

 普通高等教育计算机规划教材

物联网概论

韩毅刚 王大鹏 李琪 等编著



提供电子教案

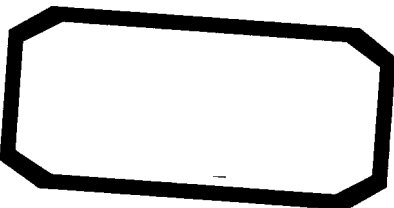
下载网址 <http://www.cmpedu.com>



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



普通高等教育计算机



物联网概论

韩毅刚 王大鹏 李琪 等编著



机械工业出版社

本书以物联网中的数据流动为主线描述了物联网的基本概念和体系结构,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、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。

本书可作为物联网工程、计算机、通信工程、电子信息相关专业的本科生和研究生物联网课程的入门教材,也可作为工程技术人员了解物联网整体概况和具体技术实现的参考用书。

本书提供配套授课电子课件,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: 241151483, 电话: 010-88379753)。

图书在版编目(CIP)数据

物联网概论/韩毅刚,王大鹏,李琪等编著. —北京:机械工业出版社, 2012.9

普通高等教育计算机规划教材

ISBN 978-7-111-39540-9

I. ①物… II. ①韩… ②王… ③李… 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. ①TP393.4 ②TP18

中国版本图书馆CIP数据核字(2012)第198290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 刘敬晗

责任印制:张楠

唐山丰电印务有限公司印刷

2012年10月第1版·第1次印刷

184mm×260mm·21印张·521千字

0001-3000册

标准书号:ISBN 978-7-111-39540-9

定价:45.00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

社服务中心:(010) 88361066

教材网:<http://www.cmpedu.com>

销售一部:(010) 68326294

机工官网:<http://www.cmpbook.com>

销售二部:(010) 88379649

机工官博:<http://weibo.com/cmp1952>

读者购书热线:(010) 88379203

封面无防伪标均为盗版

出版说明

信息技术是当今世界发展最快、渗透性最强、应用最广的关键技术，是推动经济增长和知识传播的重要引擎。在我国，随着国家信息化发展战略的贯彻实施，信息化建设已进入了全方位、多层次推进应用的新阶段。现在，掌握计算机技术已成为 21 世纪人才应具备的基础素质之一。

为了进一步推动计算机技术的发展，满足计算机学科教育的需求，机械工业出版社聘请了全国多所高等院校的一线教师，进行了充分的调研和讨论，针对计算机相关课程的特点，总结教学中的实践经验，组织出版了这套“普通高等教育计算机规划教材”。

本套教材具有以下特点：

- 1) 反映计算机技术领域的新发展和新应用。
- 2) 为了体现建设“立体化”精品教材的宗旨，本套教材为主干课程配备了电子教案、学习与上机指导、习题解答、多媒体光盘、课程设计和毕业设计指导等内容。
- 3) 针对多数学生的学习特点，采用通俗易懂的方法讲解知识，逻辑性强、层次分明、叙述准确而精炼、图文并茂，使学生可以快速掌握，学以致用。
- 4) 符合高等院校各专业人才的培养目标及课程体系的设置，注重培养学生的应用能力，强调知识、能力与素质的综合训练。
- 5) 注重教材的实用性、通用性，适合各类高等院校、高等职业学校及相关院校的教学，也可作为各类培训班和自学用书。

希望计算机教育界的专家和老师能提出宝贵的意见和建议。衷心感谢计算机教育工作者和广大读者的支持与帮助！

机械工业出版社

前言

顾名思义，物联网首先是一种通信网络，其次其属性是物-物通信。作为一种迅速发展的新概念，人们对物联网的理解自然是仁者见仁、智者见智，重要的是掌握物联网发展阶段中现实与理想的平衡度。

物联网目前并没有一个确定的概念，泛在网、泛在传感网、M2M、语义传感网、语义Web、信息物理融合系统CPS、下一代互联网等的目标都是信息世界与真实世界的融合、互动，各行业、各学科都在延伸自己的范围，试图把物联网的概念纳入自己的范畴。物联网概念的不确定性其实是一件好事，这可以把多种学科和行业引入物联网的研究和建设，而不是把多种技术拒之门外。更重要的是，在科学技术快速发展的今天，一旦某种概念已经有了明确的定义，常常并不意味着成熟，而是意味着淘汰，这种情况从信息技术的循环演进中就可以看到。

