



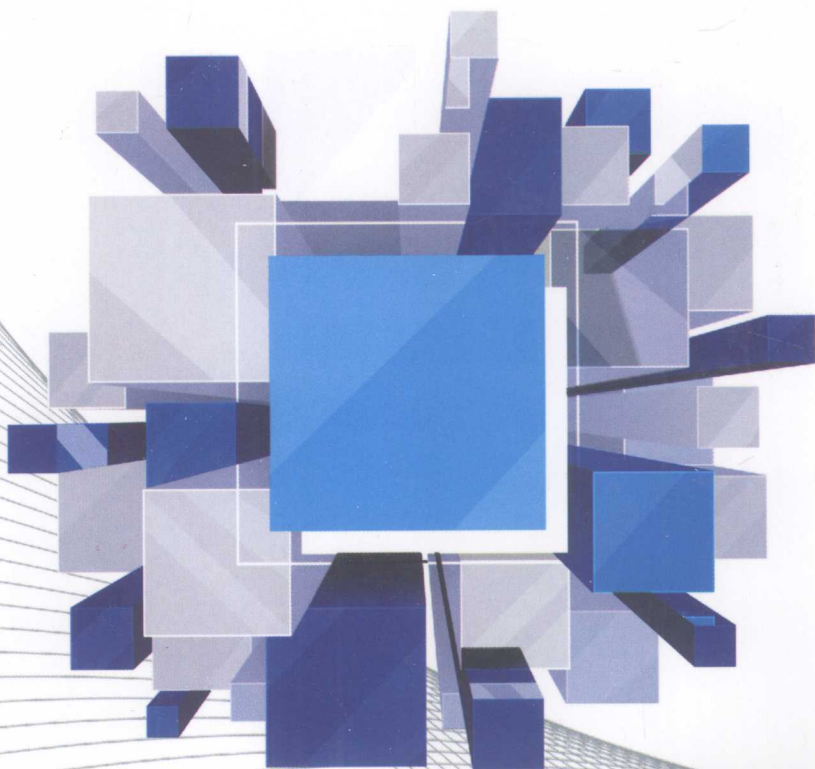
中国电子学会物联网专家委员会推荐

普通高等教育物联网工程专业“十二五”规划教材

物联网工程及应用

The Internet Of Things Engineering and Application

武奇生 惠 萌 巨永锋 陈圆媛 编著



西安电子科技大学出版社
<http://www.xduph.com>

014032886

TP393.4-43
84

中国电子学会物联网专家委员会推荐

普通高等教育物联网工程专业“十二五”规划教材

物联网工程及应用

武奇生 惠萌 巨永锋 陈圆媛 编著



TP393.4-43
84

西安电子科技大学出版社



北航

C1721110

103880410

内 容 简 介

本书的内容涵盖了物联网、RFID、无线传感器网络及云计算的基本概念、原理、技术、应用以及发展趋势和前景，书中结合作者的科研项目及研发的实体模型，充分反映了物联网技术的最新进展。主要内容包括：物联网体系结构及其信息技术、无线射频识别技术、无线传感器网络简介、无线传感器网络协议规范与通信技术、无线传感器网络及其应用、云计算、物联网安全技术、物联网的典型应用等，重点介绍了物联网技术在智能交通上的应用。

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，可作为高等院校物联网及相关专业的教材或参考教材，也可作为从事无线传感器网络与物联网工作的广大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

物联网工程及应用/武奇生等编著. —西安：西安电子科技大学出版社，2014.1

普通高等教育物联网工程专业“十二五”规划教材

ISBN 978-7-5606-3293-3

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. ① TP393.4 ② TP18

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 007196 号

策 划 刘玉芳

责任编辑 刘玉芳 毛红兵

出版发行 西安电子科技大学出版社(西安市太白南路2号)

