

物联网工程技术及其应用系列规划教材



物联网技术案例教程

WULIANWANG JISHU ANLI JIAOCHENG

崔逊学 左从菊 高浩珉 编著

- ✓ 全面系统地介绍物联网的关键技术和典型应用
- ✓ 以简单明了的案例方式阐述物联网的技术内容
- ✓ 侧重于基本概念和基础知识切合当前教学需求



北京大学出版社
PEKING UNIVERSITY PRESS

物联网工程技术及其应用系列规划教材

物联网技术案例教程

崔逊学 左从菊 高浩珉 编 著



北京大学出版社
PEKING UNIVERSITY PRESS

201302527

内 容 简 介

本书根据物联网/传感网工程本科专业的发展方向和教学需要,结合物联网技术的最新发展及其应用现状编写而成。本书主要介绍物联网的基本概念、自动识别技术、传感器技术、自组网通信技术、支撑技术、应用开发基础、物联网安全机制以及典型应用案例和实验。每章都配有大量的习题,用以检查教学与学习的进度和效果。

本书的特色在于以浅显易懂、简单明了的案例方式介绍物联网技术和应用,侧重基本知识和基础技能。通过本书的学习,可形成物联网工程技术的知识体系,具备基本的物联网专业背景。本书适宜作为高等院校物联网/传感网工程本科专业的教学用书,以及各类培训机构相关课程的参考用书,也可作为初学者的入门辅导用书。

本书主要针对以下使用对象:①物联网/传感网课程的本科专业学生,涉及的专业包括物联网/传感网工程、计算机科学与技术、自动化、信息工程等信息技术类专业,物流专业,探测与控制专业,精密仪器专业等;②高等院校的硕士研究生、博士研究生,可作为物联网/传感网的入门辅导用书;③工程技术人员和物联网行业企业人员,可作为参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

物联网技术案例教程/崔逊学,左从菊,高浩珉编著. —北京:北京大学出版社,2013.6
(物联网工程技术及其应用系列规划教材)

ISBN 978-7-301-22436-6

I. ①物… II. ①崔…②左…③高… III. ①互连网络—应用—高等学校—教材②智能技术—应用—高等学校—教材 IV. ①TP393.4②TP18

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 081342 号

书 名: 物联网技术案例教程

著作责任者: 崔逊学 左从菊 高浩珉 编著

策划编辑: 郑 双 程志强

责任编辑: 郑 双

标准书号: ISBN 978-7-301-22436-6/TP · 1281

出版发行: 北京大学出版社

地 址: 北京市海淀区成府路 205 号 100871

网 址: <http://www.pup.cn> 新浪官方微博: @北京大学出版社

电子信箱: pup_6@163.com

电 话: 邮购部 62752015 发行部 62750672 编辑部 62750667 出版部 62754962

印 刷 者: 北京世知印务有限公司

经 销 者: 新华书店

787 毫米×1092 毫米 16 开本 21.5 印张 498 千字

2013 年 6 月第 1 版 2013 年 6 月第 1 次印刷

定 价: 40.00 元

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

举报电话: 010-62752024 电子信箱: fd@pup.pku.edu.cn

前言

物联网已成为各国竞争的焦点,是未来社会经济发展、社会进步和科技创新的重要基础设施。目前美国、英国、日本和意大利等国家的一些大学和科研机构纷纷开展了相关研究工作,制订出卓有成效的教学计划。物联网的概念被提出之后,经过各国首脑、行业巨头和企业总裁们的不同诠释,或许还需要若干年的时间,才会全面进入人们的生活,但这并不妨碍目前来自世界范围内的研究和应用热潮。

随着“感知中国”战略构想的提出,我国政府已经充分意识到这是信息技术变革的重大机遇。2009年9月全国高校首家物联网研究院、物联网学院在南京邮电大学成立,一些大学也相继调整科研机构和专业设置,成立传感网和物联网学院。

根据我国教育部2010年4月的通知,国家针对互联网、传感网、低碳经济、环保技术等决定大力发展的重要战略性新兴产业,在高校本科教育阶段设立相关专业。我国这一重大举措是为了加大战略性新兴产业人才的培养力度,支持和鼓励有条件的高等学校从本科教育入手,积极培养这些产业相关专业的人才。为了适应我国物联网产业的发展,为各级政府和行业输送优秀的物联网技术应用型人才,教育部教育管理信息中心于2010年6月启动了全国物联网技术应用人才培养认证。

物联网作为一项战略性新兴产业,对高素质专业人才有着迫切的需求。由于物联网涉及的学科领域比较广泛,从技术角度来看,主要涉及的现有高校院系和专业包括计算机科学与工程、电子与电气工程、电子信息与通信、自动控制、遥感与遥测、精密仪器、物流和电子商务等。根据物联网的产业特征,职业岗位主要包括感知设备或芯片设计、物联网网络管理和应用、系统集成与开发、物联网系统管理和运营等。

物联网需要实现从对物理对象的感知、数据传输,到数据处理和控制,每一环节都需要不同的知识和技能。根据物联网人才需求和高校的培养宗旨,物联网初级和中级人员的学习目标通常包括如下内容:掌握物联网工程和技术的基本理论;具有一定的开发物联网终端设备软硬件的基本能力;具有构建、运行和维护物联网的操作技能;具有与行业领域专家合作、对物联网后端信息系统进行管理和辅助决策的能力;掌握物联网有关的法规,具有运营管理能力。

