

普通高等教育物联网工程专业规划教材
普通高等学校卓越工程能力培养规划教材

物联网 技术与应用

第2版

◎ 武奇生 姚博彬 高荣 汪贵平 编著



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

普通高等教育物联网工程专业规划教材
普通高等学校卓越工程能力培养规划教材

物联网技术与应用

第2版

武奇生 姚博彬 高 荣 汪贵平 编著



机械工业出版社

本书是在第1版的基础上修订而成,内容涵盖了物联网、无线射频识别技术和无线传感器网络的基本概念、原理、技术和应用以及发展趋势和前景,反映了物联网技术的最新进展。主要包括物联网概述、物联网体系结构及其信息技术、无线射频识别技术、无线射频识别的频率标准与技术规范、射频电子标签应用、无线传感器网络、云计算技术、物联网安全技术、物联网的应用、物联网实验等内容。

本书论述严谨、内容新颖、图文并茂,注重基本原理和基本概念的阐述,强调理论联系实际,突出应用技术和实践,重点介绍了物联网技术在智能交通上的应用,通过教学实验和场景训练,掌握物联网理论知识。本书可作为高等院校物联网及相关专业本科生的教材或参考教材,作者开发了实验装置供读者选用,也可作为广大从事无线传感器网络与物联网工作的科技人员及工程技术人员的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

物联网技术与应用/武奇生等编著.—2版.—北京:机械工业出版社,2016.2

普通高等教育物联网工程专业规划教材 普通高等学校卓越工程能力培养规划教材

ISBN 978-7-111-52167-9

I. ①物… II. ①武… 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(2015)第294866号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)

策划编辑:于苏华 责任编辑:于苏华 路乙达 版式设计:霍永明

责任校对:陈越 封面设计:张静 责任印制:李洋

三河市宏达印刷有限公司印刷

2016年2月第2版第1次印刷

184mm×260mm·19.5印张·479千字

标准书号:ISBN 978-7-111-52167-9

定价:42.00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

服务咨询热线:010-88379833

读者购书热线:010-88379649

网络服务

机工官网:www.cmpbook.com

机工官博:weibo.com/cmp1952

教育服务网:www.cmpedu.com

金书网:www.golden-book.com

封面防伪标均为盗版

前 言

物联网是互联网的延伸和拓展，它紧密结合无线射频识别、计算机、通信以及无线传感器网络等一系列信息技术，是正在迅速发展并获得广泛应用的一门综合性学科，也正极大地推动着我国的经济建设，改变着人们的工作和生活方式，影响着智能交通的发展。如何加快推动信息产业的发展，培养物联网学科专业人才，为“中国制造 2025”培养人才，已经成为政府高度重视的战略问题。

本书在介绍物联网概述、物联网体系结构等理论的基础上，从工程和实际应用角度全面介绍了物联网的关键技术和相关知识。全书共分 12 章。第 1 章是绪论，第 2 章是物联网体系结构及其信息技术，第 3 章是无线射频识别技术，第 4 章是相关识别技术及射频电子标签应用，第 5 章是无线传感器网络简介，第 6 章是无线传感器网络协议规范与通信技术，第 7 章是无线传感器网络及其应用，第 8 章是蓝牙技术，第 9 章是云计算，第 10 章是物联网安全技术，第 11 章是物联网的典型应用，第 12 章是物联网基础实验。每章均附有小结及习题，为教学的实施提供了方便。本教材参考学时为 40~60 学时，可根据具体情况酌情选择。

本书由武奇生主编并负责统稿，全书编写具体分工为：武奇生编写第 1 章，姚博彬编写第 5、6、7、8、12 章，高荣编写第 3、4、9、10、11 章，汪贵平编写第 2 章。曹清源、王爱民等研究生参与研制了实验装置，对本书的初稿进行了阅读和校对。在本书即将出版之际，回顾近一年的编写过程，时常想起要感谢的人和事。

在 2010 年夏，参加机械工业出版社组织的教育部计算机科学与技术专业教学指导分委员会教师高级研修班时，听取了南开大学吴功宜教授的讲座“智慧的物联网”，并与吴功宜老师探讨物联网的发展，得吴功宜老师赠书，获益匪浅。

在 2010 年夏，与上海交通大学王东老师本人及无线射频识别技术研究团队进行了交流并实地参观了上海张江无线射频识别技术应用测试公共服务平台、国家无线射频识别技术产业化（上海）基地，讨论了物联网的发展和应用中的问题和关键技术，对物联网有了更深刻的认识，获益匪浅。

本书在编写过程中参阅了许多资料，还得到了作者单位的支持和其他同事的帮助，在此，对单位、同事及编写本书时所参考书籍的作者一并表示诚挚的感谢。

由于篇幅所限，没有将云计算实践、大数据等内容补充进来，读者可参阅相关资料。鉴于无线传感器网络的迅速发展，物联网协议和相关技术标准仍在不断发展和完善之中，加之作者水平和时间有限，书中难免存在错误和不妥之处，恳请同行专家和读者批评指正。

