



物联网工程核心技术丛书



ZigBee

原理、实践及综合应用

葛广英 葛菁 赵云龙◎编著



清华大学出版社

物联网工程核心技术丛书

ZigBee原理、实践及综合应用

葛广英 葛 菁 赵云龙 编 著



清华大学出版社

内 容 简 介

本书分为3篇,共11章,第1篇为基本知识与技术篇,包括第1、2章,介绍ZigBee技术、ZigBee芯片及应用。第2篇为实践与提高篇,包括第3~9章,其中第3~5章介绍基于北京奥尔斯电子科技有限公司的物联网创新实验系统(OURS-IOTV2-CC2530)的组成、实践项目和综合应用项目;第6~8章介绍北京赛佰特科技有限公司的全功能物联网教学科研平台(标准版CBT-SuperIOT)的组成、基础实践项目和综合通信项目;第9章介绍基于ST公司的STM32W108处理器组成的ZigBee技术实践项目。第3篇为综合应用篇,包括第10、11章,介绍ZigBee技术的几个应用实例。

本书可供从事无线传感器网络开发与应用的工程技术人员学习使用,也可作为高等院校电子、通信、自动控制等专业学生的学习用书。

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签,无标签者不得销售。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

ZigBee原理、实践及综合应用/葛广英,葛菁,赵云龙编著. —北京:清华大学出版社,2015
(物联网工程核心技术丛书)

ISBN 978-7-302-39221-7

I. ①Z… II. ①葛… ②葛… ③赵… III. ①无线网—基本知识 IV. ①TN92

中国版本图书馆CIP数据核字(2015)第024197号

责任编辑:苏明芳

封面设计:刘 超

版式设计:郑 坤

责任校对:吕伟平

责任印制:宋 林

出版发行:清华大学出版社

网 址: <http://www.tup.com.cn>, <http://www.wqbook.com>

地 址:北京清华大学学研大厦 A 座 邮 编:100084

社 总 机:010-62770175 邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质 量 反 馈:010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

印 装 者:三河市金元印装有限公司

经 销:全国新华书店

开 本:185mm×260mm 印 张:34.75 字 数:861 千字

版 次:2015 年 8 月第 1 版 印 次:2015 年 8 月第 1 次印刷

印 数:1~2500

定 价:68.00 元

前 言

目前,物联网是全球研究的热点,国内外都把它的发展提到了国家级的战略高度,成为继计算机、互联网之后世界信息产业的第三次浪潮。物联网是一个极其庞大的网络,它包罗万象,涉及各行各业,其实质就是让万事万物通过网络连接起来,实现许多超级智能化的应用。传感器网络是构建物联网最基本的网络,传感器作为感知的最前端,探测和搜集信号之后,需要各种有线和无线的通信技术进行设备相互间的通信交流。光纤、ADSL、3G 和 WiFi 是联网的主要动脉,最后 100 米的短距离接入则是通过短距离无线通信技术来实现的,而 ZigBee 被认为是目前最适合传感器网络接入端的无线通信技术。

ZigBee 技术是一种近距离、低复杂度、低功耗、低速率、低成本的双向无线通信技术或无线网络技术,是一组基于 IEEE 802.15.4 无线标准研制开发的组网、安全和应用软件方面的通信技术。ZigBee 技术主要用于距离短、功耗低且传输速率不高的各种电子设备之间进行数据传输,以及典型的有周期性数据、间歇性数据和低反应时间数据传输的应用。

ZigBee 是一种低速、短距离传输的无线网络协议,底层是采用 IEEE 802.15.4 标准规范的媒体存取层与实体层。主要特色有低速、低功耗、低成本、支持大量网络节点、支持多种网络拓扑、低复杂度、快速、可靠、安全。ZigBee 协议层从下到上分别为实体层(PHY)、媒体存取层(MAC)、网络层(NWK)、应用层(APL)等。网络装置的角色可分为 ZigBee Coordinator(协调器)、ZigBee Router(路由器)和 ZigBee EndDevice(终端设备)3 种。

ZigBee 是由最多到 65000 个无线传输模块组成的无线传输网络平台,在整个网络范围内,每一个 ZigBee 网络传输模块之间可以相互通信,每个网络节点间的距离可以从标准的 75 米无限扩展。

随着 ZigBee 规范的进一步完善,ZigBee 的应用前景更加广阔,采用 ZigBee 技术的无线网络应用领域有家庭自动化、家庭安全、工业与环境控制、医疗护理、检测环境、监测保鲜食品的生产、运输过程及保质等。其典型应用领域主要包括以下几方面。