学习物联网技术需要根据自己的基础,选择好一本入门教材。目前国内出版的物联网书籍较多,主要包括如下常见类型:①理论类。这类书籍介绍物联网的理论概念和前沿性的技术内容,有些属于最新科研成果的总结,具有理论探索性质。②技术介绍类。这类书籍主要介绍物联网技术的原理和技术实现细节,包括一些实验类的辅助用书,内容比较深奥,适合高等院校的研究生层次人员参考和学习。③开发经验类。这类书籍针对某些国民经济建设和国防军事上的应用领域,专门介绍相应的技术开发经验。④翻译类。这类书籍主要将国外最新的技术内容翻译成中文形式,供国内读者学习和参考。⑤科普类。这类书籍主要是采用通俗的语言,甚至以故事的形式向人们展示物联网的技术原理和应用情况。

总体来看,目前市面上的物联网书籍内容偏难、偏深,难以被本科层次的学生所接受,



学习效果难以保证,适宜作为普通本科学生的教学用书需要具有浅显易懂和简单明了的特点。

基于以上原因我们编写了本书。本书主要介绍物联网的关键技术和典型应用,尽量以简单明了的案例方式阐述物联网的技术内容,侧重于基本概念和基础技能的介绍,并尽量切合当前教学的学时分配。本书的编写着眼于相关专业学生就业所需的专业知识和操作技能,强化案例式教学,适宜作为高等院校物联网/传感网工程本科专业的教学用书,以及各类培训机构的参考书,也可作为初学者的入门辅导书籍。

本书在《无线传感器网络简明教程》(清华大学出版社)的基础上进行了大量修改和扩充,使之更加适合物联网专业教学和自学的需要。

全书共分12章,第1—7章介绍物联网的基本知识和技术原理。第1章是物联网概述,介绍物联网的概念、体系结构、核心技术和应用前景,并简明阐述了M2M、云计算和信息物理融合系统的基本知识及其与物联网的关系。第2章介绍了自动识别领域的主要技术,包括条形码、RFID、磁卡和IC卡识别等内容。第3章介绍了传感器的技术原理和一个使用案例。第4章介绍了无线自组网技术和无线传感器网络的基本内容。第5章介绍了物联网的支撑技术,主要包括时间同步、数据融合和能量管理技术。第6章介绍了定位技术,涉及定位技术原理、当前常见的地面无线定位技术和物联网定位技术的典型应用情况。第7章介绍了物联网的安全机制和隐私保护问题。

本书的第8—12章是物联网的应用和实践内容。第8章介绍了物联网的硬件设计、操作系统、软件设计和后台管理,并介绍了一个ZigBee网络系统的设计案例。第9章介绍如何采用模拟仿真的方法来分析和设计物联网。第10章介绍了物联网在现代交通、现代农业和国防军事三个领域的应用案例。第11章是演示技术原理的实验内容,第12章是生产实践中常用的应用实验内容,通过实验可提高动手实践能力和加深理解相关技术的原理。

为了便于学习,本书在编写过程中尽量做到结合实际案例,着重介绍物理概念,以图文结合的方式来阐述问题,文字力求通俗易懂。为了适合教学需要,各章后面均附有习题,附录中提供了所有填空题和选择题的标准答案。

本书的电子教学课件可从配套的教学网站 www.pup6.com 下载,或者通过与本书编者左从菊(zcj20061001@126.com)联系获取。本书课件仅供课堂教学使用,未经允许不得另作他用。

本书编者的工作得到了国家自然科学基金项目(No. 61170252)的支持和资助,在此表示谢意!

本书编写过程中参考了大量文献和资料,恕不一一列举,在此对原作者深表谢意。另外,互联网是本书成文的另一个重要参考来源。由于网上许多资料无法找到出处,所以书中如有内容涉及相关人士的知识产权,请给予谅解并及时与我们联系。

感谢读者选择使用本书,欢迎您对本书内容提出批评和修改建议,我们将不胜感激。

编者

2013年2月于合肥

目 录

第 1 章 物联网概述.....	1
1.1 物联网的概念与发展.....	1
1.1.1 物联网定义	1
1.1.2 物联网的起源	2
1.1.3 物联网发展现状	3
1.2 物联网的组成与特征.....	5
1.2.1 物联网的组成	5
1.2.2 物联网的技术特征	6
1.2.3 与传感网的关系	6
1.3 物联网核心技术.....	7
1.4 物联网的 M2M 实现形式	10
1.5 云计算技术.....	11
1.5.1 云计算概述	11
1.5.2 云计算技术原理	13
1.5.3 云计算与物联网的关系	18
1.6 信息物理融合系统.....	19
1.6.1 信息物理融合系统概述	19
1.6.2 信息物理融合系统应用案例 ..	19
1.6.3 信息物理融合系统技术原理 ..	20
1.7 物联网应用前景.....	24
小结.....	25
习题 1.....	25
第 2 章 自动识别技术.....	27
2.1 自动识别技术概述.....	27
2.1.1 自动识别技术的分类	27
2.1.2 自动识别系统的特征	29
2.2 条形码.....	29
2.2.1 条形码概述	29
2.2.2 一维条形码	33
2.2.3 二维条形码	34
2.3 射频识别.....	35
2.3.1 RFID 概述	35

2.3.2 RFID 技术原理.....	37
2.3.3 RFID 应用需注意的问题	42
2.4 卡识别	43
2.4.1 磁卡识别技术.....	43
2.4.2 IC 卡识别技术	44
2.5 光学符号识别	46
2.6 生物特征识别	47
小结	48
习题 2.....	49
第 3 章 传感器技术	51
3.1 传感器概述	51
3.1.1 传感器的定义.....	51
3.1.2 传感器的组成	52
3.1.3 传感器的分类	53
3.2 传感器的一般特性	54
3.3 传感器的选型原则	57
3.4 微型传感器应用示例	59
3.4.1 磁阻传感器探测机理	59
3.4.2 磁阻传感器用于车辆探测	
案例	60
小结	66
习题 3	66
第 4 章 无线自组网技术.....	68
4.1 物理层	69
4.1.1 物理层概述	69
4.1.2 自组网物理层的设计	72
4.2 MAC 协议	74
4.2.1 MAC 协议概述.....	74
4.2.2 IEEE 802.11 MAC 协议	76
4.2.3 S-MAC 协议	78
4.3 路由协议	81
4.3.1 路由协议概述	81



