个全面完善的实验教程非常困难。

由于水平有限，书中疏漏甚至错误之处在所难免，希望广大读者批评指正。

编 者

目 录

出版说明

前言

第 1 章	物联网实验概述	1
1.1	物联网的诞生	1
1.2	物联网的内涵	2
1.3	实验设计思路	3
1.3.1	关键技术简介	3
1.3.2	本书实验设计	4
1.4	本书结构安排	6
第 2 章	物联网基础实验平台	8
2.1	单片机实验平台	8
2.1.1	硬件环境简介	8
2.1.2	软件环境简介	10
2.1.3	操作系统简介	12
2.1.4	实验一 单片机平台基础实验	13
2.2	嵌入式实验平台	19
2.2.1	硬件环境简介	19
2.2.2	软件环境简介	22
2.2.3	操作系统简介	22
2.2.4	实验二 嵌入式平台基础实验	24
2.3	智能移动终端平台	34
2.3.1	主流移动智能终端平台简介	34
2.3.2	实验三 智能移动终端平台基础实验	37
第 3 章	物联网感知与标识实验	44
3.1	感知与标识实验概述	44
3.2	典型传感器感知实验	44
3.2.1	实验四 A 单片机平台高精度温湿度传感器实验	45
3.2.2	实验四 B 嵌入式平台高精度温湿度传感器实验	51
3.2.3	实验五 A 单片机平台运动感知实验	59
3.2.4	实验五 B 嵌入式平台运动感知实验	64
3.2.5	实验六 图像采集实验	69
3.2.6	实验七 步进电动机实验	76

3.2.7	实验八 键盘与显示屏实验	79
3.2.8	实验九 嵌入式平台基于 MiniGUI 的简易编辑器实验	85
3.3	条形码与 RFID 标识实验	94
3.3.1	条形码及 RFID 技术概述	94
3.3.2	实验十 高频 RFID 读/写实验	98
3.3.3	实验十一 超高频 RFID 读/写实验	104
第 4 章	物联网通信与网络实验	112
4.1	通信与网络实验概述	112
4.2	短距离无线通信实验	112
4.2.1	短距离无线通信规范简介	112
4.2.2	实验十二 433MHz 无线通信实验	115
4.2.3	实验十三 2.4GHz 无线通信实验	122
4.3	无线自组网实验	128
4.3.1	无线自组网技术简介	128
4.3.2	实验十四 433MHz 低功耗自组网实验	129
4.4	IEEE 802.15.4 实验	140
4.4.1	IEEE 802.15.4 协议以及 TinyOS 简介	140
4.4.2	实验十五 IEEE 802.15.4 协议通信实验	143
4.5	ZigBee 网络实验	153
4.5.1	ZigBee 协议简介	153
4.5.2	实验十六 ZigBee 协议组网通信实验	156
第 5 章	物联网接入与处理实验	166
5.1	接入与处理实验概述	166
5.2	公网接入实验	167
5.2.1	通信网接入简介	167
5.2.2	实验十七 Android 系统下互联网接入实验	167
5.3	网络安全通信实验	173
5.3.1	椭圆曲线及群组密钥协商方法简介	173
5.3.2	实验十八 基于椭圆曲线的群组密钥协商协议通信实验	175
5.4	室内实时定位实验	181
5.4.1	WiFi 网络协议简介	181
5.4.2	实验十九 基于射频指纹匹配的室内实时定位实验	182
5.5	自组网时间同步实验	189
5.5.1	无线传感器网络时间同步简介	190
5.5.2	实验二十 TPSN 时间同步实验	191
5.6	数据索引及搜索实验	196
5.6.1	基于倒排索引的全文搜索技术简介	196
5.6.2	实验二十一 数据库全文精准搜索实验	198
第 6 章	物联网演示实验	204