物联网的状况与当初互联网的建设可有一比，只不过互联网强调的是开放、公开、自由。限于物联网的行业特点，完全开放是不可能的。例如，一个仓库存放了多少东西？这些东西存放在哪个位置？价格多少？对于这些信息，厂家或商家肯定是不愿意对大众公开的。因此，物联网的建设首先是针对特定的应用组建局部网络，然后通过互联网把各地的局部网络连接起来，实现远程的信息交互，对局部网络中的设备进行管理和监控，并对物联网中的信息进行筛选和鉴别，以决定哪些信息可以对互联网的用户公开。物联网目前涵盖的领域比较大，仅仅把互联网作为承载网络，试图将来一统物-物、人-物、人-人通信领域。就物联网和互联网的网络“性格”来看，保守的物联网恐怕难以抵御开放、自由的互联网，未来物联网的概念仅局限在局部网络范围内的可能性是很大的。

与传统的行业监控管理联网系统相比，物联网最大的不同体现在智能化上，智能交通、智能电网、智能物流、智能环保等，不一而足，各种系统纷纷冠以智能。何谓智能？虽然有图灵测试一说，但从技术的发展历史来看，早期只要设备中存在处理器或系统中存在计算机，人们就认为设备或系统是智能的，现在，只有安装了操作系统的手机才称之为智能手机。显然，随着处理器在各种设备中的普遍应用和处理性能的提高，人们对设备“智商”水平的要求会越来越高，智能的定义也会相应演进。如果物联网的概念今后有什么重大改变的话，估计就出现在对智能这一概念的理解上。

物联网的智能体现在物联网中的嵌入式系统。嵌入式设备的小型化推进了物联网概念的出现和发展。当传感器节点也具备数据处理能力时，人们获取的物品信息就不再仅仅是固定的静态信息了，而是可以大规模地获取物品的实时动态信息，这就极大拓展了物-物通信的应用范围，逐步形成了各种物联网产业。另一方面，嵌入式系统的处理能力也在迅速提高，估计在不久的将来，手机就能达到目前计算机的处理能力。可以想象，目前在计算机上才可以进行的工作，那时在手机上就可以完成了。随着物联网的发展，一部手机走天下不再是梦想。处处有计算机，而又处处不见其踪影，这将是物联网的理想形态。

物联网已经形成一个产业链，各行业都在争相“分一杯羹”。在物联网建设的初级阶段

全面实现智能化和自动化是不现实的。物联网的建设离不开现有技术的支撑，其基础设施建设的重点是物联网局部网络的建设，目前把物联网的范围限制在基于互联网的区域性或行业性的物-物通信和人-物通信系统是比较切合实际的。

物联网体系结构可分为感知层、传输层、处理层和应用层，本书各章节也按这四层来组织。这种章节安排的好处是对物联网各层技术的划分比较清晰，数据从采集、传输、处理到应用的过程一目了然；缺点是前面的某些内容会用到后面才讲述的概念和技术，如位于感知层的定位方法可能会用到传输层的各种网络技术。

本书第1章介绍物联网的概念。第2~5章介绍编码、自动识别、WSN等感知层技术。第6~9章介绍传输层使用的各种网络技术。第10章介绍云计算、数据库等处理层技术。第11章介绍物联网的安全与管理。第12章介绍物联网在各行业的应用。第13章列出了物联网各层次的主要技术标准，是对物联网发展状况的总结。各章节的顺序是按照物联网的数据流动和层次安排的，但内容上尽量追求独立成章。阅读和讲授时，可以把涉及其他技术较多的章节安排在后面，如定位技术涉及各种网络知识，可以安排在传输层各章节之后讲授。

本书另外提供了每章习题的参考答案和PPT课件。习题答案多为提示或答案要点。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、王欢、李亚娜、张一帆、王大鹏、李琪、张洁、韩宏宇、刘剑、段鹏飞、冯文全、刘佳黛、翁明俊编写，全书由韩毅刚统稿。

