

物联网时代即将到来，
你准备好了吗？

智慧的物联网



•••• 感知中国和世界的技术 ••••

吴功宜 编著

Internet Of Things



机械工业出版社
China Machine Press

物联网时代即将到来，
你准备好了吗？

智慧的物联网



感知中国和世界的技术

吴功宜 编著

Of Things



机械工业出版社
China Machine Press

本书从信息技术、信息产业、信息化与工业化融合的角度，系统地研究了物联网发展的社会背景与技术背景、物联网建设的预期目标、物联网发展与我国信息化建设的联系，全面地介绍了支撑物联网的信息技术、物联网与互联网的区别与联系，深入地讨论了物联网在感知中国和世界方面的作用以及物联网发展中的信息安全问题。

本书结构完整，层次清晰，语言流畅，图文并茂，可以供从事物联网研究与产品研发的人员、技术管理人员以及政府机关负责制定物联网技术研究、应用与产业发展规划的工作人员阅读，同时也可以供计算机与信息技术及相关专业的教师、学生阅读。

封底无防伪标均为盗版

版权所有，侵权必究

本书法律顾问 北京市展达律师事务所

图书在版编目（CIP）数据

智慧的物联网——感知中国和世界的技术/吴功宜编著. —北京：机械工业出版社，2010.6

ISBN 978-7-111-30710-5

I. 智… II. 吴… III. 计算机网络—应用—物流—研究 IV. F253.9

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2010）第 091606 号

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：刘立卿 李俊竹 白宇

三河市明辉印装有限公司印刷

2010 年 6 月第 1 版第 1 次印刷

184mm × 260mm · 17.75 印张

标准书号：ISBN 978-7-111-30710-5

定价：36.00 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

购书热线：（010）68326294；88379649；68995259

投稿热线：（010）88379604

读者信箱：hzjsj@hzbook.com



• 前 言 •

21 世纪人类社会正步入信息时代。我们正处在一场新的技术革命之中。这场技术革命的中心是物联网。物联网概念的本质就是将人类的经济生活与社会生活、生产活动与个人活动都放在一个智慧的物联网环境中运行。物联网为我们提供了感知中国与世界的的能力，也为技术创新与产业发展提供了一个前所未有的机遇。

我国的经济经过 30 年的改革开放，已经站在了一个新的十字路口，中国的工业化之路也面临新的选择。从世界经济发展趋势与我国经济发展现状来看，我国完全可以不必走发达国家先工业化后信息化的传统发展模式，而是把工业化与信息化发展阶段结合起来，加快信息技术与信息产业的发展，利用信息技术与装备，提高资源利用率，改造传统产业，优化经济结构，提高技术创新能力与现代管理水平，促进国民经济的可持续发展。

2010 年 3 月 5 日，温家宝总理在十一届全国人大三次会议的政府工作报告中指出：大力培育战略性新兴产业。国际金融危机正在催生新的科技革命和产业革命。发展战略性新兴产业，抢占经济科技制高点，决定国家的未来，必须抓住机遇，明确重点，有所作为。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。

基于多年从事互联网技术、无线传感器网络技术、信息安全技术、CPS 技术的教学和科研实践经验，我们可以清晰地认识到发展物联网技术所涉及的几个基本问题：

1) 物联网是互联网功能的扩展与延伸，是社会信息化的深化与发展。物联网的发展具有深厚的信息技术及相关专业的技术基础，有着强烈的社会需求。

2) 物联网将广泛应用于工业、农业、医疗卫生、环境保护、防灾救灾、安全保障、航空航天、军事等领域。物联网将在推动生产力发展，提高人类的生活质量，保

卫国家安全，支持可持续发展战略决策方面发挥重要的作用。

3) 发展物联网的最终目标不是简单地将物与物互联，而是要催生很多具有“计算、通信、控制、协同和自治”特征的智能设备与系统，实现实时感知、动态控制和信息服务。物联网的发展将促进社会经济发展模式的转变，推动产业的快速发展。

物联网像一股潮流扑面而来。作为一名多年从事信息技术科研、教学与学科建设管理工作的教师，作者首先“感知”的是一股暖暖的“春意”，然后“感知”的是作为科技工作者沉甸甸的责任。很多在政府管理信息化与科研部门工作的同志、企业的决策者、高校的同行不断地来找作者探讨物联网的问题，征求对发展物联网项目开发、技术与教育的建议，研究在“十二五”规划中如何发展物联网产业。每一次谈话都对作者有很大的启发，也坚定了作者完成这本著作的信心。