电 话 (029)88242885 88201467 邮 编 710071

网 址 www.xduph.com 电子邮箱 xdupfb001@163.com

经 销 新华书店

印刷单位 陕西华沐印刷科技有限责任公司

版 次 2014年1月第1版 2014年1月第1次印刷

开 本 787毫米×1092毫米 1/16 印 张 16.5

字 数 385千字

印 数 1~3000册

定 价 29.00元

ISBN 978-7-5606-3293-3

XDUP 3585001-1

如有印装问题可调换

普通高等教育物联网工程专业“十二五”规划教材

编审专家委员会名单

- 总顾问:** 姚建铨 天津大学、中国科学院院士 教授
- 顾问:** 王新霞 中国电子学会物联网专家委员会秘书长
- 主任:** 王志良 北京科技大学信息工程学院首席教授
- 副主任:** 孙小菡 东南大学电子科学与工程学院 教授
- 曾宪武 青岛科技大学信息科学技术学院物联网系主任 教授
- 委员:** (成员按姓氏笔画排列)
- 王洪君 山东大学信息科学与工程学院副院长 教授
- 王春枝 湖北工业大学计算机学院院长 教授
- 王宜怀 苏州大学计算机科学与技术学院 教授
- 白秋果 东北大学秦皇岛分校计算机与通信工程学院院长 教授
- 孙知信 南京邮电大学物联网学院副院长 教授
- 朱昌平 河海大学计算机与信息学院副院长 教授
- 邢建平 山东大学电工电子中心副主任 教授
- 刘国柱 青岛科技大学信息科学技术学院副院长 教授
- 张小平 陕西物联网实验研究中心主任 教授
- 张 申 中国矿业大学物联网中心副主任 教授
- 李仁发 湖南大学教务处处长 教授
- 李朱峰 北京师范大学物联网与嵌入式系统研究中心主任 教授
- 李克清 常熟理工学院计算机科学与工程学院副院长 教授
- 林水生 电子科技大学通信与信息工程学院物联网工程系主任 教授
- 赵付青 兰州理工大学计算机与通信学院副院长 教授
- 武奇生 长安大学电子与控制工程学院自动化卓越工程师主任 教授

- 房 胜 山东科技大学信息科学与工程学院物联网专业系主任 教授
- 赵庶旭 兰州交通大学电信工程学院计算机科学与技术系副主任 教授
- 施云波 哈尔滨理工大学测控技术与通信学院传感网技术系主任 教授
- 桂小林 西安交通大学网络与可信计算技术研究中心主任 教授
- 秦成德 西安邮电大学教学督导 教授
- 黄传河 武汉大学计算机学院副院长 教授
- 黄 炜 电子科技大学通信与信息工程学院 教授
- 黄贤英 重庆理工大学计算机科学与技术系主任 教授
- 彭 力 江南大学物联网系副主任 教授
- 谢红薇 太原理工大学计算机科学与技术学院软件工程系主任 教授
- 薛建彬 兰州理工大学计算机与通信学院物联网工程系主任 副教授

项目策划: 毛红兵

策 划: 邵汉平 刘玉芳 王 飞

前 言

物联网是互联网的延伸和拓展,是继计算机、互联网和移动通信后信息产业的又一次革命。它紧密结合 RFID、计算机、通信、云计算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。目前,物联网已被正式列为我国重点发展的战略性新兴产业之一。

物联网在互联网的基础上利用传感器和无线传感器网络等技术,构建了一个覆盖全世界所有人与物的网络信息系统,从而使得人类的经济与社会生活等活动都运行在智慧的物联网基础设施之上。物联网的发展可以极大地推动国家的经济建设,改变人们的工作和生活方式。如何加快推动信息产业的发展,培养物联网学科专业人才,已经成为各个国家政府高度重视的战略问题。

本书在介绍物联网概况及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物联网的关键技术和相关知识。全书共分 9 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 章是无线传感器网络简介,第 5 章是无线传感器网络协议规范与通信技术,第 6 章是无线传感器网络及其应用,第 7 章是云计算,第 8 章是物联网安全技术,第 9 章是物联网的典型应用。各章均附有本章小结及习题,为教学提供了方便。本书参考学时为 40~60 学时,可根据具体情况酌情选择。