编 者

目 录

前言

第 1 章 绪论 1

1.1 物联网概述 1

1.1.1 物联网的概念 1

1.1.2 物联网的定义 1

1.1.3 从互联网到物联网 3

1.2 互联网和物联网的关系 6

1.2.1 从端系统接入的角度看互联网的结构 6

1.2.2 从端系统接入的角度看物联网的结构 7

1.2.3 互联网与物联网的融合 8

1.3 物联网的传输通信保障——互联网 8

1.4 物联网的一般应用及发展 9

1.4.1 物联感知下的发展阶段 9

1.4.2 物联网的国内外发展现状 12

1.4.3 物联网未来趋势——网络融合 18

1.5 本章小结 19

习题 19

第 2 章 物联网体系结构及其信息技术 20

2.1 物联网的体系结构 20

2.1.1 物联网的工作原理 20

2.1.2 物联网的体系结构 20

2.1.3 物联网的工作步骤 25

2.2 支持物联网发展的技术 25

2.2.1 RFID 技术 25

2.2.2 无线传感器网络 26

2.2.3 纳米技术 27

2.2.4 感知技术 27

2.2.5 通信及计算技术 34

2.2.6 普适计算技术 35

2.2.7 云计算技术 37

2.2.8 数据库与数据仓库技术 38

2.2.9 人工智能技术 40

2.2.10 嵌入式技术 43

2.3 现代网络通信与物联网 45

2.3.1 无线网络与物联网 45

2.3.2 无线局域网与协议 45

2.3.3 IPv6 技术 47

2.3.4 蓝牙、无线个人区域网与 ZigBee 50

2.4 无线通信 4G 与物联网的发展 52

2.4.1 4G 促进物联网发挥无线通信 52

2.4.2 物联网信息发送的平台——4G 手机 52

2.4.3 基于 RFID 和手机终端的移动电子商务 53

2.5 集成电路：物联网的基石 53

2.5.1 微电子技术和产业发展的重要性 54

2.5.2 集成电路的研究与发展 54

2.5.3 系统芯片的研究与应用 55

2.6 本章小结 56

习题 56

第 3 章 无线射频识别技术 58

3.1 无线射频识别技术概述 58

3.1.1 无线射频识别技术的基本概念和特点 58

3.1.2 无线射频识别技术的现状和发展 58

3.1.3 无线射频识别技术的分类 60

3.2 无线射频识别的基本原理及工作过程 65

3.2.1 无线射频识别的基本原理 65

3.2.2 无线射频识别系统的工作过程 65

3.2.3 射频电子标签的分类 70

3.3 RFID 的数据传输协议 72

3.3.1 数据传输协议与方式 72

3.3.2 数据安全性 73

3.4 RFID 的频率标准与技术规范 77

3.4.1	RFID 标准简介	77	5.2.2	无线传感器网络的研究进展	117
3.4.2	无线射频识别的频率标准	80	5.2.3	无线传感器网络面临的挑战和 未来发展方向	120
3.5	RFID 标准体系结构	82	5.2.4	无线传感器网络的应用前景	123
3.6	无线射频识别的应用行业 标准	83	5.3	本章小结	125
3.6.1	ISO TC 23/SC 19 WG3 应用于动物 识别的标准	83	习题		125
3.6.2	ISO TC 204 应用于道路交通信息学 的标准	83	第 6 章 无线传感器网络协议规范与 通信技术		126
3.6.3	ISO TC 104 应用于集装箱运输的 标准	84	6.1	IEEE 802.15.4 标准	126
3.6.4	ISO TC 122 应用于包装的标准	84	6.2	IEEE 802.15.4 网络结构	126
3.6.5	ISO/IEC JTC 1 SC 31 自动识别 应用标准	84	6.2.1	物理层	127
3.6.6	ISO/IEC 18000 项目管理的无线 射频识别——非接触接口	84	6.2.2	MAC 层	130
3.6.7	SC 17/WG 8 识别卡非接触式 集成电路	85	6.2.3	IEEE 802.15.4 安全服务	135
3.7	本章小结	85	6.3	ZigBee 协议规范	136
习题		85	6.3.1	ZigBee 协议框架	137
第 4 章 相关识别技术及射频电子标签 应用		87	6.3.2	ZigBee 网络配置	141
4.1	射频电子标签及相关的自动 识别技术	87	6.4	无线传感器网络组网	141
4.1.1	条形码简介	87	6.4.1	基于 IEEE 802.15.4 标准的 无线传感器网络	141
4.1.2	磁卡与 IC 卡简介	89	6.4.2	基于 ZigBee 协议规范的传感器 网络	143
4.1.3	射频电子标签	90	6.4.3	基于 ZigBee 的无线传感器网络与 RFID 技术的融合	145
4.2	应用 RFID 的事项	99	6.5	无线传感器网络的开发与 应用	145
4.2.1	RFID 的基本技术参数	99	6.5.1	无线传感器网络仿真技术	145
4.2.2	RFID 系统的选择标准与性能 评估	101	6.5.2	无线传感器网络软件开发	153
4.2.3	RFID 应用系统发展趋势	104	6.5.3	无线传感器网络的硬件开发	155
4.3	本章小结	105	6.6	无线传感器网络应用实例—— 环境监测	160
习题		106	6.7	本章小结	162
第 5 章 无线传感器网络简介		107	习题		163
5.1	无线传感器网络概述	107	第 7 章 无线传感器网络及其应用		164
5.1.1	无线传感器网络的概念	107	7.1	无线片上系统 CC2530 概述	164
5.1.2	无线传感器网络的体系结构	108	7.2	CC2530 芯片主要特点	165
5.1.3	无线传感器网络的特点	111	7.3	CC2530 芯片功能结构	167
5.2	无线传感器网络研究进展	113	7.4	8051CPU 介绍	169
5.2.1	无线传感器网络的发展历程	113	7.4.1	存储器	169
			7.4.2	特殊功能寄存器	171
			7.5	CC2530 芯片主要外部设备	173
			7.5.1	I/O 端口	173

