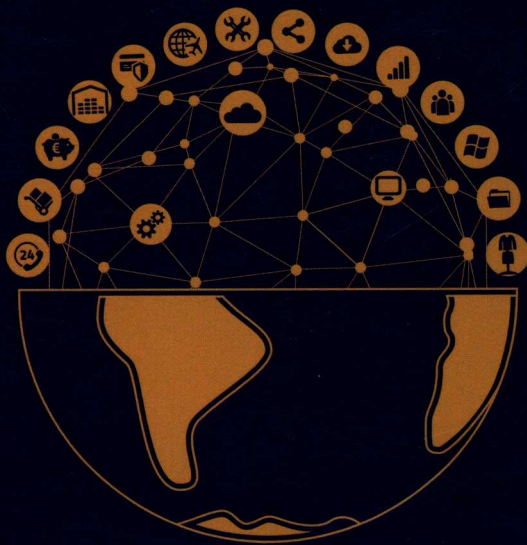


廖建尚 编著



企业级物联网 开发与应用

廖建尚 编著

电子工业出版社
Publishing House of Electronics Industry
北京·BEIJING

内 容 简 介

本书结合 CC2530、ZigBee、STM32 和 Contiki 操作系统等多种技术介绍物联网开发技术,由浅入深地对企业级物联网系统的开发进行了详细的介绍。本书采用任务式学习方法,给出了 28 个贴近社会和生活的物联网应用案例,每个案例均有完整的开发过程,分别是明确的开发目标、详细的系统设计过程、深入浅出的原理学习、详细的开发内容和完整的开发验证,最后进行总结和拓展,将理论学习和开发实践结合起来。每个案例均给出了完整的开发代码,读者可以在源代码的基础上快速地进行二次开发。

本书既可作为高等院校相关专业师生的教材或教学参考书,也可供相关领域的工程技术人员查阅。对于嵌入式开发、物联网系统开发和云平台开发爱好者,本书是一本深入浅出、贴近实际应用的技术读物。

本书配有相关的开发资源包,读者可登录华信教育资源网(www.hxedu.com.cn)免费注册后下载。

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

企业级物联网开发与应用/廖建尚编著. —北京:电子工业出版社, 2018.4

(物联网开发与应用丛书)

ISBN 978-7-121-33846-5

I. ①企… II. ①廖… III. ①互联网络—应用—企业管理②智能技术—应用—企业管理 IV. ①F270.7

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2018)第 048231 号

责任编辑:田宏峰

印 刷:三河市良远印务有限公司

装 订:三河市良远印务有限公司

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:787×1 092 1/16 印张:34.75 字数:889 千字

版 次:2018 年 4 月第 1 版

印 次:2018 年 4 月第 1 次印刷

定 价:128.00 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, 88258888。

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

本书咨询联系方式: tianhf@phei.com.cn。

FOREWORD

前言

近年来,物联网、大数据和云计算的迅猛发展,正在改变着社会的生产方式,大大提高了生产效率和社会生产力。工业和信息化部在《物联网发展规划(2016—2020年)》中提出了物联网发展的六大任务、四大关键技术和六大重点领域应用示范工程,为下一步的物联网发展指出了一条鲜明的道路。其中,六大任务分别是强化产业生态布局、完善技术创新体系、推动物联网规模应用、构建完善标准体系、完善公共服务体系、提升安全保障能力;四大关键技术分别是传感器技术、体系架构共性技术、操作系统,以及物联网与移动互联网、大数据融合关键技术;六大重点领域应用示范工程分别是智能制造、智慧农业、智能家居、智能交通和车联网、智慧医疗和健康养老、智慧节能环保。由此可以看出我国在推动物联网广泛应用的坚定决心,相信物联网规模会越来越大。

物联网系统涉及的技术很多,从感知层到应用层都有不同的开发技术。相关从业人员需要掌握处理器外围接口和相应传感器的驱动开发技术,能开发 Web 应用程序和 Android 移动互联网程序。本书将详细分析基于 CC2530、ZigBee、STM32 和 Contiki 操作系统的传感器的驱动方法,以及和 ZigBee 无线传感网络结合技术,基于 HTML5 的 Web 应用开发技术,基于 Android 的移动互联网和物联网高级应用技术。本书具有理论知识点清晰,实践案例丰富的特点,可带领读者快速掌握物联网开发技术。

