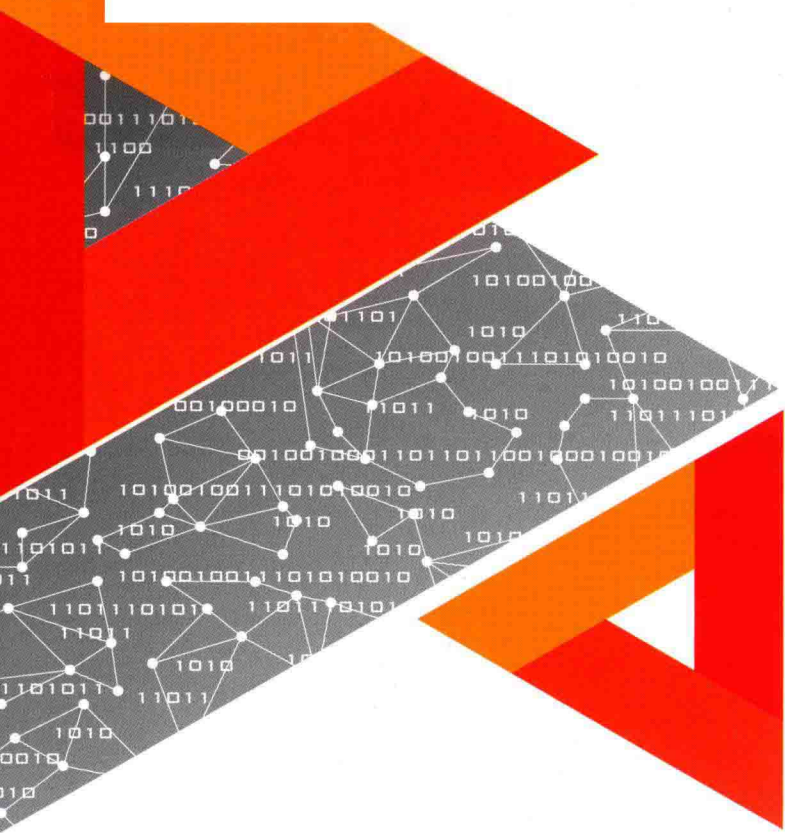


21世纪高等学校物联网专业规划教材



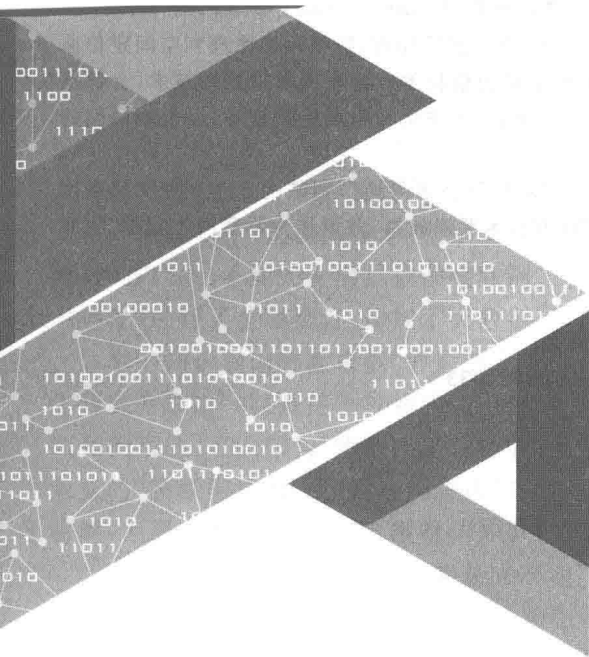
# 物联网技术导论

## (第2版)

◎ 桂小林 主编



清华大学出版社



# 物联网技术导论

## (第2版)

◎ 桂小林 主编  
桂小林 安健 何欣 等编著

清华大学出版社  
北京

## 内 容 简 介

本书从物联网技术和应用的视角,深入浅出地阐述了物联网的基本原理,介绍了物联网的体系结构、关键技术及其典型应用。全书主要内容包括物联网感知技术(含传感器原理、射频标识原理和空间定位原理)、物联网传输技术(含短距离无线技术、移动通信技术和卫星通信技术)、物联网数据处理技术(含数据存储技术、数据分析技术和数据检索技术)、物联网信息安全技术(含安全和隐私保护技术)以及物联网的典型应用等。

本书既可作为普通高等学校物联网工程及相关专业的“物联网技术导论”“物联网专业导论”“物联网工程导论”课程的教材,也可作为高职高专相关专业的物联网技术课程教材,并可作为物联网工程师、物联网用户及物联网爱好者的学习参考书或培训教材。

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

物联网技术导论/桂小林主编. —2版. —北京:清华大学出版社,2018

(21世纪高等学校物联网专业规划教材)

ISBN 978-7-302-51064-2

I. ①物… II. ①桂… 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(2018)第 192139 号

责任编辑:郑寅堃

封面设计:刘 键

责任校对:时翠兰

责任印制:董 瑾

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](mailto:c-service@tup.tsinghua.edu.cn)

质量反馈:010-62772015, [zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn](mailto:zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn)

