

HZ BOOKS  
华章教育

“十二五”国家重点图书出版规划  
物联网工程专业规划教材



# 物联网技术与应用

第2版

吴功宜 吴英 编著  
南开大学

INTERNET OF THINGS  
TECHNOLOGY AND APPLICATIONS



机械工业出版社  
China Machine Press

“十二五”国家重点图书出版规划  
物联网工程专业规划教材

# 物联网技术与应用

第2版

吴功宜 吴英 编著  
南开大学



INTERNET OF THINGS  
TECHNOLOGY AND APPLICATIONS  
常州大学图书馆  
藏书章



机械工业出版社  
China Machine Press

## 图书在版编目 (CIP) 数据

---

物联网技术与应用 / 吴功宜, 吴英编著. —2 版. —北京: 机械工业出版社, 2018.6  
(物联网工程专业规划教材)

ISBN 978-7-111-59949-4

I. 物… II. ①吴… ②吴… 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. ① TP393.4 ② TP18

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2018) 第 100417 号

---

本书从物联网的基本概念出发, 系统讨论物联网感知层、网络层、应用层与网络安全的关键技术, 并选取物联网中的十个重点应用领域, 介绍我国与世界各国物联网应用的成功案例与重要的物联网研究问题。

本书内容符合教育部计算机专业教学指导分委员会研制的“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)”关于“物联网工程导论”课程知识体系的基本要求, 可以作为高等院校物联网工程专业导论课程的教材, 以及计算机、软件工程、网络工程等专业物联网课程的教材或参考书, 也可作为文、经、管、法、医、农, 以及军事专业选修课、大学公选课的教材, 物联网技术研究产品研发人员、技术管理人员也可通过本书了解物联网相关技术。

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: 中国电影出版社印刷厂

版 次: 2018 年 6 月第 2 版第 1 次印刷

开 本: 185mm×260mm 1/16

印 张: 13.5

书 号: ISBN 978-7-111-59949-4

定 价: 39.00 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: hzsj@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



## 前 言

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。作者认为，物联网是一个协同创新的平台，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了迷人的魅力。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。

近年来，经过科研、产业与教育界的共同努力，已对过去在物联网技术领域的一些认识模糊的问题形成了共识，这些共识主要表现在：

- 1) 物联网与互联网之间的关系日渐明晰。
- 2) 支撑物联网发展的关键技术日渐明晰。
- 3) 物联网应用对社会发展的影响日渐明晰。
- 4) 物联网发展对计算机教育的影响日渐明晰。

物联网是在互联网基础上发展起来的，但它不是互联网应用简单的功能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。

在修订、出版了“十二五”普通高等院校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）》，



初步完成物联网工程导论 MOOC 课程之后，作者一直在思考如何在新的技术形势下修订《物联网技术与应用》一书。编写《物联网技术与应用（第 2 版）》的指导思想是：保留第 1 版的结构，在内容上贴近物联网技术与应用发展的前沿，调整每一章节的内容，增加教材的科学性、趣味性与可读性。在第 6 章中，作者选取了 10 个物联网的重要应用领域，每个领域涵盖物联网不同类型、不同层次的问题，挑选具有代表性的案例，介绍我国与世界各国物联网应用的成功案例与当前一些重要的研究动向，以帮助读者开阔学术视野，通过实际问题加深对物联网概念与技术的理解，启发学习兴趣。我们希望做到无论是理工科的学生，还是文、经、管、法、医、农以及军事学科的学生，只要具备信息技术的基础知识，就有兴趣并能够读懂教材的内容。

物联网技术具有典型的交叉学科特点，因此本书内容涉及多个学科，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，这本书的内容实际上凝聚了很多智者的心血。作者利用互联网搜索引擎和专业网站挑选和编辑了相关插图，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。本书的第 1~3 章由吴功宜执笔完成，第 4~6 章由吴英执笔完成。

本书可以作为高等院校物联网工程专业，以及计算机类与工科类专业的教材或参考书，可供文、经、管、法、医、农等专业作为选修课教材，也可供物联网技术与产品研发人员、技术管理人员阅读。