4.3.2 定向扩散路由	82
4.4 无线传感器自组网	84
4.4.1 无线传感器自组网概述	84
4.4.2 无线传感器网络发展历史	85
4.4.3 无线传感器网络技术原理	86
4.4.4 无线传感器网络应用领域	93
小结	98
习题 4	98
第 5 章 物联网的支撑技术	101
5.1 时间同步	101
5.1.1 时间同步机制	101
5.1.2 TPSN 时间同步协议	103
5.1.3 时间同步的应用案例	105
5.2 数据融合	106
5.2.1 数据融合的作用	106
5.2.2 数据融合的分类	109
5.2.3 数据融合的主要方法	111
5.2.4 应用案例	114
5.3 能量管理	116
5.3.1 能量管理的意义	116
5.3.2 能量管理的方法	117
小结	119
习题 5	119
第 6 章 定位技术	121
6.1 物联网定位概述	121
6.2 定位原理	123
6.2.1 基于距离的定位技术	123
6.2.2 无须测距的定位技术	127
6.2.3 基于距离差的定位技术	128
6.3 地面无线定位技术	129
6.3.1 无线定位技术的发展	130
6.3.2 常见的无线定位技术	130
6.4 定位性能的评价指标	132
6.5 物联网定位技术的典型应用	133
小结	134
习题 6	134

第 7 章 物联网安全技术	136
7.1 传感器网络的安全机制	136
7.1.1 传感器网络的安全问题	136
7.1.2 传感器网络的安全技术设计	139
7.2 RFID 安全和隐私保护	142
7.2.1 RFID 安全和隐私问题	142
7.2.2 RFID 物理安全机制	143
7.2.3 基于密码学的 RFID 安全机制	144
7.3 位置隐私保护	145
7.3.1 保护位置隐私的意义	145
7.3.2 保护位置隐私的方法	145
小结	147
习题 7	147
第 8 章 物联网的应用开发基础	149
8.1 硬件开发	149
8.1.1 网络节点的硬件设计	149
8.1.2 网络节点设计案例	156
8.2 操作系统	163
8.2.1 节点操作系统的特点	163
8.2.2 节点操作系统的使用案例	165
8.3 物联网软件设计	179
8.3.1 软件系统的分层结构	179
8.3.2 软件系统的开发内容	180
8.3.3 后台管理软件	181
8.4 ZigBee 网络系统的设计开发案例	185
8.4.1 ZigBee 概述	186
8.4.2 ZigBee 网络系统的设计	187
8.4.3 ZigBee 网络设计实例	189
小结	190
习题 8	191
第 9 章 物联网的仿真技术	193
9.1 仿真技术概述	193
9.1.1 物联网设计的评估方法	193
9.1.2 物联网仿真的意义	194

9.2 常用的仿真平台.....	195
9.2.1 TOSSIM.....	195
9.2.2 OMNeT++	203
9.2.3 OPNET.....	205
9.2.4 NS2	206
9.3 仿真平台的选择和设计.....	208
9.4 工程测试床.....	209
小结.....	211
习题 9.....	211

第 10 章 物联网领域应用的

典型案例..... 213

10.1 现代交通领域的应用.....	213
10.1.1 信息采集技术	214
10.1.2 网络传输技术	218
10.1.3 监测疲劳驾驶的体域网	
案例	222
10.2 现代农业领域的应用.....	223
10.2.1 eKo pro 精准农业系统	223
10.2.2 农产品安全生产与物流	
配送	225
10.2.3 菊花生产基地的应用案例 ..	226
10.3 国防军事领域的应用.....	229
10.3.1 常见的地面战场微型	
传感器	229
10.3.2 美军沙地直线项目案例	232
小结.....	238

习题 10	238
-------------	-----

第 11 章 传感器网络的演示实验.....240

11.1 实验设备	240
11.2 实验背景和设计	242
11.3 演示实验的内容和步骤	243
11.3.1 实验环境的功能验证	243
11.3.2 光强数据的采集	246
11.3.3 消息的发送和接收	250
11.3.4 数据显示	253
11.3.5 MoteView 的安装与使用	259
小结	270
习题 11	270

第 12 章 传感器网络的应用实验

271

12.1 CC1000 芯片.....	271
12.2 ATmega128L 芯片.....	274
12.3 应用实验的内容	277
12.3.1 AVR 集成开发环境	278
12.3.2 程序烧录实验	281
12.3.3 数据采集实验	285
12.3.4 组网通信实验	294
小结	324
习题 12	325

附录 A.....326

参考文献.....330

第 1 章

物联网概述

1.1 物联网的概念与发展

物联网是我国战略性新兴产业的重要组成部分，物联网的发展对于实现经济社会全面协调可持续发展，对全面建成小康社会、加快推进社会主义现代化具有重要战略意义。目前，物联网已成为全球关注的热点问题，世界各主要国家均把物联网的发展提到了国家战略的高度，物联网被公认为是继计算机、互联网之后信息技术在各行各业更深入应用的新一轮信息化浪潮。

1.1.1 物联网定义

不同学科之间的交叉和渗透是当代科学发展的一个显著特征。一个学科获得的成果、形成的思维方式和思路等均可能为其他学科的发展提供借鉴；同时，现实世界中的一些挑战性的问题往往难以用单一学科的知识和技术来解决，需要不同学科的交叉和综合。这种方式不但有益于具体科学和技术问题的解决，而且往往催生崭新的学科门类。物联网就是当前国际上备受关注的、由多学科交叉的一个前沿热点领域。