本书采用任务式开发的学习方法,采用了 28 个贴近社会和生活的企业级应用案例,由浅入深地介绍物联网感知层驱动和应用层功能的开发。每个案例均有完整的开发过程,分别是明确的开发目标、详细的系统设计过程、深入浅出的原理学习、详细的开发内容和完整的开发验证,最后进行总结和拓展,将理论学习和开发实践结合起来。每个案例均给出了完整的开发代码,可以为工程技术人员和科研工作人员进行科研项目开发提供较好的参考资料。读者可以在源代码的基础上快速地进行二次开发,将其转化为各种比赛和创新创业的案例。

第 1 章首先引导读者初步认识物联网的发展概况、概念与基本特征,然后结合我国目前的物联网发展战略,阐述了我国物联网产业的发展现状、面临的形势和发展目标,进一步描述了当前我国物联网发展的六大任务,最后建立了物联网系统架构模型,并就物联网开发所需的基本知识进行了介绍。

第 2 章详细介绍了本书的物联网开发平台、物联网通信协议、项目开发与调试工具,并介绍了物联网开发平台的基本配置和调试,分析了 ZigBee 架构,以及基于 CC2530 微处理器和 ZigBee 的硬件驱动开发方法;也分析了 Contiki 操作系统架构,以及基于 STM32 微处理器和 Contiki 操作系统的硬件驱动开发,最后学习 Android 和 Web 应用开发接口。本章

的写作目的是使读者快速掌握物联网开发的基础知识，从而具备物联网的基本开发能力。

第3章介绍了利用CC2530和ZigBee实现的物联网系统节点的数据采集和设备控制的案例，包括环境温湿度信息采集系统设计与开发（案例1）、室内空气PM质量监测系统设计与开发（案例2）、农作物光照度监测系统设计与开发（案例3）、农业大棚CO₂监测系统设计与开发（案例4）、厨房燃气安全监测与报警系统设计与开发（案例5）、仓储仓库火焰监测与报警系统设计与开发（案例6）、室内人员入侵监测与防护系统设计与开发（案例7）、门窗非法闯入监测与报警系统设计与开发（案例8）、无线智能遥控器系统设计与开发（案例9）、无线智能LED灯控制系统设计与开发（案例10）、智能无线门禁系统设计与开发（案例11）、智能无线门锁系统设计与开发（案例12）、智能无线报警系统设计与开发（案例13）、无线排气扇的远程控制系统设计与开发（案例14）、无线控制器系统设计与开发（案例15）、远程无线智能电表系统设计与开发（案例16）、智能无线插座系统设计与开发（案例17）。读者可利用这些案例掌握基于ZigBee和CC2530的物联网系统开发。

为了能在单个节点实现更多、更强大的物联网系统节点数据采集和设备控制，第4章介绍了利用STM32处理器和Contiki操作系统实现节点的数据采集和设备控制的案例，包括自助健康医疗信息采集系统设计与开发（案例18）、流水线分拣系统设计与开发（案例19）、智能无线可控电磁阀系统设计与开发（案例20）、传送带远程控制系统设计与开发（案例21）、无线电机控制系统设计与开发（案例22）、智能无线水泵控制系统设计与开发（案例23）、智能无线气泵控制系统设计与开发（案例24）、智能无线土壤温湿度监测系统设计与开发（案例25）、智能无线水体pH值监测系统设计与开发（案例26）、智能无线水位水温测量系统设计与开发（案例27）、室外风速风向检测系统设计与开发（案例28）。读者可以利用这些案例掌握基于ZigBee和STM32的物联网系统开发，涉及感知层的环境信息采集和控制，实现了更为复杂的应用层功能，构建了更为完整的物联网知识框架。

本书的特色如下所述。

（1）任务式开发。本书选取合适的案例，将理论与实践结合起来，通过理论学习和项目开发，快速入门，由浅入深地掌握物联网开发技术。

（2）多种知识点的融合。本书将嵌入式系统的开发技术、CC2530与STM32处理器基本接口驱动技术、传感器驱动技术、ZigBee无线传感网络无线技术、Android移动互联网开发技术和Web开发技术等结合在一起，实现了物联网数据采集、传输和处理等功能和应用。

（3）为了使单个节点能在工业应用中实现更为强大的物联网系统节点数据采集和设备控制功能，本书采用了STM32处理器和Contiki操作系统，实现节点的数据采集和设备控制，再通过ZigBee无线传感网络实现更为复杂的应用层功能，从而构建强大的物联网系统。