本书由武奇生负责统稿,具体编写分工为:武奇生编写第 1、7 章,惠萌编写第 2、4、5、6 章,巨永锋编写第 3 章,陈圆媛编写第 8、9 章。物联网形式多样、技术复杂、涉及面广,所包涵的内容覆盖多门学科,本书的成果凝聚了很多专家和学者的心血,作者在书中将他们的思想、观点、技术和方法凭借本人的理解,并按照自己的思路吸收进来。

本书的完成获得了长安大学中央高校创新团队(CHD2011TD018)、作者所在科研课题组的帮助,研发的实体模型已获专利授权,并获得长安大学国家级自动化特色专业建设点专项经费及长安大学专业综合改革专项经费的资助。

在本书的编写过程中,作者参阅了许多资料,也得到了所在单位的支持和其他同事的帮助,作者对相关参考书籍的作者表示诚挚的感谢。本书编写过程中参考了互联网上有关物联网的最新报道,在此一并向原作者和刊发机构表示诚挚的谢意,对于不能一一注明材料的来源深表歉意。对于收集到的共享资料没有标明出处或由于时间、疏忽等原因找不到出处的以及作者对有些资料进行了加工、修改纳入本书的,作者郑重声明其著作权属于原作者,并在此向他们表示致敬和感谢。

由于篇幅所限,没有将 RFID 实验、WSN 的关键技术、车联网技术等内容纳入本书,有兴趣的读者可参阅相关资料。鉴于无线传感器网络的迅速发展,物联网协议和相关标准仍在不断地发展和完善之中,加之作者水平和时间有限,书中难免存在不妥之处,恳请同行专家和读者批评指正。

编 者

2013 年 5 月

目 录

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.....	2
1.2 互联网和物联网的关系.....	5
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.....	6
1.2.3 互联网与物联网的融合.....	7
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 物联感知下的应用发展阶段.....	9
1.4.2 物联网的国内外发展现状.....	10
1.4.3 物联网未来趋势——网络融合.....	15
1.5 本章小结.....	16
习题.....	16
第 2 章 物联网体系结构及其 信息技术	17
2.1 物联网的体系结构.....	17
2.1.1 物联网的工作原理.....	17
2.1.2 物联网的体系结构.....	17
2.1.3 物联网的工作步骤.....	22
2.2 支持物联网发展的技术.....	22
2.2.1 RFID 技术.....	22
2.2.2 无线传感器网络.....	23
2.2.3 纳米技术.....	25
2.2.4 感知技术.....	26
2.2.5 通信及计算技术.....	26
2.2.6 普适计算技术.....	27
2.2.7 云计算技术.....	29
2.2.8 数据库与数据仓库技术.....	30
2.2.9 人工智能技术.....	32
2.2.10 嵌入式技术.....	34
2.3 现代网络通信与物联网.....	36
2.3.1 无线网络与物联网.....	36
2.3.2 无线局域网与协议.....	37
2.3.3 IPv6 技术.....	38
2.3.4 蓝牙、无线个人区域网与 ZigBee.....	42
2.4 无线通信 3G 与物联网的发展.....	43
2.4.1 3G 促进物联网发挥 无线通信作用.....	43
2.4.2 物联网信息发送的 平台——3G 手机.....	44
2.4.3 基于 RFID 和手机终端的 移动电子商务.....	44
2.5 集成电路：物联网的基石.....	45
2.5.1 微电子技术和产业发展的 重要性.....	45
2.5.2 集成电路的研究与发展.....	46
2.5.3 系统芯片的研究与应用.....	47
2.6 本章小结.....	48
习题.....	48
第 3 章 无线射频识别技术	49
3.1 无线射频识别技术概述.....	49
3.1.1 无线射频识别技术的 基本概念和特点.....	49
3.1.2 无线射频识别技术的现状和发展.....	50
3.1.3 无线射频识别技术的分类.....	51
3.2 RFID 及相关的自动识别技术.....	55
3.2.1 条形码简介.....	55
3.2.2 磁卡与 IC 卡简介.....	58
3.2.3 射频电子标签.....	59
3.3 RFID 基本工作原理.....	68
3.3.1 RFID 的基本原理.....	68
3.3.2 射频识别系统的工作过程.....	69