作者为完成这本著作已做了3年多的准备工作。作者最初的动因不是直指物联网，而是希望解开作者心中的一个困惑。作者从1984年以来一直给本科生、硕士与博士研究生讲授计算机网络与互联网技术课程，并认真地完成了本科生与研究生两套教程，指导了多篇学位论文。但是，作者越是深入地研究互联网技术与应用，就越对互联网的发展感到困惑。难道互联网技术发展的终极目标就是“高性能”、“高带宽”吗？新一代互联网技术到底是什么？同时，作者对信息技术专业的教学越教越专、越教越窄，不同学科之间、同一学科不同课程之间缺乏应有的交叉，社会需求强烈而学生就业越来越困难等问题感到困惑。多年教学和科研的实践经验与直觉告诉作者，信息技术教育必须突破传统的思维定式，寻找适合中国国情和21世纪发展需要的教育模式。作者希望全面地总结信息技术、信息产业与信息化发展问题，给大学信息技术专业的学生写一本能够反映信息技术发展现状与发展趋势的信息技术导论的教材，同时也是回答作者自己和同行的困惑，该教材现在正处于准备阶段，但是所搜集的大量资料、文献以及个人对技术的认知与总结，能够帮助作者完善对物联网的认识。

本书写作的主要特点是：作者是站在技术人员、教育工作者与政府管理人员三者共同的立场上，去探讨物联网技术与产业发展问题。

作者之所以这样思考问题，与近年来所承担的教学科研、学科管理及社会工作经历有关。作为大学教师，作者与南开大学网络实验室的科研教学团队一起，开展了无线自组网、无线传感器网络、P2P网络、网络安全技术的研究工作。在20多年的工作经历中，对互联网技术研究与发展比较了解。同时，在与国内外很多大学、研究所、软件公司、电子信息产品制造商的合作与交流的过程中，对国内外信息产业发展情况有较好的了解。特别是自1995年以来，作者参与研究与起草“天津信息港工程规划纲

要”、“天津信息产业发展策略研究”、“天津市软件产业发展规划”；主持“天津市信息化建设十一五发展规划（总体）研究”工作。这些经历给了作者从信息技术对社会发展作用的角度去思考问题的机会，使得作者能够跳出作为一名“单纯”的教学和研究人员的局限，逐渐学会了将技术、教育、产业与社会发展结合起来思考的方法。近年来作者作为评审专家参与了很多研究计划的制定、立项评审、结题评审、科技奖评审工作，其中就有多项涉及物联网技术与应用的内容。作者从同行那里学到很多知识，开阔了思路，明白了很多自己以前不懂的东西。同时，作者多年担任南开大学信息技术科学学院院长，需要和学院的计算机、自动化、电子科学、光学工程、信息安全等七个一级学科、学科群的老师们打交道，听国内外相关领域专家的报告，参加各个学科科研开题与结题会议，这些工作确实让作者学到了很多相关学科的知识，也使作者对交叉学科发展问题产生了很大的兴趣。

作者认为，我国是信息技术应用的大国，但不是信息技术强国。创新是一个民族的灵魂。中华民族要屹立于 21 世纪的信息技术强国之林，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。要完成一本有关物联网方面的著作是十分困难的，但是出于一位教师的良知，作者还是希望将自己一些不成熟的看法提出来，与同行共同进行交流，一起为推动我国物联网事业的发展做出贡献。

作者试图在这本书中讨论以下六个方面的问题：

（1）探讨物联网发展的社会背景与技术背景

任何一项技术的出现都会有其深厚的社会发展与技术发展背景。如果我们对一项技术的出现感到很“突然”，那么就说明我们对它的认识还不够，需要坐下来认真思考一下这方面的问题，否则我们就有可能是“随大流”，比较盲目地进入这个领域。本书希望为读者诠释物联网发展“自然”的形成与发展过程，加深读者对物联网发展必然性的理解。

（2）阐明物联网发展与社会信息化发展的关系

很多同志和作者之前一样，对信息化与工业化融合理解不深入，很多之前从事省市信息化领导和组织工作的同志认为信息化被“淡化”了，不再重要了，对物联网与社会信息化发展的关系感到茫然。本书希望站在三个五年计划（15 年）信息化发展的角度，诠释物联网与社会信息化发展的关系，看到物联网是我们多年工作的延续和深化，将会极大地推动信息产业空前的发展和繁荣，加深读者对物联网发展重要性的理解。

（3）分析物联网与互联网的区别与联系

相关的技术之间必然是相通的，是有自然的内在联系的，物联网与互联网也不例

外。互联网发展到一定的阶段，其产业发展必然要出现新的形态。本书希望站到互联网发展的历史过程之中，去分析物联网的技术特征，阐述物联网是互联网功能的扩展与延伸，加深读者对物联网技术特征的理解。