6.1	演示一 环境监测演示实验	204
6.2	演示二 出入管理演示实验	211
6.3	演示三 智能家居演示实验	214
6.4	演示四 智能医疗演示实验	219
6.5	演示五 智能抄表演示实验	223
第 7 章	物联网应用示范系统	227
7.1	系统一 智能远程医疗急救系统	227
7.2	系统二 城市防洪应急指挥系统	232
7.3	系统三 智能家居示范系统	238
7.4	系统四 智能闸口示范系统	242
7.5	系统五 海量地址匹配与搜索系统	248
7.6	系统六 室内位置服务示范系统	250
7.7	系统七 地质灾害监测预警系统	257
第 8 章	物联网实验室建设	261
8.1	物联网实验室环境建设	261
8.2	物联网实验室实验内容	262
8.3	相关课程和预备知识	265

第1章 物联网实验概述

1.1 物联网的诞生

人类自诞生之日起，就在不断地认识世界和改造世界，而工具的使用是其发展水平的显著标志。随着社会生产力的发展，人类不断通过提升科学技术的水平来拓展自己的视野，这集中表现为创造出越来越多的工具，并有效地利用这些工具为人类社会服务。随着近几十年来信息技术，特别是网络技术的飞速发展，人类获取、保存、处理及传播信息的能力获得了迅猛的提升，从此目光变远了，触觉更灵敏了，地球也变“小”了。人类的生理功能获得了大幅度延伸，开始更从容地去面对自然。

以计算机为代表的计算世界（Cyber World）在物理世界（Physical World）和人类社会（Human Society）当中扮演着重要角色，它们已经被合称为三元世界（Ternary Universe）。第一台电子计算机 ENIAC（Electronic Numerical Integrator And Computer）诞生时，计算机是一个庞然大物，是极少数人能享用的“奢侈品”。随着 CMOS 半导体电路技术按摩尔定律的速度发展，计算机系统正在朝着功能不断增强，可靠性、集成度、能源效率、信息密度不断提高，用户界面更加友好的方向演进。一方面出现了具有超强计算能力和存储能力的超级计算机，另一方面也开始出现体积小、成本低、便于人机交互的各种便捷计算设备，信息技术开始进入社会生产和日常生活，开始为传统产业提供更方便快捷的强大支撑。

借助计算机这一有力工具，人类对客观物理世界的认知和利用大概经历了以下几个阶段。

1) 数字化阶段。随着传感器的规模化应用，物理世界的信息通过采样、量化、编码，可以变成在计算机中表示、存储和处理的数据，传感器拉近了人们和物理世界的距离。

2) 信息化阶段。随着处理和存储能力的增强，人们所积累的原始数据及加工数据逐步增多、种类更加丰富、数据更加实时，信息开始逐步脱离客观的物理世界，并成为人们生产和生活中的重要资料，计算世界开始独立于物理世界而形成。

3) 网络化阶段。随着大量信息日复一日地被创造出来，信息也开始成为人们交互的不可或缺的物质资料，甚至开始成为重要的商品。网络化不但为人们相互交换信息、实现信息共享提供了便利，更通过大量分布式的信息采集和处理，进一步扩展了信息获取的途径。网络化让更多人加入到了信息的交互中，与信息相关的产品和服务也越来越多。

4) 泛在化阶段。随着信息和网络不断发展成人类社会生活中必不可少的物质基础，人们随时随地都需要和大量数字化信息打交道，网络化达到无时无处不在的程度，人们再也无法回避信息化的生活方式，人类社会也将迈入知识信息的泛在化阶段，而海量的信息也为计算世界的智能化提供了可能，智能化让人类社会和物理世界融为一体。无线传感器网络和物联网在网络化和智能化的背景下应运而生！



无线传感器网络（Wireless Sensor Network, WSN）简称传感网，它在人类与自然界之间架起了一座桥梁，是人类借助信息化工具认知物理世界的新式武器。传感网综合了信息感知、信息处理、信息传输等功能的分布式自组织的计算系统，传感网节点自组织地以多跳的方式完成互联与协同传输处理，并通过网关节点与互联网、移动通信网等公网连接，从而实现远程信息的获取和计算。传感网的出现，使信息获取的能力得到大幅度提高，多传感器协同感知和传感数据的信息融合则帮助人们克服了传统传感器感知区域小等缺陷，可视为人类感官的延伸，因而被称为“神经末梢”。