课件下载: <http://www.tup.com.cn>, 010-62795954

印 装 者:北京嘉实印刷有限公司

经 销:全国新华书店

开 本:185mm×260mm 印 张:18.5 字 数:449千字

版 次:2012年6月第1版 2018年12月第2版 印 次:2018年12月第1次印刷

印 数:1~2000

定 价:59.00元

产品编号:075179-01

## 第2版前言

教育部自2010年设置物联网工程专业至今,全国有461所高校开设了物联网工程本科专业。最近5年,物联网技术(特别是大数据和人工智能技术)取得了突飞猛进的发展,原有教材的内容已不能完全满足目前物联网工程专业学生培养的需要,因此,我们对《物联网技术导论》进行了全面修订,增加了大数据、云计算和人工智能等新内容。

本书知识和内容是根据“教育部高等学校计算机类教学指导委员会物联网工程专业教学研究专家组”的《高等学校物联网工程专业发展战略研究报告暨专业规范(试行)》进行组织和撰写的,可以作为“物联网工程专业”的第一门专业教材使用,也可以作为非物联网工程专业的“物联网技术”或“物联网应用”等课程的教材使用。本书建议安排32~48学时进行讲解,但最少不应该少于16学时。

全书考虑到“物联网作为战略新兴产业”和“物联网工程专业作为新工科专业”的特点,在对专业内涵、专业知识领域和知识单元等方面进行研究和分析的基础上,科学合理地安排教材内容,目标是提升学生对物联网工程专业的“认知”能力和对物联网技术的“理解”能力。

全书共分9章,采用由底而上的分层架构进行组织。具体内容包括物联网的概念、物联网的体系结构、传感与检测技术、标识与定位技术、物联网通信技术、物联网数据处理、物联网信息安全和物联网的典型应用等。此外,考虑到物联网专业的特点,本书最后还专门以一章(第9章)对物联网工程专业的培养目标、知识体系和课程体系进行了综述,以期对相关高校构建物联网工程专业培养方案提供借鉴。

本书第2版由西安交通大学桂小林教授负责修订,包括全书内容的增、减和修改。具体编写分工为:第1章由桂小林、张文东编写,第2~4章由桂小林、安健、张文东、林秦颖编写,第5章由桂小林、何欣编写,第6章由桂小林、王刚、余思、黄汝维编写,第7章由桂小林、张学军、桂若伟编写,第8章由桂小林、庄威编写,第9章由桂小林编写。

本书内容丰富,章节安排合理,叙述清楚,难易适度,既可作为普通高等学校物联网工程及相关专业的“物联网技术导论”“物联网专业导论”“物联网工程导论”课程的教材,也可作为高职高专相关专业的物联网技术课程教材,并可作为物联网工程师、物联网用户及物联网爱好者的学习参考书或培训教材。

为了配合教学,本书为读者免费提供电子教案和习题解答。需要者可从清华大学出版社网站下载或从作者的课程网站获取。

限于编者水平有限,书中难免有不足之处,敬请批评指正。

编者

2018年5月于西安交通大学

# 教学安排建议

教学章节	教学内容	教学环节与建议学时	建议课时
第1章 绪论	物联网的概念 物联网的起源与发展 物联网的应用	课堂讲授 1 学时 观看网络视频和 CCTV 物联网产业视频 1 学时	课堂讲授 1 课外自学 1
第2章 物联网体系结构	物联网体系结构的概念 常见的物联网体系结构 物联网关键技术 其他物联网应用架构 物联网的反馈与控制	课堂讲授 2 学时 自学 1 学时	课堂讲授 2 课外自学 1
第3章 传感与检测技术	传感检测模型 传感器的特性与分类 传感器技术原理 常见传感器介绍 智能温度传感器 DS18B20	课堂讲授 4 学时 自学和观看传感器视频 2 学时 实践 1 学时	课堂讲授 4 课外自学 2 课外实践 1
第4章 标识与定位技术	条形码技术 RFID 技术 定位技术	课堂讲授 6 学时 自学及观看定位视频 1 学时 手机 GPS 实践 1 学时	课堂讲授 6 课外自学 1 课外实践 1
第5章 物联网通信技术	近距离无线通信技术 远距离无线通信技术 有线通信技术 Internet 技术	课堂讲授 4 学时 讨论交流 1 学时 以太网配置实践 1 学时	课堂讲授 4 课外自学 1 课外实践 1
第6章 物联网数据处理	物联网数据的大数据特征 物联网数据存储 物联网数据分析与挖掘 物联网数据检索	课堂讲授 6 学时 讨论交流 1 学时 Hadoop 实践 1 学时	课堂讲授 6 课外自学 1 课外实践 1
第7章 物联网信息安全	物联网的安全问题分析 物联网的安全体系 物联网的感知层安全 物联网的传输层安全 物联网的应用层安全 物联网的位置隐私	课堂讲授 6 学时 讨论交流 2 学时 数字签名实践 1 学时	课堂讲授 6 课外自学 2 课外实践 1
第8章 物联网的典型应用	基于物联网的环境监控 基于物联网的智能家居 基于物联网的智能交通管理 基于物联网的智能物流管理 基于物联网的工业流程管理	课堂讲授 3 学时 讨论交流 1 学时 智能家居应用实践 1 学时	课堂讲授 3 课外自学 1 课外实践 1
总课时		课内	32
		课外	16