3.4 RFID 的数据传输协议	74	传感器网络	127
3.4.1 数据传输协议与方式	74	5.4.3 基于 ZigBee 的无线传感器	
3.4.2 数据安全性	76	网络与 RFID 技术的融合	129
3.5 RFID 的频率标准与技术规范	80	5.5 无线传感器网络的开发与应用	130
3.5.1 RFID 标准简介	80	5.5.1 无线传感器网络仿真技术	130
3.5.2 无线射频识别的频率标准	82	5.5.2 无线传感器网络软件开发	138
3.6 RFID 标准体系结构	84	5.5.3 无线传感器网络的	
3.7 无线射频识别的应用行业标准	85	硬件开发概述	141
3.8 系统选择与性能评估	87	5.6 无线传感器网络应用	
3.9 本章小结	90	实例——环境监测	147
习题	90	5.7 本章小结	149
第 4 章 无线传感器网络简介	91	习题	149
4.1 无线传感器网络概述	91	第 6 章 无线传感器网络及其应用	150
4.1.1 无线传感器网络的概念	91	6.1 无线 SoC 片上系统 CC2530 概述	150
4.1.2 无线传感器网络体系结构	92	6.2 CC2530 芯片	151
4.1.3 无线传感器网络的特点	95	6.3 CC2530 芯片功能结构	153
4.2 无线传感器网络研究进展	97	6.4 8051CPU 介绍	154
4.2.1 无线传感器网络的发展历程	97	6.4.1 存储器	155
4.2.2 无线传感器网络的研究进展	100	6.4.2 特殊功能寄存器	156
4.2.3 无线传感器网络面临的		6.5 CC2530 的主要外部设备	156
挑战和未来发展方向	102	6.5.1 I/O 端口	156
4.2.4 无线传感器网络的应用前景	105	6.5.2 DMA 控制器	158
4.3 本章小结	107	6.5.3 AES(高级加密标准)协处理器	158
习题	107	6.6 案例应用——基于物联网的	
第 5 章 无线传感器网络协议规范与		交通流仿真平台	159
通信技术	108	6.6.1 系统总体介绍	159
5.1 IEEE 802.15.4 标准	108	6.6.2 交通流仿真系统布设	161
5.2 IEEE 802.15.4 网络结构	108	6.6.3 系统硬件研制	161
5.2.1 物理层	110	6.6.4 系统调试	164
5.2.2 MAC 层	113	6.7 物联网智能家居实景系统	169
5.2.3 IEEE 802.15.4 安全服务	119	6.7.1 物联网智能家居实景实训系统	169
5.3 ZigBee 协议规范	120	6.7.2 家庭室内监控部分	170
5.3.1 ZigBee 协议框架	121	6.7.3 智能家居控制软件	171
5.3.2 ZigBee 网络配置	125	6.7.4 家庭内电器智能化控制	172
5.4 无线传感器网络组网	125	6.8 本章小结	173
5.4.1 基于 IEEE 802.15.4 标准的		习题	173
无线传感器网络	125	第 7 章 云计算	174
5.4.2 基于 ZigBee 协议规范的		7.1 云计算的概念	174