7.5.2 DMA 控制器	175	9.5.2 云平台的服务类型	216
7.5.3 AES 协处理器	177	9.5.3 云平台服务的安全性	217
7.6 案例应用——基于物联网的 交通流仿真平台	181	9.5.4 云平台服务的供应商	218
7.6.1 系统总体介绍	181	9.5.5 云平台服务的优势和面临的 挑战	220
7.6.2 交通流仿真系统布设	181	9.6 微软公司的基于 Windows Azure 系统的开发	221
7.6.3 系统硬件研制	182	9.6.1 微软公司的云计算战略	221
7.6.4 系统调试	184	9.6.2 微软公司的动态云解决方案	222
7.7 物联网智能家居实景系统	189	9.6.3 Windows Azure 平台简介	224
7.7.1 物联网智能家居实景实训系统	189	9.7 云计算的典型公司 Salesforce 及产品简介	231
7.7.2 家庭室内监控部分	189	9.7.1 Salesforce 公司的历史	232
7.7.3 智能家居控制软件	191	9.7.2 Salesforce Force.com 的安全 机制	232
7.7.4 家庭内电器智能化控制	191	9.8 云计算的服务模式	233
7.8 本章小结	193	9.8.1 PaaS 和 IaaS 模式的比较	233
习题	193	9.8.2 未来的竞争	235
第8章 蓝牙技术	194	9.9 云计算与中国	235
8.1 蓝牙技术概述	194	9.9.1 发展现状	235
8.1.1 蓝牙的基本概念和特点	194	9.9.2 对未来的期望	236
8.1.2 蓝牙技术的发展	196	9.10 本章小结	237
8.2 蓝牙技术的体系结构	197	习题	238
8.2.1 控制器	198	第10章 物联网安全技术	239
8.2.2 主机	200	10.1 物联网安全	239
8.2.3 应用层	202	10.1.1 物联网的安全特点	239
8.3 无线片上系统 CC2540 概述	203	10.1.2 物联网的安全模型	241
8.4 本章小结	205	10.2 RFID 的安全管理技术及手机 的安全	242
习题	205	10.2.1 RFID 安全管理	242
第9章 云计算	206	10.2.2 手机安全	243
9.1 云计算的概念	206	10.3 无线传感器网络的安全管理 技术	244
9.2 云计算产生和发展基础	207	10.3.1 无线传感器网络信息安全需求和 特点	244
9.2.1 SaaS 的诞生	207	10.3.2 密钥管理	246
9.2.2 “IT 不再重要”的发表	208	10.3.3 安全路由	248
9.2.3 Google 的三大核心技术	208	10.3.4 安全聚合	249
9.3 云计算的发展历史	208	10.4 物联网安全问题	249
9.4 云计算的发展环境	209	10.5 本章小结	250
9.4.1 云计算与 3G	209	习题	250
9.4.2 云计算与物联网	210		
9.4.3 云计算与移动互联网	211		
9.4.4 云计算与三网融合	212		
9.4.5 云计算压倒性的成本优势	213		
9.5 云服务	215		
9.5.1 使用云平台的理由	215		

第 11 章 物联网的典型应用	251	11.6 物联网在其他方面应用	271
11.1 物联网在智能交通方面的应用	251	11.7 物联网技术的应用前景	276
11.2 停车场管理	252	11.8 本章小结	278
11.2.1 停车场管理综述	252	习题	278
11.2.2 停车场管理系统	254	第 12 章 物联网基础实验	279
11.2.3 停车场管理系统主要功能模块研究	259	12.1 无线射频识别实验	279
11.3 基于 RFID 与互联网技术的智能车位管理系统设计	264	12.1.1 RFID 实验套件简介	279
11.4 车辆自动识别管理系统	265	12.1.2 射频卡序列号读取实验	281
11.4.1 系统组成	265	12.1.3 射频卡存储区读写实验	283
11.4.2 系统功能与特点	266	12.1.4 RFID 实验思考及练习	286
11.4.3 系统应用与特点	266	12.2 蓝牙 4.0 BLE 协议栈串口实验	286
11.5 物联网在物流业的应用	267	12.3 蓝牙 4.0 BLE 无线组网实验	290
11.5.1 应用概述	267	12.4 基于蓝牙的温度采集系统实验	294
11.5.2 药品食品安全管理	269	参考文献	299
11.5.3 电子商务物流	269		

第1章 绪论

我国正处在经济发展转型的历史转折阶段，第十二届全国人民代表大会第一次会议的政府工作报告中指出：国际金融危机正在促使新的科技革命和产业革命，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等战略性新兴产业，为“中国制造2025”打好基础，信息网络中的物联网等新兴战略产业必然会得到大力推进及发展。

1.1 物联网概述

1.1.1 物联网的概念

物联网的概念首先由麻省理工学院（MIT）的自动识别实验室在1999年提出，中国科学院在1999年也启动了传感网的研究和开发，当时不叫“物联网”而叫“传感网”，与其他国家相比，我国在此领域的技术研发水平处于世界前列，和较早发展物联网的国家具有同等优势和重大影响。

国际电信联盟（ITU）从1997年开始每一年出版一部世界互联网发展年度报告，其中2005年度报告的题目是《物联网（Internet of Things, IOT）》。2005年11月27日在突尼斯举办的信息社会世界峰会（WSIS）上，ITU发布的报告“ITU互联网报告2005：物联网”系统地介绍了意大利、日本、韩国与新加坡等国家的案例，并提出了“物联网时代”的构思。该构思设想世界上的万事万物，小到钥匙、手表、手机，大到汽车、楼房，只要注入一个微型的射频标签芯片或传感器芯片，通过互联网就能够实现物与物之间的信息交互，从而形成一个无所不在的“物联网”。世界上所有的人和物在任何时间、任何地点，都可以方便地实现人与人、人与物、物与物之间的信息交互。物联网概念的兴起，很大程度上得益于ITU的互联网发展年度报告，但是ITU的报告对物联网并没有给出一个清晰的定义。总的来说，物联网是指各类传感器和现有的互联网相互衔接的一种新技术，过去对物质的概念一直是将物理基础设施和IT基础设施分开，一方面是机场、公路、建筑物等存在的物质世界，另一方面是可对对其进行管理的数据中心、个人电脑、宽带等IT基础设施。而在物联网时代，建筑物、电缆等与芯片、宽带将会整合为统一的物联网基础设施。

1.1.2 物联网的定义

1999年MIT首次提出物联网的概念，而2005年在突尼斯举行的信息社会世界峰会上，ITU在年度报告中对物联网概念的含义进行了扩展：信息与通信技术的目标已经从任何时间、任何地点连接任何人，发展到连接任何物品的阶段，而物体的连接就构成了物联网。在其发布的“ITU互联网报告2005：物联网”中，正式提出了“物联网”的概念。