物联网是一个较新的概念，涉及众多行业，其含义仍在演变之中，各种技术发展很快。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和疏忽之处，敬请读者不吝指正。

编 者

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	掌握 EAN、UCC 系统的物品编码体系 了解一维条码的种类和用途 弄清二维条码的编制方法和使用场合 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 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 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	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 了解现场总线构建的传感器网络结构	6
第 8 章 物联网的接入和承载	了解各种无线 IP 接入技术, 掌握 Wi-Fi 组网技术 了解各种互联网有线接入技术, 掌握以太网组网技术 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 9 章 互联网	理解互联网的 TCP/IP 协议体系结构 了解 TCP 和 UDP 协议, 理解端口的概念 掌握 IP 协议, 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	6

(续)

章 节	教学重点和要求	课时
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	6
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 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 掌握智能家电的实现原理 了解 WAN、MAN、LAN、PAN、BAN 在物联网中的应用	3
第 13 章 物联网标准及发展	了解制订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 根据物联网制订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) 本书章节顺序是按物联网的层次体系结构和数据流向安排的，在讲述时可适当调整章节顺序。例如，第 5 章“定位技术”适宜放在第 8、9 章之后再讲述，而第 9 章“互联网”也可放在第 8 章“物联网的接入和承载”之前讲述。

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 8 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 12 章“物联网应用”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的情况来叙述的，不同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