# 目 录

第 1 章 绪论	1
1.1 物联网的概念	1
1.1.1 物联网的定义	1
1.1.2 “物”的涵义	2
1.1.3 物联网的特征	2
1.2 物联网的起源与发展	3
1.2.1 物联网的起源	4
1.2.2 物联网的发展	4
1.3 物联网的应用	9
1.4 本章小结	11
习题	12
第 2 章 物联网体系结构	13
2.1 物联网体系结构的概念	13
2.1.1 物联网体系结构的定义	13
2.1.2 物联网体系结构的设计原则	14
2.2 常见的物联网体系结构	15
2.2.1 三层物联网体系结构	15
2.2.2 四层物联网体系结构	16
2.3 物联网关键技术	23
2.3.1 感知与标识技术	24
2.3.2 网络融合技术	25
2.3.3 云计算技术	25
2.3.4 智能信息处理技术	26
2.3.5 隐私安全技术	27
2.4 其他物联网应用架构	27
2.4.1 无线传感器网络体系结构	27
2.4.2 EPC/UID 系统结构	29
2.4.3 物理信息融合系统结构	32
2.4.4 M2M 系统结构	33
2.5 物联网的反馈与控制	34
2.5.1 反馈控制的基本原理	35

2.5.2	反馈控制系统的组成 .....	37
2.5.3	物联网系统的反馈控制 .....	38
2.6	本章小结 .....	40
	习题 .....	40
<b>第3章</b>	<b>传感与检测技术 .....</b>	<b>41</b>
3.1	传感检测模型 .....	41
3.2	传感器的特性与分类 .....	42
3.2.1	传感器的特性 .....	42
3.2.2	传感器的分类 .....	44
3.2.3	传感器的发展趋势与应用 .....	48
3.3	传感器技术原理 .....	52
3.3.1	电阻应变式传感器 .....	52
3.3.2	电感式传感器 .....	56
3.3.3	电容式传感器 .....	59
3.3.4	压电式传感器 .....	62
3.3.5	磁电感应式传感器 .....	65
3.3.6	其他类型的传感器 .....	68
3.4	常见传感器介绍 .....	68
3.4.1	温度传感器 .....	68
3.4.2	湿敏传感器 .....	71
3.4.3	光电式传感器 .....	72
3.4.4	气敏传感器 .....	75
3.4.5	压力传感器 .....	76
3.4.6	加速度传感器 .....	76
3.4.7	智能传感器 .....	78
3.5	智能温度传感器 DS18B20 .....	79
3.5.1	DS18B20 概述 .....	80
3.5.2	DS18B20 的测温原理 .....	81
3.5.3	DS18B20 的内部结构 .....	82
3.5.4	DS18B20 的编程结构 .....	83
3.6	本章小结 .....	85
	习题 .....	85
<b>第4章</b>	<b>标识与定位技术 .....</b>	<b>87</b>
4.1	条形码技术 .....	87
4.1.1	一维条形码技术 .....	87
4.1.2	二维条形码技术 .....	93
4.1.3	条形码生成器 .....	96

4.2	RFID 技术 .....	99
4.2.1	RFID 的概念及分类 .....	100
4.2.2	RFID 的核心技术 .....	104
4.2.3	RFID 的防碰撞技术 .....	110
4.3	定位技术 .....	114
4.3.1	卫星定位技术 .....	115
4.3.2	蜂窝定位技术 .....	121
4.3.3	WiFi 定位技术 .....	123
4.4	本章小结 .....	126
	习题 .....	126
<b>第 5 章</b>	<b>物联网通信技术 .....</b>	<b>127</b>
5.1	近距离无线通信技术 .....	127
5.1.1	WiFi 技术 .....	127
5.1.2	蓝牙技术 .....	130
5.1.3	ZigBee 技术 .....	134
5.1.4	6LoWPAN 技术 .....	137
5.2	远距离无线通信技术 .....	137
5.2.1	卫星通信技术 .....	138
5.2.2	移动通信技术 .....	143
5.2.3	微波通信技术 .....	150
5.3	有线通信技术 .....	152
5.3.1	双绞线 .....	153
5.3.2	光纤 .....	154
5.3.3	以太网 .....	157
5.4	Internet 技术 .....	161
5.4.1	Internet 通信协议 .....	161
5.4.2	Internet 接入技术 .....	170
5.4.3	Internet 路由算法 .....	173
5.5	本章小结 .....	175
	习题 .....	175
<b>第 6 章</b>	<b>物联网数据处理 .....</b>	<b>176</b>
6.1	物联网数据的大数据特征 .....	176
6.2	物联网数据存储 .....	177
6.2.1	数据库存储 .....	177
6.2.2	基于云架构的数据存储 .....	183
6.3	物联网数据分析与挖掘 .....	189
6.3.1	物联网数据的预处理 .....	189