通过十余年的发展，物联网基本可以定义为：通过无线射频识别（RFID）卡、无线传感器等信息传感设备，按传输协议，以有线和无线的方式把任何物品与互联网相连接，运用

“云计算”等技术，进行信息交换、通信等处理，以实现智能化识别、定位、跟踪、监控和管理等功能的一种网络。物联网是在互联网的基础上，将用户端延伸和扩展到任何物品与物品之间，在这个网络中，物品（商品）能够彼此进行“交流”，而无需人的干预。其实质是利用射频自动识别等技术，通过计算机互联网实现物品（商品）的自动识别和信息的互联与共享。

物联网把新一代 IT 技术充分运用到各行各业之中，具体地说，就是把带 RFID 的传感器等相关设备嵌入和装备到电网、铁路、桥梁、隧道、公路、建筑、大坝、供水系统、油气管道等各种物体中，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整合。在这个整合的网络当中，运用功能强大的中心计算机群，即“云计算”服务，能够对其中的人员、机器、设备和基础设施实施实时的管理和控制。

当前，世界各国的物联网研究基本都处于技术与试验期这一阶段。美、日、韩、中以及欧盟等国家和组织都投入巨资深入研究探索物联网，并启动了以物联网为基础的“智慧地球”、“U-Japan”、“U-Korea”、“感知中国”等国家或区域战略规划。由于物联网是建立在现有的微电子技术、计算机网络与信息系统处理技术、识别技术等成熟并完整的产业链基础之上，许多新概念正处于研究和试验阶段。

美国的 IBM 公司早在几年前，便提出了“智慧地球”策略；而作为两次信息化浪潮中的领跑者，美国已经推出了许多物联网产品，并且通过运营商、学校、科研机构、IT 企业等机构结合不少项目建立了广泛的试验区；同时，还与包括中国在内的一些国家积极推动物联网有关技术标准框架的制订。

与历次信息化浪潮革命不同，中国在物联网领域几乎与美国等国家同时起步，中国高度重视物联网的发展，已建立了中国的传感信息中心、“感知中国”中心。

虽然目前全球各主要经济体及信息发达国家纷纷将物联网作为未来战略发展新方向，也有诸多产品进入了试验阶段，包括中国在内的极少数国家已经能够实现物联网完整产业链，但无论是标识物体的 IP 地址匮乏关键技术，还是各类通信传输协议需要建立的标准体系、商业模式，以及由物品智能化带来的生产成本较高问题，均制约着物联网的发展和成熟。

因此，物联网目前整体情况既有积极的一面，也有客观存在的诸多难题需要解决；其业务将遵照生产力变革的历史规律不断向前快速发展，但业务的成熟还需要不断地努力。

IBM 公司也在智慧地球概念的基础上提出了他们对物联网的理解。IBM 的学者认为，智慧地球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、油气管道等各种物体中，并通过超级计算机和云计算组成物联网，实现人类社会与物理系统的整合。智慧地球的概念从根本上说，就是希望通过在基础设施和制造业上大量嵌入传感器，捕捉运行过程中的各种信息，然后通过无线传感器网接入互联网，通过计算机分析处理发出指令，反馈给传感器，远程执行指令，以达到提高效率、效益的目的。这种技术控制的对象小到控制一个开关、一个可编程序逻辑控制器、一台发电机，大到控制一个行业的运行过程。

因此，我们可以将物联网理解为“物-物相连的互联网”、一个动态的全球信息基础设施，也有的学者将它称作无处不在的“泛在网”和“传感网”。无论是叫它“物联网”，还是“泛在网”或“传感网”，这项技术的实质是使世界上的物、人、网与社会融合为一个有机的整体。物联网概念的本质就是将地球上人类的经济活动、社会生活、生产运行与个人生

活都放在一个智慧的物联网基础设施之上运行。

从长远技术发展的观点看,互联网实现了人与人、人与信息、人与系统的融合,物联网则进一步实现了人与物、物与物的融合,使人类对客观世界具有更透彻的感知能力、更全面的认识能力、更智慧的处理能力。这种新的思维模式可以在提高人类的生产力、效率、效益的同时,改善人类社会发展与地球生态的和谐性、可持续发展的关系,“互联化”、“物联化”与“智能化”的融合最终会形成“智慧地球”。

1.1.3 从互联网到物联网

在理解物联网的基本概念的同时,需要了解物联网发展的社会背景、技术背景,以及它能够产生的经济与社会效益。

1. 互联网与无线通信网络为物联网的发展奠定了基础

随着我国经济的高速发展,社会对互联网应用的需求日趋增长,互联网的广泛应用对我国信息产业发展产生了重大的影响。因此,研究我国互联网发展的特点与趋势,对学习计算机网络与互联网技术显得更为重要。

我国互联网发展状况数据由中国互联网络信息中心(CNNIC)组织调查、统计,从1998年起每年1月和7月发布两次。调查统计的内容主要包括中国网民人数、互联网普及率,以及网民结构特征、上网条件、上网行为、互联网基础资源等方面的基本情况。2015年2月,中国互联网络信息中心(<http://www.cnnic.org>)发布了第35次《中国互联网络发展状况统计报告》。

报告显示,截至2014年12月底,中国网民数量达到6.49亿,增长速度更加趋于平稳。其中最引人注目的是,手机网民规模达到5.57亿,手机首次超越台式电脑成为第一大上网终端。网民数量快速增长是我国经济、文化、科技与教育高速发展的重要标志之一。

IP地址分为IPv4和IPv6两种,目前主流应用是IPv4地址。截至2014年12月底,中国大陆IPv4地址数量约为3.32亿个,居全球第二位(<http://trace.twnic.net.tw/ipstats/stat-sipv4.php>)。据2007年底公布的数据,IPv4地址资源的59.7%集中在美国。随着互联网应用的迅速发展,IPv4资源的短缺形势将越来越严峻,向IPv6过渡已是大势所趋。

