

“十三五”普通高等教育规划教材

物联网概论

第2版

韩毅刚 冯 飞 杨仁宇 等编著



<http://www.cmpedu.com>



电子课件



教学视频



教学大纲



试 卷



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



“十三五”普通高等教育规划教材

物联网概论

第2版

韩毅刚 冯 飞 杨仁宇 等编著

常州大学图书馆
藏书章



机械工业出版社

本书以物联网中的数据流动为主线,介绍了物联网的基本概念和体系结构,包括从物品信息编码到自动识别、从传感器到传感器网络、从局部网络到互联网、从终端设备到数据中心、从嵌入式系统到服务器集群、从数据融合到云计算,以及从设计思想到物联网标准,以广度为主,阐述了组建物联网的各种集成技术和所涉及的概念。

本书提供教学视频、教学大纲、教学建议、习题参考答案、3套试卷(附评分标准)和PPT课件。

本书可作为一般高等院校各专业物联网课程的入门教材,重点面向物联网工程、计算机、通信工程及电子信息专业的本科生和相关专业技术人员,也可作为其他专业了解物联网整体概况和具体技术实现的参考书。

本书配套授课电子课件,需要的教师可登录 www.cmpedu.com 免费注册,审核通过后下载,或联系编辑索取。QQ: 2850823885。电话: 010-88379739。

图书在版编目(CIP)数据

物联网概论 / 韩毅刚等编著. —2版. —北京: 机械工业出版社, 2017.12

“十三五”普通高等教育规划教材

ISBN 978-7-111-58690-6

I. ①物… II. ①韩… III. ①互联网络—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(2017)第305997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 责任校对: 张艳霞

责任印制: 常天培

涿州市京南印刷厂印刷

2018年1月第2版·第1次印刷

184mm×260mm·21印张·505千字

0001—3000册

标准书号: ISBN 978-7-111-58690-6

定价: 59.90元

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

服务咨询热线: (010) 88379833

机工官网: www.cmpbook.com

读者购书热线: (010) 88379649

机工官博: weibo.com/cmp1952

教育服务网: www.cmpedu.com

封面无防伪标均为盗版

金书网: www.golden-book.com

前 言

物联网主要源自 RFID、WSN 和 M2M 这 3 种应用场合,近几年,物联网的各种关键技术处于升级换代的阶段,新技术和热点技术也层出不穷,如感知层的纳米传感器、ZigBee 3.0 和 Thread 无线传感器网络;传输层的超密集网络、绿色通信技术等;处理层的大数据分析和可视化呈现等;应用层的自动驾驶、“互联网+”等。

从体系结构来看,各种物联网应用的解决方案大同小异,但具体实施的技术又完全不同。本书从各种物联网应用的特点出发,选取不同的知识点,每章都有自己独特的知识点和针对该知识点的实例。

第 1 章“物联网体系结构”,重点介绍了物联网与其他通信网络的关系和物联网的体系结构。每种通信网络都有其自己的体系结构,最著名是计算机网络的 ISO 的 OSI 七层模型,该模型虽被淘汰,但其遗留下来的术语却一直在被使用,并且是通信网络新建体系结构的比较模型。其次是目前互联网使用的 TCP/IP 协议模型,但它没有一个标准的官方模型。本书采用的是 ITU-T 给出的物联网 4 层体系结构,不过考虑到各种技术所用的基础知识和习惯用法。本书没有完全采用该模型的层次名称,也没有按照严格的层次结构来安排章节顺序。感知层包括第 2、3、4、6、7 和 12 章,传输层包括第 5、8、9 章,处理层包括第 10 章,应用层包括第 13 章。第 1 章和第 14 章包含了所有层次,是对物联网的概括和总结。

第 2 章“物品信息编码”,单纯介绍了物品的分类编码,包括条码和 EPC,而把编码的载体放在了第 3 章自动识别技术中。本章的重点是 EPC 及基于 EPC 的网络信息系统的构成。离开了载体的物品信息编码对初学者来说可能会感觉有些抽象,本章最后的业务流程和开发实例可以解决这些问题。

第 3 章“自动识别技术”的重点是 RFID。物流系统中的物品信息编码和 RFID 是物联网的一个重要起源。RFID 的电子标签和阅读器已经在生活中随处可见,随着一些软件开发工具的发展,其他一些自动识别技术也能被初学者开发展示出来,例如,利用 MATLAB 仿真工具就可以实现声纹识别和语音识别。

第 4 章“嵌入式系统”,可以说是目前物联网应用系统开发有别于其他应用系统开发的标志性产物。尽管在智能手机等领域,嵌入式系统开发和通用计算机系统的开发几乎没有差别,但在资源受限环境下的开发还是有很大区别的。

第 5 章“通信技术”,介绍了信号传输的原理知识,是理解各种通信网络数据传输和物联网器件、设备选型的基础。与物联网其他关键技术不同,虽然通信技术是所有通信网络的基础,但在物联网的建设中通常都采用集成技术,除了特定场合,如微弱信号处理等,很少直接涉及通信技术本身。不过,短距离无线通信技术、ICT 技术的发展等都离不开通信技术的支持。