本书既可作为高等院校相关专业师生的教学参考书、自学参考书，也可供相关领域的工程技术人员查阅。对于物联网开发爱好者，本书是一本深入浅出的技术读物。

本书在编写过程中，借鉴和参考了国内外专家、学者、技术人员的相关研究成果，我们尽可能按学术规范予以说明，但难免会有疏漏之处，在此谨向有关作者表示深深的敬意

和谢意，如有疏漏请及时通过出版社与作者联系。

本书的编写得到了广东省科技计划项目（2017ZC0358）、广州市科学研究计划（2018-1002-SF-0140）、广东交通职业技术学院校级重点科研项目（2017-1-001）和广东省高等职业教育品牌专业建设项目（2016GZPP044）的资助。感谢中智讯（武汉）科技有限公司在本书编写过程中提供的帮助，特别感谢电子工业出版社在本书出版过程中给予大力支持。

由于本书涉及的知识面广，时间仓促，限于作者的水平和经验，疏漏之处在所难免，恳请专家和读者批评指正。

作者

2018年1月

CONTENTS

目录

第 1 章 物联网概论

- 1.1 物联网及其发展概况 1
 - 1.1.1 物联网概念与基本特征 1
 - 1.1.2 我国物联网产业发展现状 3
 - 1.1.3 我国物联网产业面临的形势和发展目标 5
 - 1.1.4 我国物联网发展任务 6
- 1.2 物联网系统架构模型 12
- 1.3 物联网开发预备知识 12

第 2 章 物联网项目应用开发基础

- 2.1 认识物联网项目应用平台 14
 - 2.1.1 应用开发平台总体概述 14
 - 2.1.2 无线传感节点 14
- 2.2 物联网通信协议 19
 - 2.2.1 通信协议 19
 - 2.2.2 定义与分析 19
- 2.3 项目开发调试工具 22
 - 2.3.1 Lite 节点开发工具的安装与调试 22
 - 2.3.2 Plus 节点开发工具的安装与调试 32
 - 2.3.3 Android 开发环境 38
 - 2.3.4 HTML5 Web 开发环境 43
- 2.4 物联网项目应用平台配置与调试 45
 - 2.4.1 云平台配置 45
 - 2.4.2 ZCloudTools 调试工具 47
 - 2.4.3 FwsTools 调试工具 49
- 2.5 CC2530 节点硬件驱动开发 52
 - 2.5.1 ZigBee 协议栈分析 52
 - 2.5.2 ZStack 的结构 52
 - 2.5.3 ZStack 中的寻址 55
 - 2.5.4 ZStack OSAL 调度管理 56

2.5.5	ZStack 配置信道	58
2.5.6	ZStack 硬件驱动分析	59
2.6	STM32 节点硬件驱动开发	70
2.6.1	Contiki 操作系统分析	70
2.6.2	Contiki 操作系统的数据结构	73
2.6.3	硬件驱动分析	76
2.7	云平台开发应用接口	82
2.7.1	Android 开发应用接口	82
2.7.2	Web 开发应用接口	87

第 3 章 基于 CC2530 和 ZigBee 的物联网应用系统开发 92

3.1	环境温湿度信息采集系统设计与开发（案例 1）	92
3.1.1	开发目标	93
3.1.2	系统设计	93
3.1.3	开发内容	96
3.1.4	开发验证	107
3.1.5	总结与拓展	110
3.2	室内空气 PM 质量监测系统设计与开发（案例 2）	110
3.2.1	开发目标	111
3.2.2	系统设计	112
3.2.3	开发内容	114
3.2.4	开发验证	129
3.2.5	总结与拓展	130
3.3	农作物光照度监测系统设计与开发（案例 3）	130
3.3.1	开发目标	131
3.3.2	系统设计	131
3.3.3	开发内容	134
3.3.4	开发验证	143
3.3.5	总结与拓展	144
3.4	农业大棚 CO ₂ 监测系统设计与开发（案例 4）	145
3.4.1	开发目标	146
3.4.2	系统设计	146
3.4.3	开发内容	149
3.4.4	开发验证	157
3.4.5	总结与拓展	159
3.5	厨房燃气安全监测与报警系统设计与开发（案例 5）	159
3.5.1	开发目标	160
3.5.2	系统设计	160
3.5.3	开发内容	161