（4）说明物联网建设的预期目标

全世界那么多的智者都在讨论物联网，物联网建设的预期目标就不会如我们初次接触的新手考虑的那么简单。本书希望站在物联网与社会发展关系的角度，阐述我国物联网建设的最终目的是进一步提高劳动生产力，改善人民的生活质量，保卫国家安全，支持我国可持续发展大政方针的实施，加深读者对物联网在推动社会发展方面所起作用的认识。

（5）描述物联网在感知中国和世界中的作用

物联网可以用于数字制造、数字城市、数字农业、公共安全、城市管理、智能交通、安全生产、环境监测、远程医疗、智能家居、智慧边疆等领域，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，更全面的认知能力，更为智慧的处理能力。本书希望站在物联网应用的角度，加深读者对物联网在感知中国和世界中的作用的认知。

（6）指出物联网发展中的利与弊

任何事都是有利有弊，物联网也必然要遵从这个规则。我们在兴致勃勃地讨论物联网发展前景时，必须充分地认识到它可能给我们带来的问题。互联网的安全问题是物联网的前车之鉴。机遇与挑战同在。我们的正确态度是：正视、慎重、应对，别无选择。

作者需要说明的是：本书所涉及的内容跨了多个学科，而作者的研究工作也只限于几个比较窄的方面，不可能在如此广泛的领域都能够涉猎，并都有很深的理解，因此本书的成果实际上是凝聚了很多智者的心血，作者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，由于有一个多年阅读的积累过程，作者在参考文献中列出了一些主要的参考书籍，不可避免会出现个别的遗漏。为了能以图文并茂的方式帮助读者理解知识，书中从互联网的几个主要的搜索引擎或专业网站上择选和编辑了一些具有新闻性、正面宣传意义与不涉及个人肖像权的图片，在此对这些图片的作者表示衷心的感谢。

在完成初稿写作之时，作者想感谢的人很多。首先要感谢母国光院士。在 1995 年接受研究与起草“天津信息港工程规划纲要”任务时，大家都很茫然。在请教母国光院士时，他从对于美国信息高速公路 NII 计划的看法，到中国科学院信息技术学部院士

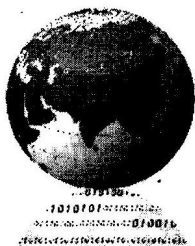
们的想法给我们做出了准确和详尽的分析，使我们茅塞顿开。在母国光院士的指导之下，顺利地完成了“天津信息港工程规划纲要”的写作任务，也使作者受到了很好的锻炼。感谢卢桂章教授，在与卢桂章教授一起参加“九五发展规划”、“十五发展规划”研究的过程中，作者对于卢桂章教授敏锐的洞察力、渊博的学识与高尚的人品十分钦佩。感谢刘瑞挺教授，他带领着大家开创了网络研究方向，他对计算机与网络的渊博的学识和独到的研究方法一直指导着网络实验室的工作。感谢颜松远教授，他对于密码学的很多独到的理解对作者有很大的启发。感谢徐敬东教授、张建忠教授、苏明副教授、吴英副教授，以及国家计算机病毒应急处理中心常务副主任张健博士，他们在新技术的研究方面的成果与方法给了作者很多的启发和帮助。感谢作者的夫人牛秀卿教授，正是有她的理解和支持，才使作者这些年来能够安心研究和写作。

感谢武汉大学计算机学院牛晓光老师。作者在本书基调最终确定之前与他进行了深入的讨论。牛晓光老师一直从事无线传感器网络与物联网的研究工作，对物联网技术的发展有深入和独到的理解。他对本书整体结构与基调的把握给出了重要的意见和建议。他在南开读书期间师从于作者，看到他取得如此大的进步，作为他的导师感到非常欣慰。

本书可以供从事物联网研究与产品研发的人员、技术管理人员以及政府机关负责制定物联网技术研究、应用与产业发展规划的工作人员阅读，同时也可以供计算机与信息技术相关专业的教师、学生阅读。

书中对某一方面的技术理解有误或不准确，以及总结中出现挂一漏万的问题在所难免，恳请读者不吝赐教。

吴功宜
于南开大学信息技术科学学院计算机系
wgy@nankai.edu.cn
2010年5月16日



● 目 录 ●

前言

第1章 信息技术、信息产业与物联网 /1

1.1 创新是21世纪信息技术发展的必由之路 /1

1.1.1 信息技术的辉煌 /1

1.1.2 信息技术的困惑 /2

1.1.3 21世纪信息技术发展趋势 /3

1.2 信息产业的发展 /4

1.2.1 从产业结构的角度认识信息产业 /4

1.2.2 从与信息社会关系的角度认识信息产业 /4

1.2.3 从发展战略的角度认识信息产业 /5

1.3 信息化的发展 /5

1.3.1 信息化与社会经济发展转型 /5

1.3.2 信息化的内涵 /6

1.3.3 信息化与工业化的融合 /8

1.4 战略性新兴产业与物联网 /13

1.4.1 21世纪我国发展战略战略性新兴产业的重大决策 /13

1.4.2 物联网的基本概念 /13

1.4.3 物联网发展的社会背景 /16

1.4.4 物联网发展的技术背景 /20

1.4.5 物联网的作用：从信息化“烧钱”