- 家庭和楼宇网络:空调系统的温度控制、照明的自动控制、窗帘的自动控制、煤气计量控制、家用电器的远程控制等。
- 工业控制:各种监控器、传感器的自动化检测和控制。
- 商业:智慧型标签、食品溯源等。
- 公共场所:烟雾探测器、视频监控等。
- 农业控制:收集土壤信息和气候信息。
- 医疗:老人与行动不便者的紧急呼叫器和医疗传感器等。

为方便广大读者学习和应用 ZigBee 技术,我们编写了本书,主要从实践和应用入手,让读者更快地了解、熟悉和掌握 ZigBee 技术,并利用 ZigBee 技术建立自己的应用,从而更快地完成应用项目。

本书分为 3 篇,共 11 章。第 1~2 章为基本知识与技术篇,第 3~9 章为实践与提高篇,第 10~11 章为综合应用篇。各章节的内容大致如下:

第1章介绍了物联网、无线传感网和 ZigBee 技术的基础知识,包括各自的概念、历史渊源、体系结构、关键技术、应用前景等。

第2章介绍了 ZigBee 的常用芯片,并重点介绍了 CC2530、STM32、STM8 芯片的特点及其应用情况。

第3~5章介绍了北京奥尔斯电子科技有限公司的物联网创新实验平台(OURS-IOTV2-CC2530)的组成、15个基础实践项目和4个综合应用项目。

第6~8章介绍了北京赛佰特科技有限公司的全功能物联网教学科研平台(标准版 CBT-Super IOT)的组成、14个基础实践项目和8个综合通信项目。

第9章介绍了基于 ST 公司的 STM32W108 处理器的9个 ZigBee 实践项目。

第10章在配套 RFID、ZigBee、传感器等的基础上,设计了几个基于 QT 的综合实例,具体包括安防监控、门禁控制、家电控制、红外家电遥控、视频监控等智能家居应用。

第11章介绍了 ZigBee 技术在4个日常应用领域中的实战案例,包括电解槽温度采集与智能控制系统、智能交通控制系统、公交车进站预报系统和市政路灯在线监测系统。

本书内容丰富实用,技术讲解深入浅出。在讲解思路上,尽可能遵循“理论基础→开发平台→基础实践项目→综合应用项目→ZigBee 项目实战”这一过程,更符合人们的学习认知规律。书中提供的综合项目源码,读者可拿来直接使用,并可在此基础上进行二次开发,以实现更全面的功能。只有通过不断的练习,才能真正掌握 ZigBee 无线网络开发的技术精髓。

本书可作为工程技术人员进行单片机、无线传感器网络应用、ZigBee 技术等项目开发的学习、参考用书,也可作为高等院校本科生、研究生 ZigBee 课程的教材。

本书由葛广英、葛菁、赵云龙编著,葛广英主要编写第1、2章及第10、11章,葛菁主要编写第3~5章,赵云龙主要编写第6~9章。

在本书的编写过程中,作者参阅了大量文献资料,特别是北京奥尔斯科技股份有限公司、北京赛佰特科技有限公司提供的技术资料,以及参加物联网创新应用设计大赛的队伍,如郑州大学队、合肥工业大学队、聊城大学队等的参赛作品,主要参考文献列于书后,在此谨对这些文献资料的作者表示诚挚的谢意,特别向北京奥尔斯科技股份有限公司李朱峰、廖和爱等,以及北京赛佰特科技有限公司张方杰、唐冬冬等表示诚挚的谢意。另外,研究生张银苹、潘至尊同学帮助绘制了部分表格、图形和电路图,中国电子学会、北京联合大学的田景文教授、清华大学出版社的钟志芳和苏明芳等编辑为本书的出版做了大量协调和组织工作。在此,作者对所有为本书顺利出版提供帮助的各界人士表示衷心的感谢!

由于作者水平有限,加之 ZigBee 技术发展迅猛,书中难免有不足之处,欢迎广大读者批评指正。

编 者
2015年8月

目 录

第 1 篇 基础知识与技术

第 1 章 物联网、无线传感网和 ZigBee 技术	2
1.1 物联网概述	2
1.2 无线传感网络	8
1.3 ZigBee 技术	17
第 2 章 ZigBee 芯片及应用	25
2.1 常用的 ZigBee 芯片	25
2.2 CC2530 芯片及应用	26
2.3 增强型 8051 内核	42
2.4 CC2530 I/O 端口和寄存器	57
2.5 STM32 系列芯片	84
2.6 STM8 系列芯片	90