7.2 云计算产生和发展基础	175	8.1 物联网安全	209
7.2.1 SaaS 的诞生	176	8.1.1 物联网的安全特点	209
7.2.2 “IT 不再重要”的发表	176	8.1.2 物联网的安全模型	211
7.2.3 Google 的三大核心技术	176	8.2 RFID 的安全管理技术及手机的安全	212
7.3 云计算的发展历史	176	8.2.1 RFID 安全管理	212
7.4 云计算的发展环境	178	8.2.2 手机安全	213
7.4.1 云计算与 3G	178	8.3 无线传感器网络的安全管理技术	214
7.4.2 云计算与物联网	178	8.3.1 无线传感器网络信息	
7.4.3 云计算与移动互联网	179	安全需求和特点	215
7.4.4 云计算与三网融合	180	8.3.2 密钥管理	217
7.4.5 云计算压倒性的成本优势	181	8.3.3 安全路由	218
7.5 云服务	184	8.3.4 安全聚合	219
7.5.1 使用云平台的理由	184	8.4 物联网安全问题	219
7.5.2 云平台的服务类型	184	8.5 本章小结	220
7.5.3 云平台服务的安全性	185	习题	220
7.5.4 云平台服务的供应商	186	第 9 章 物联网的典型应用	222
7.5.5 云平台服务的优势和		9.1 物联网在智能交通方面的应用	222
面临的挑战	189	9.2 停车场管理	223
7.6 微软公司的基于 Windows Azure		9.2.1 停车场管理综述	223
系统的开发	189	9.2.2 停车场管理系统	224
7.6.1 微软公司的云计算战略	190	9.2.3 停车场管理系统主要功能	
7.6.2 微软公司的动态云计算		模块研究	230
解决方案	191	9.3 基于 RFID 与互联网技术的	
7.6.3 Windows Azure 平台简介	193	智能车位管理系统的设计	235
7.7 云计算的典型公司 Salesforce 及		9.4 车辆自动识别管理系统	236
产品简介	201	9.4.1 系统组成	236
7.7.1 Salesforce 公司历史	201	9.4.2 系统功能与特点	237
7.7.2 Salesforce Force.com 的		9.4.3 系统应用与特点	237
安全机制	201	9.5 物联网在物流业的应用	239
7.8 云计算的服务模式	202	9.5.1 应用概述	239
7.8.1 比较	203	9.5.2 药品食品安全管理	240
7.8.2 未来的竞争	204	9.5.3 电子商务物流	241
7.9 云计算与中国	204	9.6 在其他方面应用	242
7.9.1 现状	204	9.7 物联网技术的应用前景	248
7.9.2 对未来的期望	206	9.8 本章小结	250
7.10 本章小结	207	习题	250
习题	208	参考文献	251
第 8 章 物联网安全技术	209		

第1章 绪 论

我国正处在经济发展转型的历史转折阶段，十二届全国人大一次会议的政府工作报告中指出：国际金融危机正在催生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业等战略性新兴产业。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，当时称之为“传感网”。中国科学院在1999年也启动了传感网的研究和开发，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《ITU 互联网报告2005：物联网》。2005年11月27日在突尼斯举办的信息社会世界峰会(W SIS)上，ITU发布的报告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，就能通过互联网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。过去的概念中一直将物理基础设施和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、电缆等将与芯片、宽带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后，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涵义进行了扩展：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。

通过十余年的发展,物联网的定义逐步发展为:通过射频识别(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,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。物联网中,物品(商品)能够彼此“交流”,而无需人的干预。其实质是利用射频识别等技术,通过互联网实现物品(商品)的自动识别和信息的互联与共享。

IBM公司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。

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,也有学者将它称做无处不在的“泛在网”和“传感网”。无论是称为“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。而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,而物联网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”。

当前,世界各国的物联网研究基本都处于技术与试验阶段。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。

作为两次信息化革命浪潮中的领跑者,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企业等机构结合项目建立了广泛的试验区;同时,还与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,2009年8月7日,温家宝总理在视察中国科学院嘉兴无线传感网工程中心无锡研发分中心时便提出“在传感网发展中,要早一点谋划未来,早一点攻破核心技术”,并且明确要求尽快建立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的国家纷纷将物联网作为未来战略发展的新方向,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,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往前快速发展,但业务的成熟还需要不断的努力。