2009年8月7日，温总理在江苏无锡谈到太湖水质监测时，首次提出了“感知中国”的概念，从此“物联网”开始为普通百姓所熟知。“物联网”通过物与物之间的智能互联，将人们认识自然界的水平提升到一个崭新的阶段。传统的互联网和移动通信网均是以信息为中心，仍然是信息网络；而物联网是直接以人的需求为中心的网络，通过各种“神经末梢”与物理世界相连，从而达到了无时无刻不在的感知，是一种更为体贴、更为友好的网络。物联网并不仅仅是一项技术，也是人类自身认识世界的需要，它不但拥有射频识别（Radio Frequency Identification, RFID）标签、传感器以及传感网等载体的感知触角，而且拥有互联网、移动通信网等传输中枢，还拥有海量信息存储与处理的云计算及智能信息处理等系统支撑，通过综合使用各种信息技术手段，完成对物理世界真正意义上的智能感知，从而最大限度地丰富和提高了人类通过技术手段对于自然界的认知能力、分析综合判断能力和决策支持能力。

物联网是人类认识世界理想化的新境界。这与IBM公司在2009年初提出的“智慧的地球（Smart Planet）”以及Nokia公司所提出的“情境感知计算（Context-aware Computing）”等概念有着异曲同工之妙。虽然是从不同的角度出发提出的，但殊途同归，都是将简单的信息处理提升到人类社会与物理世界的融合上，而不再是纯粹的以具体技术升级为背景。“物联网”的提出给了我们一个重要的信号，技术水平的提升最终是为人类自身服务，其最高境界是让人不再察觉到信息技术手段的介入过程，信息技术“潜移默化”地融入人们的生活中，在丝毫不被察觉的情况下完成使命，从而在真正意义上实现了人类对自然界丰富信息的随心所欲的感知，从最大程度上消除了人与自然的距离，达到人与自然的和谐共生。

1.2 物联网的内涵

关于物联网的概念，在学术界和产业界都没有统一的定义。早期的物联网是指依托于射频识别（RFID）技术的物流网络。然而，随着技术和应用的发展，物联网的内涵远远超出这一范畴。现阶段，物联网是指在物理世界的实体中部署具有一定感知能力、计算能力和执行能力的各种信息传感设备，通过网络设施实现信息传输、协同和处理，从而实现广域或更大范围的人与物、物与物之间的信息交换和互联。基于以上物联网的内涵，学术界基本一致认可物联网包括“感知、网络、应用”3个基本要素，即将物联网划分为感知（互动）、网络（传输）、应用（服务）3个层次（如图1-1所示）。

1) 感知（互动）层主要实现智能感知功能，包括信息采集、捕获、识别，并对信息进行初步的融合等功能。其关键技术包括传感器、执行器、RFID、自组织网络、短距离无线通信、低功耗路由、数据融合等，它是物联网的智能前端，也是神经末梢。

2) 网络（传输）层主要实现信息的传输和交换，又包括接入层和核心层两个子层。网



络层可依托公众电信网和互联网,也可以依托行业专用网络,还可以同时依托于二者,是多种网络融合后的大网。网络层构建在强大的基础设施之上,提供四通八达的信息高速公路,将海量的感知信息进行全面的共享。

3) 应用(服务)层则主要包含各类应用服务,例如监控服务、智能电网、工业自动化、绿色农业、智能家居、环境保护、公共安全等应用和服务。应用层还包括了中间件层,主要实现了网络层与物联网应用服务间的接口和功能调用平台,包括对业务的分析整合、信息共享、智能处理、网络管理等,具体体现为一系列业务支撑平台、管理平台、信息处理平台、智能计算平台、信息服务平台等。