第 2 篇 实践与提高

第 3 章 物联网创新实验系统 (OURS-IOTV2-CC2530)	100
3.1 无线传感网通信模块	101
3.2 无线通信节点模块	102
3.3 传感器及控制器模块	107
3.4 Cortex M3 模块 (LM3S9B96)	119
3.5 电源板及智能主板	124
3.6 嵌入式网关 (Cortex A8DB 开发板)	126
3.7 IAR EW8051 集成开发环境	128
3.8 IAR 软件的使用	133
第 4 章 ZigBee 实践项目 (OURS-IOTV2 TI 方案)	148
4.1 CC2530 GPIO 控制实验	148
4.2 CC2530 LCD 控制实验	154
4.3 CC2530 外部中断实验	160
4.4 CC2530 时钟源选择实验	164

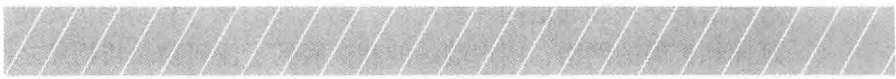
4.5	CC2530 功耗模式选择实验.....	167
4.6	CC2530 睡眠定时器使用实验.....	172
4.7	CC2530 串口通信实验.....	175
4.8	CC2530 ADC 实验.....	180
4.9	温湿度及光照采集实验.....	185
4.10	点到点无线通信实验.....	189
4.11	CC2530 无线通信丢包率测试实验.....	195
4.12	802.15.4-2.4G 各信道信号强度测试实验.....	199
4.13	无线串口点对点通信实验.....	202
4.14	最大吞吐量点对点通信实验.....	205
4.15	两终端数据包间隔互发点对点通信实验.....	209
第 5 章 ZigBee 综合实例.....		213
5.1	物联网综合演示系统.....	213
5.2	Z-Stack 星状网通信实验.....	219
5.3	Z-Stack MESH 网通信实验.....	226
5.4	ZigBee PRO 通信实验.....	231
第 6 章 全功能物联网教学科研平台 (CBT-SuperIOT)		237
6.1	CBT-SuperIOT 平台概述.....	237
6.2	平台主板接口.....	238
6.3	Cortex-A8 智能终端核心板.....	242
6.4	通信模块.....	245
6.5	传感器模块.....	255
6.6	Windows 下系统开发环境 (TI 方案)	268
第 7 章 ZigBee 基础实践项目 (CBT-SuperIOT TI 方案)		272
7.1	LED 灯控制实验.....	272
7.2	Timer1 控制实验.....	275
7.3	Timer2 控制实验.....	277
7.4	Timer3 控制实验.....	280
7.5	Timer4 控制实验.....	284
7.6	片上温度 AD 实验.....	289
7.7	模拟电压 AD 转换实验.....	294
7.8	电源电压 AD 转换实验.....	298
7.9	串口收发数据实验.....	302
7.10	串口控制 LED 实验.....	306
7.11	时钟显示实验.....	310

7.12 看门狗实验	315
7.13 系统休眠与低功耗实验	318
7.14 按键实验	323
第 8 章 ZigBee 综合通信实验 (CBT-SuperIOT TI 方案)	328
8.1 点对点无线通信实验	328
8.2 点对多点无线通信实验	335
8.3 TI Z-Stack 2007 协议栈实验	339
8.4 基于 Z-Stack 的无线组网实验	351
8.5 基于 Z-Stack 的串口控制 LED 实验	357
8.6 无线温度检测实验	362
8.7 无线透传实验	369
8.8 无线传感网络实验	375
第 9 章 ZigBee 实践项目 (ST 方案)	385
9.1 Windows 系统下的 ZigBee 开发环境	385
9.2 光照传感器实验	390
9.3 红外对射传感器实验	398
9.4 温湿度传感器实验	402
9.5 步进电机驱动实验	406
9.6 ZigBee 开发实验	411
9.7 ZigBee 组网实验	416
9.8 PC 机串口控制 ZigBee 实验	426
9.9 基于 ZigBee 的无线传感器网络实验	431
9.10 基于 ZigBee 的无线透传实验	437

第 3 篇 综合应用篇

第 10 章 ZigBee 应用实例	446
10.1 基于 ZigBee 无线组网的智能家居实训案例	446
10.2 智能家居实训平台 (CBT-IOT-SHS 型)	455
10.3 智能家居实训系统	459
10.4 智能家居系统之安防监控实训	469
10.5 智能家居系统之门禁控制实训	479
10.6 智能家居系统之家电控制实训	486
10.7 智能家居系统之红外家电遥控实训	492
10.8 智能家居系统之视频监控实训	503