6.3.2	物联网的知识发现	190
6.3.3	物联网的数据挖掘	191
6.3.4	物联网数据并行处理	197
6.4	物联网数据检索	202
6.4.1	文本检索	202
6.4.2	图像检索	203
6.4.3	音频检索	206
6.4.4	视频检索	208
6.5	本章小结	209
	习题	209
<b>第7章</b>	<b>物联网信息安全</b>	<b>211</b>
7.1	物联网的安全问题分析	211
7.2	物联网的安全体系	213
7.3	物联网的感知层安全	217
7.3.1	RFID的安全威胁	217
7.3.2	RFID的安全机制	220
7.3.3	物联网摄像头的安全机制	225
7.3.4	二维码的安全机制	226
7.3.5	感知层的可信接入机制	227
7.4	物联网的传输层安全	230
7.4.1	物联网传输层的安全挑战	231
7.4.2	传输层的数据加密机制	232
7.4.3	传输层的安全传输协议	238
7.5	物联网的应用层安全	240
7.5.1	访问控制	240
7.5.2	数字签名	243
7.5.3	外包数据的隐私保护	244
7.6	物联网的位置隐私	247
7.7	本章小结	248
	习题	249
<b>第8章</b>	<b>物联网的典型应用</b>	<b>250</b>
8.1	基于物联网的环境监控	250
8.1.1	基于物联网的环境监控系统架构	250
8.1.2	基于物联网的环境监控关键技术	252
8.1.3	物联网技术在环境监控中的应用	253
8.2	基于物联网的智能家居	257
8.2.1	基于物联网的智能家居组织架构	257

8.2.2	基于物联网的智能家居关键技术	258
8.2.3	物联网技术在智能家居中的应用	259
8.3	基于物联网的智能交通管理	261
8.3.1	基于RFID的不停车收费系统	262
8.3.2	基于物联网的智能交通关键技术	262
8.3.3	物联网在智能交通中的应用	264
8.4	基于物联网的智能物流管理	266
8.4.1	基于物联网的智能物流管理系统架构	267
8.4.2	基于物联网的智能物流管理关键技术	268
8.4.3	物联网在智能物流管理中的应用案例	268
8.5	基于物联网的工业流程管理	269
8.5.1	物联网在工业流程管理中的架构	270
8.5.2	物联网在工业流程管理中的关键技术	271
8.5.3	物联网在工业流程管理中的应用案例	271
8.6	本章小结	273
	习题	273
<b>第9章</b>	<b>物联网工程专业的知识体系</b>	<b>274</b>
9.1	物联网工程专业的设置	274
9.2	物联网工程专业的特征	275
9.3	物联网工程专业的培养目标	275
9.4	物联网工程专业的毕业要求	275
9.5	物联网工程专业的知识体系	276
9.5.1	物联网工程专业的专业基础知识	276
9.5.2	物联网工程专业的专业核心知识	277
9.5.3	物联网工程专业的领域应用知识	279
9.6	课程设置	279
	参考文献	282

“最深邃的技术是那些‘消失’的技术,这些技术融入日常生活当中,令人难以分辨”。这是 20 世纪 90 年代初,信息产业还处于个人计算机时代时,计算机科学家马克·魏泽尔对计算机和网络技术未来发展的展望。经过近二十年的发展,当年的展望正逐渐变成现实。近年来,伴随着网络技术、通信技术、智能嵌入技术的迅速发展,“物联网”一词频繁出现在世人眼前。作为下一代网络的重要组成部分,物联网受到了学术界、工业界的广泛关注,引起了美、日、韩及欧洲等发达国家的重视,从美国 IBM 公司的“智慧地球”到我国的“感知中国”,各国纷纷制定了物联网发展规划并付诸实施。业界专家普遍认为,物联网技术将会带来一场新的技术革命,它是继个人计算机、互联网及移动通信网络之后全球信息产业的第三次浪潮。

## 1.1 物联网的概念

从计算机时代到互联网时代,信息技术的发展给我们的生活和工作带来了巨大的变化。如今,以互联网为依托的物联网,伴随着全球一体化、工业自动化和信息化进程的不断深入,已经融入我们的工作和日常生活中,成为办公和娱乐不可或缺的一部分。

### 1.1.1 物联网的定义

顾名思义,物联网(Internet of Things, IoT)就是一个将所有物体连接起来所组成的物—物相连的互联网络。由于目前对于物联网的研究尚处于起步阶段,物联网的确切定义尚未统一。一个普遍被大家接受的定义为:物联网是通过使用射频识别(Radio Frequency Identification, RFID)、传感器、红外感应器、全球定位系统、激光扫描器等信息采集设备,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。

从定义可以看出,物联网是对互联网的延伸和扩展,其用户端可延伸到世界上任何的物品。国际电信联盟(ITU)在《ITU 互联网报告 2005: 物联网》中指出,在物联网中,一个牙刷、一条轮胎、一座房屋,甚至是一张纸巾都可以作为网络的终端,即世界上的任何物品都能连入网络;物与物之间的信息交互不再需要人工干预,物与物之间可实现无缝、自主、智能的交互。换句话说,物联网以互联网为基础,主要解决人与人、人与物和物与物之间的互联和通信。

