

HZ BOOKS  
华章教育



“十二五”普通高等教育本科国家级规划教材  
“十二五”国家重点图书出版规划  
物联网工程专业规划教材



# 物联网工程导论

第2版

吴功宜 吴英 编著  
南开大学

INTRODUCTION  
TO INTERNET OF THINGS



机械工业出版社  
China Machine Press



“十二五”普通高等教育本科国家级规划教材  
“十二五”国家重点图书出版规划  
物联网工程专业规划教材

# 物联网工程导论

第2版

吴功宜 吴英 编著  
南开大学

INTRODUCTION  
TO INTERNET OF THINGS



机械工业出版社  
China Machine Press

## 图书在版编目 (CIP) 数据

物联网工程导论 / 吴功宜, 吴英编著. —2 版. —北京: 机械工业出版社, 2017.10  
(物联网工程专业规划教材)

ISBN 978-7-111-58294-6

I. 物… II. ①吴… ②吴… III. ①互连网络-应用-教材 ②智能技术-应用-教材  
IV. ①TP393.4 ②TP18

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2017) 第 260359 号

本书在介绍物联网发展背景及技术特征的基础上, 对物联网感知层、网络层、应用层的各项关键技术进行了全面讨论, 并介绍了物联网网络安全及物联网应用系统构建方面的知识。

本书层次清晰、结构完整、语言流畅、图文并茂, 为读者展现了物联网技术的全景, 有助于读者进一步学习和研究物联网技术。本书可作为高校物联网工程、计算机及相关专业“物联网工程导论”课程的教材或参考书, 也可供物联网技术人员和研究人员阅读。

出版发行: 机械工业出版社 (北京市西城区百万庄大街 22 号 邮政编码: 100037)

责任编辑: 朱 劼

责任校对: 殷 虹

印 刷: 北京诚信伟业印刷有限公司

版 次: 2018 年 1 月第 2 版第 1 次印刷

开 本: 185mm×260mm 1/16

印 张: 22 (含 1 印张彩插)

书 号: ISBN 978-7-111-58294-6

定 价: 49.00 元

凡购本书, 如有缺页、倒页、脱页, 由本社发行部调换

客服热线: (010) 88378991 88361066

投稿热线: (010) 88379604

购书热线: (010) 68326294 88379649 68995259

读者信箱: hzjsj@hzbook.com

版权所有·侵权必究

封底无防伪标均为盗版

本书法律顾问: 北京大成律师事务所 韩光 / 邹晓东

# 物联网工程专业规划教材

## 编 委 会

**编委会主任** 邬贺铨（中国工程院院士）

**编委会副主任** 傅育熙（上海交通大学）

蒋宗礼（北京工业大学）

王志英（国防科技大学）

陈道蓄（南京大学）

### 编委（以姓氏拼音为序）

桂小林（西安交通大学）

黄传河（武汉大学）

蒋建伟（上海交通大学）

李士宁（西北工业大学）

秦磊华（华中科技大学）

王 东（上海交通大学）

温莉芳（机械工业出版社）

吴功宜（南开大学）

朱 敏（四川大学）



## 前言

《物联网工程导论》的第1版出版于2012年。当时，物联网刚刚出现，面临很多争议。我们在接受教育部高等学校计算机类专业教学指导委员会物联网工程专业教学专家组邀请，编写“物联网工程导论”课程教材时，感到压力很大。一方面，面对社会对物联网的质疑，我们希望通过这本教材来诠释物联网产生的必然性；另一方面，在物联网技术体系尚不明晰的情况下，教材要保证技术内容的科学性、教学体系的系统性、教材用书的严谨性，的确非常困难。可以说，本书第1版的写作实际上是定位在“求生存”这个目标上，因此注重内容的全面和严谨，避免出现遗漏和谬误。随着物联网技术、应用和研究的发展，物联网的技术体系逐步明晰，世界各国都高度重视物联网的发展，著名的IT企业纷纷布局物联网，物联网产业链逐步形成。随着教学研究的深入，作者对物联网技术的理解也不断深入。2012年我们只能讲“物联网是大趋势”，到了2017年我们可以说“物联网不是趋势，而是现实”。物联网的出现预示着“世上万物凡存在，皆互联；凡互联，皆计算；凡计算，皆智能”的发展前景。

作者长期从事计算机网络、互联网与物联网技术相关课程的教学、科研工作，基于之前的工作积累，在准备和编写本书的过程中，认真地思考了物联网的发展背景与技术演变的过程，深刻地认识到物联网将会对社会发展产生重大影响。这种认识可以总结为以下四个方面。