感谢教育部高等学校计算机类专业教学指导委员会王志英教授、傅育熙教授、李晓明教授、蒋宗礼教授，感谢物联网工程专业研究专家组上海交通大学王东教授、武汉大学黄传河教授、华中科技大学秦磊华教授、西北工业大学李士宁教授、国防科技大学方粮教授、西安交通大学桂小林教授、吉林大学胡成全教授、四川大学朱敏教授，在与各位教授交流、讨论的过程中，作者学到了很多知识，受到很多启发。感谢在本书第 1 版使用过程中所有提出意见和建议的老师。感谢机械工业出版社华章公司的温莉芳副总经理、朱劼编辑，她们经常将搜集到的意见与建议反馈给作者，向作者提供一些反映技术发展动态的资料和新出版的图书，并与作者商讨教材的编写方法和思路，给了作者很多学习的机会与启示。

限于作者的学识与经历，对物联网的认识难免有片面之处，这本教材只能起到抛砖引玉的作用。若书中对某一方面技术的理解有错误或不准确，以及总结中出现挂一漏万的问题，敬请读者不吝赐教。

吴功宜 吴英

于南开大学信息技术科学学院计算机系

wgy@nankai.edu.cn

2018年5月



## 教学建议

### 一、课程的地位、作用和任务

《物联网技术与应用》是“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）”中建议的专业核心课程，也是物联网工程专业的入门课程。

本课程主要介绍物联网的基本概念、核心技术、应用前景，帮助学生了解物联网工程专业的课程体系、应掌握的知识结构与技能要求，培养学习兴趣，开阔学术视野，为后续课程的学习打下坚实的基础。

考虑到一些高校物联网工程专业导论课程的学时较少，本书内容讲授时长总体控制在 24 学时。同时，为了适应非物联网工程专业及开设全校公选的物联网导论课程的需要，考虑到不同专业学生的学习基础，本书读者只要具备高中信息技术与计算机应用的基础知识就可以理解教材讲授的内容。

### 二、课程教学的目的和要求

物联网工程专业的学生在进入专业课程的学习之前，可通过本课程的学习初步了解物联网的相关概念、支撑物联网发展的核心技术，以及物联网与各行各业跨界融合的应用前景。另外，能对本专业的课程体系、知识结构和基本能力要求有较为具体的了解。

### 三、学时安排与教学重点

总学时：24 学时

章 节	主 要 内 容	建 议 学 时
第 1 章 物联网概论	系统地讨论物联网产生的背景、定义与主要技术特征、物联网层次结构，以及物联网关键技术与产业发展	5 学时
第 2 章 物联网感知层技术	以感知技术发展为主线，系统地讨论 RFID、传感器与无线传感器网络、位置感知，以及物联网智能感知设备与嵌入式技术的基本概念等问题	4 学时
第 3 章 物联网网络层技术	以物联网通信与网络技术为主线，系统地讨论计算机网络与移动通信网技术的发展与应用，以及下一代网络技术、5G 与 NB-IoT 技术发展对物联网的影响等问题	3 学时
第 4 章 物联网应用层技术	以物联网智能数据处理为主线，系统地讨论应用层主要功能，以及云计算、大数据对物联网发展的影响等问题	3 学时
第 5 章 物联网网络安全技术	以网络空间安全与物联网网络安全的概念和技术为主线，对物联网网络安全威胁形势的发展与物联网网络安全研究的主要内容，以及 RFID 安全与隐私保护问题进行系统的讨论	3 学时
第 6 章 物联网应用	选取 10 个物联网重要的应用领域，每个领域用多个颇具代表性的案例介绍我国与世界各国物联网应用的成功案例及当前重要的研究动向，以帮助读者开阔学术视野，通过实际问题加深对物联网概念与技术的理解，激发学习兴趣	6 学时

#### 四、课程教学的方法和手段

1) 本课程建议结合物联网导论 MOOC 课程，讲授内容应结合技术发展与时俱进；应鼓励学生积极思考、勇于创新。

2) 本课程要充分利用实践教学基地的企业资源，邀请企业工程师讲解物联网行业应用实例以及对物联网人才能力的要求。

3) 教材各章最后给出了可以用于自查学生对知识掌握情况的习题，并结合教学内容与学生的生活实践，给出了多道思考题。

4) 第 6 章最后给出了一道综合设计题，希望学生结合自己的生活、认识与体验，尝试设计一个概念性的物联网应用系统。学生选择课题的原则是：宁小勿大，宁具体勿抽象。项目规模并不是最重要的，关键看它是否有价值，重点考察学生思考问题的深度。