第 6 章“传感器”和第 7 章“传感器网络”,介绍了物联网的另一个起源,这次感知的不是物品信息而是环境信息。值得注意的是,传感器网络也从以前的环境检测延伸到家用设备感控,从低功耗、低速延伸到常规功耗、高速的应用场合,如低功耗的 IEEE 802.11ah 和

高速 IEEE 802.11ad。传感器网络的 IP 化也是一个趋势, ZigBee 3.0、6LoWPAN 和 Thread 都提供了基于 IP 的协议栈。

第 8 章“互联网”和第 9 章“物联网的接入和承载”,介绍了物联网的传输层技术。对于传输层,在某些场合下,把传输层分为接入层和承载层两个层次可能更好,这种划分方式符合网络运营商对通信网络的划分——把整个通信网分为接入网和核心网两部分。随着物联网和承载网络的 IP 化,感知层的局部网络和传输层的承载网络能够直接无缝连接,传感网、接入网和核心网的组网技术之间的界限将会变得越来越模糊。

第 10 章“物联网的数据处理”,介绍了从数据存储、组织、挖掘到呈现的各个方面。处理层是典型的中间件层,本章主要介绍了开发物联网应用系统时常用的一些基础知识和技术。

第 11 章“物联网的安全与管理”,是物联网各个层次和组成部分都会遇到的公共问题。物联网的分散特性比较强,难以像电信网一样采用集中式管理者—代理模型。物联网不但涉及虚拟世界的信息安全,还涉及真实世界的众多传感设备甚至控制设备,其安全问题远比其他通信网络复杂。

第 12 章“定位技术”,是感知层的内容。之所以安排在本书后面进行讲述有两个原因,一是定位技术涉及很多网络方面的知识,二是基于定位技术的位置服务属于应用层的内容。

第 13 章“物联网应用”,介绍了应用层典型的应用实例。在选取各种应用解决方案时,避免知识点的重复,重点介绍目前关注的热点问题。

第 14 章“物联网标准及发展”,是对物联网各种技术的综合和归纳,所选取的标准实例都没有在前面的章节中详述过,但也都是具有普遍性或极具特性的技术,是对物联网视野的扩展。

本书提供教学视频、教学大纲、教学建议、习题参考答案、3 套试卷(附评分标准)和 PPT 课件,读者可通过封底的二维码下载后浏览。习题答案不是书中知识点的罗列,很多答案实际上是对书中内容的扩充,但同时也考虑了学生做题时的知识基础。PPT 课件包含了很多书中限于篇幅而未描述的技术细节和图片,可根据授课情况进行适当裁剪。

本书由韩毅刚、冯飞、杨仁宇、张天琦、任亚飞、章帆编写,全书由韩毅刚统稿。感谢南开大学电光学院的赵风海副教授、北京锐安科技有限公司的冯建业和陈冬霞、中国航天科工三院 304 所的李琪、中国移动公司的王欢、渣打科技营运有限公司的李亚娜和张一帆、中国人民解放军国防信息学院的王大鹏、鸿富锦精密电子(天津)有限公司的张洁、成都鼎桥通信技术有限公司的段鹏飞、龙湖地产天津公司的韩宏宇、中国人民解放军某部的刘剑、王大理和甘俊位、中征(北京)征信有限责任公司天津分公司的冯文全、中国银行软件中心的翁明俊、淘宝中国软件有限公司的刘佳黛、渣打环球商业服务有限公司的吉瑄、杭州浙泰科技有限公司的朱先会、百度在线网络技术(北京)有限公司的吴淑艳、北京字节跳动科技有限公司的傅秋宇、工商银行杭州研发中心的吴才奇,以及华为技术有限公司的刘蒙蒙提供的各种帮助。

物联网作为一种集成技术,涉及众多行业,发展迅速,限于作者的水平和时间,对物联网各种专业技术的理解难免存在偏差、疏忽和不足之处,敬请广大读者不吝指正。

韩毅刚

2017 年 7 月于南开大学

教学建议

章节	教学重点和要求	课时
第1章 物联网体系结构	了解物联网的发展背景 理解物联网的概念和定义 弄清物联网与传感网、泛在网、互联网等之间的关系 掌握物联网的层次体系结构 清楚物联网目前的建设状况和组网方式	3
第2章 物品信息编码	弄清物品编码和代码的关系 了解各种物品编码标准体系之间的关系 掌握 EAN.UCC 系统的物品编码体系 掌握 EPC 编码体系	3
第3章 自动识别技术	理解自动识别的概念和应用场合 掌握 RFID 的原理和系统组成 了解 NFC 的原理及其与 RFID 的区别 了解其他自动识别技术及其应用	6
第4章 嵌入式系统	理解嵌入式系统与普通计算机系统的区别 了解嵌入式设备在实际生活中的应用状况 掌握嵌入式系统的体系结构 了解各种嵌入式操作系统的状况 弄清开发嵌入式应用的一般方法	3
第5章 通信技术	了解信号处理的应用场合 掌握信号传输的编码和调制技术 理解无线通信和光通信的原理和系统组成 了解最新的通信技术发展状况	3
第6章 传感器	掌握传感器的概念和组成结构 理解各种传感器的工作原理 了解 MEMS 技术及其应用	3
第7章 传感器网络	了解现场总线构建的传感器网络结构 掌握无线传感器网络的组网结构和特征 理解无线传感器网络的 MAC、路由和传输协议 掌握利用 ZigBee 技术组建无线传感器网络的方法 理解无线传感器网络的拓扑控制、时间同步和数据融合的原理和实现机制	6
第8章 互联网	理解互联网的 TCP/IP 协议体系结构 了解 TCP 和 UDP, 理解端口的概念 掌握 IP, 了解 IPv4 与 IPv6 的不同之处 理解应用层协议的工作原理 了解移动互联网的组建和应用	3
第9章 物联网的接入和承载	了解各种互联网有线接入技术, 掌握以太网组网技术 了解各种无线 IP 接入技术, 掌握 Wi-Fi 组网技术 弄清移动通信网的组成结构和工作原理 了解核心网的建设和应用 理解各种通信网络之间的关系	6
第10章 物联网的数据处理	了解数据中心的建设和使用情况 理解数据库、搜索引擎、数据挖掘的概念和方法 弄清网络数据存储的不同方法 掌握云计算的概念和实现机制 了解普适计算的概念及其与物联网的关系	3