### 1.1.2 “物”的涵义

在物联网中,“物”的涵义除了包括各种家用电器、电子设备、车辆等电子装置以及高科技产品外,还包括食物、服装、零部件和文化用品等非电子类物品,甚至包括一瓶饮料、一条轮胎、一个牙刷和一片树叶等。我们正从今天的“物联网”(IoT)走入“万物互联”(Internet of Everything, IoE)的时代,所有的东西将会获得语境感知、增强的处理能力和更好的感应能力。如果再将人和信息加入到物联网中,将会得到一个集合十亿甚至万亿连接的网络。

万物互联将人、机、物有机融合在一起,给企业、个人和国家带来新的机遇和挑战,并带来更加丰富的个体生活体验和前所未有的经济发展机遇。随着越来越多的人、机、物与数据及互联网连接起来,互联网的功能呈爆发式增长,并由此深入到社会生活的各个方面,改变着人们的社会生活方式。

但是,从信息论的角度理解,物联网中的“物”必须是通过 RFID、无线网络、广域网或者其他通信方式互联的可读、可识别、可定位、可寻址、可控制的物品(或物体),其中,可识别是最基本的要求。不能识别的物品(或物体)不能视作物联网或万物互联的要素。

为了实现“物”的自动识别,需要对物品进行编码,该编码必须具有唯一性。同时,为了便于数据的读取和传输,需要有可靠的数据传输的通路以及遵循统一的通信协议。另外,在一些智能嵌入系统中,还要求“物”具有一定的存储功能和计算能力,这就需要“物”包含中央处理器(Central Processing Unit, CPU)和必要的系统软件(操作系统)。

### 1.1.3 物联网的特征

经过近十年的快速发展,物联网展现出了与互联网不同的特征。与传统的互联网相比,物联网具有全面感知、可靠传递、智能处理和深度应用四个主要特征,如图 1-1 所示。

#### 1. 全面感知

由于微电子技术的快速发展,嵌入式设备更加微型化,使得为每个物品、动物或人安装电子感知装置成为可能,物联网将进入全面感知时代。为了使物品具有感知能力,需要在物品上安装不同类型的身份识别装置,例如电子标签(tag)、条形码与二维码等,或者通过传感器、红外感应器等感知其物理属性和个性化特征。利用这些装置或设备,可随时随地获取物品信息,实现物体的全面感知。

#### 2. 可靠传递

由于大量感知节点的存在,每天将产生数以亿计的数据,这些数据需要借助各种通信网络进行传输。数据传输的稳定性和可靠性是保证物—物相连的关键。为了实现物与物之间的信息交互,就必须遵守统一的通信协议。由于物联网是一个异构网络,不同的实体间协议规范可能存在差异,需要通过相应的软、硬件进行转换,保证物品之间的信息能实时、准确地传递。