通过感知层、网络层和应用层的相互作用,物联网可以实现物理世界与人类应用需求的联通,可以实现真正意义上的物物互联。

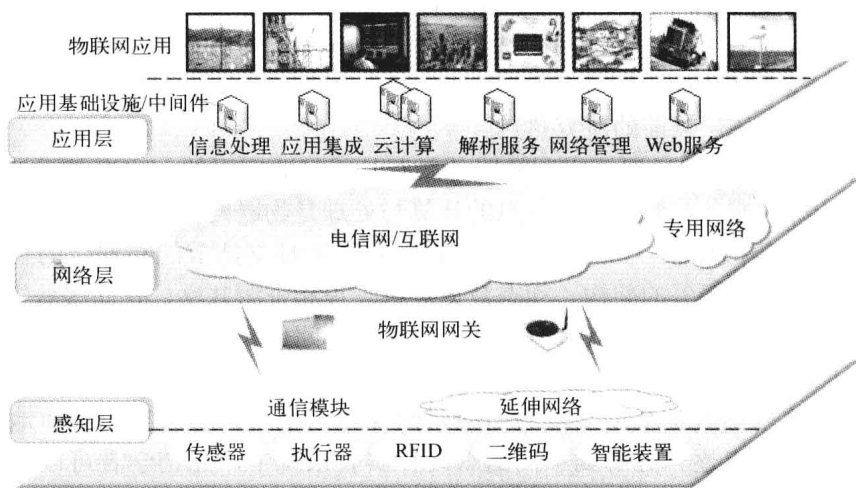


图 1-1 物联网网络架构示意图

1.3 实验设计思路

物联网内涵丰富,涉及计算、自动化通信、控制、微电子、微机电、网络等诸多领域,几乎囊括了信息技术及相关领域的各个方面,而且通过与具体应用背景的结合,物联网更是深入到社会生产和生活的每个角落,并强势渗透到各行各业。这里首先简单介绍物联网的关键技术,然后给出本书系列实验及系统的设计思路,让读者对物联网实验及应用技术有一个宏观的了解,也为读者进一步选修其中的实验内容进行准备。

1.3.1 关键技术简介

物联网的感知层、网络层、应用层均有很多核心关键技术,这也是本书努力通过实验进行展示的主要目标。由于纷繁复杂的物联网技术在丛书中的其他书中有详细描述,下面仅选择与本书实验相关的内容进行简单介绍。

1) 感知层:主要包括条码、二维码、RFID、传感网等内容,是与物理世界进行交互的



触角。在这一层,材料、工艺(生产和加工)是困扰各项技术发展的重要瓶颈,特别是高精度、高灵敏度、高可靠性或专业领域的传感器,以及传感网及 RFID 芯片工艺,我国和国外在其设计、生产、测量等方面,也有相当大的差距,需要突破的技术内容还很多。感知层也包括了控制器和执行器,特别是面向工业应用,这要求有较高的实时性、可靠性、安全性,通过上层网络反馈控制信息,完成与自然界的协同交互。另外,与传感网相关的技术很多,包括各层无线通信协议、网络安全、时间同步、定位、服务质量保证等。我国在这方面的研究较多,也取得了较多的成果,很多高校和研究所在这些领域都有一些特色技术,但很多研究都是以仿真为主,缺少实际实验的验证。

2) 网络层:包括互联网、通信网等骨干网络,也包括各领域定制的专用网络,实现海量信息的传送和通信(也有人将传感器网络放在这一层)。在互联网方面目前的研究已经从 IPv4 网络逐步过渡到 IPv6 网络,并开始进入后 IP 时代,对于下一代新型网络的研究也成为各国研究界争相占领的高地。通信网络是物联网信息传递和服务支撑的重要基础设施,涵盖传统的接入网、核心网和业务网等多个层面的内容,通信技术、频管技术、异种异构网络融合与接入技术等都是该层当前的研究热点。