3.5.4	开发验证	173
3.5.5	总结与拓展	175
3.6	仓储仓库火焰监测与报警系统设计与开发（案例 6）	175
3.6.1	开发目标	175
3.6.2	系统设计	175
3.6.3	开发内容	177
3.6.4	开发验证	189
3.6.5	总结与拓展	191
3.7	室内人员入侵监测与防护系统设计与开发（案例 7）	191
3.7.1	开发目标	191
3.7.2	系统设计	191
3.7.3	开发内容	193
3.7.4	开发验证	204
3.7.5	总结与拓展	206
3.8	门窗非法闯入监测与报警系统设计与开发（案例 8）	206
3.8.1	开发目标	206
3.8.2	系统设计	206
3.8.3	开发内容	207
3.8.4	开发验证	216
3.8.5	总结与拓展	217
3.9	无线智能遥控器系统设计与开发（案例 9）	217
3.9.1	开发目标	217
3.9.2	系统设计	218
3.9.3	开发内容	219
3.9.4	开发验证	236
3.9.5	总结与拓展	237
3.10	无线智能 LED 灯控制系统设计与开发（案例 10）	237
3.10.1	开发目标	238
3.10.2	系统设计	238
3.10.3	开发内容	239
3.10.4	开发验证	250
3.10.5	总结与拓展	251
3.11	智能无线门禁系统设计与开发（案例 11）	251
3.11.1	开发目标	252
3.11.2	系统设计	252
3.11.3	开发内容	254
3.11.4	开发验证	270
3.11.5	总结与拓展	271
3.12	智能无线门锁系统设计与开发（案例 12）	271

3.12.1	开发目标	271
3.12.2	系统设计	272
3.12.3	开发内容	273
3.12.4	开发验证	287
3.12.5	总结与拓展	288
3.13	智能无线报警系统设计与开发（案例 13）	288
3.13.1	开发目标	288
3.13.2	系统设计	289
3.13.3	开发内容	290
3.13.4	开发验证	300
3.13.5	总结与拓展	301
3.14	无线排气扇的远程控制系统设计与开发（案例 14）	301
3.14.1	开发目标	301
3.14.2	系统设计	302
3.14.3	开发内容	303
3.14.4	开发验证	313
3.14.5	总结与拓展	314
3.15	无线控制器系统设计与开发（案例 15）	314
3.15.1	开发目标	314
3.15.2	系统设计	315
3.15.3	开发内容	316
3.15.4	开发验证	328
3.15.5	总结与拓展	329
3.16	远程无线智能电表系统设计与开发（案例 16）	329
3.16.1	开发目标	330
3.16.2	系统设计	330
3.16.3	开发内容	332
3.16.4	开发验证	348
3.16.5	总结与拓展	349
3.17	智能无线插座系统设计与开发（案例 17）	349
3.17.1	开发目标	350
3.17.2	系统设计	350
3.17.3	开发内容	351
3.17.4	开发验证	356
3.17.5	总结与拓展	357

第 4 章 基于 STM32 和 Contiki 的物联网应用系统开发 358

4.1	自助健康医疗信息采集系统设计与开发（案例 18）	358
4.1.1	开发目标	359

4.1.2	系统设计	359
4.1.3	开发内容	362
4.1.4	开发验证	391
4.1.5	总结与拓展	393
4.2	流水线分拣系统设计与开发 (案例 19)	393
4.2.1	开发目标	394
4.2.2	系统设计	394
4.2.3	开发内容	395
4.2.4	开发验证	407
4.2.5	总结与拓展	408
4.3	智能无线可控电磁阀系统设计与开发 (案例 20)	408
4.3.1	开发目标	408
4.3.2	系统设计	409
4.3.3	开发内容	410
4.3.4	开发验证	415
4.3.5	总结与拓展	416
4.4	远程传送带控制系统设计与开发 (案例 21)	417
4.4.1	开发目标	417
4.4.2	系统设计	417
4.4.3	开发内容	419
4.4.4	开发验证	425
4.4.5	总结与拓展	426
4.5	智能无线电机控制系统设计与开发 (案例 22)	426
4.5.1	开发目标	427
4.5.2	系统设计	427
4.5.3	开发内容	429
4.5.4	开发验证	441
4.5.5	总结与拓展	442
4.6	智能无线水泵控制系统设计与开发 (案例 23)	442
4.6.1	开发目标	443
4.6.2	系统设计	443
4.6.3	开发内容	444
4.6.4	开发验证	449
4.6.5	总结与拓展	450
4.7	智能无线气泵控制系统设计与开发 (案例 24)	450
4.7.1	开发目标	450
4.7.2	系统设计	451
4.7.3	开发内容	452
4.7.4	开发验证	457