第一，物联网是在互联网基础上发展起来的，但是它不是简单的互联网应用功能的延伸和接入规模的扩展。物联网融入了普适计算与信息物理融合系统（CPS）的“人-机-物”融合与环境智能的理念，将催生大量具有“计算、通信、控制、协同与自治”特征的智能设备与智能系统，推动社会经济发展模式的转变，促进产业的快速发展。物联网与互联网、移动互联网将呈现出“你中有我，我中有你”“相互促进”的共生状态。

第二，邬贺铨院士用“大智移云联万物”来描述物联网的发展，作者认为是很有道理的。物联网是一个协同创新平台，它一方面支撑着大数据、云计算、智能、移动计算、下一代网络等新技术，另一方面支撑着智能工业、智能农业、智能医疗、智能交通等各行各业的应用。目前发展迅速的云计算、大数据、人工智能、深度学习、虚拟现实与增强现实、可穿戴计算、智能机器人技术，都在物联网应用中展现出迷人的魅力。物联网为多学科、跨行业的科技创新与产业发展提供了千载难逢的机遇和环境。可以预见，在“数据为王”的时代，物联网的重要性将会日益凸显出来。

第三，从学科发展的角度看，物联网是计算机、通信、电子、控制、数据与智能等多学科交叉融合的产物。物联网将引发计算机科学与信息技术在更大范围、更深层次的应用，带动更为广泛的行业和产业的融合，推动交叉学科的发展，创造出更多新的交叉学科。这种发展趋势必将直接影响我国高等院校学科的布局，以及相关专业的培养目标与教学内容。例如，物联网智能交通的发展正在推动全球汽车产业重大的变化。卡尔·奔驰在发明汽车时绝没有想到，作为机械工业巅峰之作的汽车，正在逐步转变为高度电气化、智能化和网络化的机电产品。为了适应社会与产业对新型人才的需求，高校的汽车专业必然要从传统的机械制造业人才培养的模式，向适应汽车电气化、智能化、网络化需求的复合型、交叉人才培养方向转变。社会对新型人才需求变化的影响将出现在很多专业，这也为“新工科”的发展提出了重要的课题。

第四，应用创新是物联网发展的核心，用户体验是物联网应用系统设计的灵魂。物联网研究需要很多奇思妙想的创意，需要用到智能人机交互、可视化、虚拟现实与增强现实技术，以及智能硬件与可穿戴计算、智能机器人技术。这正是物联网的魅力所在，也是物联网发展日新月异的动力和源泉。物联网的发展已经让人目不暇接。

尽管以上提到的问题都会不同程度地呈现在本教材中，但是面对这样一个快速发展的领域，教材的内容落后于技术与应用的发展是必然的，教材只能起到抛砖引玉的作用。因此，我们在编写本教材的过程中，着重注意处理以下两个问题：第一，贴近技术发展前沿，保持导论教材的科学性与前瞻性；第二，贴近教师和学生，保持导论教材的系统性与趣味性。

在第2版的编写准备过程中，机械工业出版社华章公司对部分高校“物联网工程导论”课程的授课老师进行了调研。作者认真研究了诸位老师的意见，在章节结构、内容选取与习题等方面做了相应的改进，表现在以下几个方面：

第一，第2版由9章组成，比第1版减少了1章。其中第5章“物联网通信与网络技术”取代了第1版的第5章、第6章。第1版的第10章“物联网应用”只给出了

4个领域的应用,第2版的第9章“物联网应用”列举了物联网在智能工业、智能农业、智能物流等9个重点领域的应用示例。

第二,结合技术与产业发展,第2版增加了一些新的内容。根据授课老师的意见,凡是有后续课程专门讨论的技术内容,第2版在保持教材体系完整性的前提下,尽量压缩内容和篇幅,为增加的新技术内容留出空间。

第三,根据授课老师的建议,第2版在每一章的开头增加了“本章教学要求”,结尾增加了“本章小结”,并对每一章的习题做了大幅调整。第2版的习题采取“单选题”与“思考题”两种形式。本书将为用书教师提供单选题的参考答案。同时为了提高学生的学习兴趣,作者尽可能地贴近学生的生活与学习的实际体验,结合物联网技术与应用的最新发展,设置了多道趣味性的思考题。例如,增加了同学们感兴趣的无人驾驶汽车与高精度地图、无人超市与刷脸支付、智能物联网硬件与智能人机交互等新内容,同时习题中相应增加了像人脸识别应用系统设计,以及无人驾驶汽车可能存在的网络攻击及对策研究等思考题。由于这些新技术都在研究之中,因此不可能要求学生给出一个确切和统一的答案。建议任课教师结合MOOC课程,有选择地选取思考题,通过“翻转课堂”的形式组织学生充分讨论,鼓励学生通过互联网查询资料,让年轻的学子们开阔思路,提出一些奇思妙想。如果这些讨论使得某些学生受到启发,他们可以组成团队,根据这些奇思妙想的解决思路,继续开展学习和研究,带着创新性的研究成果参加教育部计算机教指委组织的全国性的物联网大赛,甚至可以成为今后学生创新创业的课题。这样就将物联网导论课程教学从应试和知识传授型,转变为启发、引导学生的创新、创业型课程。