3) 应用层:包括各类通用或定制的服务,有基于行业应用的,也有基于计算、存储、通信、网络等资源的服务。海量感知信息的计算与处理是物联网的核心支撑,而“云计算”正是这一层的重要解决方案。应用层重点研究面向服务且支持节能和安全的智能化存储体系、支持云存储等存储服务的架构、动态数据对象管理和资源共享、存储服务等,为物联网提供核心的计算环境。在这里,支持海量感知数据的中间件和智能搜索技术是众多服务平台的支撑技术,也是各大厂商争相占领的技术制高点。

物联网实验的目标就是基于当前通用的软硬件技术平台,通过实验全面地展现这些技术。不但将各个技术点逐一分解到不同的软硬件实验系统中,让初学者可以一步步实现出来,而且从技术发展的角度,给出可扩展的系统方案,方便用户进一步开发和完善,在此基础上开发出性能更好、实用性更强的特色技术和产品。这是理想目标,也是本书努力的方向。但是,由于实验室环境的条件受限,并且考虑到时间、成本、复杂度等限制,物联网的实验设计只能在这些技术中进行适当筛选,将那些能够满足这些因素的实验纳入本书中。

1.3.2 本书实验设计

为了能够让读者在较短的时间内就能完成物联网实验的入门,本书不太可能将各层的所有技术都一一通过实验来呈现,而是在物联网的不同层次选取一些有代表性的核心技术进行集中展示,所以后续章节的名称并没有与物联网的层次进行对应,而是为了清晰起见,本书章节以技术内容来命名,其他部分可以通过读者反馈进行添加。物联网实验分布如图 1-2 所示。

1) 在感知层,主要涉及智能感知和标识相关的技术,包括各类传感器实验(高精度温湿度传感器实验、运动感知实验、图像采集实验、步进电动机控制实验、键盘与显示屏交互实验)、RFID 实验(高频及超高频无源 RFID 实验)。

2) 在网络层,主要涉及无线通信和网络协议的设计。由于骨干网络环境复杂,在实验室呈现的难度及成本较高,本书主要以短距离网络为例来设计实验,包括短距离无线通信实验(433MHz、2.4GHz)、无线自组网实验、IEEE 802.15.4 及 ZigBee 协议实验等,可以从原理及概念上让读者理解网络协议的设计及实现。



图 1-2 物联网实验分布

3) 在应用层, 主要涉及网络接入和智能处理的技术。虽然应用层的核心在于中间件和服务平台, 但我们在这方面的开发研究工作正在进行, 由于本书编写时间仓促, 就没有以实验的形式展现, 我们将在后续的版本中进一步展现相关工作。本书在应用层的实验包括公网接入实验、安全网络通信实验、室内实时定位实验、自组网时间同步实验、海量数据搜索实验等。由于这些应用服务在实验中涉及较多的数据及网络资源, 本书在选取相关内容时也进行了一定的简化。应用层所涉及的内容较多, 特别是在行业领域的应用, 本书特别选取了若干典型行业领域, 对其物联网的示范方案进行阐述, 有实际需求或者学有余力的读者可以根据实验内容自行搭建, 无论是对应用开发还是学习理解都有非常大的帮助。

由于上述实验可能涉及的硬件平台、软件平台、实验环境种类繁多, 为了不至于让读者由于理解大量实验平台细节而导致对技术原理的理解和消化吸收, 本书将这些实验聚焦到 3 个实验平台上, 包括单片机平台、嵌入式平台及智能终端平台, 本书所有实验都分布在这 3 类平台上, 如图 1-3 所示。由于硬件环境的要求, 部分实验可能会跨越多个平台, 但只要掌握了这 3 个平台, 就可以设计出丰富多彩的实验和系统, 而不局限于本书内容。