到信息化“赚钱”的观念变化 /21

1.4.6 物联网：感知中国与世界 /24

1.4.7 物联网结构 /25

1.4.8 我国发展物联网的阶段性问题 /31

1.4.9 我国发展物联网技术需要解决的六个 主要问题 /33

1.5 未来物联网的发展与CPS

研究计划 /34

1.5.1 CPS研究计划的提出 /34

1.5.2 CPS研究的基本思路 /35

本章小结 /36

第2章 支撑物联网的信息技术 /38

2.1 计算机技术：物联网的计算工具 /38

2.1.1 高性能计算、普适计算与云计算 /38

2.1.2 数据库与数据仓库技术的研究 与发展 /44

2.1.3 人工智能技术的研究与发展 /46

2.1.4 多媒体技术的研究与发展 /49

2.1.5 虚拟现实技术的研究与发展 /52

2.1.6 嵌入式技术的研究与发展 /55

2.1.7 可穿戴计算技术的研究与应用 /57

2.2 通信技术：物联网的通信工具 /61

2.2.1 移动通信的分类 /61

2.2.2 蜂窝移动通信的发展历程 /62

2.2.3 3G 与物联网应用 /63

2.2.4 光纤通信与光传输网技术 /65

2.2.5 下一代网络技术的研究与发展 /66

2.3 集成电路：物联网的基石 /67

2.3.1 微电子技术和产业发展的重要性 /68

2.3.2 集成电路的研究与发展 /68

2.3.3 系统芯片的研究与应用 /70

本章小结 /70

第3章 互联网：物联网的运行环境 /72

3.1 计算机网络的基本概念 /72

3.1.1 从人的思维规律来认识计算机网络技术发展的必然性 /72

3.1.2 计算机网络发展的四个阶段 /74

3.1.3 计算机网络发展的三条主线 /74

3.2 互联网的形成与发展 /75

3.2.1 互联网发展的背景 /75

3.2.2 Web 技术的研究与应用 /80

3.3 互联网应用的高速发展 /82

3.3.1 互联网的应用领域 /82

3.3.2 互联网应用技术发展的三个阶段 /83

3.3.3 互联网应用的两种工作模式：客户/服务器模式与 P2P 模式 /84

3.4 互联网接入技术与三网融合 /87

3.4.1 宽带城域网技术的发展 /87

3.4.2 接入网技术发展的背景 /87

3.4.3 计算机网络、广播电视网与电信网的三网融合 /89

3.5 互联网与物联网的区别与联系 /90

3.5.1 互联网核心交换与端系统的抽象方法 /90

3.5.2 从网络端系统接入的角度看互联网与物联网的区别与联系 /91

3.5.3 从网络数据采集与传输内容的角度看互联网与物联网的区别与联系 /93

本章小结 /93

第4章 无线传感器网络：物联网的末梢神经 /95

4.1 无线网络的基本概念 /95

4.1.1 无线网络技术的分类 /95

4.1.2 无线分组网与无线自组网 /96

4.1.3 无线自组网与无线传感器网络 /96

4.1.4 无线自组网与无线网状网 /96

4.2 无线局域网与协议 /97

4.2.1 无线局域网的应用领域 /97

4.2.2 无线局域网协议 /98

4.3 无线城域网与 IEEE 802.16 协议 /98

4.3.1 宽带无线接入的基本概念 /98

4.3.2 IEEE 802.16 标准体系 /99

4.4 蓝牙、无线个人区域网与 ZigBee /99

4.4.1 蓝牙技术与协议 /99

4.4.2 无线个人区域网与协议 /100

4.4.3 ZigBee 技术的特点 /101

4.5 无线自组网技术应用领域与关键技术的发展 /101

4.5.1 无线自组网技术的主要特点 /101

4.5.2 无线自组网的主要应用领域 /102

4.5.3 无线自组网关键技术的研究 /104

4.6 无线传感器网络应用领域与关键技术的研究 /105

- 4.6.1 传感器与无线传感器网络技术发展的背景 /105
- 4.6.2 无线传感器网络的特点 /107
- 4.6.3 无线传感器网络的应用前景 /108
- 4.6.4 无线传感器网络的基本结构 /109
- 4.6.5 无线传感器网络关键技术研究 /111
- 4.7 无线网状网应用领域与关键技术研究 /114
 - 4.7.1 无线网状网发展的背景 /114
 - 4.7.2 无线网状网的技术特点 /114
 - 4.7.3 无线网状网的网络结构 /115