出版说明

前言

教学建议

第1章 物联网体系结构 1

1.1 物联网的发展背景..... 1

1.2 物联网的概念..... 2

1.2.1 物联网的定义 2

1.2.2 物联网与各种网络之间的关系 4

1.3 物联网的体系结构..... 7

1.3.1 感知层 8

1.3.2 传输层 9

1.3.3 处理层 11

1.3.4 应用层 12

1.4 物联网的关键技术 13

1.4.1 自动识别技术 13

1.4.2 传感技术 14

1.4.3 网络技术 15

1.4.4 数据处理技术 15

1.5 物联网的发展趋势和组网结构 ... 16

习题..... 17

第2章 物品信息编码 18

2.1 物品的分类与编码 18

2.1.1 物品的分类 18

2.1.2 物品编码及其载体 19

2.1.3 EAN、UCC 系统的物品编码 21

2.2 一维条码 24

2.2.1 一维条码的构成和分类 24

2.2.2 一维条码的种类..... 26

2.3 二维码 28

2.3.1 二维码的特点和分类 28

2.3.2 PDF417 码 29

2.3.3 QR 码 30

2.3.4 汉信码 32

2.3.5 其他二维码及复合码 33

2.3.6 一维条码和二维码的应用 34

2.4 产品电子代码 EPC 35

2.4.1 EPC 的产生与发展 36

2.4.2 EPC 编码体系 37

2.4.3 EPC 编码实例 38

2.4.4 EPC 系统 40

2.4.5 EPC 应用举例 44

2.5 其他电子编码 45

2.5.1 ISO 编码体系 45

2.5.2 日本泛在中心 (UID center) 体系 45

习题..... 46

第3章 自动识别技术 48

3.1 自动识别技术概述 48

3.1.1 自动识别技术的概念 48

3.1.2 自动识别技术的分类 49

3.1.3 自动识别系统的构成 49

3.2 条码识别 50

3.2.1 条码的编制和印刷 50

3.2.2 条码阅读器 50

3.2.3 条码数据处理 52

3.3 RFID 技术及其分类..... 52

3.4 RFID 系统的构成 54

3.4.1 电子标签 54

3.4.2 RFID 读写器 57

3.4.3 应用系统 59

3.4.4 RFID 系统中间件 59

3.5 RFID 系统的能量传输和防碰撞 机制 60

3.5.1 能量传输方式 60

3.5.2 RFID 系统的防碰撞机制 61

3.6 NFC 62

3.6.1 NFC 的技术特点..... 62

3.6.2 NFC 系统工作原理 62

3.7 其他自动识别技术	64	4.7.1 嵌入式系统的现状	94
3.7.1 卡识别	64	4.7.2 嵌入式系统的技术瓶颈	94
3.7.2 语音识别	66	4.7.3 嵌入式系统的发展趋势	95
3.7.3 光学字符识别	68	习题	95
3.7.4 生物识别	69	第5章 定位技术	96
3.8 自动识别技术比较	71	5.1 定位技术概述	96
习题	72	5.1.1 定位的性能指标	96
第4章 嵌入式系统	73	5.1.2 定位技术的分类	96
4.1 嵌入式系统的概念和发展	73	5.1.3 定位技术在物联网中的发展	97
4.1.1 嵌入式系统的定义	73	5.2 基于移动终端的定位	97
4.1.2 嵌入式系统的特点	73	5.2.1 全球定位系统 GPS	97
4.1.3 嵌入式系统的发展阶段	75	5.2.2 其他定位导航系统	99
4.1.4 物联网中的嵌入式系统	75	5.3 基于网络的定位技术	99
4.2 嵌入式系统的结构	77	5.3.1 基于移动通信网络的定位	99
4.2.1 硬件层	77	5.3.2 基于无线局域网的定位	101
4.2.2 硬件抽象层	82	5.3.3 其他基于短距离无线通信网络的 定位	103
4.2.3 系统软件层	82	5.4 混合定位	104
4.2.4 应用软件层	83	5.5 基于位置的服务	105
4.3 嵌入式处理器的分类	83	5.5.1 LBS 系统的组成	105
4.3.1 嵌入式微控制器	83	5.5.2 LBS 体系结构	106
4.3.2 嵌入式数字信号处理器	83	5.5.3 LBS 的核心技术	107
4.3.3 嵌入式微处理单元 MPU	84	5.5.4 LBS 的漫游和异地定位	108
4.3.4 片上系统 SoC	84	5.5.5 LBS 的计算模式	108
4.4 嵌入式操作系统	85	5.5.6 位置服务与移动互联网	109
4.4.1 $\mu\text{C}/\text{OS} - \text{II}$	85	5.5.7 位置服务与增强现实技术 (AR)	110
4.4.2 TRON	86	习题	111
4.4.3 嵌入式 Linux	86	第6章 传感器	112
4.4.4 iOS	86	6.1 传感器的基本概念	112
4.4.5 Android	87	6.1.1 传感器的定义	112
4.4.6 其他嵌入式操作系统	88	6.1.2 传感器的构成	112
4.5 嵌入式系统的开发	89	6.1.3 传感器的特性	113
4.5.1 单片机平台上的嵌入式应用 开发	89	6.2 传感器种类	114
4.5.2 智能终端上的嵌入式应用开发	91	6.2.1 阻抗型传感器	115
4.6 嵌入式系统的应用领域	92	6.2.2 电压型传感器	116
4.6.1 工业自动化	92	6.2.3 磁敏型传感器	118
4.6.2 商业应用	93	6.2.4 光纤传感器	119
4.6.3 网络设备	93	6.2.5 气体传感器	119
4.7 嵌入式系统的前景	94		