当今世界网络技术深刻地影响着人们的生产和生活方式。从早期的电子邮件沟通地球两端的用户，到超文本标记语言(HTML)和万维网(WWW)技术引发的信息爆炸，再到如今多媒体数据的大量涌现，互联网已不仅仅是一项通信技术，更成就了人类历史上最庞大的信息世界。

进入 21 世纪以来，随着感知识别技术的快速发展，信息从传统的人工生成单通道模式，转变为人工生成和自动生成的双通道模式。以廉价的传感器和智能识别终端为代表的信息自动生成设备，可以实时和准确地完成对物理世界的感知、测量和监控。低成本的芯片制造使得可以联网终端的数目激增，而网络技术的发展使得综合利用来自物理世界的信息成为可能。与此同时，互联网的触角即网络终端和接入技术也不断延伸，深入到社会的各个方面。

我们可以看到，一方面是物理世界的联网需求；另一方面是信息世界的扩展需求，来自上述两方面的应用催生了一类新型网络——物联网(Internet of Thing, IoT)。综观网络技术的发展史，应用需求始终是推动和左右全球网络技术进步的动力与源泉。物联网最初被描述为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，其要点在于物与物之间广泛而普遍的互联。

目前业界对物联网的通用理解如下：从技术角度来看，物联网是指物体通过智能感应装置，经过传输网络，到达指定的信息处理中心，最终实现物与物、人与物之间的自动化

信息交互和处理的智能网络；从应用角度来看，物联网是指将物理世界的物体连接到一个网络中，然后又与现有的互联网结合，实现人类社会与物理系统的整合，从而更加精细和动态地管理生产和生活。

本书定义的物联网概念如下：物联网是一个基于互联网、传统电信网等信息承载体，使所有能够被独立寻址的普通物理对象实现互联互通的网络。简而言之，物联网就是将多种信息传感识别设备与互联网结合起来而形成的一个网络系统。如图 1.1 所示为物联网的基本模型。

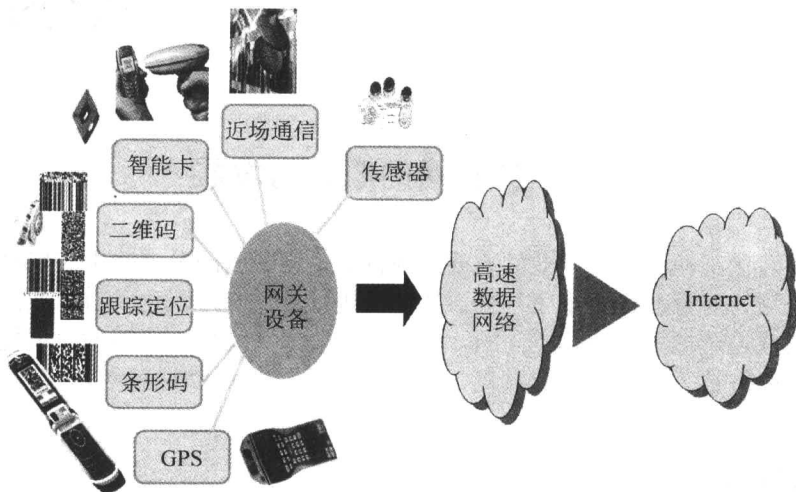


图 1.1 物联网的基本模型

中国通信标准化协会泛在网工作组对物联网的解释认为，物联网作为一种互联的网络形式，是通过部署具有一定感知、计算、执行和通信能力的多种设备，来获得物理世界的信息，并利用网络实现信息的传输、协同和处理，从而实现人与物、物与物之间的信息交换。

1.1.2 物联网的起源

1995 年比尔·盖茨在《未来之路》一书中首次提出“物—物”相连的雏形。美国麻省理工学院(MIT)著名的自动识别(Auto-ID)实验室建立于 1999 年，物联网的概念最早来源于这个实验室的科研人员提出的网络无线射频识别(Radio Frequency Identification, RFID)系统，即把物品通过 RFID 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。

早期的物联网是以物流系统为应用背景，以 RFID 技术作为条码识别的替代品，实现对物流系统进行智能化的管理。随着技术和应用的发展，物联网的内涵已发生了较大变化。

2005 年信息社会世界峰会(W SIS)在突尼斯举行，国际电信联盟(ITU)在会上正式确定了“物联网”的概念，随后发布“ITU Internet reports 2005—the Internet of things”报告。该报告指出，我们正站在一个新的通信时代边缘，信息与通信技术(ICT)的目标已经从满足人与人之间的沟通，发展到人与物、物与物之间的连接，无所不在的物联网通信时代即将来临。

2009 年 8 月，温家宝总理视察无锡时提出“感知中国”的理念，由此推动了物联网概念在国内的重视，成为继计算机、互联网和移动通信之后引发新一轮信息产业浪潮的核心领域。2010 年 3 月，温家宝在《政府工作报告》将“加快物联网的研发应用”明确纳入重点产业振兴计划。国务院、发改委、工信部、科技部和教育部等部门都制定了促进物联网



产业发展和教育的扶持政策,推动了中国物联网建设从概念推广、政策制定、配套建设到技术研发的快速发展。

物联网的产生源于以下背景。

(1) 全球经济危机的原因。根据经济发展的理论,每一次的经济低谷必定会催生出某些新技术,而这些技术一定可以为大多数工业产业提供一种全新的使用价值,从而带动新一轮的消费增长和产业投资,形成新的经济周期。在过去的10年间,互联网技术取得了巨大成功。目前的经济危机使人们又不得不面临紧迫的选择,物联网技术成为推动下一个经济增长的重要手段。