5) 建议教师结合自己的专业背景和科研实践，随着教材内容的讲授为学生开设一些讲座，或采用翻转课堂等形式组织学生结合主题进行讨论与实践，从而将导论课程的学习变成一个启发式、自主与愉快的探索过程，形成学生之间相互学习、师生之间教学相长的良好局面。

6) 考核方式：建议本课程采用结构成绩，40% 是对物联网应用系统概念性设计的内容的综合评价，60% 是期终考试成绩。





# 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 比尔·盖茨与《未来之路》 / 1

#### 1.1.2 Auto-ID 实验室、RFID 标签与 物联网的概念 / 2

#### 1.1.3 ITU 与物联网研究报告 / 3

#### 1.1.4 智慧地球与物联网 / 5

#### 1.1.5 各国政府发展物联网产业的 规划 / 7

#### 1.1.6 我国发展物联网的战略规划 / 8

### 1.2 物联网发展的技术背景 / 9

#### 1.2.1 普适计算与物联网 / 9

#### 1.2.2 CPS 与物联网 / 11

### 1.3 物联网的定义和技术特征 / 15

#### 1.3.1 物联网的定义 / 15

#### 1.3.2 从信息技术发展的角度认识 物联网的技术特征 / 16

#### 1.3.3 从物联网功能的角 度认识物联网 的结构特征 / 18

#### 1.3.4 从物联网覆盖范围的角度认识

#### 物联网的应用特征 / 21

#### 1.3.5 从物联网工作方式认识物联网的 运行特征 / 21

### 1.4 物联网与互联网的异同点 / 22

#### 1.4.1 物联网提供行业性、专业性 与区域性的服务 / 23

#### 1.4.2 物联网数据主要是通过自动方式 生成的 / 23

#### 1.4.3 物联网是可反馈、可控制的闭环 系统 / 23

### 1.5 物联网产业的特点与产业链 / 25

#### 1.5.1 物联网产业的特点 / 25

#### 1.5.2 物联网的产业链结构 / 26

#### 1.5.3 物联网与“互联网+”的关系 / 27

## 本章小结 / 28

## 习题 / 29

## 第2章 物联网感知层技术 / 31

### 2.1 RFID 与自动识别技术 / 31

#### 2.1.1 自动识别技术 / 31

#### 2.1.2 条码技术 / 31

2.1.3	RFID 标签的概念 / 34	习题 / 111
2.1.4	RFID 标签的分类 / 37	
2.1.5	RFID 标签的编码标准 / 42	
2.2	传感器与无线传感器网络 / 43	
2.2.1	感知的基本概念 / 43	
2.2.2	无线传感器与智能传感器 / 50	
2.2.3	无线传感器网络 / 51	
2.3	位置感知技术 / 57	
2.3.1	位置信息与位置感知的概念 / 57	
2.3.2	定位系统与定位技术 / 59	
2.4	智能感知设备与嵌入式技术 / 66	
2.4.1	嵌入式技术的基本概念 / 66	
2.4.2	物联网智能硬件 / 69	
2.4.3	可穿戴计算及其在物联网中的应用 / 77	
2.4.4	智能机器人及其在物联网中的应用 / 83	
	本章小结 / 89	
	习题 / 89	
<b>第3章</b>	<b>物联网网络层技术 / 93</b>	
3.1	物联网网络层的基本功能 / 93	
3.2	计算机网络技术 / 95	
3.2.1	互联网的研究与发展 / 95	
3.2.2	计算机网络的分类与特点 / 99	
3.3	移动通信网技术 / 101	
3.3.1	蜂窝系统的基本概念 / 101	
3.3.2	移动通信技术与标准的发展 / 106	
3.3.3	5G 与物联网 / 107	
3.3.4	NB-IoT 与物联网 / 109	
	本章小结 / 111	
		<b>第4章 物联网应用层技术 / 113</b>
		4.1 物联网应用层的基本概念 / 113
		4.1.1 管理服务层 / 113
		4.1.2 行业应用层 / 114
		4.2 物联网与云计算 / 115
		4.2.1 云计算产生的背景 / 115
		4.2.2 云计算的分类 / 117
		4.2.3 云计算的主要技术特征 / 118
		4.2.4 云计算应用与物联网 / 118
		4.3 物联网与大数据 / 119
		4.3.1 数据挖掘 / 119
		4.3.2 大数据 / 121
		4.3.3 大数据对物联网发展的影响 / 124
		4.3.4 物联网大数据及应用 / 126
		本章小结 / 130
		习题 / 131
		<b>第5章 物联网网络安全技术 / 132</b>
		5.1 物联网网络安全的概念 / 132
		5.1.1 网络空间安全的概念 / 132
		5.1.2 OSI 安全体系结构 / 133
		5.2 物联网网络安全研究的主要内容 / 137
		5.2.1 物联网中可能存在的网络攻击方式 / 137
		5.2.2 RFID 安全与隐私保护研究 / 141
		5.3 物联网网络安全的发展 / 145
		5.3.1 计算机病毒已经成为攻击物联网的工具 / 146