4.7.5	总结与拓展	458
4.8	智能无线土壤温湿度监测系统设计与开发（案例 25）	458
4.8.1	开发目标	458
4.8.2	系统设计	459
4.8.3	开发内容	461
4.8.4	开发验证	475
4.8.5	总结与拓展	476
4.9	智能无线水体 pH 值监测系统设计与开发（案例 26）	477
4.9.1	开发目标	477
4.9.2	系统设计	477
4.9.3	开发内容	479
4.9.4	开发验证	490
4.9.5	总结与拓展	492
4.10	智能无线水位水温测量系统设计开发与开发（案例 27）	492
4.10.1	开发目标	493
4.10.2	系统设计	493
4.10.3	开发内容	495
4.10.4	开发验证	509
4.10.5	总结与拓展	510
4.11	室外风速风向检测系统设计开发与开发（案例 28）	511
4.11.1	开发目标	512
4.11.2	系统设计	512
4.11.3	开发内容	515
4.11.4	开发验证	535
4.11.5	总结与拓展	536
附录 A	常见硬件及问题	537
附录 A.1	Android 网关	537
附录 A.2	无线节点镜像固化	539
附录 A.3	无线节点修改网络信息	539
附录 A.4	无线节点读取 IEEE 地址	541
参考文献		542

第1章

物联网概论

本章将引导读者初步了解物联网及其发展概况，并简单介绍物联网开发涉及的硬件和软件，初步了解物联网系统项目的基本开发过程。

1.1 物联网及其发展概况

1.1.1 物联网概念与基本特征

物联网在1999年起源于麻省理工学院（MIT）的AutoID实验室。2005年，国际电信联盟（ITU）正式确定了物联网的概念，ITU发布的报告指出：信息与通信技术（ICT）的目标已经从人与人（H2H）的沟通，发展到人与物（H2T）、物与物（T2T）之间的连接与交互，无所不在、无处不连通的物联网通信时代即将开始。2008年，为了应对经济危机，促进科技发展，寻找新的经济增长点，各国政府开始重视规划下一代技术创新，物联网成为重点技术之一。2009年，在奥巴马就任美国总统后与美国工商业界领袖举行的圆桌会议上，IBM首席执行官彭明盛首次提出“智慧地球”的概念，建议政府投资新一代智慧型基础设施，新能源与物联网列为振兴经济的两大重点科学技术。同年，欧盟发布《Internet of Things—An action plan for Europe》，系统地阐述了物联网的发展前景与管理设想，提出了促进物联网发展的14项行动计划。日本也提出了u-Japan计划，将物联网规划为四项重大战略之一。韩国的u-IT839战略中三大基础建设重点之一也是物联网。

我国物联网的发展起步阶段与全球基本同步。2009年，温家宝总理视察无锡物联网基地时，提出“感知中国”的概念。2010年政府工作报告将物联网正式列为中国五大新兴战略性新兴产业。据不完全统计，2010年中国物联网产业市场规模接近2000亿元，而2011年物联网产业规模超过2500亿元，2012年物联网产业规模达到3650亿元，同比增长46%。物联网受到全社会的极大关注与重视，许多省市、产业、行业也开始着手制订物联网的相关规划。但是，目前各部委、各行业分别规划的物联网项目缺乏整体规划。前些年中国投入几万亿进行信息化建设，虽然取得一些重大的进步，但拉动中国信息产业的产值所占的比重还比较有限，目前在核心产品、高新技术、基础性软件方面还有待取得重大突破。

物联网（Internet of Things）是指利用各种信息传感设备，如射频识别（RFID）装置、无线传感器、红外感应器、全球定位系统、激光扫描器等，对现有物品信息进行感知、采集，通过网络支撑下的可靠传输技术，将各种物品的信息汇入互联网，并进行基于海量信息资源的智能决策、安全保障及管理技术与服务的全球公共的信息综合服务平台。物联网示意图如图 1.1 所示。