(2) 传感识别技术的成熟。随着微电子技术的发展,涉及人类生活、生产和管理等方方面面的各种传感器已经比较成熟。例如,常见的无线传感器、RFID和电子标签等设备,它们的技术越来越先进,而生产成本越来越低,正大量进入各种领域。

(3) 网络接入和信息处理能力大幅提高。目前随着网络接入多样化、IP宽带化和计算机软件技术的飞跃发展,基于海量信息收集和分类处理的能力大大增强,从而提升了物联网的应用水平。

根据技术演进的情况,物联网的发展可以分为四个阶段。

(1) 第一阶段主要是实现大型计算机、主机的联网。

(2) 第二阶段主要是实现台式计算机、笔记本电脑与互联网相连接。

(3) 第三阶段实现一些移动设备如手机、PDA等的互联。

(4) 第四阶段属于嵌入式互联网的兴起阶段。越来越多的与人们日常生活紧密相关的应用设备,包括洗衣机、冰箱、电视和微波炉等都将加入互联互通的行列。

“物联网”被称为继计算机、互联网之后的世界信息产业第三次浪潮。业内专家认为,物联网一方面可以提高经济效益,节约成本;另一方面可以为全球经济的复苏提供技术动力。目前美国、欧盟等都在投入巨资深入研究和探索物联网。我国也正在高度关注和重视物联网的建设,工信部会同有关部门在新一代信息技术方面正在开展研究,以形成支持新一代信息技术发展的政策措施。

1.1.3 物联网发展现状

1. 国外现状

从2009年IBM公司推出“智慧地球”的概念后,“智慧地球”框架下的多种智能解决方案已经在全球开始推广。智慧地球有时也称为智能地球,就是将感应器嵌入和装备到电网、铁路、桥梁、隧道、公路、建筑、供水系统、大坝和油气管道等各种物体中,物品之间广泛连接起来形成物联网,然后将物联网与现有的互联网整合起来,实现人类社会与物理系统的融合。在这个理想的整合网络中,存在能力超级强大的中心计算机群,可对网络内的人员、机器、设备和基础设施实现管理和控制。在此基础上,人类可以以更加精细和动态的方式管理生产和生活,达到“智慧”状态,从而提高资源利用率和生产力水平,改善人与自然之间的关系。

美国特别重视物联网技术的研究,尤其在标准、体系架构、安全和管理等方面,希望



借助于核心技术的突破能占有物联网领域的主导权。另外,美国众多科技企业也积极加入物联网的产业链,希望通过技术和应用创新,促进物联网的快速发展,为摆脱经济危机找到突破口。

“物联网”概念在欧洲受到了欧盟委员会的高度重视和大力支持,正式确立为欧洲信息通信技术的战略发展计划。2009年欧盟委员会正式出台了《欧盟物联网行动计划》,作为全球首个物联网发展战略的规划,该计划标志着欧盟已经从国家层面将“物联网”提上日程。欧洲各大运营商和企业物联网领域也纷纷采取行动,加强物联网应用领域的部署。

韩国通信委员会于2009年出台了《物联网基础设施构建基本规划》,该规划是在韩国政府之前的一系列RFID/USN(传感器网络)相关计划的基础上提出的,目标是在现有基础上构建世界上最先进的物联网基础设施,并发展物联网报务、研发物联网技术和营造物联网推广环境。

2009年日本政府IT(信息技术)战略本部制定了日本新一代的信息化战略《i-Japan 战略2015》,该计划希望到2015年使数字信息技术如同空气和水一样,融入生活的每个角落,并确定重点发展电子政务、医疗保健和教育人才三个领域。

此外,新加坡公布了“智慧国2015”蓝图计划,澳大利亚、法国和德国等国家都在纷纷加快物联网基础设施的建设步伐。

2. 国内现状

自从温家宝总理提出“感知中国”后,“物联网”迅速成为国内的热点,得到了广泛关注。我国政府高层一系列的重要讲话、报告和相关政策措施表明:大力发展物联网产业将成为今后一项具有国家战略意义的重要决策,加快物联网技术研发、促进物联网产业的快速发展已成为国家战略需求。

我国政府为物联网的发展营造了良好的政策环境,国家重点基础研究发展计划(973计划)在信息领域设立了“物联网体系、理论建模与软件设计方法”重大项目。国家自然科学基金委员会、中国工程院“中国工程科技中长期发展战略研究”联合基金项目都将物联网相关技术列入重点研究和支持对象。

物联网的发展受到了国家各大部委和地方政府的大力支持。各部委从不同的角度进行分工协作,推动我国物联网产业的发展。例如,国家科技部主要支持物联网的共性基础技术研发和理论研究,工信部主要负责支持物联网产业在工业领域和工信融合领域的应用,发改委主要负责我国物联网产业发展规划和重大工程示范项目。

我国各地地方政府的行动非常积极,如无锡市组建物联网技术研究院,积极打造物联网产业基地;北京市将物联网技术纳入北京市发展规划,大力推进“感知北京”示范工程的建设;广东省启动了南方物联网的框架性设计,加快试点工程建设。

国内企业界和普通民众也对物联网抱以很大兴趣,与RFID、物联网相关联的上市企业被称为“物联网板块”,受到证券市场的关注,物联网概念在资本市场甚至受到追捧。物联网在上海世博会、深圳大运会等的成功应用,吸引了民众的眼球。物联网的应用遍及公共服务、物流零售、智能交通、安全、家居生活、环境监控、医疗护理和航空航天等多行业多领域,基本涵盖了我们身边的工业、环境和社会的各个领域。