1.1.3 从互联网到物联网

在理解物联网基本概念的同时,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来说显得更为重要。

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。2012年7月, 中国互联网络信息中心(<http://www.cnnic.org>)发布了第30次《中国互联网络发展状况统计报告》。报告显示, 截至2012年6月底, 中国网民数量达到5.38亿, 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3.88亿, 手机首次超越台式电脑成为第一大上网终端。互联网普及率为39.9%。在普及率达到约四成的同时, 中国网民增长速度延续了自2011年以来放缓的趋势, 2012年上半年网民增量为2450万, 普及率提升了1.6个百分点。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2009年12月底, 中国大陆IPv4地址数量约为2.32亿个, 居全球第二位(<http://trace.twnic.net.tw/ipstats/statsipv4php>)。据2007年底公布的数据, IPv4地址资源的59.7%集中在美国。IPv4地址在我国的紧缺局面非常严峻, 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的各项应用, 以及3G产业链的发展和不断完善。2009年底中国移动互联网应用环境日益成熟, 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。

如果将我们生活的社会称为物理世界, 将互联网称为信息世界的话, 那么我们会发现: 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, 造成了物质资源与信息资源的浪费。例如, 由于我国电网管理与调度的智能化程度不高, 电能在传输过程中的损失达到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。

以上数据和分析表明, 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、设计与建设的, 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。

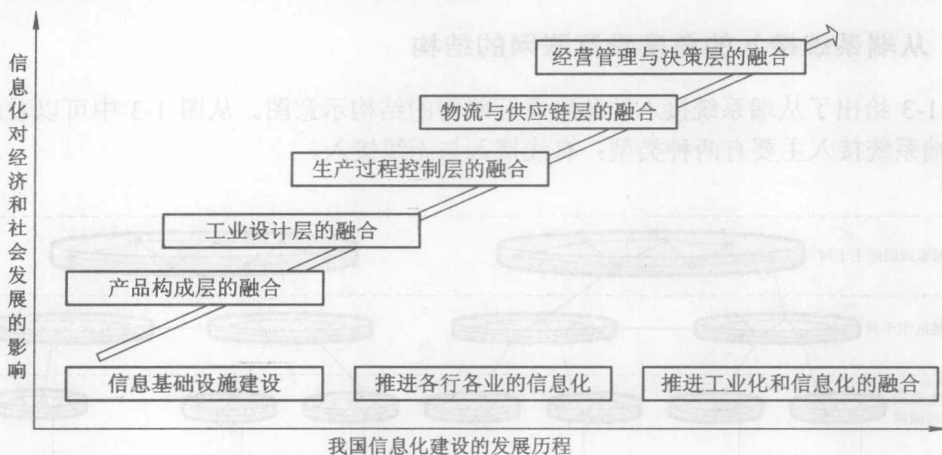
社会需求是新技术与新概念产生的真正推动力。在经济全球化的形势下, 商品货物在世界范围内的快速流通已经成为一种普遍现象。传统的技术手段对货物的跟踪识别效率低、成本高, 容易出现差错, 已经无法满足现代物流业的发展要求。同时, 经济全球化使得所有企业都面临着激烈的竞争, 企业需要及时获取世界各地对商品的销售情况与需求信息, 为全球采购与生产制定合理的计划, 以提高企业的竞争力, 这就需要采用先进的信息技术手段和现代管理理念。

智能电网、电力安全监控是物联网的一个重要应用。电力行业是关系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 35 kV 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, 确定电网的整体健康水平, 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, 采取适当的控制行动。

同时, 在节能减排等方面物联网也有十分成功的案例。以日本建筑物空调整能的设计为例, 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的, 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。