第四,为了配合导论课程的教学,我们已经初步完成了配套MOOC课程的建设。为了帮助教师备课,我们出版了配套的教师和学生参考用书《解读物联网》<sup>①</sup>;对于导论课时较少的学校,我们编写了《物联网技术与应用》<sup>②</sup>一书。这样,《物联网工程导论(第2版)》《解读物联网》《物联网技术与应用》与MOOC课程初步形成了一个线上、线下相结合的“物联网工程导论”课程教学体系。

作者已经在大学任教40多年,从事计算机网络课程教学也有30多年,见证了我国互联网发展的过程以及取得的辉煌成就。根据我国互联网络信息中心(CNNIC)第40次《中国互联网络发展状况统计报告》公布的数据,截至2017年6月,中国网民规模达7.51亿,互联网普及率为54.3%;我国手机网民规模达7.24亿,网民中使用手机

① 《解读物联网》一书已由机械工业出版社出版,书号978-7-111-52150-1。

② 《物联网技术与应用》一书已由机械工业出版社出版,书号978-7-111-43157-2。

上网的人群比例达到 96.3%。从这些数据可以看出,无论是互联网、移动互联网的网民数量,还是在物联网的发展态势上,我国都位居世界前列。但是,我们必须清醒地认识到:我国是信息技术应用的大国,但还不是信息技术的强国。创新是一个民族的灵魂。中华民族要屹立于 21 世纪强国之林,必须要培养出一大批学术和技术精英。大学在创新思想的产生方面应该走在前面。这些年来,作者与教学科研团队结合自身的科研与教学实践,搜集和整理了我国与世界各国在物联网相关技术发展以及应用方面的成功案例,试图以国际视野结合我国国情,努力写出一本能够跟得上时代步伐的“物联网工程导论”课程教材,为培养我国物联网技术精英和促进物联网工程专业教育的发展、为实现“网络强国”之梦贡献出自己的绵薄之力。

作者在准备和写作的过程中认真阅读了很多书籍和文献,请教了很多老师。这本教材的内容实际上凝聚了很多智者的心血,作者只是将个人能够理解的部分内容按照自己的思路整理出来。同时,由于有多年的阅读积累过程,作者在参考文献中列出了一些主要的参考书籍,但不可避免会存在遗漏。书中从互联网或专业网站上选择和编辑了一些图片,希望能以图文并茂的方式帮助读者理解知识。在选择图片时,作者考虑了图片的新闻性、正面引用、教学使用与不涉及个人肖像权等问题。

在本书完稿之时,衷心感谢教育部高等学校计算机类专业教学指导委员会的王志英教授、傅育熙教授、李晓明教授、蒋宗礼教授,感谢物联网工程专家组的王东教授、黄传河教授、朱敏教授、李士宁教授、桂小林教授、秦磊华教授、胡成全教授、方粮教授、蒋建伟教授,在与诸位教授交流、讨论的过程中,作者学到了很多知识,受到很多启发。

感谢 Intel 大学合作部对本书编写所给予的技术支持。

感谢在本书调研过程中积极参与问卷调查,并提出很多宝贵修改意见的兄弟院校的老师。特别感谢南京航空航天大学孙涵教授,太原理工大学李爱萍、高保禄老师,安徽建筑大学张振亚老师,长沙理工大学弓晋丽老师,延安大学李富星老师,无锡城市职业技术学院蒋勋老师,内蒙古农业大学李宏慧老师等对本书第 1 版给予的反馈和对第 2 版的建议。

感谢南开大学计算机与控制工程学院网络实验室刘瑞挺教授、徐敬东教授、张建忠教授以及张玉副教授、许昱玮博士和同学,他们在新技术的研究方面的成果与方法给了作者很多的启发和帮助。感谢武汉大学牛晓光副教授在第 2 版修订过程中给予的很多帮助。感谢牛秀卿教授,正是有她的理解和支持,作者这些年来才能够安心研究和写作。