(续)

章 节	教学重点和要求	课时
第 11 章 物联网的安全与管理	了解物联网的安全威胁与安全需求 了解物联网安全的解决方法及其核心技术 了解物联网的网络管理机制及其与目前网络管理的不同之处	3
第 12 章 定位技术	了解定位技术的分类和应用场合 掌握 GPS 定位原理 理解定位所用的一般技术和方法 了解 LBS 的概念和应用	3
第 13 章 物联网应用	了解物联网在实际生活中的具体应用情况 理解四网融合的概念 掌握智能家居的实现原理 了解 WAN、MAN、LAN、PAN 和 BAN 在物联网中的应用	6
第 14 章 物联网标准及发展	了解制定物联网标准的各种组织 了解物联网所涉及的各种技术内容 弄清物联网各种技术标准或名称之间的关系 根据物联网制定的标准系列了解物联网的发展状况	3
总学时	按每周 3 节课、每学期 18 周计	54

说明:

1) 本书的章节顺序基本上是按物联网的层次体系结构和数据流向安排的,但考虑到各种概念、原理和技术所用到的基础知识,适当调整了章节顺序。例如,位于感知层的第 12 章“定位技术”需要很多网络知识,因此放在了后面。从数据流动来看,数据应该通过各种技术才能连接到互联网中,但先讲述“第 8 章互联网”,再讲述“第 9 章物联网的接入和承载”,能够具备更好的知识铺垫,也符合网络 IP 化的现状。

2) 课时安排可根据本专业情况进行调整,例如,侧重于应用研发的专业可增加“第 2 章物品信息编码”或“第 4 章嵌入式系统”的课时,相应缩减“第 7 章传感器网络”或“第 9 章物联网的接入和承载”的课时。侧重于了解物联网状况的专业可增加“第 13 章物联网应用”和“第 14 章物联网标准及发展”的课时。

3) 本书对物联网的介绍比较宽泛,是按照读者第一次接触物联网各种技术时的情况来叙述的,不同的专业可根据本专业后续课程的内容对本书的讲述重点进行增删。

目 录

前言

教学建议

第1章 物联网体系结构	1	2.3.1 EPC 的产生与发展	27
1.1 物联网的发展背景	1	2.3.2 EPC 编码结构	27
1.2 物联网的概念	2	2.3.3 EPC 编码转换	28
1.2.1 物联网的定义	2	2.3.4 EPC 系统的组成	29
1.2.2 物联网与各种网络之间的关系	4	2.4 EPC 业务办理与 EPCIS 系统	
1.3 物联网的体系结构	7	开发	30
1.3.1 物联网三层模型	8	2.4.1 业务办理流程	30
1.3.2 ITU-T 参考模型	8	2.4.2 EPCIS 系统的开发实例	32
1.3.3 物联网的域模型	9	习题	33
1.4 物联网各层功能及其相关技术	9	第3章 自动识别技术	34
1.4.1 感知层	10	3.1 自动识别技术概述	34
1.4.2 传输层	11	3.1.1 自动识别技术的分类	34
1.4.3 处理层	13	3.1.2 自动识别系统的构成	35
1.4.4 应用层	14	3.2 条码识别	36
1.5 物联网的关键技术	15	3.2.1 条码的构成和种类	36
1.5.1 自动识别技术	17	3.2.2 条码阅读器	37
1.5.2 传感技术	17	3.3 二维码识别	38
1.5.3 网络技术	18	3.3.1 二维码的特点和分类	38
1.5.4 数据处理技术	19	3.3.2 二维码的符号结构	39
1.6 物联网的发展趋势和组网结构	20	3.3.3 二维码的编码过程	40
习题	21	3.4 RFID	40
第2章 物品信息编码	22	3.4.1 RFID 的分类	41
2.1 物品的分类与编码	22	3.4.2 RFID 系统的构成	42
2.1.1 物品分类	22	3.4.3 电子标签的结构	44
2.1.2 物品代码	23	3.4.4 读写器的结构	45
2.1.3 物品编码的载体	23	3.4.5 RFID 系统的能量传输	47
2.2 条码编码体系	24	3.4.6 RFID 系统的数据传输	48
2.2.1 EAN.UCC 编码体系	24	3.4.7 RFID 系统的防碰撞机制	50
2.2.2 全球数据同步网络	25	3.5 NFC	50
2.3 产品电子代码 EPC	26	3.5.1 NFC 的技术特点	51