1.2 物联网的组成与特征

1.2.1 物联网的组成

物联网的组成架构包括采集控制层(主要是末梢节点)、接入层(主要是末梢网络)、承载网络层、应用控制层和用户层,如图1.2所示。

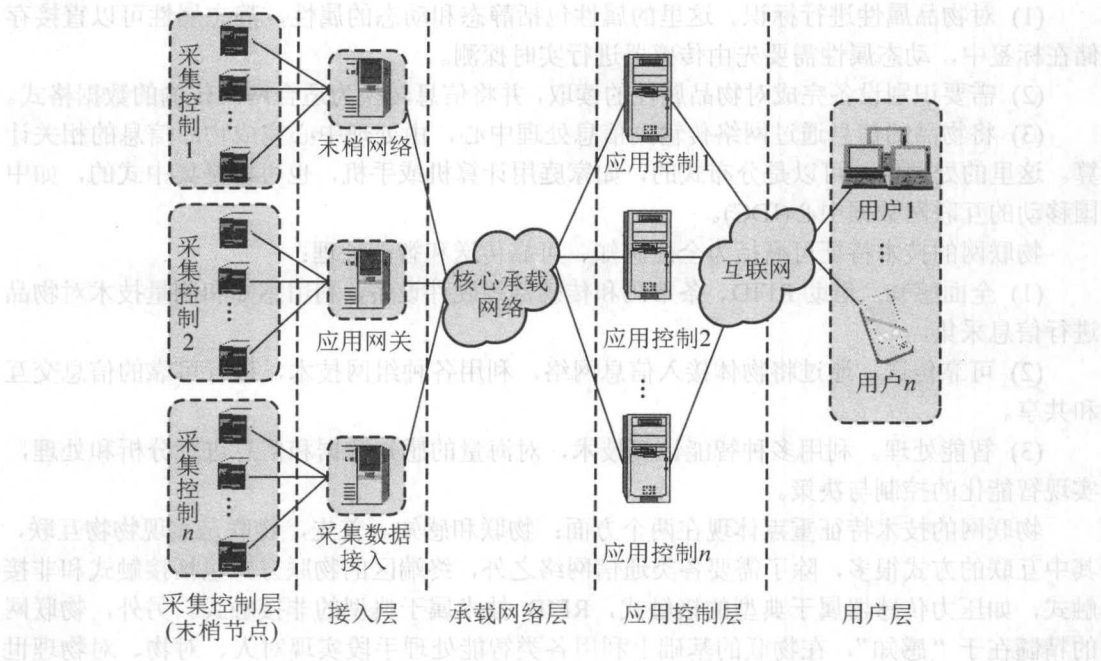


图 1.2 物联网的组成

采集控制层由各种类型的采集和控制模块组成,如温度传感器、声音传感器、振动传感器、红外传感器、RFID 读写器和条形码等,它们提供物联网应用的数据采集、识别和设备控制功能。其中的 RFID 正是能够让物品“开口说话”的一种技术,RFID 标签可以存储规范而具有互用性的信息,通过无线数据通信网络将它们自动采集到中央信息系统,实现物品的识别,进而通过开放性的计算机网络实现信息交换和共享,实现对物品的透明管理。

接入层由基站(Base Station)节点、信宿汇聚(sink)节点或接入网关(Access Gateway)组成,完成应用末梢各节点信息的组网控制和信息汇集任务,或提供向末梢节点下传信息的转发功能。

承载网络层是指现行的通信网络,包括因特网、移动通信网和企业网等,它提供物联网接入层与应用控制层之间的信息通信功能。

应用控制层由各种应用服务器组成,主要功能包括对采集数据的汇集、转换和分析。从末梢节点获取的大量原始数据,对于用户来说只有经过转换、筛选处理后才有实际价值,应用控制层就承担了这项任务。另外,在需要对末梢节点进行控制时,应用控制层将提供控制指令的生成和下发功能。



用户层为用户提供物联网应用的用户界面接口,包括用户设备(如计算机、手机)、客户端等。

1.2.2 物联网的技术特征

从实质上来说,物联网就是利用传感器和 RFID 技术,通过计算机互联网实现物品的自动识别和信息的互联共享。

物联网运行通常遵循如下步骤:

- (1) 对物品属性进行标识。这里的属性包括静态和动态的属性,静态属性可以直接存储在标签中,动态属性需要先由传感器进行实时探测。
- (2) 需要识别设备完成对物品属性的读取,并将信息转换为适合网络传输的数据格式。
- (3) 将物品的信息通过网络传输到信息处理中心,由处理中心完成物品信息的相关计算。这里的处理中心可以是分布式的,如家庭用计算机或手机,也可以是集中式的,如中国移动的互联网数据中心(IDC)。

物联网的技术特征可概括为全面感知、可靠传送和智能处理:

- (1) 全面感知。借助 RFID、条形码和传感器等硬件设备,利用感知和测量技术对物品进行信息采集。
- (2) 可靠传送。通过将物体接入信息网络,利用各种组网技术,进行可靠的信息交互和共享。
- (3) 智能处理。利用多种智能计算技术,对海量的感知数据和信息进行分析 and 处理,实现智能化的控制与决策。

物联网的技术特征重点体现在两个方面:物联和感知。首先,物联是实现物物互联,其中互联的方式很多,除了需要各类通信网络之外,终端区的物联方式包括接触式和非接触式,如压力传感器属于典型的接触式,RFID 技术属于典型的非接触式。另外,物联网的精髓在于“感知”,在物联的基础上利用各类智能处理手段实现对人、对物、对物理世界和虚拟世界的感知和控制。