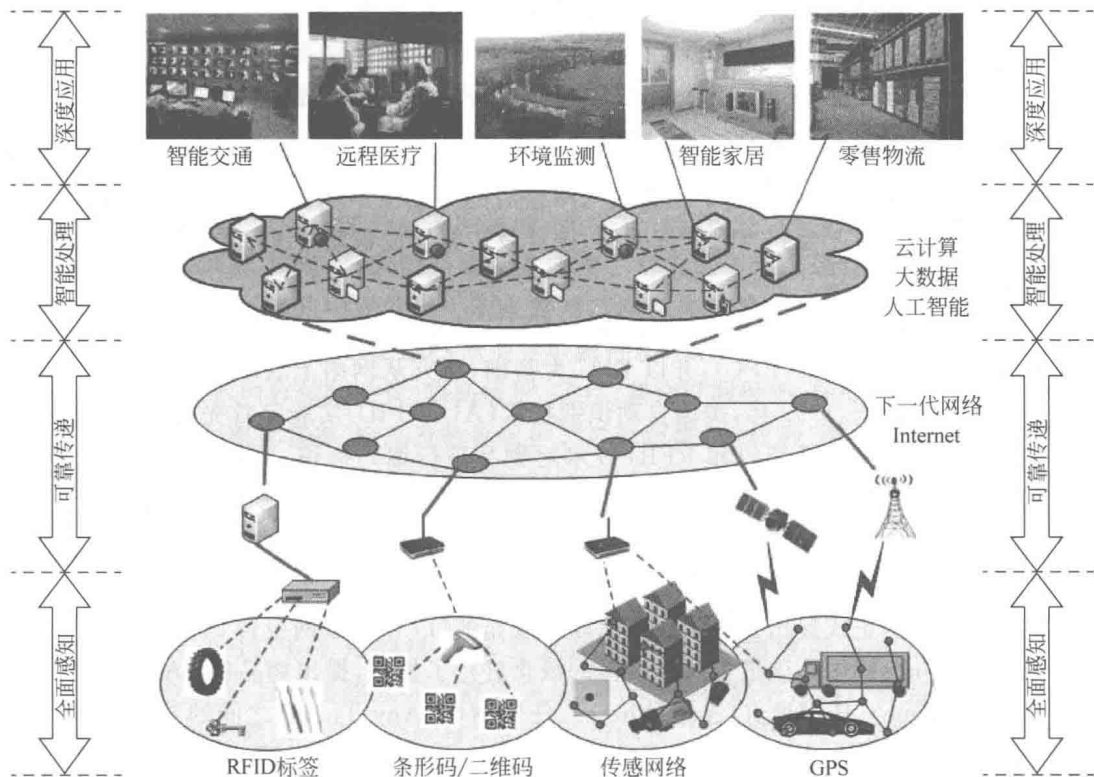


图 1-1 物联网的特征示意图

### 3. 智能处理

物联网为什么需要感知和传输数据？其目的是要实现对各种物品(包括人)进行智能化识别、定位、跟踪、监控和管理等功能。因此,就需要智能信息处理平台的支撑。智能信息处理平台通过云计算、大数据和人工智能等智能处理技术,对海量数据进行存储、分析和处理,再针对不同的应用需求,对物品实施智能化的控制。

### 4. 深度应用

应用需求促进了物联网的发展。早期的物联网只是在零售、物流、交通和工业等应用领域使用。近年来,物联网已经渗透到智能农业、远程医疗、环境监测、智能家居、自动驾驶等与老百姓生活密切相关的应用领域之中。物联网的应用正向广度和深度两个维度发展。特别是大数据和人工智能技术的发展,使得物联网的应用向纵深方向发展,产生了大量的基于大数据深度分析的物联网应用系统。

## 1.2 物联网的起源与发展

自从 2009 年美国、欧盟、中国等纷纷提出物联网发展政策至今,物联网经历了高速发展阶段。传统企业和 IT 巨头纷纷布局物联网,使物联网在制造业、零售业、服务业、公共事业

等多个领域加速渗透,物联网正处于大规模爆发式增长的前夜。

### 1.2.1 物联网的起源

物联网概念的起源可以追溯到1995年,比尔·盖茨在《未来之路》一书中对信息技术未来的发展进行了预测,其中描述了物品接入网络后的一些应用场景。这可以说是物联网概念最早的雏形。但由于受到当时无线网络、硬件及传感器设备发展水平的限制,其并未引起人们的足够重视。

1998年,麻省理工学院(MIT)提出基于RFID技术的唯一编码方案,即产品电子编码(Electronic Product Code,EPC),并以EPC为基础,研究从网络上获取物品信息的自动识别技术。在此基础上,1999年,美国自动识别技术(AUTO-ID)实验室首先提出“物联网”的概念。研究人员利用物品编码和RFID技术对物品进行编码标识,再通过互联网把RFID装置和激光扫描器等各种信息传感设备连接起来,实现物品的智能化识别和管理。当时对物联网的定义还很简单,主要是指把物品编码、RFID与互联网技术结合起来,通过互联网络实现物品的自动识别和信息共享。

物联网概念的正式提出是在国际电信联盟发布的《ITU互联网报告2005:物联网(The Internet of Things)》中。该报告对物联网的概念进行了扩展,提出物品的3A化互联,即任何时刻(Any Time)、任何地点(Any Where)、任何物体(Any Thing)之间的互联,这极大地丰富了物联网概念所包含的内容,涉及的技术领域也从RFID技术扩展到传感器技术、纳米技术、智能嵌入技术等。

物联网的概念是在国际一体化、工业自动化与信息化不断发展和相互融合的背景下产生的。业内专家普遍认为,物联网一方面可以提高经济效益,大大节约成本,另一方面可以为全球的经济提供技术动力。

由此可见,以计算为核心的第一次信息产业浪潮推动了信息技术进入智能化时代,以网络为核心的第二次信息产业浪潮推动了信息技术进入网络化时代,在以感知为核心的第三次信息产业浪潮中,物联网将推动信息技术进入社会化时代。

### 1.2.2 物联网的发展

近年来,随着芯片、传感器等硬件价格的不断下降,通信网络、云计算和智能处理技术的革新和进步,物联网迎来了快速发展期。美、日、韩及欧洲等发达国家和地区都在加快对物联网研究的步伐,以争取在该领域的国际领先地位。我国也积极参与其中,并在标准制定和相关技术研究方面取得了阶段性成果。

#### 1. 国际发展现状

美国作为物联网技术的主导国之一,最早展开了物联网及相关技术与应用的研究。2007年,美国率先在马萨诸塞州剑桥城打造全球第一个全城无线传感网。2009年1月IBM首席执行官彭明盛提出“智慧地球”的概念,其核心是指以一种更智慧的方法——利用新一代信息通信技术改变政府、公司和人们相互交互的方式,以便提高交互的明确性、效率、灵活性和响应速度。具体地说,就是将新一代信息技术运用到各行各业,即把传感器嵌入和

装备到全球范围内的计算机、铁路、桥梁、隧道、公路等附着的监控计算机中,并相互连接,形成“物联网”,然后再通过超级计算机和云计算平台的相互融合,实现实时、可靠、智能地管理生产和生活,最终实现“智慧地球”。“智慧地球”的提出,立刻引起了全球对物联网的广泛关注,时任美国总统奥巴马也积极做出回应,将“智慧地球”提升为美国的国家发展战略,期望能利用它来刺激经济,把美国的经济带出低谷。