2009年初3G发牌后,政府部门的相关鼓励政策、电信运营商围绕3G展开的推广活动,都为移动互联网的发展注入了新的活力。庞大的用户需求市场,将进一步推动移动互联网各项应用,以及3G产业链的发展和不断完善。2013年底中国移动互联网4G应用环境日益成熟,未来将继续保持高速增长的趋势。

从以上数据中可以看出,随着我国国民经济的高速发展,我国的互联网应用得到了快速发展,这也将为我国物联网技术的研究打下坚实的基础。

2. 解决物理世界与信息世界分离所造成的问题成为物联网发展的推动力

如果将人们生活的社会称为物理世界,将互联网称为信息世界的话,那么会发现:物理世界发展的历史远远早于信息世界,物理世界中早已形成了自己的生活规则与思维方式,尽管从事信息世界建设的人们希望将两者尽可能地融合在一起,但是物理世界与信息世界分开发展、互相割裂的现象明显存在,造成了物质资源的浪费与信息资源不能被很好地利用。例如,由于我国电网管理与调度的智能化程度仍然不高,电能在传输过程中损失达到6%~8%;由于我国医疗信息化程度不够,患者的医疗信息不能够共享,每个患者辗转在不同医

疗机构之间多花费的各种检查与手续费用平均多出 1000 元；由于物流自动化程度不高，每年的物流成本占我国 GDP 的比重高达 20%，高出美国一倍；由于缺乏相应的监管手段，我国仍有大量工业废水与社会污水未经处理就排入到河流或湖泊中，加剧了全国城市的水环境恶化与可利用水资源的不足。据美国仅在洛杉矶的一个小商务区统计，每年车辆因寻找停车位燃烧的汽油就达 47000 加仑。我国地震、水灾、冰冻灾害频发，使得人们不得不集中精力，组织力量研究数字地质、数字煤炭技术，通过接入物联网，达到预防和减少地质灾害、天气灾害与生产事故所造成的人员伤害与经济损失，提高抗灾救灾的能力。

以上数据和分析说明，过去人类的思维方式一直是将物理世界的社会基础设施（高速公路、机场、电站、建筑物、煤炭生产建设）与信息基础设施（互联网、计算机、数据中心）分开规划、设计与建设，而物联网的概念是将人、钢筋混凝土、网络、芯片、信息整合在一个统一的基础设施之上，通过将现实的物理世界与信息世界融合，通过信息技术去提高物理世界的资源利用率、节能减排，达到改善物理世界环境与人类社会质量的目的。

3. 社会经济发展与产业转型成为物联网发展的推动力

社会需求是新技术与新概念产生的真正推动力。在经济全球化的形势下，商品货物在世界范围内的快速流通已经成为一种普遍现象。传统的技术手段对货物的跟踪识别效率低、成本高，容易出现差错，已经无法满足现代物流业的发展要求。同时，经济全球化使得所有的企业都面临激烈竞争的局面，企业需要及时获取世界各地对商品的销售情况与需求信息，为全球采购与生产制定合理的计划，以提高企业的竞争力，这就需要采用先进的信息技术手段和现代管理理念。

同时，在节能减排等方面物联网也有十分成功的案例。以日本建筑物空调节能的设计为例，在日本的一幢大楼里安装了两万个联网的温度传感器，大楼里面不同的房间在不同的时间要求的温度不一样，传感器测量房间的温度，控制系统按照需要的温度对空调进行智能控制。通过实验，这项技术节约的电能可达 29.4%。有的 IT 公司办公室所有的灯光都是智能控制的。员工进入办公室之后，头顶上的灯自动打开；离开这个位置后，头顶上的光源则自动关闭；如果外面的阳光太过强烈，窗帘则自动拉下。各个光源都是通过自动感应设备连接到网络中的控制计算机，由计算机进行智能控制，这样可以做到最大限度地节约电能。

智能电网、电力安全监控也是物联网的一个重要的应用。电力行业是关系到国计民生的基础性行业。电力线传输系统包括变电站（高、低压变压器，控制箱）、高压传输线、中继器、塔架等，其中高压传输线及塔架位于野外，承担电能的输运，电压至少为 35kV 以上，是电力网的骨干部分。电力系统是一个复杂的网络系统，其安全可靠运行不仅可以保障电力系统的正常运营与供应，避免安全隐患所造成的重大损失，更是全社会稳定健康发展的基础。中国国家电网公司于 2010 年 5 月 21 日公布了智能电网计划，其主要内容包括：以坚强的智能电网为基础，以通信信息平台为支撑，以智能控制为手段，包含电力系统的发电、输电、变电、配电、用电和调度各个环节，覆盖所有电压等级，实现“电力流、信息流、业务流”的高度一体化融合，构建坚强可靠、经济高效、清洁环保、透明开放、友好互动的现代电网。采用物联网技术可以全面有效地对电力传输的整个系统，从电厂、大坝、变电站、高压输电线路直至用户终端进行智能化处理。包括对电力系统运行状态的实时监控和自动故障处理，确定电网整体的健康水平，触发可能导致电网故障的早期预警，确定是否需要立即进行检查或采取相应的措施，分析电网系统的故障、电压降低、电能质量差、过载和其

他不希望的系统状态，基于这些分析，采取适当的控制行动。

物联网在工业生产中的应用可以极大地提高企业的核心竞争力。在信息化过程中，信息技术越来越多地融入传统工业产品的设计、生产、销售与售后服务中，提高了企业的产品质量、生产水平与销售能力，极大地提高了企业的核心竞争力。学术界将信息化与工业化的融合总结为五个层面的内容：产业构成层的融合、工业设计层的融合、生产过程控制层的融合、物流与供应链层的融合、经营管理与决策层的融合。应用信息技术改造传统产业主要将表现在产品设计、研发的信息化；生产装备与生产过程的自动化、智能化，物流与供应链管理的信息化；RFID技术在工业生产过程中的应用，用物联网技术支撑工业生产的全过程等方面。

在推进信息化与工业化融合的过程中，人们认识到：物联网可以将传统的工业化产品的设计、供应链、生产、销售、物流与售后服务融为一体，可以最大限度地提高企业的产品设计、生产、销售能力，提高产品质量与经济效益，极大地提高企业的核心竞争力。