1.2.3 与传感网的关系

传感器网络即传感网(Sensor Networks),与物联网的关系比较密切。狭义的“传感网”就是由传感器构成的网络,利用大量的微型传感节点通过自组网技术以协作方式进行实时监测、感知和采集各类环境或监测对象的信息。目前,传感网主要是以微型传感模块和组网模块共同构成网络,不要求提供接入互联网的功能,探测信号多为感知信号,并不强调对物品的标识。因此从这种分析来看,“物联网”的概念比“传感网”要大,物联网在感知物体的手段和途径方面,除了传感器以外,还有条形码、RFID 和 GPS 等。

通常可以认为,物联网的目标是物品,实现物物相连;传感网的目标是环境或物品的物理参量,主要用于监测区域和获取目标信息。

随着互联网技术的进步和多种接入网络及智能计算技术的发展,“传感网”的内涵和外延也逐渐发生了变化。广义的“传感网”是指以物理世界的信息采集和信息处理为主要任务,以网络为信息传递载体,实现物与物、物与人之间的信息交互,提供信息服务的智能网络系统。扩展后的传感网概念与物联网的区别不是很大。



1.3 物联网核心技术

物联网技术涉及多个领域,这些技术在不同的行业往往具有不同的技术形态。对物联网涉及的核心技术进行归类和梳理,可以形成如图 1.3 所示的物联网技术体系模型。根据信息生成、传输、处理和应用的过程,物联网的核心技术主要分为感知识别技术、网络构建技术、管理服务技术和综合应用技术。

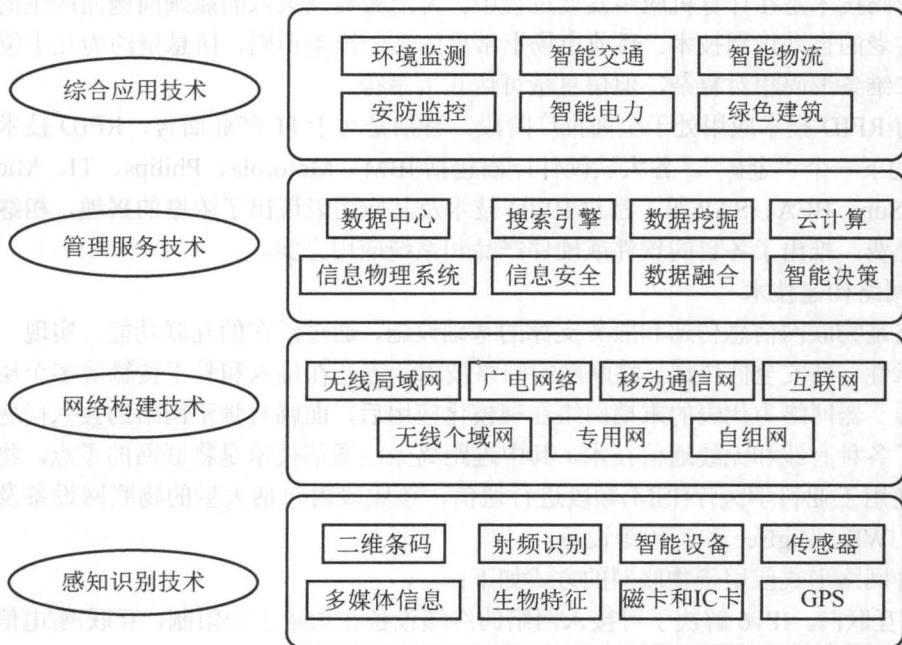


图 1.3 物联网的核心技术

1) 感知识别技术

通过感知识别技术,让物品“开口说话、发布信息”是融合物理世界和信息世界的重要环节,是物联网区别于其他网络的最独特部分。感知和识别技术是物联网的基础,负责采集物理世界中发生的物理事件和数据。

物联网的“触手”是大量的信息生成设备,既包括采用自动生成方式的 RFID、传感器和定位系统等,也包括采用人工生成方式的各种智能设备,如智能手机、PDA、笔记本电脑等。通过定位系统获取位置信息也是物联网时代的重要研究课题。信息生成方式多样化是物联网的重要特征。总体来说,感知识别技术分为传感技术和识别技术。

① 传感技术。传感技术利用传感器和多跳自组织传感器网络,协作感知、采集网络覆盖区域内被感知对象的信息。传感器技术的发展依赖于敏感材料、工艺设备和测量技术的进步,对基础技术和综合技术要求高。

传统传感器的局限性在于网络化、智能化的程度受限,缺少有效的数据处理与信息共享能力。现代传感器的特点是微型化、智能化和网络化,典型的代表就是无线传感节点。



无线传 节点由电池、传 器、微处理器、无线通信芯片组成,相比于传统传 器而言,无线传 节点不仅包括传 器部件,还集成了微型处理器和无线通信芯片,能够对 知信息进行分析处理和网络传输。

② 识别技术。识别技术涵盖物品身份识别、位置识别和地理识别。对物理世界的识别是实现全面 知的基础。物联网识别技术是以条形码、电子标签为基础的。识别技术解决了对对象的全局标识问题,根据物联网的标准化物品标识体系,可以融合和适当兼容现有各种传 器和识别方法。

条形码技术是在计算机应用发展过程中,为消除数据录入的瓶颈问题而产生的,可以说是最古老的自动识别技术。目前市场上常见的是一维条形码,信息量约为几十位数据和字符;二维条形码相对复杂,但信息量可达几千字符。

目前 RFID 技术应用处于全面推广阶段。特别是对于 IT 产业而言,RFID 技术被视为 IT 产业的下一个“金矿”。各大软硬件厂商包括 IBM、Motorola、Philips、TI、Microsoft、Oracle、Sun、BEA、SAP 等,都对 RFID 技术及其应用表现出了浓厚的兴趣,相继投入大量研发经费,推出了各自的软件或硬件产品和系统应用方案。