感谢机械工业出版社华章公司温莉芳副总经理与朱劼编辑敏锐的洞察力和热情的邀约，她们在本书的写作过程中提出了很多宝贵的意见与建议。感谢朱劼编辑在第2版编写之前所做的大量调研和征求任课教师意见的工作。这些意见和建议对于我们修改第2版有重要的指导作用。

本书内容符合教育部高等学校计算机类专业教学指导委员会审定的《物联网工程专业规范》关于“物联网工程导论”课程的知识体系的要求。全书由吴功宜规划和统稿，第1~4、8章由吴功宜执笔完成，第5~7、9章由吴英副教授执笔完成。吴英在物联网新技术应用方面提出了很多修改意见与建议，并完成了很多有创意的插图。

本书可以作为高校物联网工程专业，以及计算机与信息技术相关专业的教材或参考书，可以作为高校物联网相关公选课的教材，也可供物联网技术与产品研发人员、技术管理人员阅读。

面对日新月异的物联网技术，作者无法预料，更谈不上“把控”这样一个复杂的局面。导论内容涉及多个学科，作者多年的教学与研究只是专注于计算机网络、互联网与网络安全等相对专业的领域，对其他学科与领域的很多知识了解有限。书中对某一方面技术的理解如有错误或不准确之处，以及总结中出现挂一漏万的问题，恳请读者和同行不吝赐教。

吴功宜

wgy@nankai.edu.cn

2017年5月4日于南开大学



## 教学建议

### 教学目的

本课程的教学目的是通过系统介绍物联网的基本概念、核心技术，以及物联网在各行各业的应用，向学生展示一个应用前景广阔的物联网世界，启发学生的学习兴趣，培养学生的创新思维能力。

### 各章内容要点及课时安排

根据教育部计算机教指委审定的《高等院校物联网工程专业发展战略研究报告暨专业规范（试行）》中对“物联网工程导论”课程总学时数的建议，结合本教材内容安排，建议安排总学时数为 48 学时。

章	主要内容	建议学时
第 1 章 物联网概论	物联网的定义与主要技术特征，物联网的层次结构模型，物联网与互联网的区别，物联网的关键技术与产业发展	6 学时
第 2 章 RFID 与 物联网应用	在讨论自动识别技术研究发展的基础上，系统地介绍 RFID 标签基本工作原理、结构与分类，EPC 编码体系，以及 RFID 读写器功能、分类、结构与设计方法	5 学时
第 3 章 传感器与 传感网技术	在讨论传感器基本概念、传感器分类、智能传感器与无线传感器研究发展的基础上，系统地介绍无线传感器网络的基本概念、在物联网中的应用，以及研究与发展	6 学时
第 4 章 物联网智能硬 件与嵌入式系统	在讨论嵌入式系统与智能硬件的概念的基础上，系统地介绍物联网智能硬件的类型、特点与智能硬件人机交互技术研究，以及可穿戴计算、智能机器人在物联网中的应用	6 学时
第 5 章 物联网通信 与网络技术	在讨论计算机网络与移动通信网技术的研究发展的基础上，系统地介绍物联网接入方法与数据传输技术的特点	4 学时

(续)

章	主要内容	建议学时
第6章 位置信息、定位技术与位置服务	在讨论物联网位置信息的重要性的基础上,系统地介绍GPS定位系统与定位技术,以及位置服务的基本概念	3学时
第7章 物联网智能数据处理技术	在讨论物联网智能数据处理技术的基本概念、物联网数据的特点的基础上,系统地介绍物联网与云计算、物联网与大数据等问题	6学时
第8章 物联网网络安全	在讨论网络空间安全与网络安全的基本概念的基础上,分析物联网可能存在的网络攻击类型、物联网网络安全发展的新动向,以及RFID安全与隐私保护的研究	4学时
第9章 物联网应用	围绕学生生活与感兴趣的问题,选取智能工业、智能农业、智能交通、智能电网、智能环保、智能医疗、智能安防、智能家居与智能物流等九大应用领域有代表性的成功案例,向学生展现出物联网广阔的应用前景,以开阔学生的学术视野,加深对物联网概念与理论的理解,启发学生进一步学习物联网技术的兴趣	8学时

本书每一章的习题均采用“单选题”与“思考题”两种形式。为了提高学生的学习兴趣,作者尽可能地贴近学生的生活与学习的实际体验,结合物联网技术与应用的新发展来设置趣味性强的“思考题”。