物联网发展的社会背景如图 1-1 所示。

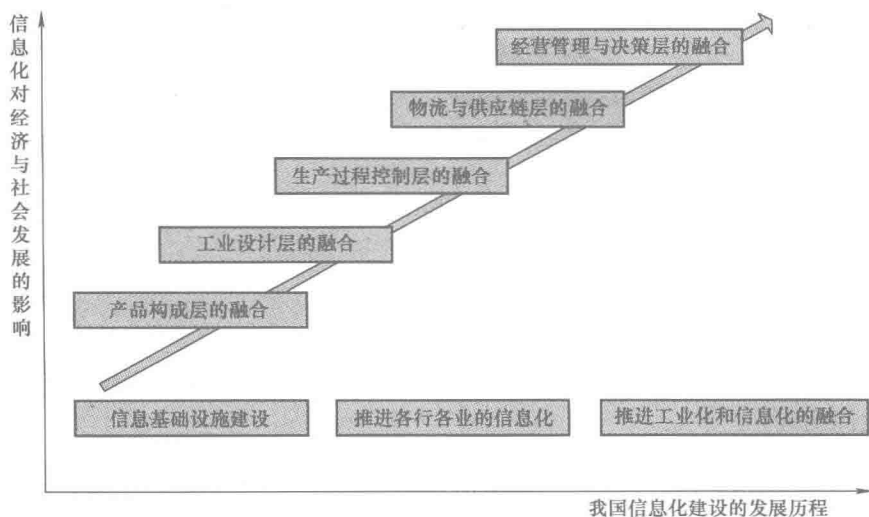


图 1-1 物联网发展的社会背景

计算机技术、通信与微电子技术的高速发展，促进了互联网技术、无线射频识别（RFID）技术、全球定位系统（GPS）与数字地球技术的广泛应用，以及无线网络与无线传感器网络（WSN）研究的快速发展，互联网应用所产生的巨大经济与社会效益，加深了人们对信息化作用的认识，而互联网技术、RFID技术、GPS技术与WSN技术为实现全球商品货物快速流通的跟踪识别与信息利用，进而为实现现代管理打下了坚实的技术基础。

互联网已经覆盖了世界的各个角落，已经深入到世界各国的经济、政治与社会生活中，改变了几十亿网民的生活方式和工作方式。但是现在互联网上关于人类社会、文化、科技与经济信息的采集还必须由人来输入和管理。为了适应经济全球化的需求，人们设想如果从物流角度将RFID技术、GPS技术与WSN技术与“物品”信息的采集、处理结合起来，就能够将互联网的覆盖范围从“人”扩大到“物”，就能够通过RFID技术、WSN技术与GPS技术采集和获取有关物流的信息，通过互联网实现对世界范围内的物流信息的快速、准确识别

与全程跟踪，这种技术就是物联网技术。

物联网发展的社会与技术背景如图 1-2 所示。

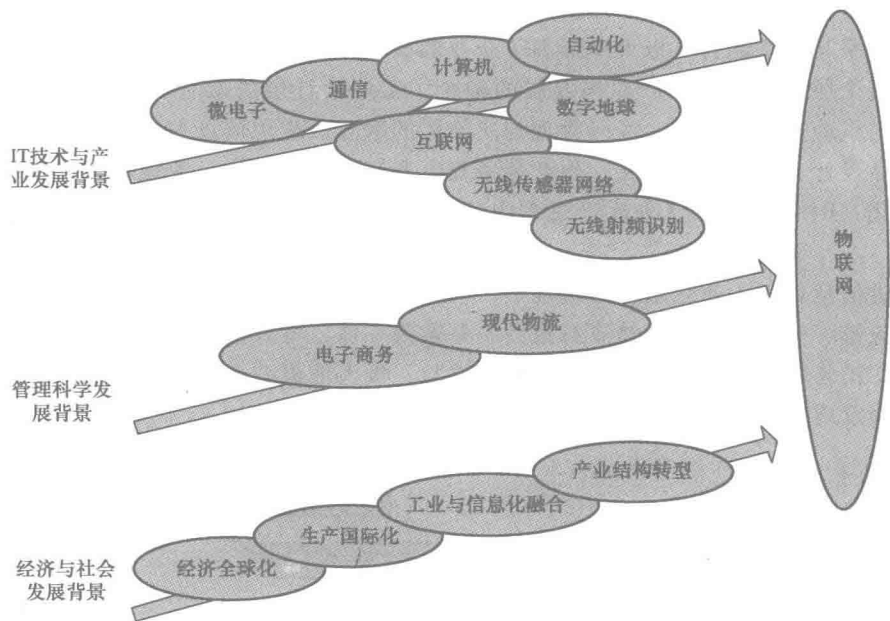


图 1-2 物联网发展的社会与技术背景

1.2 互联网和物联网的关系

在介绍了互联网与物联网技术特点的基础上，可以对互联网与物联网进行深入的比较，说明它们之间的区别与联系。

1.2.1 从端系统接入的角度看互联网的结构

图 1-3 给出了从端系统接入的角度看互联网的结构示意图。从图 1-3 可以看出，互联网的端系统接入主要有两种类型：有线接入与无线接入。

有线接入主要有三种基本方法：

- 1) 计算机通过网卡接入局域网，然后再通过企业或校园网接入地区主干网，通过地区主干网接入国家或国际主干网，最终接入到互联网。
- 2) 计算机可以使用 ADSL 接入设备，通过电话交换网接入互联网。
- 3) 计算机可以使用 Cable Modem 接入设备，通过有线电视网接入互联网。

无线接入主要有四种基本方法：

- 1) 计算机通过无线网卡接入无线局域网，然后再通过企业网或校园网接入地区主干网，通过地区主干网接入国家或国际主干网，最终接入互联网。
- 2) 计算机可以通过无线城域网接入互联网。
- 3) 计算机可以通过无线自组网接入互联网。
- 4) 计算机可以通过 Wi-Fi 接入互联网。