- 5.3.2 物联网工业控制系统成为新的  
攻击重点 / 146
- 5.3.3 网络信息搜索功能将演变成攻击  
物联网的工具 / 147
- 5.3.4 僵尸物联网成为网络攻击的  
新方式 / 148

本章小结 / 149

习题 / 149

## 第6章 物联网应用 / 151

- 6.1 智能工业 / 151
  - 6.1.1 智能工业的基本概念 / 151
  - 6.1.2 工业 4.0 涵盖的基本内容 / 153
  - 6.1.3 中国制造 2025 / 156
- 6.2 智能农业 / 157
  - 6.2.1 智能农业的基本概念 / 157
  - 6.2.2 智能农业应用示例 / 157
- 6.3 智能交通 / 160
  - 6.3.1 物联网智能交通与传统智能交通  
的区别 / 160
  - 6.3.2 无人驾驶技术 / 161
- 6.4 智能电网 / 163
  - 6.4.1 智能电网的基本概念 / 163
  - 6.4.2 智能电网应用示例 / 164

- 6.5 智能环保 / 167
  - 6.5.1 智能环保的基本概念 / 167
  - 6.5.2 智能环保应用示例 / 168
- 6.6 智能医疗 / 172
  - 6.6.1 智能医疗的基本概念 / 172
  - 6.6.2 智能医疗应用示例 / 173
- 6.7 智能安防 / 178
  - 6.7.1 智能安防的基本概念 / 178
  - 6.7.2 智能安防应用示例 / 178
- 6.8 智能家居 / 183
  - 6.8.1 智能家居的基本概念 / 183
  - 6.8.2 智能家居应用示例 / 185
- 6.9 智能物流 / 187
  - 6.9.1 智能物流的基本概念 / 187
  - 6.9.2 智能物流与物联网的关系 / 187
  - 6.9.3 未来商店与物联网 / 188
- 6.10 物联网在军事领域的应用 / 192
  - 6.10.1 物联网与现代战争 / 192
  - 6.10.2 物联网军事应用研究的主要  
内容 / 194

本章小结 / 203

参考文献 / 205

# 第 1 章 物联网概论

本章将在分析物联网发展的社会背景与技术背景基础上，对物联网的基本概念、定义与技术特征、关键技术、产业特点与产业链，以及物联网应用对我国经济与社会发展的影响等问题进行系统介绍，希望能够帮助读者建立起对物联网较为全面的认识。

## 本章学习要求

- 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。
- 理解物联网的结构特点。
- 理解物联网与互联网的区别和联系。
- 了解物联网的关键技术与产业发展趋势。

## 1.1 物联网发展的社会背景

在讨论物联网发展的社会背景时，人们一般会提到四件事：比尔·盖茨与《未来之路》、美国麻省理工学院 Auto-ID 实验室与产品电子代码（EPC）研究、国际电信联盟（ITU）与研究报告《The Internet of Things》，以及 IBM 智慧地球研究计划。

### 1.1.1 比尔·盖茨与《未来之路》

1995 年，比尔·盖茨出版了《未来之路》一书。他在前言里写道：“我写这本书的目的就是向世人介绍未来的互联网时代将会发生哪些变化。”他希望通过这本书，描述他对未来互联网时代的憧憬，同时希望起到“促进理解、思考”的作用。