本章小结 /116

第5章 数字地球、数字城市：物联网的空间信息支撑技术 /118

- 5.1 数字地球的研究与发展 /118
 - 5.1.1 数字地球概念产生的背景 /118
 - 5.1.2 数字地球的定义 /120
 - 5.1.3 数字地球的主要特征 /120
 - 5.1.4 数字地球技术的作用 /121
 - 5.1.5 探索与研究：数字地球神经系统 /122
- 5.2 数字中国的研究与发展 /122
 - 5.2.1 数字中国战略的提出 /122
 - 5.2.2 数字中国建设的基本内容 /123
- 5.3 数字地球的核心技术 /123
 - 5.3.1 航天航空遥感技术 /124
 - 5.3.2 全球定位系统 /126
 - 5.3.3 地理信息系统 /129
 - 5.3.4 全球综合对地观测系统 /132
 - 5.3.5 数字地球基础理论体系 /134
- 5.4 数字城市的研究与发展 /134
 - 5.4.1 数字城市概念产生的背景 /134

- 5.4.2 数字城市空间数据基础设施建设 /136
- 5.4.3 多媒体电子地图集与互联网地图 /137

5.5 数字城市技术的应用 /140

- 5.5.1 数字城市技术在城市交通中的应用 /140
- 5.5.2 数字城市技术在城市公共突发事件应急处理中的应用 /145
- 5.5.3 数字城市技术在城市建设规划中的应用 /151

本章小结 /153

第6章 射频标签：物联网的物品标识技术 /154

6.1 射频标签与自动识别技术 /154

- 6.1.1 条形码简介 /154
- 6.1.2 磁卡与IG卡简介 /157
- 6.1.3 射频标签简介 /159
- 6.1.4 RFID的基本工作原理 /159
- 6.1.5 RFID标签的分类 /161
- 6.1.6 RFID标签与非接触式IC卡的区别与联系 /162

6.2 RFID技术的应用 /163

- 6.2.1 RFID在商业流通领域中的应用 /163
- 6.2.2 RFID在食品安全与流通中的应用 /164
- 6.2.3 RFID在危险品管理中的应用 /164
- 6.2.4 RFID在交通运输中的应用 /165
- 6.2.5 RFID在医疗卫生管理中的应用 /166
- 6.2.6 RFID在城市一卡通中的应用 /167
- 6.2.7 RFID在商业营销中的应用 /168

6.3 RFID产业的发展 /168

- 6.3.1 世界知名IT企业对RFID产业发展的思路 /168

- 6.3.2 我国政府对发展 RFID 技术、应用
与标准工作的重大决策 /169

本章小结 /169

第7章 数字中国：物联网的应用 /170

7.1 现代物流：物联网在电子商务与物流业 中的应用 /170

- 7.1.1 电子商务的基本概念 /170
- 7.1.2 现代物流的发展 /171
- 7.1.3 物联网覆盖现代物流的全过程 /172
- 7.1.4 现代物流标准化与物联网体系 /173

7.2 数字健康：物联网在医疗卫生领域 中的应用 /174

- 7.2.1 医院管理信息化的研究与发展 /174
- 7.2.2 远程医疗技术的研究与发展 /177
- 7.2.3 无线传感器网络在医疗卫生管理
中的应用 /180

7.3 数字农业：物联网在农业中 的应用 /181

- 7.3.1 数字农业涵盖的基本内容 /181
- 7.3.2 数字农业技术 /182
- 7.3.3 数字农业技术研究的主要内容 /183
- 7.3.4 无线传感器网络在农业中的应用 /184

7.4 数字林业：物联网在林业中 的应用 /187

- 7.4.1 数字林业发展的重要性 /187
- 7.4.2 数字林业研究的主要内容与
发展定位 /187
- 7.4.3 我国数字林业建设的主要任务 /188
- 7.4.4 无线传感器网络在林业中的应用 /189

7.5 数字水利：物联网在水利行业中 的应用 /190

- 7.5.1 数字水利的定义与内涵 /190
- 7.5.2 数字水利发展的基础 /191
- 7.5.3 数字水利发展目标与思路 /193
- 7.5.4 数字水利建设的主要内容 /193
- 7.5.5 无线传感器网络在数字水利中
的应用 /194