欧盟委员会为了主导未来物联网的发展,近年来一直致力于鼓励和促进欧盟内部物联网产业的发展。早在2006年,欧盟委员会就成立了专门的工作组进行RFID技术研究,并于2008年发布《2020年的物联网——未来路线》,对未来物联网的研究与发展提出展望。2009年6月,欧盟委员会正式提出了《欧盟物联网行动计划》(Internet of Things—An Action Plan for Europe),内容包括监管、隐私保护、芯片、基础设施保护、标准修改、技术研发等在内的14项框架,主要有管理、隐私及数据保护、“芯片沉默”的权利、潜在危险、关键资源、标准化、研究、公私合作、创新、管理机制、国际对话、环境问题、统计数据 and 进展监督等一系列工作。该计划的目的是希望欧盟通过构建新型物联网管理框架来引领世界“物联网”的发展,同时为了尽快普及物联网,使物联网为尽快摆脱经济危机发挥作用。

工业领域正在全球范围内发挥越来越重要的作用,是推动科技创新、经济增长和社会稳定的重要力量。2011年4月的汉诺威工业博览会上,德国政府正式提出了工业4.0(Industry 4.0)战略,目标是建立一个高度灵活的个性化和数字化的产品的服务的生产模式,旨在支持工业领域新一代革命性技术的研发与创新,以提高德国工业的竞争力,在新一轮工业革命中占领先机。工业4.0的核心就是物联网,又称为第4次工业革命,其目标就是实现虚拟生产和与现实生产环境的有效融合,提高企业生产率。作为世界工业发展的风向标,德国工业界的举动深深影响着全球工业市场的变革。从18世纪中叶以来,人类历史上先后发生了三次工业革命,发源于西方国家及衍生国家,并由他们所创新与主导。图1-2给出了四次工业革命的发展示意图。

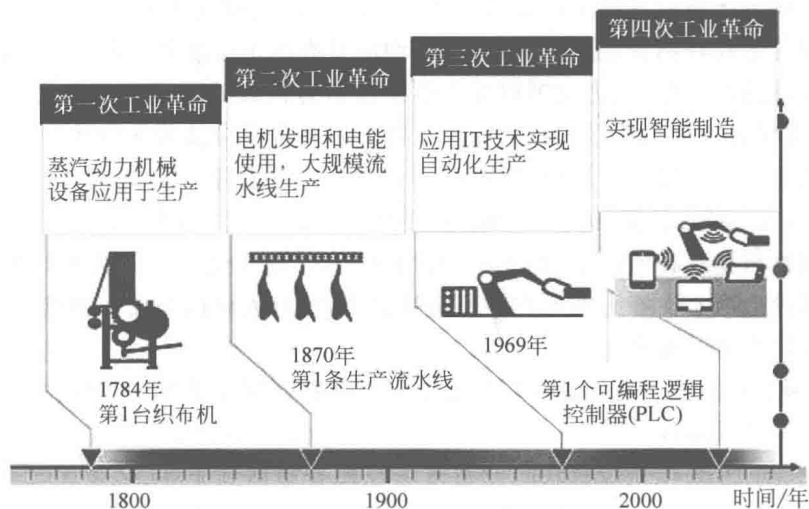


图 1-2 四次工业革命发展示意图

第一次工业革命:1760—1840年的“蒸汽时代”,标志着农耕文明向工业文明的过渡,是人类发展史上的一个伟大奇迹。

第二次工业革命:1840—1950年进入的“电气时代”,使得电力、钢铁、铁路、化工、汽车等重工业兴起,石油成为新能源,促使交通迅速发展,世界各国的交流更为频繁,并逐渐形成一个全球化的国际政治、经济体系。

第三次工业革命:第二次世界大战之后开创了“信息时代”,全球信息和资源交流变得更为迅速,大多数国家和地区都被卷入到全球化进程之中,世界政治经济格局进一步确立,人类文明的发达程度也达到空前的高度。第三次信息革命方兴未艾,还在全球扩散和传播。

前三次工业革命使得人类社会发展进入了空前繁荣的时代,与此同时,也造成了巨大的能源、资源消耗,付出了巨大的环境和生态成本代价,急剧扩大了人与自然的矛盾。进入21世纪,人类面临空前的全球能源与资源危机、全球生态与环境危机、全球气候变化危机的多重挑战,由此引发了第四次工业革命。第四次工业革命的目标是实现智能制造,引导绿色工业的到来。它以自然要素投入为特征,实现以绿色要素投入为特征的跃迁,并普及至整个社会。21世纪发动和创新的第四次工业革命,中国第一次与美国、欧盟、日本等发达国家和地区站在同一起跑线上,在加速信息工业革命的同时,正式发动和创新“中国制造2025”计划,支撑第四次工业革命的实现。

“中国制造2025”计划是一场全新的以物联网、大数据和人工智能为特征的绿色工业革命,它的实质和特征,就是大幅度地提高资源生产率,经济增长与不可再生资源要素全面脱钩,与二氧化碳等温室气体排放脱钩,目标是实现中国制造的全面转型和升级。