3.5.2 NFC 系统工作原理	51	4.5.2 智能终端上的嵌入式系统	
3.6 其他自动识别技术	53	应用开发	82
3.6.1 卡识别	53	习题	84
3.6.2 语音识别	54	第 5 章 通信技术	85
3.6.3 光学字符识别	57	5.1 信号处理	85
3.6.4 生物识别	58	5.1.1 信号处理的概念	85
3.7 自动识别应用系统的开发	60	5.1.2 数字信号处理	86
3.7.1 二维码识别系统的开发	60	5.1.3 数字信号处理应用实例	88
3.7.2 RFID 应用系统的开发	61	5.2 信号传输	89
3.7.3 声纹识别系统的开发	63	5.2.1 通信方式	90
习题	64	5.2.2 信源编码	90
第 4 章 嵌入式系统	65	5.2.3 信道编码	91
4.1 嵌入式系统的概念和发展	65	5.2.4 信号编码	92
4.1.1 嵌入式系统的定义	65	5.2.5 信号调制	93
4.1.2 嵌入式系统的特点	65	5.2.6 多路复用	93
4.1.3 嵌入式系统的发展阶段	66	5.3 无线通信	94
4.1.4 物联网中的嵌入式系统	66	5.3.1 无线传输系统	94
4.1.5 嵌入式系统的发展趋势	68	5.3.2 无线通信的频段与传播方式	95
4.2 嵌入式系统的结构	68	5.3.3 无线传输的特征	96
4.2.1 硬件层	68	5.4 光通信	97
4.2.2 硬件抽象层	73	5.4.1 光纤通信	97
4.2.3 系统软件层	74	5.4.2 无线激光通信	100
4.2.4 应用软件层	74	5.4.3 可见光通信	102
4.3 嵌入式处理器的分类	75	5.5 新型通信技术	103
4.3.1 嵌入式微控制器	75	5.5.1 量子通信	103
4.3.2 嵌入式数字信号处理器	75	5.5.2 深空通信	105
4.3.3 嵌入式微处理单元 MPU	75	5.5.3 绿色通信	106
4.3.4 片上系统 SoC	76	习题	107
4.4 嵌入式操作系统	77	第 6 章 传感器	109
4.4.1 μ C/OS-II	77	6.1 传感器的基本概念	109
4.4.2 TRON	78	6.1.1 传感器的定义	109
4.4.3 嵌入式 Linux	78	6.1.2 传感器的构成	109
4.4.4 iOS	78	6.1.3 传感器的特性	110
4.4.5 Android	79	6.2 传感器的种类	112
4.5 嵌入式系统的开发	80	6.2.1 阻抗型传感器	112
4.5.1 单片机平台上的嵌入式系统		6.2.2 电压型传感器	114
应用开发	80	6.2.3 磁敏型传感器	115

6.3 传感器的应用	116	7.6.2 无线传感器网络操作系统的移植	151
6.3.1 光纤传感器	116	7.6.3 无线传感器网络的软件开发	152
6.3.2 湿敏传感器	117	习题	153
6.3.3 气体传感器	117	第8章 互联网	154
6.3.4 生物传感器	118	8.1 互联网体系结构	154
6.4 新型传感器	119	8.1.1 TCP/IP 协议模型	154
6.4.1 多功能传感器	119	8.1.2 数据传输的封装关系	155
6.4.2 MEMS 传感器	120	8.2 IP	155
6.4.3 纳米传感器	121	8.2.1 IPv4	156
6.4.4 智能传感器	121	8.2.2 IPv6	157
习题	123	8.2.3 ICMP	158
第7章 传感器网络	124	8.2.4 路由选择协议	159
7.1 有线传感器网络	124	8.3 互联网传输层协议	160
7.1.1 现场总线	124	8.3.1 UDP	160
7.1.2 CAN 总线	124	8.3.2 TCP	161
7.1.3 M-Bus 总线	125	8.4 互联网应用层协议	162
7.2 无线传感器网络概述	126	8.4.1 域名系统	162
7.2.1 无线传感器网络的组成	126	8.4.2 HTTP	163
7.2.2 无线传感器网络的体系结构	127	8.4.3 CoAP	164
7.2.3 无线传感器网络面临的挑战和 发展趋势	128	8.4.4 SIP	165
7.3 无线传感器网络的通信协议	129	8.4.5 SDP	166
7.3.1 MAC 协议	129	8.5 移动互联网	166
7.3.2 路由协议	132	8.5.1 移动互联网的组成	167
7.3.3 传输协议	135	8.5.2 移动互联网的体系结构	167
7.4 无线传感器网络的组网技术	135	8.5.3 移动互联网的服务质量	168
7.4.1 ZigBee	136	8.5.4 移动 IP 技术	169
7.4.2 Z-WAVE	139	8.6 互联网的发展与应用开发	170
7.4.3 EnOcean	141	8.6.1 多屏互动	170
7.4.4 Thread	143	8.6.2 Web 的发展趋势	172
7.5 无线传感器网络的核心支撑 技术	146	8.6.3 “互联网+”及其应用开发	172
7.5.1 拓扑控制	146	习题	175
7.5.2 时间同步	147	第9章 物联网的接入和承载	176
7.5.3 数据融合	148	9.1 有线接入技术	177
7.6 无线传感器网络的应用开发	150	9.1.1 以太网接入	177
7.6.1 无线传感器网络的硬件开发	150	9.1.2 铜线接入	178
		9.1.3 光纤接入	178
		9.1.4 HFC 接入	179