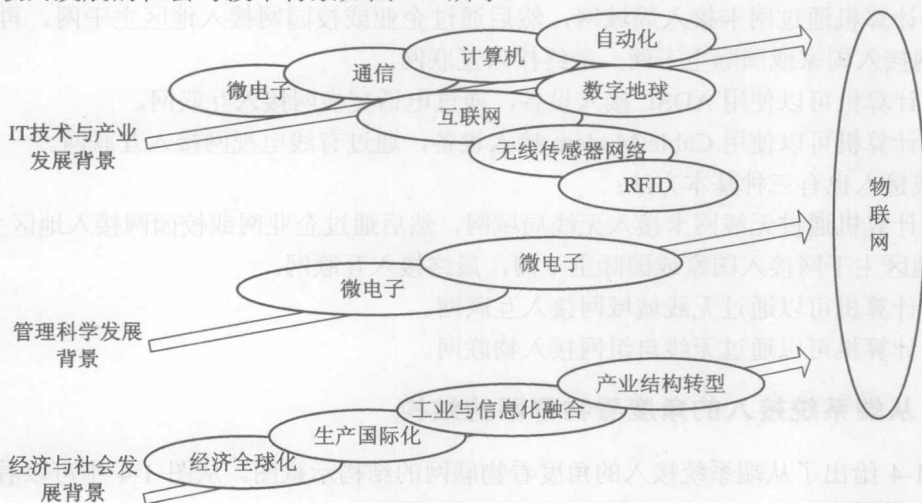
在信息化过程中, 信息技术越来越多地融入到传统工业产品的设计、生产、销售与售后服务中, 提高了企业的产品质量、生产水平与销售能力, 极大地提高了企业的核心竞争力。学术界将信息化与工业化的融合总结为五个层面的内容: 产品构成层的融合、工业设计层的融合、生产过程控制层的融合、物流与供应链层的融合、经营管理与决策层的融合。应用信息技术改造传统产业主要将表现在产品设计、研发的信息化; 生产装备与生产过程的自动化、智能化, 物流与供应链管理的信息化; RFID 技术在工业生产过程中的应用, 用物联网技术支撑工业生产的全过程等方面。

物联网发展的社会背景如图 1-1 所示。



互联网已经覆盖了世界的各个角落，深入到各国的经济、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、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”，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。

物联网发展的社会与技术背景如图 1-2 所示。



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，我们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 中可以看出，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。

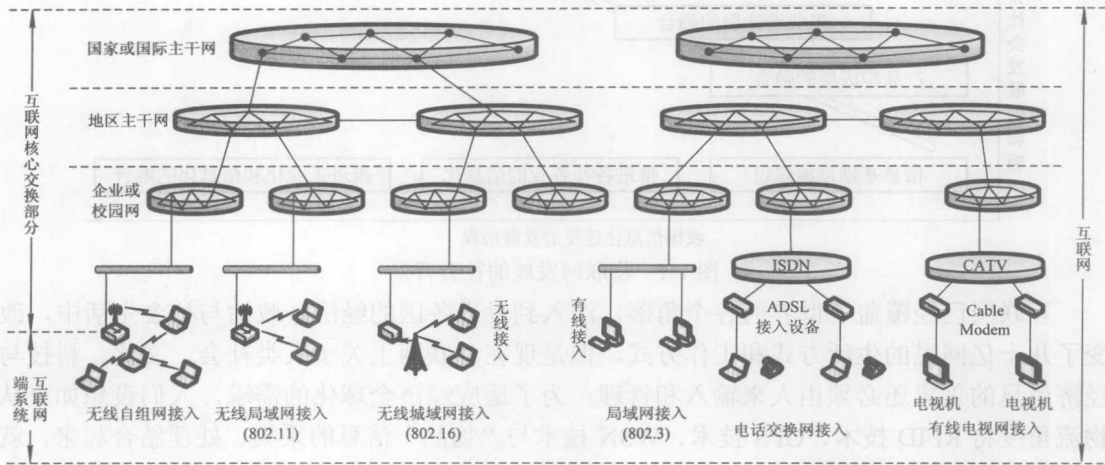


图 1-3 从端系统接入的角度看互联网的结构示意图

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，然后通过企业或校园网接入地区主干网，再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。

无线接入也有三种基本方法：

- (1) 计算机通过无线网卡接入无线局域网，然后通过企业网或校园网接入地区主干网，再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物联网。

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。从图 1-4 中可以看出物联网的两个重要特点。

(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。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 应用系统接入互联网。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。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，定机票、酒店等。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。