第 11 章 ZigBee 应用系统	509
11.1 基于 ZigBee 的电解槽温度采集与智能控制系统	509
11.2 基于无线传输的智能交通控制系统	514
11.3 公交车进站预报系统	523
11.4 基于物联网的市政路灯在线监测系统	530
参考文献	545



第 1 篇 基本知识与技术

第1章 物联网、无线传感网和 ZigBee 技术

1.1 物联网概述

1.1.1 物联网的定义

物联网是新一代信息技术的重要组成部分，其英文名称是 Internet of Things，简称 IOT。物联网是在“互联网”概念的基础上，将其用户端延伸和扩展到任何物品与物品之间，进行信息交换和通信的一种网络。物联网的核心和基础仍然是互联网，是在互联网基础上延伸和扩展的网络，用户端延伸和扩展到了任何物品与物品之间，进行信息交换和通信。

物联网的定义：通过射频识别（Radio Frequency Identification, RFID）、红外感应器、全球定位系统、激光扫描器等信息传感设备，按约定的协议，把任何物品与互联网连接起来，进行信息交换和通信，以实现智能化识别、定位、跟踪、监控和管理的一种网络。简而言之，物联网就是“物物相连的互联网”。

广义的物联网含义是利用条码、射频识别、传感器、全球定位系统、激光扫描器等信息传感设备，按约定的协议，实现人与人、人与物、物与物的在任何事物、任何时间、任何地点的连接（anything、anytime、anywhere），从而进行信息交换和通信，以实现智能化识别、定位、跟踪、监控和管理的庞大网络系统。

物联网是在计算机互联网的基础上，利用 RFID、无线数据通信等技术，构造一个覆盖世界上万事万物的 Internet of Things。在这个网络中，物品（商品）能够彼此进行“交流”，而无须人的干预。其实质是利用 RFID 技术，通过计算机互联网实现物品（商品）的自动识别和信息的互联与共享。

物联网通过智能感知、识别技术与普适计算、泛在网络的融合应用，是继计算机、互联网和移动通信之后的又一次信息产业的革命性发展，被称为继计算机、互联网之后世界信息产业发展的第三次浪潮。自 2009 年 8 月温家宝总理提出“感知中国”以来，物联网被正式列为国家五大新兴战略性新兴产业之一，写入政府工作报告。目前物联网被正式列为国家重点发展的战略性新兴产业之一。物联网产业具有产业链长、涉及多个产业群的特点，其应用范围几乎覆盖了各行各业。

物联网和传统的互联网相比，其主要特征包括以下几个方面。

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各种类型传感器，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的采集环境信息，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。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。

最后,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,以适应不同用户的不同需求,发现新的应用领域和应用模式。

2010 年教育部批准了开设物联网专业的首批 32 所大学,其中武汉大学、哈尔滨工业大学、山东大学、华中科技大学、西安交通大学均开设了物联网工程专业,为信息人才培养顶尖的工程师。截至 2012 年 12 月,国家一共审批了开设物联网专业的院校 138 所(包括专科学校)。

1.1.2 物联网的发展历史

1995 年比尔·盖茨在其《未来之路》一书中提及物联网概念。

1999 年中国提出了物联网概念,不过,当时不叫“物联网”,而称其为传感网。中科院早在 1999 年就启动了传感网的研究和开发。与其他国家相比,我国的技术研发水平处于世界前列,具有同发优势和重大影响力。

1999 年在美国召开的移动计算和网络国际会议提出物联网这个概念。但物联网概念的真正提出是在 1999 年由 MIT Auto-ID 中心的 Ashton 教授在研究 RFID 时提出,即物联网是把所有物品通过射频识别等信息传感设备与互联网连接起来,实现智能化识别和管理。

2005 年 11 月 27 日,在突尼斯举行的信息社会峰会上,国际电信联盟(ITU)发布了《ITU 互联网报告 2005:物联网》,正式提出了物联网的概念。

2006 年 2 月 7 日,国务院发布的《国家中长期科学与技术发展规划(2006—2020 年)》,以及“新一代宽带移动无线通信网”重大专项中,均将传感网列入重点研究领域。

2008 年 11 月,第二届中国移动政务研讨会“知识社会与创新 2.0”在北京大学召开,提出物联网及移动泛在技术推动社会变革,催生面向知识社会的创新 2.0 形态。

2009 年 1 月,IBM 首席执行官彭明盛提出“智慧地球”构想,其中物联网为“智慧地球”不可或缺的一部分,而奥巴马在就职演讲后已对“智慧地球”构想提出积极回应,并提升到国家级发展战略。