9.1.5 电力线接入	179	10.4.1 数据挖掘的过程	206
9.2 短距离无线 IP 接入技术	180	10.4.2 数据挖掘的方法	207
9.2.1 Wi-Fi	180	10.4.3 物联网中的数据挖掘	208
9.2.2 蓝牙	181	10.5 搜索引擎	208
9.2.3 UWB	182	10.5.1 搜索引擎的分类	208
9.3 基于移动通信网的接入技术	182	10.5.2 搜索引擎的组成和工作原理	209
9.3.1 移动通信网的组成结构	183	10.5.3 面向物联网的搜索引擎	210
9.3.2 第二代移动通信网络 (2G)	183	10.6 海量数据存储	211
9.3.3 第三代移动通信网络 (3G)	184	10.6.1 磁盘阵列	211
9.3.4 第四代移动通信网络 (4G)	184	10.6.2 网络存储	212
9.3.5 第五代移动通信网络 (5G)	185	10.6.3 云存储	213
9.4 核心通信网络	190	10.7 云计算	214
9.4.1 核心传输网络	190	10.7.1 云计算的概念	214
9.4.2 核心交换网络	191	10.7.2 云计算的体系结构	215
9.5 物联网数据传输的设计开发	192	10.7.3 云计算系统实例	216
9.5.1 互联网接入协议	192	10.7.4 云计算系统的开发	218
9.5.2 传感器网络的网关设计	193	10.8 普适计算	221
9.5.3 蓝牙模块与计算机之间的通信 程序开发	195	10.8.1 普适计算技术的特征	221
9.5.4 基于 GSM 模块的通信程序 开发	196	10.8.2 普适计算的系统组成	222
习题	198	10.8.3 普适计算的体系结构	223
第 10 章 物联网的数据处理	199	10.8.4 普适计算的关键技术	223
10.1 数据中心	199	10.9 数据呈现	224
10.1.1 数据中心的组成	199	10.9.1 实时推送技术	224
10.1.2 数据中心的分类与分级	199	10.9.2 数据可视化	226
10.1.3 数据中心的建设	200	10.9.3 HTML 5	227
10.2 大数据与物联网	202	10.9.4 数据呈现开发实例	228
10.2.1 大数据的概念	202	习题	230
10.2.2 物联网与大数据的关系	202	第 11 章 物联网的安全与管理	231
10.2.3 物联网大数据的特点	203	11.1 物联网的安全架构	231
10.2.4 大数据的分析与处理	203	11.2 物联网的安全威胁与需求	232
10.3 数据库系统	204	11.2.1 感知层的安全	232
10.3.1 数据库的类型	204	11.2.2 传输层的安全	233
10.3.2 数据库的操作	205	11.2.3 处理层的安全	234
10.3.3 数据库与物联网	205	11.2.4 应用层的安全	234
10.4 数据挖掘	206	11.3 物联网安全的关键技术	235
		11.3.1 密钥管理技术	235
		11.3.2 虚拟专用网技术	237

11.3.3 认证技术	238	定位系统设计	267
11.3.4 访问控制技术	238	12.5.2 位置指纹数据的采集和存储	268
11.3.5 入侵检测技术	239	12.5.3 在线实时定位	269
11.3.6 容错容错技术	240	习题	270
11.3.7 隐私保护技术	240	第 13 章 物联网应用	271
11.4 物联网的管理	241	13.1 智能电网	271
11.4.1 物联网的自组织网络管理	242	13.1.1 智能电网的特点	271
11.4.2 物联网的分布式网络管理模型	243	13.1.2 智能电网的功能框架	272
11.4.3 物联网的网络管理方案	244	13.1.3 智能电网的组成	273
11.5 物联网安全管理系统的的设计	245	13.1.4 智能电网的关键技术	274
11.5.1 SOA 架构	246	13.2 智能交通	275
11.5.2 安全管理平台的组成	248	13.2.1 智能交通的体系结构	275
习题	249	13.2.2 车联网	276
第 12 章 定位技术	251	13.2.3 自动驾驶	277
12.1 定位技术概述	251	13.3 智能物流	278
12.1.1 定位的性能指标	251	13.3.1 智能物流的相关技术	279
12.1.2 定位技术的分类	252	13.3.2 智能物流中的配送系统	281
12.1.3 定位技术在物联网中的发展	252	13.4 精细农业	283
12.2 基于卫星的定位技术	253	13.4.1 精细农业的组成	283
12.2.1 全球定位系统 (GPS)	253	13.4.2 精细农业的相关技术	283
12.2.2 其他定位导航系统	254	13.4.3 精细农业的应用实例	285
12.3 基于网络的定位技术	255	13.5 智能环保	286
12.3.1 基于移动通信网络的定位	255	13.5.1 智能环保系统的组成	286
12.3.2 基于无线局域网的定位	257	13.5.2 智能环保系统实例	288
12.3.3 其他基于短距离无线通信网络的定位	258	13.6 智能家居	288
12.4 基于位置的服务	260	13.6.1 智能家居的功能	288
12.4.1 LBS 系统的组成	260	13.6.2 智能家居的技术需求	289
12.4.2 LBS 的体系结构	261	13.6.3 智能家居物联网应用实例	292
12.4.3 LBS 的核心技术	261	13.6.4 智能家居平台	294
12.4.4 LBS 的漫游和异地定位	262	13.7 智慧医疗	295
12.4.5 LBS 的计算模式	263	13.7.1 医用传感器	295
12.4.6 位置服务与移动互联网	264	13.7.2 体域网和身体传感网	296
12.4.7 位置服务与增强现实技术 (AR)	264	13.7.3 智慧医疗应用实例	296
12.5 室内定位应用开发	267	13.8 智慧工厂	297
12.5.1 基于 Wi-Fi 位置指纹的室内		13.8.1 信息物理系统 (CPS)	297
		13.8.2 工业物联网	298