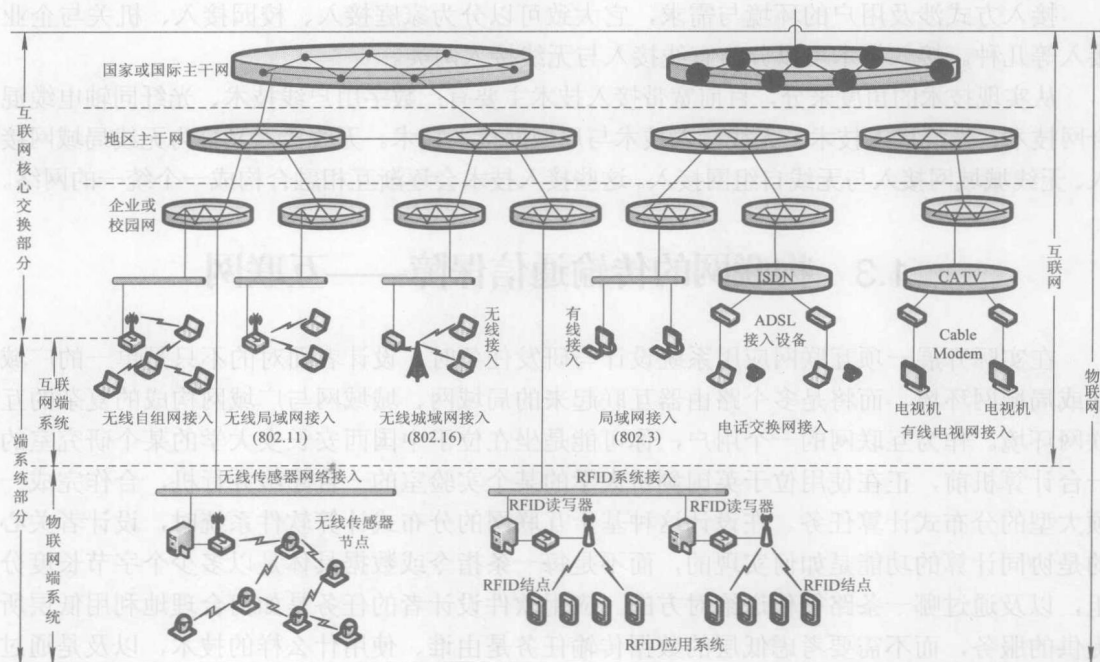


图 1-4 从端系统接入的角度看物联网的结构示意图

1.2.3 互联网与物联网的融合

互联网与物联网的融合问题实质上就是接入网的发展过程。

未来，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，我们可以形象地将家庭、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、小型办公室等的用户计算机接入互联网，关系到这些用户所能得到的网络服务的类型、服务质量、资费等切身利益问题，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、机关与企业接入等几种。接入技术可以分为有线接入与无线接入两类。

从实现技术的角度来分，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。无线接入又分为无线局域网接入、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机软件系统时，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低层所提供的服务，而不需要考虑低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。

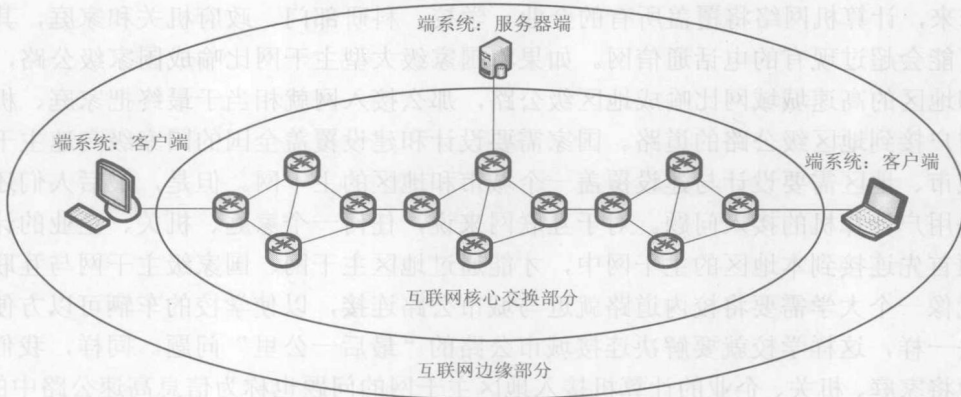


图 1-5 互联网抽象为核心交换部分与边缘部分的结构示意图

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。