2009 年 8 月 7 日,温家宝总理在无锡视察中科院物联网技术研发中心时指出,要尽快突破核心技术,把传感技术和 3G 中的 TD(即 TD-SCDMA)的发展结合起来。

2009 年 9 月 11 日,“传感器网络标准工作组成立大会暨‘感知中国’高峰论坛”在北京举行,会议提出传感网发展相关政策。

2009 年 9 月 14 日,在中国通信业发展高层论坛上,中国移动总裁王建宙高调表示:“物联网商机无限,中国移动将以开放的姿态,与各方竭诚合作。”

物联网概念的问世,打破了之前的传统思维。过去的思路一直是将物理基础设施和 IT 基础设施分开,一方面是机场、公路、建筑物;另一方面是数据中心、个人电脑、宽带等。而在物联网时代,钢筋混凝土、电缆将与芯片、宽带整合为统一的基础设施,在此意义上,基础设施更像是一块新的地球。

中国电子学会也高度关注物联网的技术与产业发展,密切加强与政府部门、企业界、

行业用户、科研机构、高等院校的沟通与交流，先后组织召开了多次物联网专家研讨会，起到了积极推动作用。为了搭建物联网“产学研用”互动交流平台，更好地推动物联网的技术研究、行业应用和产业发展，2010 年，在邬贺铨院士、邓中翰院士、姚建铨院士、戴浩院士、倪光南院士等多位院士和业界专家的提议和积极响应下，成立了中国电子学会物联网专家委员会。

由中国电子学会主办、中国电子学会物联网专家委员会、中关村国家自主创新示范区领导小组办公室承办的首次“2010 中国物联网大会”于 2010 年 6 月 29 日在北京召开。本次大会探讨了物联网的实质内涵及发展趋势，物联网对产业、教育和社会发展的影响，交流国内外物联网的最新研究成果，分享物联网应用的实践经验。中国物联网大会每年举办一次，到 2014 年 6 月前已举办了五届，对物联网在我国各行各业推动和发展起到了积极的促进作用。

1.1.3 物联网的技术构架

物联网分为 3 层：感知层、网络层和应用层，如图 1.1 所示。

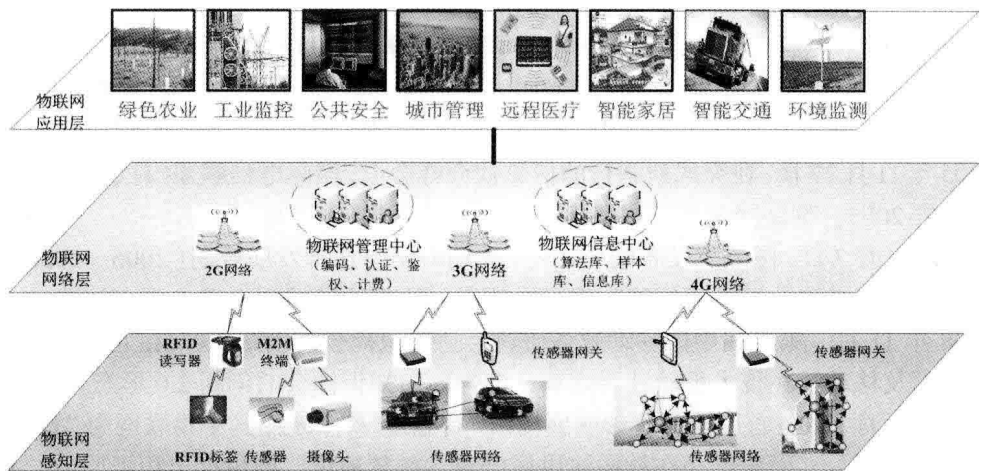


图 1.1 物联网的 3 层架构

感知层是物联网的皮肤和五官，负责采集信息。感知层处于物联网体系架构的最底层，负责各类应用相关数据的采集，主要包括有线/无线传感网络、各类传感器设备、二维码标签和识读器、RFID 标签和读写器、摄像头、GPS、传感器、终端、传感器网络等，主要是识别物体、采集信息，与人体结构中皮肤和五官的作用相似。感知层技术主要包括传感器和控制器技术，以及短距离传输技术（如无线传感网、RFID、ZigBee 等）。

网络层是物联网的神经中枢和大脑，负责信息传递与处理。网络层是基于现有的通信网和互联网基础上建立起来的，其关键技术既包含了现有的通信技术（如 2G/3G 移动通信技术、有线宽带技术、PSTN 技术、WiFi 技术等），也包含终端技术（如连接传感网与通信网结合的网关设备），为各种行业终端提供通信能力。网络层包括通信与互联网的融合网络、网络管理中心、信息中心和智能处理中心等。网络层将感知层获取的信息进行传递和处理，类似于人体结构中的神经中枢和大脑。网络层的泛在能力不仅使得用户能随时