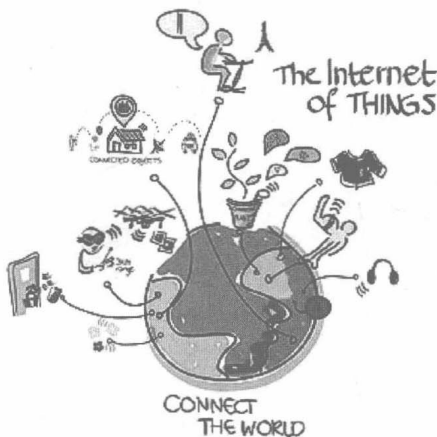


图 1.1 物联网示意图

物联网有两层含义：第一，物联网的核心和基础仍然是互联网，是在互联网基础上的延伸和扩展；第二，其用户端延伸和扩展到任何物品，以及物品之间进行信息交换和通信。因此，物联网是指运用传感器、射频识别、智能嵌入式等技术，使信息传感设备感知任何需要的信息，按照约定的协议，通过可能的网络（如基于 Wi-Fi 的无线局域网、3G/4G 等）接入方式，把任何物体与互联网相连接，进行信息交换通信，在进行物与物、物与人的泛在连接的基础上，实现对物体的智能化识别、定位、跟踪、控制和管理。物联网的架构通常可分为感知识别层、网络构建层、信息处理层和综合应用层，如图 1.2 所示。

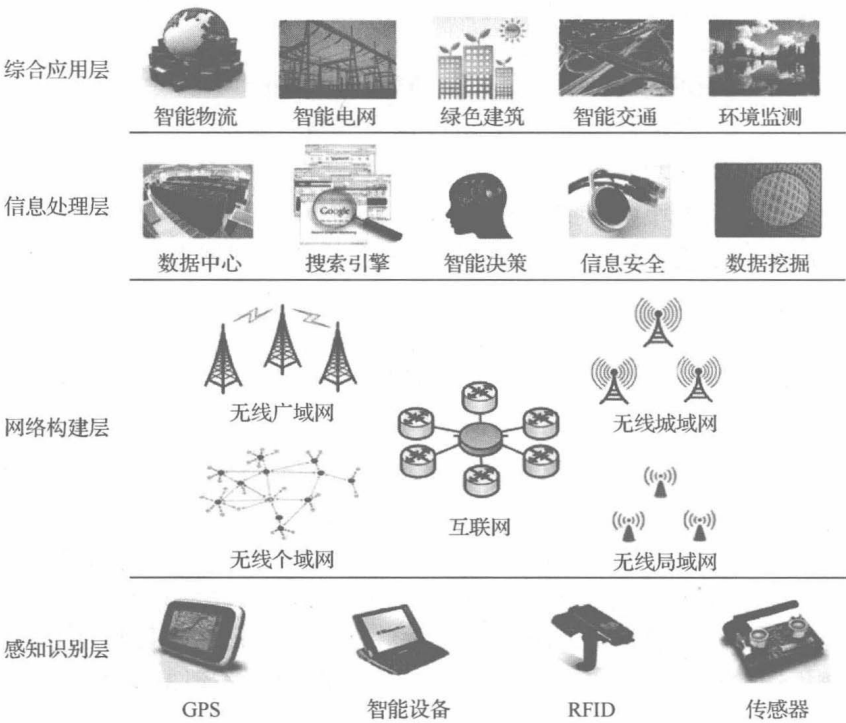


图 1.2 物联网架构示意图

作为新一代信息技术的重要组成部分，物联网有三方面的特征：首先，物联网具有互联网特征，对需要用物联网技术联网的物体来说，一定要有能够实现互联互通的互联网络来支撑；其次，物联网具有识别与通信特征，接入网络的物体一定要具备自动识别的功能