6.3 新型传感器	120	8.1.4 WiMAX	163
6.3.1 多功能传感器	120	8.1.5 MBWA	163
6.3.2 MEMS 传感器	121	8.1.6 GPRS	164
6.3.3 智能传感器	124	8.1.7 CDMA 1X	165
习题	127	8.2 有线接入技术	165
第7章 传感器网络	128	8.2.1 以太网接入	165
7.1 无线传感器网络概述	128	8.2.2 ADSL 接入	166
7.1.1 无线传感器网络的组成	128	8.2.3 光纤接入	166
7.1.2 无线传感器网络的体系结构	130	8.2.4 HFC 接入	167
7.1.3 无线传感器网络的特征	131	8.2.5 电力线接入	167
7.1.4 无线传感器网络的研究所面临的挑战及发展趋势	132	8.3 传感器网络的接入	168
7.2 无线传感器网络的通信协议	132	8.3.1 无线传感器网络的接入	168
7.2.1 MAC 协议	133	8.3.2 现场总线的接入	169
7.2.2 路由协议	137	8.4 移动通信网络	170
7.2.3 传输协议	141	8.4.1 第二代移动通信网络 GSM	170
7.3 无线传感器网络的组网技术	142	8.4.2 第三代移动通信网络 3G	173
7.3.1 ZigBee 网络的特点	142	8.4.3 第四代移动通信网络 4G	176
7.3.2 ZigBee 网络的设备和拓扑结构	143	8.5 核心通信网络	176
7.3.3 ZigBee 协议栈	144	8.5.1 核心传输网络	177
7.4 无线传感器网络的核心支撑技术	146	8.5.2 核心交换网络	177
7.4.1 拓扑控制	146	习题	179
7.4.2 时间同步	147	第9章 互联网	180
7.4.3 数据融合	149	9.1 互联网体系结构	180
7.5 无线传感器网络的应用开发	150	9.1.1 TCP/IP 模型	180
7.5.1 无线传感器网络的硬件开发	150	9.1.2 数据传输的封装关系	181
7.5.2 无线传感器网络的软件开发	151	9.2 IP 协议	182
7.5.3 无线传感器网络操作系统	152	9.2.1 IP 地址	182
7.6 基于现场总线的传感网	153	9.2.2 IPv4 协议	183
7.6.1 现场总线	154	9.2.3 IPv6 协议	184
7.6.2 现场总线的种类	154	9.2.4 IP 协议的辅助协议	186
习题	155	9.2.5 IPv4 向 IPv6 的过渡	189
第8章 物联网的接入和承载	156	9.3 互联网传输层协议	191
8.1 无线 IP 接入技术	157	9.3.1 进程到进程的数据传递	191
8.1.1 Wi-Fi	157	9.3.2 UDP 协议	192
8.1.2 蓝牙	160	9.3.3 TCP 协议	192
8.1.3 UWB 技术	161	9.4 互联网应用层协议	194
		9.4.1 域名系统	194
		9.4.2 HTTP 协议	195
		9.4.3 CoAP 协议	196

9.4.4 SIP 协议	197	10.7.4 普适计算的关键技术	228
9.4.5 SDP 协议	198	习题	229
9.5 移动互联网	198	第 11 章 物联网的安全与管理	230
9.5.1 移动互联网的组成	199	11.1 物联网的安全架构	230
9.5.2 移动互联网的体系结构	199	11.2 物联网的安全威胁与需求	231
9.5.3 移动互联网的服务质量	200	11.2.1 感知层的安全	231
9.5.4 移动 IP 技术	202	11.2.2 传输层的安全	232
9.5.5 WAP 协议	203	11.2.3 处理层的安全	233
习题	205	11.2.4 应用层的安全	233
第 10 章 物联网的数据处理	206	11.3 物联网安全的关键技术	234
10.1 数据中心	206	11.3.1 密钥管理技术	234
10.1.1 数据中心的组成	206	11.3.2 虚拟专用网技术	236
10.1.2 数据中心的分类与分级	207	11.3.3 认证技术	237
10.1.3 数据中心的建设	207	11.3.4 访问控制技术	238
10.2 数据库系统	209	11.3.5 入侵检测技术	238
10.2.1 数据库的类型	209	11.3.6 容错容错技术	239
10.2.2 数据库的操作	209	11.3.7 隐私保护技术	239
10.2.3 数据库与物联网	209	11.4 物联网的管理	240
10.3 数据挖掘	210	11.4.1 物联网的自组织网络管理	241
10.3.1 数据挖掘的过程	210	11.4.2 物联网的分布式网络管理 模型	242
10.3.2 数据挖掘的方法	211	11.4.3 物联网的网络管理方案	243
10.3.3 物联网中的数据挖掘	212	习题	245
10.4 搜索引擎	212	第 12 章 物联网应用	246
10.4.1 搜索引擎的分类	212	12.1 智能电网	246
10.4.2 搜索引擎的组成和工作原理	213	12.1.1 智能电网的特点	246
10.4.3 面向物联网的搜索引擎	214	12.1.2 智能电网的功能框架	247
10.5 海量数据存储	215	12.1.3 智能电网的组成	249
10.5.1 磁盘阵列	215	12.1.4 智能电网的关键技术	250
10.5.2 网络存储	216	12.1.5 智能电网发展状况	251
10.5.3 云存储	217	12.2 智能交通	252
10.6 云计算	218	12.2.1 智能交通系统概述	252
10.6.1 云计算的概念	218	12.2.2 智能交通的体系结构	252
10.6.2 云计算的体系结构	219	12.2.3 ETC	254
10.6.3 云计算系统实例	220	12.3 智能物流	255
10.6.4 云计算系统的开发	223	12.3.1 智能物流的概念	255
10.7 普适计算	225	12.3.2 智能物流的体系结构	256
10.7.1 普适计算技术的特征	226	12.3.3 智能物流的相关技术	257
10.7.2 普适计算的系统组成	227	12.3.4 智能物流中的配送系统	258
10.7.3 普适计算的体系结构	227		