随地获得服务,更重要的是通过有线与无线技术的结合,和多种网络技术的协同,为用户提供智能选择接入网络的模式。

应用层是物联网与行业专业技术的深度融合,与行业需求结合,实现行业智能化,这类似于人的社会分工,最终构成人类社会。丰富的应用层是物联网的最终目标,目前物联网应用的种类虽然已经比较丰富,然而呈现烟囱式结构,不能共享资源,重复建设不利于物联网应用规模的进一步扩大。因此,对应用层的关注不能仅停留在简单的应用推广和普及上,而要重点关注能为不同应用提供服务的共性能力平台的构建,如基础通信能力调用、统一数据建模、目录服务、内容服务、通信通道管理等。

1.1.4 物联网的关键技术

物联网的关键技术包括射频识别技术、无线传感网络、网络与通信技术和数据挖掘与融合技术等。

(1) 射频识别技术

RFID 技术是一种无接触的自动识别技术,利用射频信号及其空间耦合传输特性,实现对静态或移动待识别物体的自动识别,用于对采集点的信息进行“标准化”标识。一方面,鉴于 RFID 技术可实现无接触的自动识别,全天候、识别穿透能力强、无接触磨损,可同时实现对多个物品的自动识别等诸多特点,将这一技术应用到物联网领域,使其与互联网、通信技术相结合,可实现全球范围内物品的跟踪与信息的共享,在物联网“识别”信息和近程通信的层面中,起着至关重要的作用。另一方面,产品电子代码(Electronic Product Code, EPC)采用 RFID 电子标签技术作为载体,大大推动了物联网的发展和应用。

(2) 无线传感网络(Wireless Sensor Network, WSN)

信息采集是物联网的基础,而目前的信息采集主要是通过传感器、传感节点和电子标签等方式完成的。传感器作为一种检测装置,作为摄取信息的关键器件,由于其所在的环境通常比较恶劣,因此物联网对传感器技术提出了较高的要求。一是其感受信息的能力;二是传感器自身的智能化和网络化,传感器技术在这两方面应当实现发展与突破。

将传感器应用于物联网中可以构成无线自组网络,这种传感器网络技术综合了传感器技术、嵌入技术、分布式信息处理技术、无线通信技术等,使各类能够嵌入到任何物体的集成化微型传感器协作进行待测数据的实时监测、采集,并将这些信息以无线的方式发送给观测者,从而实现“泛在”传感。在无线传感器网络中,传感节点具有端节点和路由的功能:首先是实现数据的采集和处理;其次是实现数据的融合和路由,综合本身采集的数据和收到的其他节点发送的数据,转发到其他网关节点。传感节点的好坏会直接影响到整个传感器网络的正常运转和功能健全性。

(3) 网络与通信技术

物联网的实现涉及近程通信技术和远程传输技术。近程通信技术涉及 RFID、蓝牙等,远程传输技术涉及互联网的组网、网关等技术。

作为为物联网提供信息传递和服务支撑的基础通道,通过增强现有网络通信技术的专业性与互联功能,以适应物联网低移动性、低数据率的业务需求,实现信息安全且可靠的传送,是当前物联网研究的一个重点。传感器网络通信技术主要包括广域网络通信和近距

离通信等两个方面，广域方面主要包括 IP 互联网、2G/3G/4G 移动通信、卫星通信等技术，而以 IPv6 为核心的新互联网的发展，更为物联网提供了高效的传送通道；在近距离方面，当前的主流则是以 IEEE 802.15.4 网络协议为代表的近距离通信技术。

M2M (Machine to Machine) 技术也是物联网实现的关键技术。与 M2M 可以实现技术结合的远距离连接技术有 GSM、GPRS、UMTS 等，WiFi、蓝牙、ZigBee、RFID 和 UWB (Ultra Wideband) 等近距离连接技术也可以与之相结合，此外还有 XML 和 Corba，以及基于 GPS、无线终端和网络的位置服务技术等。M2M 可用于安全监测、自动售货机、货物跟踪领域，应用广泛。