和物物通信（M2M）的功能；最后，物联网具有智能化特征，使用物联网技术形成的网络应该具有自动化、自我反馈和智能控制的功能。

1.1.2 我国物联网产业发展现状

目前，物联网在很多领域开展了涉及人们生活多个方面的示范性应用，包括工业、农业、交通、环境保护、医疗、智能建筑、个人感知和 RFID 等，如图 1.3 所示。

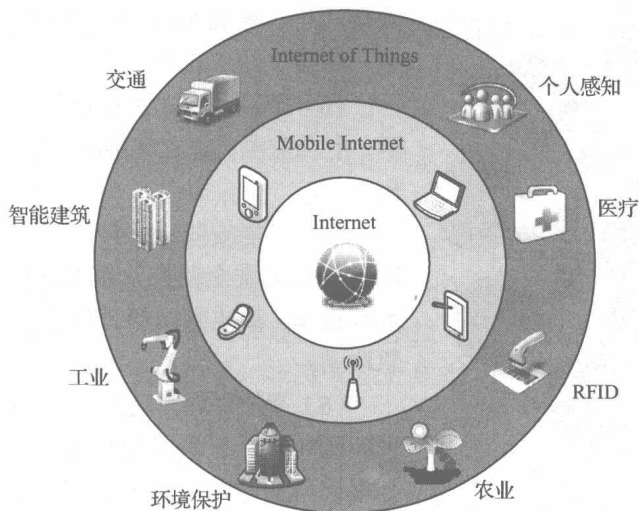


图 1.3 物联网在多个领域的应用

在我国，物联网概念的前身是传感网，中国科学院早在 1999 年就启动了传感网技术的研究，并取得了一系列科研成果。2009 年以后，国内出现了对物联网技术进行集中研究的浪潮，2010 年物联网被写入政府工作报告。从产业结构和产业规模来看，我国目前的物联网产业发展仍处于初级阶段，物联网相关技术、标准、产品和市场都不成熟，预计到 2020 年年末将达到万亿级的规模。

1. 物联网纳入国家重点发展领域

2009 年 8 月，时任总理的温家宝在无锡考察时指出要积极创造条件，在无锡建立“感知中国”中心，加快推动物联网技术发展。2010 年 9 月，物联网就上升到了国家战略高度，作为新一代信息技术重要组成部分的物联网技术被列为国家重点培育的战略性新兴产业。2010 年 10 月，《国民经济和社会发展第十二个五年规划纲要》出台，指出战略性新兴产业是国家未来重点扶持的对象，主要聚焦在下一代通信网络、物联网、三网融合、新型平板显示、高性能集成电路和高端软件等范畴的新一代信息技术产业。除此之外，我国已将物联网列入国家中长期科学技术发展规划（2006—2020 年）和 2050 年国家产业路线图。物联网在“十二五”发展规划中将以下九个方面纳入重点发展领域，如图 1.4 所示。

（1）智能工业：生产过程控制、生产环境监测、制造供应链跟踪、产品全生命周期监测，促进安全生产和节能减排。

(2) 智能农业：农业资源利用、农业生产精细化管理、生产养殖环境监控、农产品质量安全管理与产品溯源。

(3) 智能物流：建设库存监控、配送管理、安全追溯等现代流通应用系统，建设跨区域、行业、部门的物流公共服务平台，实现电子商务与物流配送一体化管理。

(4) 智能交通：交通状态感知与交换、交通诱导与智能化管控、车辆定位与调度、车辆远程监测与服务、车路协同控制，建设开放的综合智能交通平台。

(5) 智能电网：电力设施监测、智能变电站、配网自动化、智能用电、智能调度、远程抄表，建设安全、稳定、可靠的智能电网。

(6) 智能环保：污染源监控、水质监测、空气监测、生态监测，建立智能环保信息采集网络和信息平台。

(7) 智能安防：社会治安监控，危险化学品运输监控，食品安全监控，重要桥梁、建筑、轨道交通、水利设施、市政管网等基础设施安全监测、预警和应急联动。

(8) 智能医疗：药品流通和医院管理，以人体生理和医学参数采集及分析为切入点，面向家庭和社区开展远程医疗服务。

(9) 智能家居：家庭网络、家庭安防、家电智能控制、能源智能计量、节能低碳、远程教育等。

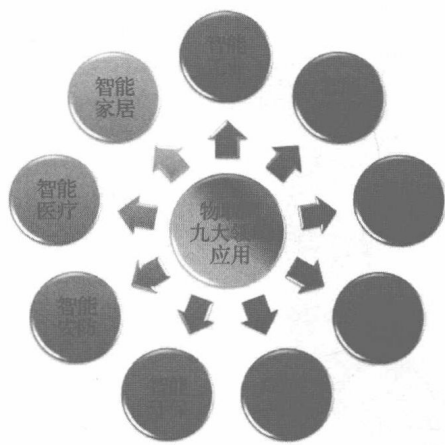


图 1.4 九大物联网重点发展领域

2. 形成了较为丰富的物联网基础应用

工业和信息化部《物联网发展规划（2016—2020 年）》（以下简称“发展规划”）在报告中总结了“十二五”期间我国在物联网关键技术研发、应用示范推广、产业协调发展和政策环境建设等方面取得的成果。