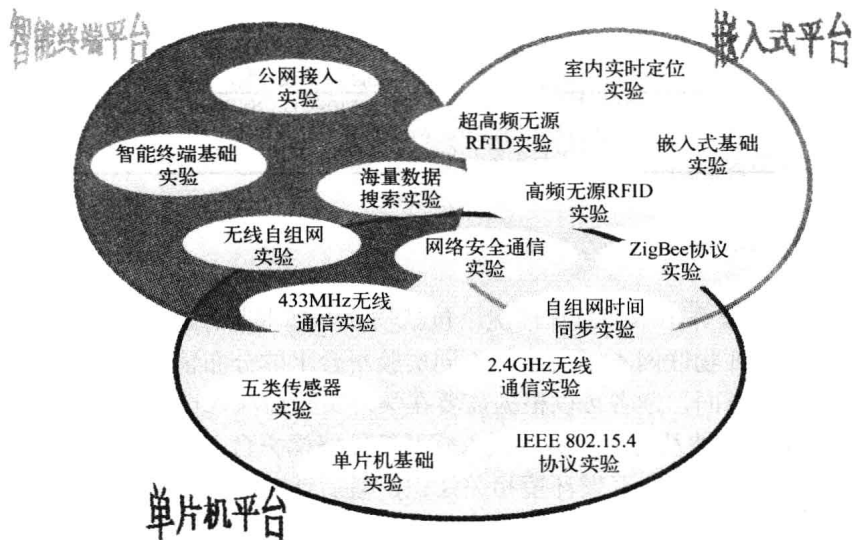


图 1-3 物联网 3 类实验平台及实验分布



本书的全部实验均在一系列的硬件设备上完成，主要硬件设备如表 1-1 所示。

1) 单片机实验平台是由单片机实验母板外加一系列传感器及外围模块组成的。

2) 嵌入式实验平台是由 ARM 实验母板和传感器及外围模块组成的。

3) 智能终端平台，包括 QT 及 Android 两个软件平台，可以在个人计算机（PC）上直接通过软件仿真实现，当然也可以下载到支持这些平台的智能终端上（本书中的相关实验均已经在相关智能手机上进行验证）。

表 1-1 中的硬件 4~7 是分别在单片机实验平台和嵌入式实验平台的基础上开发的，只是在体积和封装上做了一些改变，以方便进行实验部署，降低功耗及成本。

表 1-1 本书主要硬件设备介绍

	英文名	中文名	设备描述	相关实验
1	IOT-SCMMB	单片机实验母板	ATmega128 单片机实验母板，具备 IOT-MODULES 所有模块的硬件接口（包括十多种传感器、5 种射频模板、键盘与液晶等），另外还配有丰富的编程及调试接口，方便进行二次开发	实验一、四 A、五 A、六、七、八、十二、十三
2	IOT-ARMMB	ARM 实验母板	ARM7 实验母板，很容易扩充到 ARM9 及以上性能芯片，具备 IOT-MODULES 所有模块的硬件接口（包括十多种传感器、5 种射频模板、键盘与液晶等），IOT-SCMMB 实验均可在此平台上完成，另外还配有丰富的编程及调试接口，方便进行二次开发	实验二、四 B、五 B、九
3	IOT-MODULES	传感器及外围模块	各种传感器及外围设备，本书中使用的包括高精度温湿度传感器、三轴加速度传感器、图像传感器、步进电动机、433MHz 和 2.4GHz 通信模块、键盘与液晶等模块	实验一、二、四 A、四 B、五 A、五 B、六、七、八、九
4	IOT-RFID	RFID 实验硬件	RFID 实验设备，主要包括高频（HF）和超高频（UHF）无源 RFID 实验硬件、2.4GHz 有源 RFID 实验硬件、RFID 读/写手持设备及相关编程及调试硬件	实验十、十一
5	IOT-NODE433	433MHz 节点硬件	ATmega128 处理器、CC1000 无线收发，可用于进行单跳通信实验、自组织网络实验及各层次短距离无线通信实验开发，全面支持 TinyOS 1.x 及以上版本	实验十二、十四
6	IOT-NODE24	2.4GHz 节点硬件	ATmega128 处理器、CC2420 无线收发，可全面支持 ZigBee 协议、IEEE 802.15.4 协议开发，全面支持 TinyOS 1.x 及以上版本	实验十三、十五、二十
7	IOT-ZBJ	ZigBee 协议实验硬件	JN5139 ZigBee 片上系统级实现方案，主要用于快速学习开发 ZigBee 协议栈，并组建 ZigBee 网络	实验十六
8	IOT-NODE24T	2.4GHz 增强节点硬件	MSP430 处理芯片、CC2420 无线收发，集成度高，处理能力较强，可支持 ZigBee 协议开发，支持 TinyOS2.x	实验十八
9	IOT-WIFI	低功耗 WiFi 实验硬件	GAINSPAN 公司的 GS10xx 低功耗 WiFi 平台，可以方便用于低功耗 WiFi 协议的开发，本书采用基于低功耗 WiFi 的室内实时定位实验	实验十九