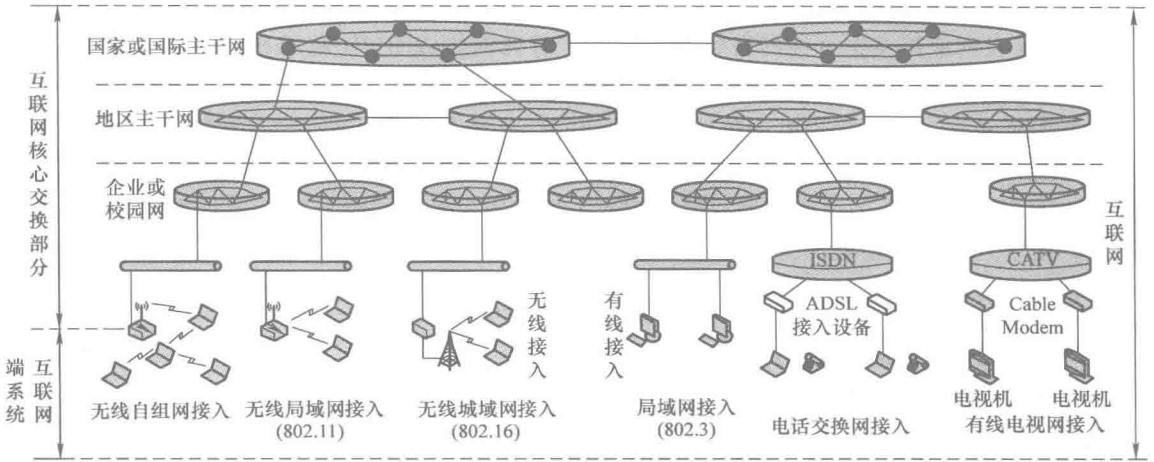


图 1-3 从端系统接入的角度看互联网的结构

1.2.2 从端系统接入的角度看物联网的结构

图 1-4 给出了从端系统接入的角度看物联网的结构示意图，可以看出物联网的两个重要特点。

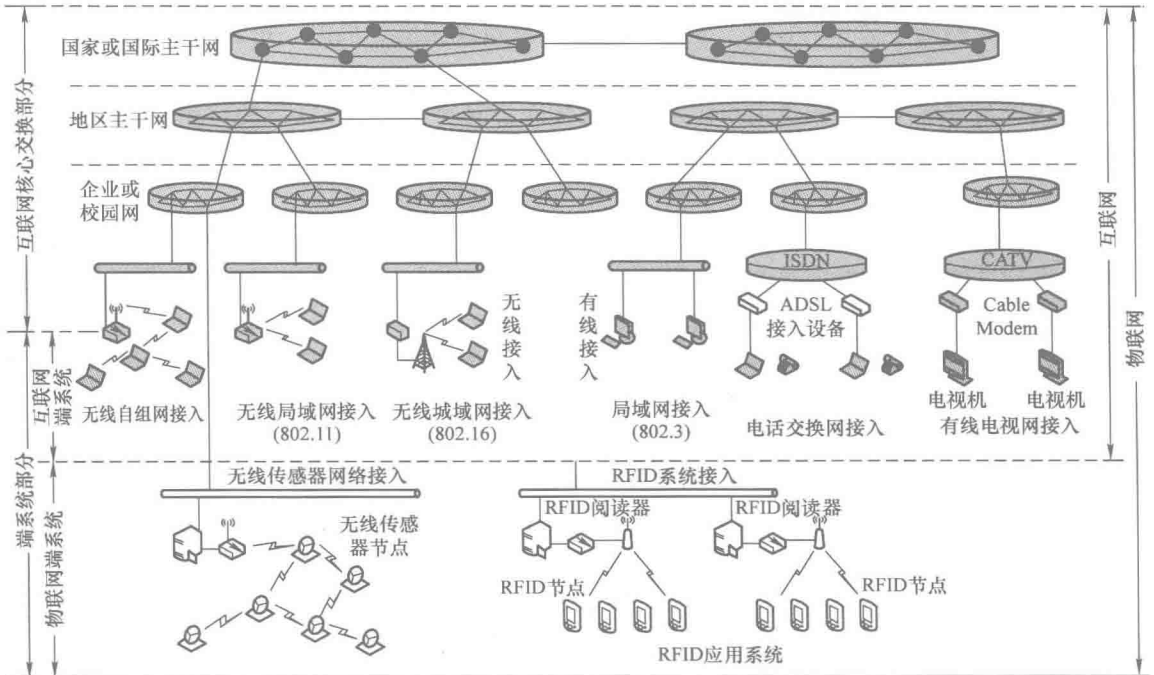


图 1-4 从端系统接入的角度看物联网的结构

1) 物联网应用系统运行在互联网核心交换结构的基础之上，在规划和组建物联网应用系统的过程中，我们将充分利用互联网的核心交换部分，基本上不会改变互联网的网络传输系统结构与技术。物联网应用系统是运行在互联网核心交换结构的基础上的。这一点正体现

出互联网与物联网的相同之处。

2) 物联网应用系统将根据需要选择无线传感器网络或 RFID 应用系统的接入方式。互联网与物联网在接入方式上是不相同的。互联网用户通过端系统的计算机或手机、PDA 访问互联网资源, 发送或接收电子邮件; 阅读新闻; 写博客或读博客; 通过网络电话通信; 在网上买卖股票, 订机票、酒店。而物联网中的传感器节点需要通过无线传感器网络的汇聚节点接入互联网; RFID 芯片通过读写器与控制主机连接, 再通过控制节点的主机接入互联网。因此, 由于互联网与物联网的应用系统不同, 所以接入方式也不同。物联网应用系统将根据需要选择无线传感器网络或 RFID 应用系统接入互联网。