(4) 数据挖掘与融合技术

从物联网的感知层到应用层，各种信息的种类和数量都成倍增加，需要分析的数据量也成级数增加，同时还涉及各种异构网络或多个系统之间数据的融合问题，如何从海量的数据中及时挖掘出隐藏信息和有效数据的问题，给数据处理带来了巨大的挑战，因此怎样合理、有效地整合、挖掘和智能处理海量的数据是物联网的难题。结合 P2P (Peer-to-Peer, 对等联网)、云计算等分布式计算技术，成为解决以上难题的一个途径。云计算为物联网提供了一种新的高效计算模式，可通过网络按需提供动态伸缩的廉价计算，其具有相对可靠并且安全的数据中心，同时兼有互联网服务的便利、廉价和大型机的能力，可以轻松实现不同设备间的数据与应用共享，用户无须担心信息泄露、黑客入侵等棘手问题。云计算是信息化发展进程中的一个里程碑，它强调信息资源的聚集、优化和动态分配，节约信息化成本并大大提高了数据中心的效率。

除上述技术外，物联网还涉及物联网架构技术、统一标识技术、网络技术、软件服务与算法、硬件、功率和能量存储、安全和隐私技术、标准等方面的问题或技术。

1.1.5 物联网的应用领域

(1) 智能家居：智能家居产品融合自动化控制系统、计算机网络系统和网络通信技术于一体，将各种家庭设备（如音视频设备、照明系统、窗帘控制、空调控制、安防系统、数字影院系统、网络家电等）通过智能家庭网络联网实现自动化，通过中国电信的宽带、固话和 3G 无线网络，可以实现对家庭设备的远程操控。

(2) 智能医疗：智能医疗系统借助简易实用的家庭医疗传感设备，对家中病人或老人的生理指标进行自测，并将生成的生理指标数据通过中国电信的固定网络或 3G/4G 无线网络，传送给护理人或有关医疗单位。

(3) 智能城市：智能城市产品包括对城市的数字化管理和城市安全的统一监控。

(4) 智能环保：智能环保产品通过对实施地表水水质的自动监测，可以实现水质的实时连续监测和远程监控，及时掌握主要流域重点断面水体的水质状况，预警预报重大或流域性水质污染事故，解决跨行政区域的水污染事故纠纷，监督总量控制制度落实情况。

(5) 智能电网：智能电网以双向数字科技创建的输电网络，用来传送电力，可以侦测电力供应者的电力供应状况与一般家庭用户的电力使用状况，来调整家电用品的耗电量，以此达到节约能源、降低损耗、增强电网可靠性的目的。通过智能电表 (Smart Meter)，随时监测电力使用的状况，如在用电量低的时段给电池充电，然后在高峰时反过来给电网

提供电能。

(6) 智能交通: 智能交通系统包括公交行业无线视频监控平台、智能公交站台、电子票务、车管专家和公交手机一卡通 5 种业务。

(7) 智能农业: 智能农业产品通过实时采集温室内温度、湿度信号以及光照、土壤温度、CO 浓度、叶面湿度、露点温度等环境参数, 自动开启或者关闭指定设备。

(8) 智能物流: 智能物流打造了集信息展现、电子商务、物流配载、仓储管理、金融质押、园区安保、海关保税等功能为一体的物流园区综合信息服务平台。

(9) 智能校园: 校园一卡通和金色校园业务, 促进了校园的信息化和智能化。

另外, 物联网还在智能电力、智能安防、智能汽车、智能建筑、智能水务、商业智能、智能工业等领域得到了广泛应用。

物联网的应用其实不仅仅是一个概念而已, 它已经在很多领域有运用, 只是没有形成大规模运用。常见的应用案例有:

(1) 物联网传感器产品已率先在上海浦东国际机场防入侵系统中得到应用。机场防入侵系统铺设了 3 万多个传感节点, 覆盖了地面、栅栏和低空探测, 可以防止人员或动物的翻越、偷渡、恐怖袭击等攻击性入侵。

(2) ZigBee 路灯控制系统点亮济南园博园。ZigBee 无线路灯照明节能环保技术的应用是园博园中的一大亮点。园区所有的功能性照明采用了 ZigBee 无线技术, 组成了无线路灯控制系统。

(3) 智能交通系统 (Intelligent Transport Systems, ITS) 是利用现代信息技术为核心, 利用先进的通信、计算机、自动控制、传感器技术, 实现对交通的实时控制与指挥管理。交通信息采集被认为是 ITS 的关键子系统, 是发展 ITS 的基础, 成为交通智能化的前提。无论是交通控制还是交通违章管理系统, 都涉及交通动态信息的采集, 交通动态信息采集成为了交通智能化的首要任务。