13.8.3 工业 4.0	299	14.4.2 射频识别标准 ISO/IEC 14443 和 ISO/IEC 15693	312
习题	300	14.4.3 智能传感器标准 IEEE 1451	312
第 14 章 物联网标准及发展	301	14.4.4 无线传感器网络标准 IEEE 802.15.4	313
14.1 物联网标准的体系框架	301	14.4.5 无线嵌入式互联网标准 IETF RFC 4944	314
14.2 物联网标准制定现状	302	14.4.6 移动网络标准 ITU-T G.1028	317
14.2.1 国际物联网标准制定现状	302	14.4.7 网络存储标准 IETF RFC 3720	317
14.2.2 我国物联网标准制定现状	302	14.4.8 传感网安全标准 GB/T 30269.601—2016	318
14.3 物联网的重要标准	303	14.4.9 应用管理标准 ISO/IEC 24791	319
14.3.1 感知层标准	303	14.4.10 智能电网标准 IEC 61850	320
14.3.2 传输层标准	306	14.5 物联网标准展望	321
14.3.3 处理层标准	307	习题	321
14.3.4 应用层标准	308	参考文献	323
14.3.5 公共类技术标准	309		
14.4 物联网部分标准简介	311		
14.4.1 物品编码标准 EPCglobal GEN 2	311		

第1章 物联网体系结构

物联网 (Internet of Things, IOT) 就是在物品与物品之间能够自动实现信息交换的通信网络。物联网利用自动识别、传感器等技术采集物品信息, 通过互联网把所有物品连接起来, 实现物品的智能化管理。

物联网是信息技术发展到一定阶段后出现的集成技术, 这种集成技术具有高度的聚合性和提升性, 所涉及的领域比较广泛, 被认为是继计算机、互联网和移动通信技术之后信息产业新的革命性发展。

1.1 物联网的发展背景

物联网起源于两种技术: 射频识别 (Radio Frequency Identification, RFID) 和无线传感器网络 (Wireless Sensor Network, WSN)。

1999 年, 美国麻省理工学院的自动识别 (Auto-ID) 中心 (2003 年改为实验室) 在研究 RFID 时提出了物联网的概念雏形, 最初是针对物流行业的自动监控和管理系统设计的, 其设想是给每个物品都添上电子标签, 通过自动扫描设备, 在互联网的基础上, 构造一个物-物通信的全球网络, 目的是实现物品信息的实时共享。同年, 中国科学院启动传感网项目, 开始了中国物联网的研究, 以便利用传感器组成的网络采集真实环境中的物体信息。2003 年, 美国《技术评论》把传感网络技术评为未来改变人们生活的十大技术之首。

2005 年, 国际电信联盟 (International Telecommunication Union, 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。报告指出, 世界上所有的物体从轮胎到牙刷、从房屋到纸巾都可以通过互联网主动进行信息交换。ITU 扩展了物联网的定义和范围, 不再只是基于 RFID 和 WSN, 而是利用嵌入到各种物品中的短距离移动收发器, 把人与人的通信延伸到人与物、物与物的通信。

2009 年, IBM 公司提出智慧地球的概念, 认为信息技术 (Information Technology, IT) 产业下一阶段的任务是把新一代 IT 技术充分运用到各行各业中, 具体来说, 就是把传感器嵌入到电网、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, 并进行连接, 形成新一代的智慧型基础设施——物联网。

2009 年, 中国政府提出“感知中国”的战略, 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”, 使物联网在中国受到了全社会极大的关注, 一些高等院校也开设了物联网工程专业。2011 年正式颁布的中国“十二五”规划指出, 在新兴战略性新兴产业中, 新一代信息技术产业的发展重点是物联网、云计算、三网融合和集成电路等。2016 年中国“十三五规划建议”提出, 实施“互联网+”行动计划, 大力发展物联网技术和应用。