12.4 精细农业	260	13.2.5 第三代合作伙伴计划 (3GPP)	281
12.4.1 精细农业概述	260	13.2.6 互联网工程任务组 (IETF) ...	281
12.4.2 精细农业相关技术	261	13.2.7 EPCglobal	282
12.4.3 精细农业的应用实例	263	13.3 我国物联网标准制定现状	282
12.5 智能环保	264	13.3.1 国家传感器网络标准工作组 (WGSN)	283
12.5.1 智能环保系统的架构和相关 技术	265	13.3.2 中国通信标准化协会 (CCSA)	283
12.5.2 智能环保系统的组成	265	13.3.3 闪联标准工作组 (IGRS)	283
12.5.3 智能环保系统实例	266	13.3.4 我国其他物联网标准组织	284
12.6 智能家居	267	13.4 物联网的重要标准	284
12.6.1 智能家居的功能	267	13.4.1 感知层标准	284
12.6.2 智能家居的技术需求	268	13.4.2 传输层标准	287
12.6.3 智能家居物联网应用实例	271	13.4.3 处理层标准	288
12.7 智慧医疗	273	13.4.4 应用层标准	288
12.7.1 医用传感器	274	13.4.5 公共类技术标准	289
12.7.2 体域网和身体传感网	274	13.5 物联网部分标准简介	290
习题	275	13.5.1 EPCglobal GEN 2	290
第13章 物联网标准及发展	276	13.5.2 ISO/IEC 14443 和 ISO/IEC 15693	291
13.1 物联网标准的体系框架	276	13.5.3 IEEE 1451 系列标准	292
13.2 国际物联网标准制定现状	277	13.5.4 IEEE 802.15.4	293
13.2.1 国际电信联盟电信标准化组织 (ITU-T)	278	13.5.5 IEC 61850 系列标准	294
13.2.2 欧洲电信标准化协会 (ETSI)	279	13.6 物联网标准展望	294
13.2.3 国际标准化组织/国际电工委员会 (ISO/IEC)	279	习题	295
13.2.4 美国电气与电子工程师学会 (IEEE)	280	附录 习题参考答案或提示	296
		参考文献	319

第 1 章 物联网体系结构

物联网（The Internet of Things, IOT）就是将所有物品通过自动识别、传感器等信息采集技术与互联网连接起来，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，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最新的革命性发展。

1.1 物联网的发展背景

互联网技术的发展和移动通信网络的普及已经改变了人们的生活。短信取代了电报，网络会议减少了出差旅行，微博就像提供了一个个人广播电台，让人们进入了自媒体时代。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、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。

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）在研究射频识别（Radio Frequency Identification, 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。1999 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，使其不再只是基于 RFID，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，得到美国政府批准，计划投资新一代的智慧型基础设施。IBM 认为信息技术（Information Technology, IT）产业下一阶段的任务是把新一代 IT 充分运用在各行各业中，具体说，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、油气管道等各种物体中，并进行连接，形成物联网。

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”。这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、集成电路等。

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。这样看来，新的周期将以 2010 年前后物联网的兴起为标志。

2008 年，欧洲智能系统集成技术平台（缩写为 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四个阶段：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。