书中标有\*的章节为可选内容,教师可以根据学生的学习基础、课时与教学活动的安排自行选择。

## 教学方法与评价建议

教材中增加了学生们感兴趣的“无人驾驶汽车”“刷脸支付”“智能物联网硬件”与“智能人机交互”等新内容,同时在习题中相应增加了像“人脸识别”应用系统设计,以及“无人驾驶汽车”可能存在的网络攻击及对策研究等思考题。由于这些新技术都在研究之中,不可能要求学生能够给出一个确切和统一的答案,因此建议采用本书作为导论课程教材时,结合导论的MOOC课程的内容、教师掌握的本地教学资源、实践教学基地的企业资源,有选择地选取各章思考题或自己设定的课题,通过“翻转课堂”的形式来组织学生充分进行讨论,鼓励学生通过互联网查询资料,让年轻的学子们开阔思路,提出一些“奇思妙想”的解决办法。

选择的课题建议宁小勿大、宁具体勿抽象。题目不在大小,关键在于它是否有价值,重点考察学生们思考问题的深度。也许通过这些课题的讨论使得某些学生受到启发,他们可以组成团队,沿着这些“奇思妙想”的解决思路,继续开展学习和研究,带着创新性的研究成果去参加教育部计算机教指委组织的全国物联网大赛,甚至可能成为今后学生“创新创业”的课题。

建议导论课程的评价考核采用结构成绩,期终总评成绩的40%为对物联网应用系统概念性设计的内容的考核,60%是综合学生在“翻转课堂”中讨论的表现,以及在完成课题中的态度、作用、贡献与合作精神的综合评定成绩。

希望将导论课程的学习过程变成一个“启发式”“自主”与“愉快”的探索过程,同学之间“相互合作、相互学习”、师生之间“教学相长”的过程,将导论教学从“应试和知识传授型”课程逐步转变为启发、引导学生“创新、创业型”的课程。

# 目 录



- 前言
- 教学建议
- 第1章 物联网概论 /1**
- 1.1 物联网发展的社会背景 /1
- 1.1.1 物联网概念的提出 /1
- 1.1.2 物联网与智慧地球 /3
- 1.1.3 欧盟与各国政府关于物联网的发展规划 /4
- 1.1.4 物联网与我国战略性新兴产业 /5
- 1.2 物联网发展的技术背景 /5
- 1.2.1 从人类对技术需求的角度认识物联网发展的必然性 /5
- 1.2.2 从互联网发展的角度认识物联网发展的必然性 /7
- 1.2.3 从科学研究的角度认识物联网发展的必然性 /8
- 1.3 物联网的定义与主要技术特征 /16
- 1.3.1 物联网的定义 /16
- 1.3.2 物联网的主要技术特征 /16
- 1.3.3 物联网与互联网的比较 /19
- 1.3.4 物联网与“互联网+”的关系 /24
- 1.4 物联网体系结构 /25
- 1.4.1 物联网体系结构的基本概念 /25
- 1.4.2 人处理物理世界问题的基本方法 /28
- \*1.4.3 物联网感知层 /30
- \*1.4.4 物联网网络层 /31
- \*1.4.5 物联网应用层 /40
- 1.5 物联网的关键技术与产业发展 /44
- 1.5.1 物联网的关键技术 /44
- 1.5.2 物联网的产业链结构 /47
- 1.5.3 物联网产业对国民经济与社会发展的影响 /48
- 1.5.4 我国物联网产业发展的政策环境 /50
- 本章小结 /51
- 习题 /52
- 第2章 RFID 与物联网应用 /54**
- 2.1 自动识别技术 /54
- 2.1.1 自动识别技术的发展过程 /54
- 2.1.2 条码技术 /54
- 2.1.3 磁卡、IC卡技术 /58
- 2.2 RFID 标签与 EPC 编码体系 /59
- 2.2.1 RFID 标签的基本概念 /59
- 2.2.2 RFID 标签的基本工作原理 /61
- 2.2.3 RFID 标签的分类 /63
- 2.2.4 RFID 标签的编码标准 /68