目前, 物联网的发展如火如荼, 验证了 IBM 前首席执行官郭士纳 (Louis V. Gerstner) 提出的“十五年周期定律”, 即, 计算模式每隔 15 年发生一次变革。该定律认为 1965 年前

后发生的变革以大型机为标志，1980 年前后以个人计算机的普及为标志，而 1995 年前后则发生了互联网革命，2010 年前后物联网的兴起开始了一个新的周期。

2008 年，欧洲系统集成技术平台（the European Technology Platform on Smart Systems Integration, EPoSS，是一个行业驱动的政策计划）在其《2020 年的物联网》报告中，对物联网的发展做了分析预测，认为未来物联网的发展将经历 4 个阶段：2010 年之前 RFID 被广泛应用于物流、零售和制药领域，2010~2015 年物体互联，2015~2020 年物体进入半智能化，2020 年之后物体进入全智能化。

物联网的发展最终将取决于智能技术的发展。要使物体具有一定的智能，起码要在每个物体中植入一个识别芯片。物体的种类、数量及芯片的成本和处理能力等，都是限制物联网全球普及的因素，因此真正步入理想的物联网时代还需要一个漫长的过程。

1.2 物联网的概念

物联网，顾名思义，就是物-物相连的互联网。这说明物联网首先是一种通信网络，其次物联网的重点是物与物之间的互联。物联网并不是简单地把物品连接起来，而是通过物-物之间、人-物之间的信息互动，使社会活动的管理更加有效、人类的生活更加舒适。

在物联网时代，人们可以做到一部手机走天下，现金甚至银行都可能会从人们的生活中逐渐消失。手机既可以实现出行预订、身份验证和购物付款，也可以遥控家里的智能电器，接收安防设备自动发送的报警信息。物联网提供了一个全球性的自动反映真实世界信息的通信网络，让人们可以无意识地享受真实世界提供的一切服务。

物联网基于大家都熟悉的互联网，此时的互联网终端除了人之外，还有大量的物品。在物联网时代，除了常见的人与人之间的数据流动外，物与物之间也存在着数据流动，而且数据量更大，更为频繁，这些数据由物品通过对周围环境的感知自动产生，通过互联网传递给相应的应用程序进行处理。

1.2.1 物联网的定义

对于物联网这种具有明显集成特征的产物，涉及行业较多，其定义自然仁者见仁、智者见智。

我国对物联网的定义较为具体化：物联网是一种通过各种信息传感设备，按约定的协议，利用互联网把各种物品连接起来，进行信息自动交换和通信，以实现对物品的智能化识别、定位、跟踪、监控和管理的一种网络。该定义关注的是各种传感器与互联网的相互衔接。信息传感设备主要包括射频识别装置、红外感应器、激光扫描器、全球定位系统和摄像机等。

国际电信联盟电信分部（ITU-T）对物联网的定义较为抽象：物联网是一种信息社会的全球网络基础设施，它利用信息通信技术（Information Communications Technology, ICT）把物理对象和虚拟对象连接起来，提供更为先进的服务。该定义关注的是数据捕获、事件传递、网络连通性和互操作性的自动化程度，强调任意时间、任意地点和任意事物之间的通信。

总之，物联网是一种广泛存在于人们生活中的通信网络，这种网络利用互联网将世界上的物体都连接在一起，使世界万物都可以上网，这些物体能够被识别，能够被集成到通信网

络中。

物联网的定义和范围已经从技术层面上升到战略性产业，不再仅指基于传感网或 RFID 技术的物-物通信网络，每个行业都会从自己的角度去诠释物联网的概念，如图 1-1 所示。

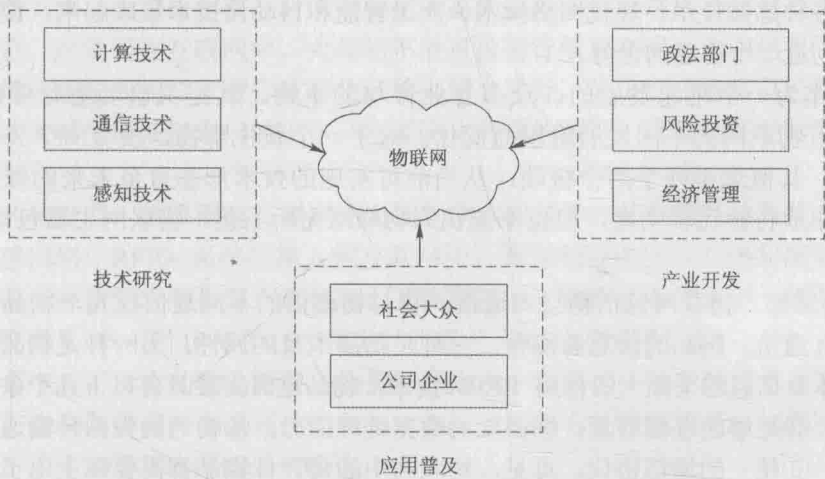


图 1-1 各领域对物联网的诠释

政法部门关注的是物联网的发展规划和安全管理，制定物联网产业的政策和法规，认为物联网是一种新兴的战略性信息技术产业。中国政府在 2011 年国家“十二五”规划中就明确提出，物联网将会在智能电网、智能交通、智能物流、金融与服务业、国防军事等十大领域重点部署。各国政府也推出了自己的基于物联网的国家信息化战略，如美国的“智慧地球”、日本的 u-Japan、韩国的 u-Korea 和欧盟的“欧盟物联网行动计划”等。