1.2.3 互联网与物联网的融合

未来的计算机网络将覆盖所有的企业、学校、科研部门、政府机关和家庭, 其覆盖范围可能会超过现有的电话通信网。如果将国家级大型主干网比喻成国家级公路, 各个城市和地区的高速城域网比喻成地区级公路, 那么接入网就相当于最终把家庭、机关、企业用户接到地区级公路的道路。国家需要设计和建设覆盖全国的国家级高速主干网, 各个城市、地区需要设计与建设覆盖一个城市和地区的主干网。但是, 最后人们还是需要解决用户计算机的接入问题。对于互联网来说, 任何一个家庭、机关、企业的计算机都必须首先连接到本地区的主干网中, 才能通过地区主干网、国家级主干网与互联网连接。就像一个大学需要将校内道路就近与城市公路连接, 以使学校的车辆可以方便地行驶出去一样, 这样学校就要解决连接城市公路的“最后一公里”问题。同样, 可以形象地将家庭、机关、企业的计算机接入地区主干网的问题也称为信息高速公路中的“最后一公里”问题。

接入网技术解决的是最终用户接入宽带城域网的问题。由于互联网的应用越来越广泛, 社会对接入网技术的需求也越来越强烈, 对于信息产业来说, 接入网技术有着广阔的市场前景, 因此它已经成为当前网络技术研究、应用与产业发展的热点问题。

接入网技术关系到如何将成千上万的住宅、小型办公室的用户计算机接入互联网的方法, 关系到这些用户所能得到的网络服务的类型、服务质量、资费 etc 切身利益问题, 因此也是城市网络基础设施建设中需要解决的一个重要问题。

接入方式涉及用户的环境与需求, 它大致可以分为家庭接入、校园接入、机关与企业接入。

接入技术可以分为有线接入与无线接入两类。

从实现技术的角度, 目前宽带接入技术主要有: 数字用户线技术、光纤同轴电缆混合网技术、光纤接入技术、无线接入技术与局域网接入技术。无线接入又可以分为无线局域网接入、家庭 Wi-Fi、无线城域网接入与无线自组网接入。这些接入技术会逐渐互相融合构成一个统一的网络。

1.3 物联网的传输通信保障——互联网

在实际开展一项互联网应用系统设计与研发任务时, 设计者面对的不会只是单一的广域网或局域网环境, 而将是多个路由器互联起来的, 局域网、城域网与广域网构成的, 复杂的互联网环境。作为互联网的一个用户, 你可能是坐在位于中国西安长安大学的某个研究室的

一台计算机前，正在使用位于英国剑桥大学的某个实验室的一台超级并行机，合作完成一项大型的分布式计算任务。在设计这种基于互联网的分布式计算软件系统时，设计者关心的是协同计算的功能是如何实现的，而不是每一条指令或数据具体是以多少个字节长度的分组，以及通过哪一条路径传送给对方的。应用软件设计者的任务是如何合理地利用底层所提供的服务，而不需要考虑底层的数据传输任务是由谁、使用什么样的技术，以及是通过硬件还是软件方法去实现的。

面对复杂的互联网结构，研究者必须遵循网络体系结构研究中“分而治之”的分层结构思想，在解决过程中对复杂网络进行简化和抽象。在各种简化和抽象方法中，将互联网系统分为边缘部分和核心交换部分是最有效的方法之一。图 1-5 给出了将互联网抽象为核心交换部分和边缘部分的结构示意图。

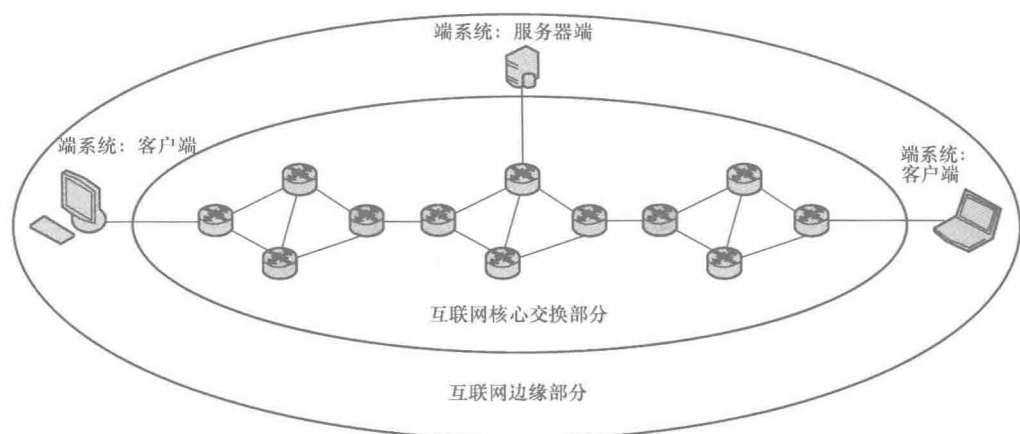


图 1-5 互联网抽象为核心交换部分与边缘部分的结构示意图

互联网边缘部分主要包括大量接入互联网的主机和用户设备，核心交换部分包括由大量路由器互联的广域网、城域网和局域网。边缘部分利用核心交换部分所提供的数据传输服务功能，使得接入互联网的主机之间能够相互通信和共享资源。

互联网边缘部分的用户设备也称为端系统（End System）。端系统是指能够运行 FTP 应用程序、E-mail 应用程序、Web 应用程序，以及 P2P 文件共享程序或即时通信程序的计算机。因此，端系统又统称为主机（Host）。随着互联网应用的扩展，接入端系统的主机类型已经从初期只有一种接入设备——计算机，扩展到所有能够接入互联网的设备，如手持终端 PDA、固定与移动电话、数字相机、数字摄像机、电视机、无线传感器网络以及各种家用电器。

1.4 物联网的一般应用及发展

1.4.1 物联感知下的发展阶段

物联网是十分复杂的，人们对它的认识以及物联网自身的发展也必然有一个由表及里、由局部到全面的过程。物联网应用的发展可以分为三个阶段：信息汇聚、协同感知和泛在