7.6 数字环保：物联网在环境保护领域中 的应用 /196

- 7.6.1 数字环保的基本概念 /196
- 7.6.2 我国数字环保的工作基础 /196
- 7.6.3 无线传感器网络在环境保护中
的应用 /197

7.7 数字减灾：物联网在防灾救灾领域中 的应用 /199

- 7.7.1 数字减灾的基本概念 /199
- 7.7.2 我国数字减灾的工作基础 /199
- 7.7.3 无线传感器网络在防灾救灾与应急
处置中的应用 /200

本章小结 /201

第8章 智能机器人：物联网家族中的重要 成员 /202

8.1 机器人技术的研究与发展 /202

- 8.1.1 机器人的基本概念 /202
- 8.1.2 机器人技术的发展过程 /203

8.2 机器人的定义与分类 /205

- 8.2.1 机器人设计的三原则 /205
- 8.2.2 机器人的定义 /206
- 8.2.3 机器人的分类 /206

8.3 民用机器人的研究与应用 /206

- 8.3.1 工业机器人 /206
- 8.3.2 农业机器人 /207

- 8.3.3 服务机器人 /208
- 8.3.4 医用机器人 /209
- 8.3.5 微机器人与微操作机器人 /210
- 8.3.6 仿人机器人 /213
- 8.3.7 玩具机器人 /215
- 8.3.8 特种机器人 /216
- 8.3.9 空间机器人 /220

8.4 机器人学的研究与发展 /222

本章小结 /223

第9章 物联网技术在军事上的应用：物联网与现代战争 /224

- 9.1 物联网与现代战争的基本概念 /224
 - 9.1.1 战场感知的基本概念 /224
 - 9.1.2 战场感知体系的基本结构 /224
- 9.2 无线传感器网络在军事上的应用 /226
 - 9.2.1 无线传感器网络在军事上应用的优势 /226
 - 9.2.2 分布式传感器在战场侦察中应用的历史 /226
 - 9.2.3 无线传感器网络在军事装备研究中的应用 /227
 - 9.2.4 无线传感器网络在反恐装备研究中的应用 /227
- 9.3 物联网在军事物流中的应用 /228
 - 9.3.1 物流的基本概念 /228
 - 9.3.2 军事物流的特点 /229
 - 9.3.3 RFID 技术在现代军事物流中的应用 /230
- 9.4 穿戴计算机在军事上的应用 /231
 - 9.4.1 穿戴计算机在军事装备维护上的应用 /231

- 9.4.2 穿戴计算机与未来战士 /231

9.5 智能机器人在军事上的应用 /232

- 9.5.1 军用机器人的研究发展动向 /232
- 9.5.2 地面军用机器人 /232
- 9.5.3 空中军用机器人 /234
- 9.5.4 水下军用机器人 /235

本章小结 /236

第10章 物联网中的信息安全技术：物联网安全的保障 /237

- 10.1 物联网安全中的六大关系 /237
 - 10.1.1 物联网安全与现实社会的关系 /237
 - 10.1.2 物联网安全与计算机、计算机网络安全的关系 /238
 - 10.1.3 物联网应用系统建设与安全系统建设的关系 /238
 - 10.1.4 物联网安全与密码学的关系 /239
 - 10.1.5 物联网安全与国家信息安全战略的关系 /239
 - 10.1.6 物联网安全与信息安全共性技术的关系 /241
- 10.2 近年来网络安全形势的演变 /242
 - 10.2.1 互联网安全威胁发展总的趋势 /242
 - 10.2.2 近期网络安全威胁的主要特点 /243
- 10.3 共性化的网络安全技术的研究与发展 /244
 - 10.3.1 网络安全技术的内容与分类 /244
 - 10.3.2 网络攻击的分类 /245
 - 10.3.3 网络安全防护技术的研究 /248
 - 10.3.4 网络防病毒技术的研究 /250
 - 10.3.5 计算机取证的基本概念 /250
 - 10.3.6 网络业务持续性规划技术的研究 /251

10.3.7 密码学及其应用技术的研究 /252	10.5.2 无线传感器网络安全隐患的分类 /260
10.3.8 网络安全应用技术的研究 /254	10.5.3 无线传感器网络安全技术研究的内容 与进展 /262
10.4 无线自组网安全技术的研究 /256	10.6 RFID 系统与手机安全技术的研究 /263
10.4.1 无线自组网安全技术的基本概念 /256	10.6.1 RFID 系统的安全问题 /263
10.4.2 无线自组网安全的脆弱性 /256	10.6.2 手机的安全性问题 /265
10.4.3 无线自组网的安全威胁 /257	本章小结 /266
10.4.4 无线自组网的安全方案 /258	参考文献 /267
10.5 无线传感器网络安全技术的研究 /260	
10.5.1 无线传感器网络安全问题的 特殊性 /260	