- 2.3 RFID 标签读写器 /73
- 2.3.1 RFID 标签读写器的功能与分类 /73
- \*2.3.2 RFID 读写器的结构与设计方法 /74
- 本章小结 /77
- 习题 /77
- 第3章 传感器与传感网技术 /79**
- 3.1 传感器的概念 /79
- 3.1.1 感知能力与传感器的发展 /79
- 3.1.2 传感器的分类 /80
- 3.1.3 物理传感器 /81
- 3.1.4 化学传感器 /85
- 3.1.5 生物传感器 /86
- 3.1.6 纳米传感器 /87
- 3.1.7 传感器性能指标 /90
- 3.2 智能传感器与无线传感器 /91
- 3.2.1 智能传感器的研究与发展 /91
- 3.2.2 无线传感器的研究与发展 /93
- 3.3 无线传感器网络 /94
- 3.3.1 从无线分组网到无线自组网 /94
- 3.3.2 从无线自组网到无线传感器网络 /98
- 3.3.3 无线传感器网络的特点与结构 /100
- \*3.3.4 无线传感器网络节点的结构与设计原则 /103
- \*3.4 无线传感器网络技术的  
研究与发展 /105
- 3.4.1 无线传感器与执行器网络 /105
- 3.4.2 无线多媒体传感器网络 /109
- 3.4.3 水下无线传感器网络 /111
- 3.4.4 地下无线传感器网络 /115
- 3.4.5 无线纳米传感器网络 /120
- 本章小结 /121
- 习题 /121
- 第4章 物联网智能硬件与嵌入式  
系统 /123**
- 4.1 嵌入式系统概述 /123
- 4.1.1 嵌入式系统的发展过程 /123
- 4.1.2 嵌入式系统的特点 /124
- 4.2 物联网智能硬件 /128
- 4.2.1 智能硬件的基本概念 /128
- 4.2.2 人工智能在物联网智能硬件中  
的应用 /128
- 4.2.3 人机交互 /131
- 4.2.4 物联网智能硬件的人机交互技术 /132
- \*4.2.5 柔性显示与柔性电池技术在物联网  
智能硬件中的应用 /140
- 4.2.6 我国发展智能硬件的政策环境 /142
- 4.3 可穿戴计算及其在物联网中的  
应用 /143
- 4.3.1 可穿戴计算的基本概念 /143
- 4.3.2 可穿戴计算设备的分类与应用 /143
- 4.4 智能机器人及其在物联网中的  
应用 /149
- 4.4.1 机器人的基本概念 /149
- 4.4.2 机器人的分类与应用 /151
- 4.4.3 我国发展智能机器人产业的  
政策环境 /157
- 本章小结 /158
- 习题 /159
- 第5章 物联网通信与网络技术 /161**
- 5.1 计算机网络技术的研究与发展 /161
- 5.1.1 从信息技术的角度看通信与  
网络技术的发展 /161
- 5.1.2 计算机网络的形成与发展 /162
- 5.1.3 计算机网络的分类与特点 /169

- 5.1.4 TCP/IP 协议的基本概念 /171
- \*5.1.5 下一代网络体系结构与软件定义网络技术的研究 /176
- 5.2 移动通信网技术的研究与发展 /177
- 5.2.1 蜂窝系统的基本概念 /177
- 5.2.2 移动通信技术与标准的发展 /180
- 5.2.3 5G 与物联网 /181
- 5.2.4 M2M、D2D 技术及其在物联网中的应用 /182
- \*5.3 物联网接入技术 /185
- 5.3.1 物联网接入技术的基本概念 /185
- 5.3.2 有线接入技术 /185
- 5.3.3 无线接入技术 /190
- \*5.3.4 软件无线电、认知无线电在物联网中的应用 /197
- 本章小结 /198
- 习题 /199
- 第 6 章 位置信息、定位技术与位置服务 /201**
- 6.1 位置信息与位置服务 /201
- 6.1.1 位置信息——从互联网到物联网 /201
- 6.1.2 位置信息在物联网中的作用 /202
- 6.2 定位系统 /204
- 6.2.1 航天航空遥感技术 /204
- 6.2.2 全球定位系统 /206
- 6.2.3 地理信息系统 /212
- 6.2.4 高精度地图 /215
- \*6.3 定位技术 /216
- 6.3.1 移动通信定位技术 /216
- 6.3.2 基于 Wi-Fi 的定位技术 /218
- 6.3.3 基于 RFID 的定位技术 /221
- 6.3.4 无线传感器网络定位技术 /221
- 6.4 位置服务 /223
- 6.4.1 位置服务的基本概念 /223
- 6.4.2 位置服务系统的设计方法 /224
- 本章小结 /227
- 习题 /227
- 第 7 章 物联网智能数据处理技术 /229**
- 7.1 物联网智能数据处理技术的基本概念 /229
- 7.1.1 物联网数据的特点 /229
- 7.1.2 物联网中的数据、信息与知识 /231
- 7.1.3 物联网数据处理的关键技术 /232
- 7.2 物联网与云计算 /234
- 7.2.1 云计算产生的背景 /234
- 7.2.2 云计算的分类 /237
- 7.2.3 云计算的主要技术特征 /237
- 7.2.4 云计算在物联网中的应用 /238
- 7.3 物联网与大数据 /240
- 7.3.1 数据挖掘的基本概念 /240
- 7.3.2 大数据的基本概念 /241
- 7.3.3 大数据的定义与特征 /244
- \*7.3.4 物联网大数据研究的特殊性 /246
- 7.3.5 物联网与智能决策、智能控制 /247
- 本章小结 /248
- 习题 /249
- 第 8 章 物联网网络安全 /250**
- 8.1 网络空间安全与网络安全的基本概念 /250
- 8.1.1 网络空间安全概念的提出 /250
- 8.1.2 我国《国家网络空间安全战略》涵盖的主要内容 /251
- \*8.1.3 网络空间安全的理论体系 /253