(4) 2002 年, 英特尔公司率先在俄勒冈建立了世界上第一个无线葡萄园。传感器节点 (sensor node) 被分布在葡萄园的每个角落, 每隔一分钟检测一次土壤温度、湿度或该区域有害物的数量, 以确保葡萄可以健康生长。研究人员发现, 葡萄园气候的细微变化可极大地影响葡萄酒的质量。通过长年的数据记录以及相关分析, 便能精确地掌握葡萄酒的质地与葡萄生长过程中的日照、温度、湿度的确切关系。这是一个典型的精准农业、智能耕种的实例。

(5) 2002 年, 英特尔的研究小组和加州大学伯克利分校以及巴港大西洋大学的科学家, 把无线传感器网络技术应用用于监视大鸭岛海燕的栖息情况。位于缅因州海岸大鸭岛的环境十分恶劣, 而海燕又十分机警, 研究人员采用通常方法无法对其进行跟踪观察。为此他们使用了包括光、湿度、气压计、红外传感器、摄像头在内的近 10 种传感器以及数百个节点, 系统通过自组织无线网络, 将数据传输到 300 英尺外的基站计算机内, 再由此经卫星传输至加州的服务器。在此之后, 全球的研究人员都可以通过互联网查看该地区各个节点的数据, 掌握第一手的环境资料, 为生态环境研究者提供了一个极为有效便利的平台。

物联网是一个极其庞大的网络, 它包罗万象, 涉及各行各业, 其实质就是让万事万物通过网络连接起来, 实现许多超级智能化的应用。传感器网络是构建物联网最基本的网络, 传感器作为感知的最前端探测和搜集信号, 之后则需要各种有线和无线的通信技术进行设

备相互间的通信交流。光纤、ADSL、3G 和 WiFi 是联网的主要动脉，最后 100 米的短距离接入则是通过短距离无线通信技术来实现的，而 ZigBee 被认为是目前最适合传感器网络接入端的无线通信技术。

1.2 无线传感网络

1.2.1 无线传感网络的概念

无线传感网络 (WSN) 是新一代的传感器网络，是当前在国际上备受关注的、涉及多学科高度交叉、知识高度集成的前沿热点研究领域。它综合了传感器、嵌入式计算、现代网络及无线通信和分布式信息处理等技术，能够通过各类集成化的微型传感器协同完成对各种环境或监测对象的信息实时监测、感知和采集，这些信息通过无线方式发送，并以自组多跳的网络方式传送到用户终端，从而实现物理世界、计算机世界以及人类社会这三元世界的连通。

无线传感网络在军事国防、工农业、城市管理、生物医疗、环境监测、抢险救灾、反恐反恐、危险区域远程控制等许多重要领域都有潜在的实用价值，已经引起了许多国家学术界和工业界的高度重视，被认为是对 21 世纪产生巨大影响力的技术之一，具有非常广泛的应用前景，其发展和应用将会给人类的生产和生活的各个领域带来深远影响。

无线传感网络是由散布在工作区域中大量体积小、成本低、具有无线通信、传感和数据处理能力的大量传感器节点组成的。每个节点可能具有不同的感知形态，如声纳、震波、红外线等，节点可以完成对目标信息的采集、传输、决策制定与实施，实现区域监控、目标跟踪、定位和预测等任务。每一个节点都具有存储、处理、传输数据的能力。通过无线网络，传感器节点之间可以相互交换信息，也可以把信息传送到远程端。

无线传感网络的定义：无线传感网络是由部署在监测区域内大量的廉价微型传感器节点组成，通过无线通信方式形成的一个多跳自组织的网络系统，其目的是协作感知、采集和处理网络覆盖区域中感知对象的信息，并发送给观察者。

传感器、感知对象和观察者是传感网络的 3 个基本要素，这 3 个要素之间通过无线网络建立通信路径，协作地感知、采集、处理、发布感知信息。有线或无线网络是传感器之间、传感器与观察者之间的通信方式，用于在传感器与观察者之间建立通信路径，无线传感网络的无线通信技术可以采用 ZigBee 技术、蓝牙、WiFi 和红外等技术。协作地感知、采集、处理、发布感知信息是传感器网络的基本功能。传感器网络中的部分或全部节点可以移动，传感器网络的拓扑结构也会随节点的移动而不断地动态变化。节点间以 Ad Hoc 方式进行通信，每个节点都可以充当路由器的角色，并且每个节点都具备动态搜索、定位和恢复连接的能力。

观察者是传感器网络的用户，是感知信息的接受和应用者。观察者可以是人，也可以是计算机或其他设备。一个传感器网络可以有多个观察者，一个观察者也可以是多个传感器网络的用户。观察者可以主动地查询或收集传感器网络的感知信息，也可以被动地接收