风险投资关注的是企业资质的获取、制造能力及物联网的运营能力。经济管理关注的是物联网的成本和经济效益，认为物联网是一种概念经济，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。据有关机构预测，物-物互联的业务是人-人通信业务的 30 倍。物联网普及后，用于动物、植物、机器、物品上的传感器、电子标签及其配套的接口装置的数量将大大超过手机的数量。2014 年，我国物联网产业规模超过 6000 亿元，其中机-机通信的终端数量超过 6000 万，RFID 产业规模超过 300 亿元，传感器市场规模接近 1000 亿元。

社会大众关注的是物联网对生活舒适度的提高，认为物联网是自互联网以来的又一次生活方式的改变。物联网可以让人们自觉或不自觉地从网络中获取物品或环境信息，直接与真实世界进行互动，这可从《ITU 互联网报告 2005：物联网》中罗莎的例子中一窥端倪，该例子描述了学生罗莎在物联网时代一天的生活情景，涉及众多物联网技术的应用。

公司企业关注的是物联网的建设和实施，认为物联网是人类社会与物理系统的整合。智能电网、智能交通、智慧物流、精细农业、智能环保和智能家居等都是物联网的具体应用。

计算技术关注的是物联网的数据智能处理和服务交付模式，认为物联网是下一代互联网，是语义万维网（www）的一种应用形式，是互联网从面向人到面向物的延伸。

通信技术关注的是无线信号的传输和通信网络的建设，认为物联网是一个具有自组织能力的、动态的全球网络基础设施，物品通过标准协议和智能接口无缝连接到信息网络上。

感知技术关注的是物品信息的获取和识别,认为物联网是基于感知技术建立起来的传感网,由包含传感器、RFID 等在内的一些嵌入式系统互连而成。

综上所述,物联网就是现代信息技术发展到一定阶段后出现的一种应用与技术的聚合性提升,它将各种感知技术、现代网络技术、人工智能和自动化技术集成起来,使人与物进行智慧对话,创造一个智慧的世界。

物联网作为一个迅速发展的、众多行业参与的事物,其定义会随着行业的不同而不同,也会随着物联网的不同发展阶段而变化。对于一个新生事物,没有一个公认的学术定义是正常的,其概念不外乎两个极端:从当前可实施的技术形态直至未来的理想形态。虽然物联网的集成特征比较明显,但也不能认为物联网无所不包。物联网主要包括以下 3 个本质特征。

1) 全面感知。物联网包括物与人通信、物与物通信的不同通信模式,物品信息能够自动采集和相互通信。物品的信息有两种,一种是物品本身的属性,另一种是物品周围环境的属性。物品本身信息的采集一般使用 RFID 技术,物品这时需要具备以下几个条件:①唯一的物品编号;②足够的存储容量;③必要的数据处理能力;④畅通的数据传输通路;⑤专门的应用程序;⑥统一的通信协议。可见,物联网中的每一件物品都需要贴上电子标签,物品实际上指的是产品。采集物品周围环境信息时一般使用无线传感器网络技术,通过传感器直接采集真实世界的信息。

2) 可靠传输。物联网广泛采用互联网协议、技术和服务,如网际协议(Internet Protocol, IP)、云计算等。物联网是建立在特有的基础设施之上的一系列新的独立系统,利用各种技术手段把各种物体接入到互联网,实现基于互联网的连接和交互。互联网为将来物联网的全球融合奠定了基础。

3) 智能处理。物联网为产品信息的交互和处理提供基础设施,但并不是把物品嵌入一些传感器、贴上 RFID 标签就组成了物联网,物联网应具有自动识别、自动处理、自我反馈与智能控制的特点。

1.2.2 物联网与各种网络之间的关系

与物联网联系比较紧密的网络概念有互联网、传感网和泛在网等。这几种网络之间的联系远远大于它们之间的区别。

1. 物联网与互联网的关系

互联网是把计算机连接起来为人们提供信息服务的全球通信网络。互联网的典型应用有网页浏览、电子邮件、微博和即时通信等,这些应用有一个共同的特点,就是所有的信息交流都是在人与人之间进行的。互联网构造了一个虚拟的信息世界,人们在这个虚拟世界中可以随时随地交流各种信息。

互联网的缺点是不能实时提供真实世界的信息。当人们走进超市时,自然而然地想知道要买的商品位于哪个货架,价格是多少,这就需要人和物、物和物之间能够进行信息交流,于是,物联网应运而生。手机支付、高速公路的不停车收费和智能家居等正在走入人们的生活,而这些只不过是物联网应用的初级阶段。

物联网与互联网最大的区别在于数据源的不同。互联网的数据是由人工方式获取的,这些内容丰富的数据为人们提供了一个虚拟的信息世界,实现了人与人之间的信息共享。物联