日本也是最早展开物联网研究的国家之一。自20世纪90年代中期以来,日本相继推出了e-Japan、u-Japan和i-Japan等一系列国家信息技术发展战略,在以信息基础设施建设为主的前提下,不断发展和深化与信息技术相关的应用研究。2004年,日本政府提出u-Japan计划,着力发展泛在网及相关应用产业,并希望由此催生新一代信息科技革命。2009年8月,日本又提出了下一代的信息化战略——i-Japan计划,提出“智慧泛在”构想,其要点是大力发展电子政府和电子地方自治体,推动医疗、健康和教育的电子化。同时,计划构建一个个性化的物联网智能服务体系,充分调动日本电子信息企业积极性,开拓支持日本中长期经济发展的新产业,大力发展以绿色信息技术为代表的环境技术和智能交通系统等重大项目,以确保日本信息技术领域的国家竞争力始终位于全球领先的地位。

韩国的信息技术发展一直居世界前列,是全球宽带普及率最高的国家。为了紧跟物联网研究的步伐,2004年,韩国推出了u-Korea战略,并制订了详尽的IT839计划。该计划认为无所不在网络将是由智能网络、最先进的计算技术以及其他领先的数字技术基础设施组合而成的技术社会形态。在无所不在的网络社会中,所有人可以在任何地点、任何时刻享受现代信息技术所带来的便利。

此外,法国、澳大利亚、新加坡等国也在加紧部署物联网经济发展战略,加快推进下一代网络基础设施的建设步伐。

根据预测,到2018年全球物联网设备市场规模有望达到1036亿美元,2019年新增的物联网设备接入量将从2015年的16.91亿台增长到30.54亿台。同时,越来越多的物品和设备正在接入物联网,到2020年,全球所使用的物联网设备数量将增长至208亿台。预计到2018年物联网设备数量将超过PC、平板电脑与智能手机存量的总和。其中,消费型可穿戴设备仍将独领风骚,用于运动健身、休闲娱乐、智能开关、医疗健康、远程控制、身份认证的



眼镜、跑鞋、手表、手环、戒指等不同形态的可穿戴设备正在渗透人们生活,为人们带来更多的便利。

## 2. 国内发展现状

我国对物联网的研究起步较早。1999年,中科院就启动了传感网的研究,在无线智能传感器网络通信技术、微型传感器、传感器终端机、移动基站等方面取得了重大进展,并且形成了从材料、技术、器件、系统到网络的完整产业链。到目前为止,我国的传感器标准体系的研究已形成初步框架,向国际标准化组织提交的多项标准提案也均被采纳,传感网标准化工作已经取得了积极进展。

与此同时,我国正逐步建立以RFID应用为基础的全国物联网应用平台。从2004年起,国家金卡工程每年都推出新的RFID应用试点,涉及电子票证与身份识别、动物与食品追踪、药品安全监管、煤矿安全管理、电子通关与路桥收费、智能交通与车辆管理、供应链管理与现代物流、危险品与军用物资管理、贵重物品防伪、票务及城市重大活动管理、图书及重要文档管理、数字化景区与旅游等众多领域。

2009年8月7日,时任国家总理温家宝在无锡微纳传感网工程技术研发中心视察并发表重要讲话,提出了“感知中国”的理念,标志着我国物联网产业的研究和发展已上升到国家战略层面,物联网的研究在国内迅速升温。

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,会议提出了传感网发展的一些相关政策,成立了传感器网络标准工作组。2009年11月12日,中国移动与无锡市人民政府签署“共同推进TD-SCDMA与物联网融合”战略合作协议,中国移动将在无锡成立中国移动物联网研究院,重点开展TD-SCDMA与物联网融合的技术研究与应用开发。

2010年年初,我国正式成立了传感(物联)网技术产业联盟。同时,工业和信息化部也宣布将牵头成立一个全国推进物联网的部际领导协调小组,以加快物联网产业化进程。《2010年政府工作报告》明确提出:“要大力培育战略性新兴产业。要大力发展新能源、新材料、节能环保、生物医药、信息网络和高端制造产业。积极推进新能源汽车、‘三网’融合取得实质性进展,加快物联网的研发应用。加大对战略性新兴产业的投入和政策支持。”

2011年3月,《物联网“十二五”发展规划》正式出台,明确指出物联网发展的九大领域,目标到2015年,我国要初步完成物联网产业体系构建。在2013年,国家发展改革委、工业和信息化部、科技部、教育部、国家标准委等多部委联合印发《物联网发展专项行动计划(2013—2015)》包含了10个专项行动计划,随后各地组织开展2014—2016年国家物联网重大应用示范工程区域试点。2014年6月,工业和信息化部印发《工业和信息化部2014年物联网工作要点》,为物联网发展提供了有序指引。

2015年3月5日,李克强总理在全国两会上作《政府工作报告》时首次提出“中国制造2025”的宏大计划,加快推进制造产业升级。“中国制造2025”的基本思路是,借助两个IT的结合(Industry Technology & Information Technology,工业技术和信息技术),改变中国制造业现状,令中国到2025年跻身现代工业强国之列,成为第4次工业革命的引领者。如今,从“中国制造2025”再到“互联网+”,都离不开物联网的技术支撑。物联网已被国务院