2) 网络构建技术

网络是物联网信息传递和服务支撑的基础设施,通过泛在的互联功能,实现 知信息的高可靠性、高安全性传送。物联网的网络技术涵盖泛在接入和骨干传输等多个层面的内容。以传 器网络为代表的末梢网络在规模化应用后,面临与骨干网络的接入问题。物联网综合了各种有线和无线通信技术,其中近距离无线通信技术是物联网的重点。物联网终端一般使用工业科学医疗(ISM)频段进行通信,该频段内包括大量的物联网设备及现有的 Wi-Fi、UWB、ZigBee 和蓝牙等设备。

各种网络形式应用于物联网的方式如下:

(1) 互联网。IPv6 解决了可接入网络的终端设备在数量上的限制,互联网/电信网是物联网的核心网络、平台和技术支持。

(2) 无线宽带网。传统的宽带网络定义为:带宽超过 1.54Mb/s 的网络可称为宽带网络。按照这种定义,无线宽带网络包括 Wi-Fi(无线局域网)、WiMAX(无线城域网)、3G(无线广域网)、UWB(超宽带无线个域网)。无线宽带技术覆盖范围较广,传输速度较快,为物联网提供了高速、可靠、廉价且不受接入设备位置限制的互联手段。无线宽带技术可为家庭、校园/企业、城市甚至全球范围内的用户提供泛在的互联互通,物联网所需的互联互通势必缺少不了无线宽带技术的支持。

(3) Wi-Fi(Wireless Fidelity)。这是由 Wi-Fi 联盟所持有的一种无线网络通信技术,目的是改善基于 IEEE 802.11 标准的无线网络产品之间的互通性。随着 IEEE 802.11a 和 IEEE 802.11g 等标准的出现,现在 IEEE 802.11 这个标准可以被统称为 Wi-Fi。

(4) IEEE 802.11。这是美国电气和电子工程师协会(IEEE)制定的一个无线局域网标准,用于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问题。由于 802.11 在速率和传输距离上都不能满足人们的需要,IEEE 小组相继推出了一系列 802.11 标准。不同 802.11 协议的差异体现在使用频段、调制模式和信道差分等物理层技术上。尽管物理层使用技术差异很大,但这些 IEEE 802.11 系列协议的上层架构和链路访问协议是相同的。例如,MAC

层都采用了带冲突检测的载波监听多路访问(CSMA/CA)技术,数据链路层的数据帧结构相同,并都支持基站和自组网两种建网模式。

(5) WiMAX(Worldwide Interoperability for Microwave Access)。WiMAX 旨在为广阔区域内的网络用户提供高速无线数据传输业务,视距覆盖范围可达 112.6km,非视距覆盖范围可达 40km,带宽为 70Mb/s,与之对应的是一系列 IEEE 802.16 协议。WiMAX 技术的带宽足以取代传统的有线连接,为企业或家庭提供互联网接入业务,可取代部分互联网有线骨干网络,提供更人性化、多样化的服务。

(6) 无线低速网。ZigBee/蓝牙/红外等低速网络协议能够适应物联网中功率较低的节点,满足低速率、低通信半径、低计算能力和低能量供应的要求。

(7) 移动通信网。移动通信网络将成为物联网“全面、随时、随地”传输信息的有效平台。这类网络可以高速、实时、高覆盖率和多元化地处理各类数据,为“物品触网”创造条件。

3) 管理服务技术

人们通常把物联网应用冠以“智能”或“智慧”的名称,如智能电网、智能交通、智能物流和智慧城市等,其中的“智能”或“智慧”的内涵就来源于管理服务技术。

随着物联网网络规模的扩大、承载业务的多元化、服务质量要求的提高及影响网络正常运行因素的增多,管理服务技术是保证物联网实现“可运行—可管理—可控制”的关键。管理服务技术着重解决数据如何存储(数据库与海量存储技术)、如何检索(搜索引擎)、如何使用(数据挖掘与机器学习)、如何不被滥用(数据安全与隐私保护)等问题。

关系数据库系统作为一项有着近半个世纪历史的数据处理技术,仍可在物联网中大展拳脚,为物联网的运行提供支撑。与此同时,结合物联网应用提出的新需求,数据库技术也在进行不断地更新,发展出新的方向。例如,新型数据库系统 NoSQL 数据库针对非关系型、分布式的数据存储,并不要求数据库具有确定的表模式,而是通过避免连接操作来提升数据库的性能。采用云计算技术实现信息存储资源和计算能力的分布式共享,为海量信息的高效利用提供支撑。

物联网的智能决策需要深入的智能化数据搜索和检索服务,能对海量数据进行多维度整合与分析。数据挖掘技术是从大量数据中获取潜在有用的和可被人理解的模式,它的基本类型包括关联分析、聚类分析和演化分析等。

安全是基于网络的各种系统运行的重要基础之一,物联网的开放性、包容性和匿名性也决定了不可避免地存在信息安全隐患。物联网安全要满足机密性、真实性、完整性和抗抵赖性的四种要求,同时还需要解决好物联网中的用户隐私保护与信任管理问题。

4) 综合应用技术

传统互联网经历了以数据为中心到以人为中心的转化,典型应用包括文件传输、电子邮件、万维网、电子商务、视频点播、在线游戏和社交网络等;而物联网应用是以“物”或者物理世界为中心,涉及物品追踪、环境感知、智能物流、智能交通和智能电网等。物联网应用目前正处于快速增长期,具有多样化、规模化和行业化的特点。

物联网的发展以应用为导向,不断涌现的新型应用将使物联网的应用开发受到巨大挑战,如果继续沿用传统的技术路线必定束缚物联网应用的创新。从适应未来应用环境变化