由此可见，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，至少要在每个物体中植入一个识别芯片。物体的种类、数量以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，其次它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。出行预订、交通状况、身份验证、购物付款都可以在手机上实现。手机也可以作为万能遥控器，即使远在外地，也可以遥控家里的智能电器，而监视房屋安全的设备则会将报警信息自动送往手机。

物联网就是提供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，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，其定义自然仁者见仁、智者见智，就连《ITU 互联网报告 2005：物联网》也没有给出明确的定义。物联网早期的定义是：通过各种信息传感设备，按约定的协议，把各种物品与互联网连接起来，进行信息交换和通信，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。这时的物联网关注的是各种传感器与互联网的相互衔接。

目前物联网的定义和范围已经发生了很大变化，不再只是指基于传感网或 RFID 技术的物 - 物通信网络，而是已经从技术层面上升到战略性产业。每个行业都会从自己的角度诠释物联网的概念，如图 1-1 所示。

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 2011 年国家“十二五”规划就明确提

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。

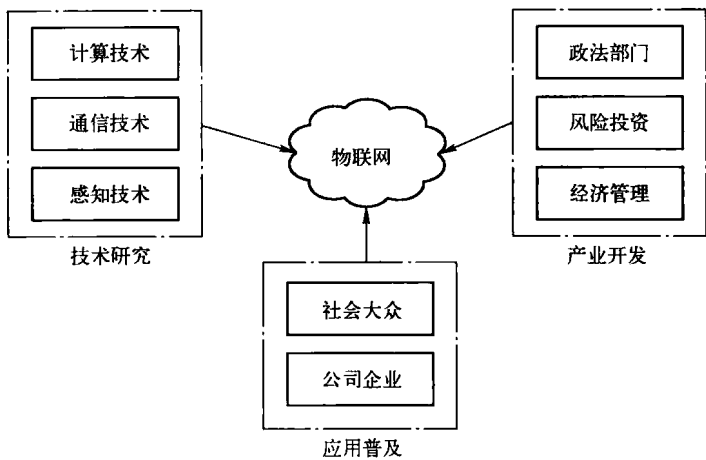


图 1-1 各领域对物联网的诠释

风险投资关注的是企业资质的获取、制造能力、物联网的运营能力，其中不少人认为物联网有炒作的嫌疑，例如股票市场对物联网概念股的炒作。一段时期，一些经营 RFID 业务、二维码识读产品、自动识别芯片、智能卡的上市公司的股价飙升。

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。

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。人们不仅可以从物联网中获取来自他人的信息，还可以获取来自物品的信息。《ITU 互联网报告 2005：物联网》中罗莎的例子很好地说明了这一点，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、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 Web（万维网）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，认为物联网就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组成。

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，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。物联网主要有如下3个本质特征。

1) 物品信息的自动采集和相互通信。物联网包括物与人通信、物与物通信的不同通信模式。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，物品这时需要具备如下几个条件：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) 基于互联网。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) 自动化和智能化。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、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。以网络购物为例，卖家出售商品时，需要把商品的照片、性能规格等信息放到网络服务器上供买家浏览。这说明在互联网中，人与物不能直接进行信息交流。人们想要了解某个东西，必须有人把这个东西的信息进行数字化后放到网上才行。如果能让物品自己把信息自动地传到网上，就能大幅度减轻人们的工作，这就是互联网向物联网的延伸。

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。物联网的数据是通过自动感知方式获取的，这些海量的数据是由物品根据本身或周围环境的情况产生的，为人们提供的是真实世界的信息。在这个现实世界的信息空间中，实现了人与人、人与物、物与物的信息共享。

从互联网的角度看，物联网是互联网由人到物的自然延伸，是互联网接入技术的一种扩展。只要把传感网络、RFID 系统等接入到互联网中，增加相应的应用程序和服务，物联网就成了互联网的一种新的应用类型。这种融合了物联网的互联网被看做是下一代互联网。下一代互联网不仅是从 IPv4 到 IPv6 的技术提升，也是从人到物的应用扩展。

从物联网角度看，所有的物品都要连接到互联网上，物品产生的一些信息也要送到互联网上进行处理。物联网需要一个全球性的网络，而这个网络非互联网莫属，物联网的实现是