21 世纪人类社会正步入信息时代。我们正处在一场新的技术革命之中。这场技术革命的中心是物联网。物联网概念的本质就是将人类的经济与社会、生产与生活都放在一个智慧的物联网环境中。物联网为我们提供了感知中国与世界的能力,也为技术创新与产业发展提供了一个前所未有的机遇。

●第 1 章● 信息技术、信息产业与物联网

本章在系统介绍信息技术、信息产业以及信息化与工业化融合的基础上,将深入地讨论物联网的基本概念,物联网发展的社会背景和技术背景,我国发展物联网产业需要注意的问题,以及未来物联网的发展与 CPS 研究计划的关系。

1.1 创新是 21 世纪信息技术发展的必由之路

1.1.1 信息技术的辉煌

1. 信息技术的发展水平影响着国家的核心竞争力

信息技术是当今世界经济社会发展的重要驱动力。信息技术由计算机技术、通信技术、微电子技术、光电子技术、信息安全技术、智能技术与软件技术等组成。计算机技术与通信技术作为信息技术的基础和关键技术,在微电子技术的推动下,引领着信息技术的高速发展与广泛应用,成为推动当今世界经济与社会发展的重要动力。

随着国家信息化和全球信息化的推进,世界各国对信息技术的需求增长迅猛。各国在推进信息化的过程中需要大量的计算机设备、网络设备、通信设备与各种软件,需要有信息服务业的技术支持,这促使信息产业高速发展。

到了 21 世纪,互联网已经和电力、电话、高速公路一样,成为一个国家或地区重要的基础设施。今天人类所享受的一切现代文明,无一不直接或间接地与信息技术相关。当代科学技术的创新性研究在很大程度上依赖于信息技术。当代的经济与社会发展在很大程度上都取决于信息产业的发展。信息技术与信息产业正在一步一步地改变着人们的生产方式、工作方式、学习方式与思维方式。历史上还没有哪种技术和产业对人类社会产生如此之广泛、深刻的影响。

2004 年,美国总统科学技术政策办公室指示总统信息技术顾问委



员会在网络和信息技术研究与发展（NITRD）计划的基础上，对如何大力发展计算科学从而确保美国在各个领域的竞争力的问题进行了深入研究，并专门成立了计算科学分委员会来开展调研工作。2005 年，美国总统信息技术顾问委员会提交了一份题为《计算科学确保美国的竞争力》的报告。这份报告将计算科学提升到影响国家核心竞争力的高度。报告指出：利用计算科学先进的计算能力和方法来理解和解决复杂问题，是提高科学研究水平、增强产业竞争力和确保国家安全的關鍵。

2. 21 世纪学科发展的一个重要特征是大批以信息技术为基础的交叉学科快速发展

信息技术是渗透性、带动性最强的技术。随着信息技术的不断发展，信息技术之间、信息技术和其他技术之间的相互渗透日趋增加，单一的技术突破已难以适应产业发展的需要。信息科学有一个很大的基础科学库，它被不同的学科所使用，与其他学科交叉、融合，在 21 世纪有很多机会形成基础和技术上的创新。例如，信息技术学科与生命科学交叉形成了生物信息学，信息技术学科与环境资源学科交叉形成了资源环境信息学，同时也出现了计算化学、计算物理学等新的交叉学科。多学科交叉融合是学科自身高度发展的必然结果，是学术创新思想的体现，同时也给信息技术的研究提出了很多课题，产生了大量新的研究方向、新的技术、新的产业与创新性成果。新兴交叉学科代表着先进生产力的发展方向，充满着活力和机遇。

今天，世界各国的分子生物学家正在忙于进行有史以来最为艰巨的数据采集和处理工作。在政府、大学、研究所与公司的实验室里，研究人员正在进行从最低等的细菌到最高等的人类基因组图谱和 DNA 序列测定，为的是发现有经济价值的利用和开发遗传信息的新途径。计算机广泛地用于破译、管理和组织这种新的经济资源——遗传信息。如果走入基因组测序的研究所，你会看到大量的以超级计算机为基础的测序仪，说不定你会误以为到了一家信息技术公司。到 21 世纪结束的时候，分子生物学家希望获得几万种生物的基因组序列，它将包含分布在地球不同地方的微生物、植物、动物进化“蓝图”的巨大数据库。生物信息学的研究成果将帮助人类了解产生疾病的原因与改变治疗疾病的方法。生物产业因信息产业的加盟而提速，信息产业也因生物信息学的研究需求而获得发展的动力。生物信息学的发展所带来的经济效益是不可估量的。