(1) 产业体系初步建成。已形成包括芯片、元器件、设备、软件、系统集成、运营、应用服务在内的较为完整的物联网产业链。2015 年物联网产业规模达到 7500 亿元，“十二五”期间年复合增长率为 25%。公众网络机器到机器（M2M）连接数突破 1 亿，占全球总量的 31%，成为全球最大的市场。物联网产业已形成环渤海、长三角、泛珠三角，以及中西部地区四大区域聚集发展的格局，无锡、重庆、杭州、福州等新型工业化产业示范基地建设初见成效。物联网产业公共服务体系日渐完善，初步建成一批共性技术研发、检验检测、投融资、标识解析、成果转化、人才培养、信息服务等公共服务平台。

(2) 创新成果不断涌现。在芯片、传感器、智能终端、中间件、架构、标准制定等领域取得一大批研究成果。光纤传感器、红外传感器技术达到国际先进水平，超高频智能卡、微波无源无线射频识别（RFID）、北斗芯片技术水平大幅提升，微机电系统（MEMS）传感器实现批量生产，物联网中间件平台、多功能便捷式智能终端研发取得突破。一批实验室、工程中心和大学科技园等创新载体已经建成并发挥良好的支撑作用。物联网标准体系加快建立，已完成 200 多项物联网基础共性和重点应用国家标准立项。我国主导完成多项

物联网国际标准，国际标准制定的话语权明显提升。

(3) 应用示范持续深化。在工业、农业、能源、物流等行业的提质增效、转型升级中作用明显，物联网与移动互联网融合推动家居、健康、养老、娱乐等民生应用创新空前活跃，在公共安全、城市交通、设施管理、管网监测等智慧城市领域的应用显著提升了城市管理智能化水平。物联网应用规模与水平不断提升，在智能交通、车联网、物流追溯、安全生产、医疗健康、能源管理等领域已形成一批成熟的运营服务平台和商业模式，高速公路电子不停车收费系统（ETC）实现全国联网，部分物联网应用达到了千万级用户规模。

“发展规划”指出，我国物联网产业已拥有一定规模，设备制造、网络和应用服务具备较高水平，技术研发和标准制定取得突破，物联网与行业融合发展成效显著，但仍要看到我国物联网产业发展面临的瓶颈和深层次问题依然突出：一是产业生态竞争力不强，芯片、传感器、操作系统等核心基础能力依然薄弱，高端产品研发能力不强，原始创新能力与发达国家差距较大；二是产业链协同性不强，缺少整合产业链上下游资源、引领产业协调发展的龙头企业；三是标准体系仍不完善，一些重要标准研制进度较慢，跨行业应用标准制定难度较大；四是物联网与行业融合发展有待进一步深化，仍然缺乏成熟的商业模式，部分行业存在管理分散、推动力度不够的问题，发展新技术、新业态面临跨行业体制机制障碍；五是网络与信息安全形势依然严峻，设施安全、数据安全、个人信息安全等问题亟待解决。

1.1.3 我国物联网产业面临的形势和发展目标

1. 面临的形势

“发展规划”认为，我国物联网将加速进入“跨界融合、集成创新和规模化发展”的新阶段，与我国新型工业化、城镇化、信息化、农业现代化建设深度交汇，面临广阔的发展前景。另一方面，我国物联网发展又面临国际竞争的巨大压力，核心产品全球化、应用需求本地化的趋势更加凸显，机遇与挑战并存。

(1) 万物互联时代开启。物联网将进入万物互联发展新阶段，智能可穿戴设备、智能家电、智能网联汽车、智能机器人等数以万亿计的新设备将接入网络，形成海量数据，应用呈现爆发性增长，促进生产、生活和社会管理方式进一步向智能化、精细化、网络化方向转变，经济社会发展更加智能、高效。第五代移动通信技术（5G）、窄带物联网（NB-IoT）等新技术为万物互联提供了强大的基础设施支撑能力。万物互联的泛在接入、高效传输、海量异构信息处理和设备智能控制，以及由此引发的安全问题等，都对物联网技术的发展和应用提出了更高的要求。

(2) 应用需求全面升级。物联网万亿级的垂直行业市场正在不断兴起，制造业成为物联网的重要应用领域，相关国家纷纷提出发展“工业互联网”和“工业4.0”。我国提出建设制造强国、网络强国，推进供给侧结构性改革，以信息物理系统（CPS）为代表的物联网智能信息技术将在制造业智能化、网络化、服务化等转型升级方面发挥重要的作用。车联网、健康、家居、智能硬件、可穿戴设备等消费市场需求更加活跃，驱动物联网和其他前沿技术不断融合，人工智能、虚拟现实、自动驾驶、智能机器人等技术不