1.4 本书结构安排

本书的第 1 章主要介绍本书总体情况，包括物联网基本概念、物联网关键技术的介绍，还包括了本书的实验在物联网不同层次、不同实验平台上的分布情况。对于本书在关键技术和实验设计基础知识方面，读者可以根据需要在学习实验前深入选读。

第 2 章介绍本书所涉及的单片机、嵌入式及智能终端平台，每一部分都讲述了各平台的基础知识，包括硬件、软件、开发环境相关知识，最后针对本书中所使用的平台，设计了专门的涉及平台方面的基础实验。本章实验是全书的基础，这些实验基本都是在这 3 个平台上，通过对硬件的组合和增强、软件及协议的修改和开发来实现的。



第3章是物联网感知与标识实验。首先介绍物联网感知层的一些基础知识,然后从传感器和RFID两个方面设计了两组实验。传感器实验包括高精度温湿度传感器实验、运动感知实验、图像采集实验、步进电动机控制实验、键盘与液晶显示交互实验;RFID实验包括高频及超高频无源RFID实验。由于有源RFID的实验类似于后面的点到点无线通信,这里不再赘述。本章实验内容较多,读者可根据专业及项目需要进行选修。

第4章是物联网通信与网络实验。本章集中介绍与通信和网络相关的实验,首先是在ISM频段选择了433MHz和2.4GHz两个典型短距离通信实验,较详细地介绍了实现点到点无线通信的基本方法,然后基于这两个频段设计了无线自组网实验、IEEE 802.15.4及ZigBee网络实验。由于每部分还要涉及相当多的基础知识,建议读者适当结合丛书的其他内容和专业学术论文进行深入学习,并适当结合思考题进行深化学习。

第5章是物联网接入与处理实验。本章基于第4章的通信和网络实验,设计了更贴近应用的实验方案,主要包括公网接入实验、网络安全通信实验、室内实时定位实验、自组网时间同步实验、数据索引及搜索实验等。虽然很难从实验的角度展示物联网的应用和服务,但读者可以将本章的实验结合后面的演示实验及应用系统,对物联网的规模化行业应用有一定的认识。本章实验为物联网行业应用的技术支撑。

第6章给出5个典型物联网应用的演示实验,内容涉及环境监测、出入管理、智能家居、智能医疗和智能抄表等。这些系统级演示实验,更贴近于实际,同时也能够反映出前面各章节所包含的基础实验的具体应用,有利于建立全局的系统的整体的概念。另外,智能家居和智能医疗将在第7章从系统的角度进行详细介绍,读者也可以结合起来学习。

第7章是本书物联网演示实验的升级,也是本书切入实际行业应用的基础,给出更接近应用水平的系统设计方案。由于时间的限制,主要给出了智能家居、智能物流、智能医疗等系统或子系统的设计,实际的系统设计应和具体应用需求密切相关。本章的内容都是相关作者在自己的应用背景下做出的,仅供读者自行设计时参考。

第8章结合物联网专业设置和实验室组建的需求,给出实验室建设的建议。当然,由于行业与领域的千差万别,读者可以在掌握本书实验原理及内容的基础上,根据自身的行业及专业需求,设计出具有显著特色的物联网实验室建设方案。