- 8.2 OSI安全体系结构 /255
  - 8.2.1 OSI安全体系结构的基本概念 /255
  - 8.2.2 网络安全模型与网络安全访问模型 /257
  - 8.2.3 用户对网络安全的需求 /258
- 8.3 物联网网络安全研究的主要内容 /259
  - 8.3.1 物联网中可能存在的网络攻击方式 /259
  - 8.3.2 物联网网络安全的新动向 /262
  - 8.3.3 RFID安全与隐私保护研究 /265
- 本章小结 /269
- 习题 /270
- 第9章 物联网应用 /272**
  - 9.1 智能工业 /272
    - 9.1.1 工业4.0的基本概念 /272
    - 9.1.2 工业4.0涵盖的基本内容 /274
    - 9.1.3 《中国制造2025》发展规划 /276
  - 9.2 智能农业 /277
    - 9.2.1 智能农业的基本概念 /277
    - 9.2.2 智能农业应用示例 /277
  - 9.3 智能交通 /281
    - 9.3.1 物联网智能交通与传统智能交通的区别 /281
    - 9.3.2 车联网 /282
    - 9.3.3 无人驾驶汽车及其研究进展 /283
  - 9.4 智能电网 /285
    - 9.4.1 智能电网的基本概念 /285
    - 9.4.2 智能电网应用示例 /287
  - 9.5 智能环保 /289
    - 9.5.1 智能环保的基本概念 /289
    - 9.5.2 智能环保应用示例 /290
  - 9.6 智能医疗 /294
    - 9.6.1 智能医疗的基本概念 /294
    - 9.6.2 智能医疗应用示例 /295
  - 9.7 智能安防 /299
    - 9.7.1 智能安防的基本概念 /299
    - 9.7.2 智能安防应用示例 /300
  - 9.8 智能家居 /304
    - 9.8.1 智能家居的基本概念 /304
    - 9.8.2 智能家居应用示例 /306
  - 9.9 智能物流 /308
    - 9.9.1 智能物流的基本概念 /308
    - 9.9.2 智能物流与物联网的关系 /308
    - 9.9.3 未来商店与物联网 /309
    - 9.9.4 大型智能物流系统的设计方法 /311
  - 本章小结 /315
  - 思考题 /316
- 参考文献 /318**

# 第 1 章 物联网概论

任何一项重大科学技术发展的背后，必然有其深厚的社会发展与技术发展背景。本章在分析物联网发展的社会与技术背景基础上，将对物联网的基本概念、定义与技术特征、关键技术，以及物联网产业链与产业特点进行系统的讨论，帮助读者建立对物联网的全面认识，激发读者进一步学习物联网技术的兴趣。

## 本章教学要求

- 了解物联网发展的社会背景与技术背景。
- 掌握物联网的定义与技术特征。
- 理解物联网体系结构的基本概念。
- 理解物联网与互联网的区别与联系。
- 了解物联网关键技术与产业发展趋势。

## 1.1 物联网发展的社会背景

### 1.1.1 物联网概念的提出

#### 1. 比尔·盖茨与电子别针

物联网概念最早可以追溯到比尔·盖茨于 1995 年出版的《未来之路》。在《未来之路》一书中，比尔·盖茨已经多次提到“物-物互联”的设想。比尔·盖茨想象用一根别在衣服上的“电子别针”与家庭电子服务设施连接，通过“电子别针”感知来访者的位置，控制室内的照明和温度，控制电话和音响、电视等家电设备。但是，由于当时网络技术与传感器应用水平的限制，比尔·盖茨朦胧的“物联网”理念没有引起人们的重视。

#### 2. Auto-ID 实验室、RFID 与物联网的概念

1998 年，美国麻省理工学院 Auto-ID 实验室的研究人员在成功地完成了产品电子代码（Electronic Product Code, EPC）研究的基础上，提出了利用射频标签（Radio Frequency Identification, RFID）、无线网络与互联网，构建物-物互联的物联网的概念与解决方案。