为了促进新兴、交叉学科的发展，第一届国际应用计算与计算科学会议（ACCS 2008）列选的交叉学科的科目有计算数学、计算物理、计算生物、计算化学、计算经济学、计算金融等十几个之多。2009 年底召开的 IEEE 国际应用计算与计算科学大会指出：复杂系统的建模、先进的科学与工程计算、复杂的算法以及多学科解决问题的环境，对于传统学科的发展带来了越来越多的挑战。新兴的交叉学科涉及科学、工程、艺术与人文学科。利用计算科学先进的计算能力和方法，是提高科学研究水平、产业竞争力的关键，这一点已经在科技界与产业界形成共识，更多的交叉学科正在形成与发展之中。新兴交叉学科必将导致创新性成果和新兴产业的出现。

1.1.2 信息技术的困惑

在我们兴致勃勃地讨论信息技术和产业对于人类社会发展的巨大作用的同时，我们必须正视学术界普遍认同的一个观点，那就是：信息技术的基础理论大部分是 20 世纪 60 年代以前完成的，近 40 年来信息科学没有取得重大突破。这个观点可以用以下 10 个例子作为佐证。

1) 1945 年，“计算机之父”冯·诺伊曼提出的计算机体系结构，仍然是今天我们设计计算机必须遵从的基本设计原则。

2) 1950 年,“人工智能之父”图灵提出了人工智能的基本概念,以及判断计算机是否具有智能的“图灵测试”方法。人工智能技术诞生的时间可追溯到 20 世纪 50 年代中期。

3) 1969 年,光计算机的研究出现。量子计算的概念是 20 世纪 70 年代提出的。1983 年开始了生物计算机的研制。

4) 20 世纪 60 年代末出现的 Pascal 语言是计算机语言发展史上的一个重要里程碑。面向对象程序设计语言是 20 世纪 70 年代初出现的。

5) 可穿戴计算的概念是 20 世纪 60 年代提出的。嵌入式系统的研究开始于 20 世纪 70 年代。

6) 计算机网络的核心概念“分组交换”是 1964 年提出的。互联网的雏形 ARPANET 于 1969 年开始组建和运行。TCP/IP 协议在 1980 年开始正式成为网络协议标准。无线分组网的研究开始于 1972 年。

7) 移动通信技术的研究开始于 20 世纪 20 年代。1978 年蜂窝移动通信网问世。

8) 1945 年,科学家提出了利用卫星进行通信的设想。1962 年,第一颗可以用于电话和电视传输的通信卫星发射成功。

9) 1833 年,科学家发现了半导体性质,1931 年提出了能带理论,1939 年发明了纯净晶体的生长技术和掺杂技术。1947 年第一个点接触型晶体管诞生。1950 年单晶锗结型晶体管诞生。1958 年世界上第一块集成电路问世。

10) 1966 年光导纤维通信理论提出。1981 年第一个光纤通信系统问世。

1.1.3 21 世纪信息技术发展趋势

胡锦涛总书记在 2006 年全国科学技术大会上的讲话中指出:抓住信息科技更新换代和新材料科技迅猛发展的难得机遇,把掌握装备制造业和信息产业核心技术的自主知识产权作为提高我国产业竞争力的突破口。胡锦涛总书记的讲话为我们研究信息技术与信息产业的发展指出了明确的方向,也使我们深刻地认识到:创新是 21 世纪信息技术发展的必由之路。

在天津举行的 2009 中国计算机大会上,作为参与研究中科院面向 2050 年科技发展路线图的专家之一,中国工程院院士、中科院计算技术研究所所长李国杰对 21 世纪上半叶信息科学技术发展战略取向的研究成果做出了精辟的解读。李国杰院士报告的基本观点可以归纳为以下几点:

1) 在 21 世纪上半叶信息技术不是让位于生物技术和纳米技术,而是面临一次新的信息科学革命。在整个 21 世纪,信息科学与技术将与生物、纳米、认知等科学技术交织在一起,继续焕发出蓬勃的生机,引领和支撑国民经济的发展,改变人们的生活方式。

2) 集成电路、高性能计算机、存储器在 2020 年前后都会遇到只靠延续现有技术难以逾越的障碍,同时它也孕育着新的重大科学问题的发现和原理性的突破。

3) 今后的 10 年是中国信息技术企业打翻身仗的好时机。从芯片、计算机、网络到信息服务系统,未来 10 年中国有能力走出一条新路,建立自己的信息技术体系。目前我们面对的最大问题是信息化与工业化的融合,实现经济结构的转型和提升。