#### 3. 物联网概念的提出

“物联网”的概念产生于 20 世纪 90 年代，而它真正引起各国政府与产业界的重视是在 2005 年国际电信联盟（International Telecommuni-





cations Union, ITU) 发布的互联网研究报告《物联网 (The Internet of Things)》之后。

ITU 是电信行业最有影响力的国际组织之一。从 1997~2005 年, ITU 从研究互联网到移动互联网对电信业发展影响的角度, 发布了七份“ITU Internet Report”研究报告 (如图 1-1 所示)。从这七份研究报告的内容中, 我们可以看出 ITU 提出物联网概念的发展过程。

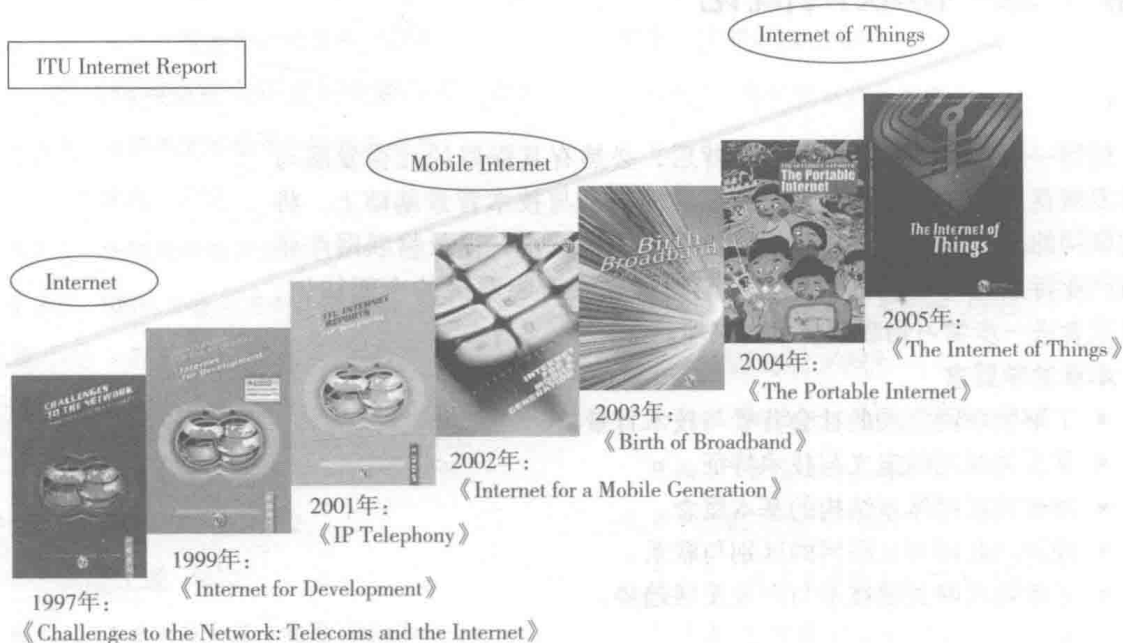


图 1-1 ITU 提出物联网概念的过程

#### (1) 1997 年:《挑战网络: 电信和互联网》

1997 年 9 月, ITU 发布了第 1 个研究报告——《挑战网络: 电信和互联网 (Challenges to the Network: Telecoms and the Internet)》。报告论述了互联网的发展对电信业的挑战, 同时指出互联网给电信业带来了重大的发展机遇。1999 年发布的第 2 个研究报告的题目是《互联网发展 (Internet for Development)》。2001 年发布的第 3 个研究报告的题目是《IP 电话 (IP Telephony)》。

#### (2) 2002 年:《移动互联网时代》

2002 年 9 月, ITU 发布了第 4 个研究报告——《移动互联网时代 (Internet for a Mobile Generation)》。报告讨论了移动互联网发展的背景、技术与市场需求, 以及手机上网与移动互联网服务。报告指出: 移动互联网的发展将引领我们进入一个移动的信息社会。

#### (3) 2003 年:《宽带的诞生》

2003 年 10 月, ITU 发布了第 5 个研究报告——《宽带的诞生 (Birth of Broadband)》。报告讨论了计算机、通信和广播电视网络的三网融合问题, 以及宽带网络发展与未来新的应用。报告介绍了宽带网络发展比较好的国家的成功案例, 描述了宽带技术对未来信息社会的影响。

#### (4) 2004 年:《便携式互联网》

2004 年 9 月, ITU 发布了第 6 个研究报告——《便携式互联网 (The Portable Internet)》。报告讨论了移动互联网技术、移动接入设备与产业发展趋势, 未来移动互联网技术的发展, 及其对信息社会的影响。

#### (5) 2005 年:《物联网》

ITU 于 2005 年 11 月在突尼斯举行的“信息社会峰会”上发布了第 7 个研究报告——《物联