《未来之路》的第十章“不出户，知天下”提出了“人-机-物”融合的设计。比尔·盖茨用两句话来描述他在西雅图华盛顿湖畔的住所，他说“我的房子用木材、玻璃、水泥、石头建成”，同时“我的房子也是用芯片和软件建成的”。读到这段文字时，我们不能不联想到当前讨论的智能家居的应用场景。图 1-1 是比尔·盖茨在西雅图华盛顿湖畔住所的照片。



书中还介绍了一种嵌入式智能硬件设备——电子别针。当你进入住所时，第一件事是戴上一个电子别针，这个电子别针会把你与房子里面的各种电子设备与服务“连接”起来。借助电子别针中的传感器，嵌入在房子中的智能管理系统就可以知道你是谁、你在哪里、你要到哪里去。“房子”将通过分析获取到的信息来尽量满足甚至预见你的需求。当你沿着大厅行走时，前面的灯光会逐渐变亮，而后面的灯光逐渐消失；音乐会随着你一起移动，而其他的人却听不到声音；你关心的新闻与电影将跟着你在房子里移动；如果有一个需要你接的电话，只有离你最近的电话机才会响；手持遥控器能够扩大电子别针的控制能力，你可以通过遥控器发出指令，或者从数千张图片、录音、电影、电视节目中选择你所需要的信息。



图 1-1 比尔·盖茨西雅图华盛顿湖畔住所的照片

比尔·盖茨在描述自己住所的未来发展前景时说：“微处理器芯片和存储器，以及控制它们运行的软件，这些都会在最近几年里随着信息高速公路进入数百万个家庭。”“我要用的技术在现在是试验性的，但过一段时间我正在做的部分事情会被广为接受。”

现在读这些话，我们会发现这与物联网中讨论的“物理世界与信息世界的融合”“人-机-物融合”“智能家居”设计的思路是如此吻合，我们对物联网、智慧地球与智能家居的设计，不可能不受到比尔·盖茨前瞻性预见的启发。

同时，在回顾第一台个人计算机的编程语言 BASIC 和微软公司成功的时候，比尔·盖茨不无感慨地说：“这种成功不会有一个简单的答案，但运气是一个因素，然而我想最重要的因素还是我们最初的远见。”借用比尔·盖茨的这句话，我们想说：当物联网时代来临的时候，对于每一个胸怀梦想的人而言，“运气”已经给了大家，重要的是谁能够有“远见”，像比尔·盖茨当年抓住个人计算机操作系统与应用软件的机遇那样，在物联网领域捷足先登，占据天时地利，朝着通往未来之路正确方向前进。

正是因为比尔·盖茨在书中这些颇具前瞻性的描述，我们不能不对比尔·盖茨的预见能力表示钦佩，并在探讨物联网概念产生的过程时，常常会提起比尔·盖茨《未来之路》一书。

### 1.1.2 Auto-ID 实验室、RFID 标签与物联网的概念

20 世纪 20 年代条形码就诞生了。时至今日，条形码技术无处不在，几乎所有的商品都被打上了条形码。我们正在读的这本书上就印有条形码。收银员用条形码读写器一扫条形

码,就能马上知道商品的名称与价格。这已经是我们生活中再熟悉不过的场景了。进入21世纪之后,商品流通与运输业高度发展,条形码已经不能够满足人们的要求。能够提供更细致、更精确的产品信息,并能够实现物流过程高度自动化的射频标签(Radio Frequency Identification, RFID)技术受到人们的重视。当RFID技术与互联网技术结合在一起时,就能构成全世界物品信息实时共享的物联网。一场影响深远的技术革命也随之而来。

在RFID技术与互联网技术结合方面最有代表性的研究是由美国麻省理工学院(MIT)的Auto-ID实验室完成的。1999年10月,Auto-ID实验室提出依托产品电子代码(Electronic Product Code, EPC)标准的基本概念。EPC研究的核心思想是:

- 为每一个产品而不是每一类产品分配一个唯一的电子标识符——EPC。
- EPC可以存储在RFID标签的芯片中。
- 通过无线数据传输技术,RFID读写器可以通过非接触的方式自动采集到EPC。
- 连接在互联网中的服务器可以完成与EPC对应的产品相关信息的检索。

RFID的低成本、可重复使用,以及能够快速、方便识别的特点,使得该技术可以广泛应用于智能工业、智能农业、智能物流、智能医疗等领域,成为支撑物联网发展的核心技术之一。

### 1.1.3 ITU与物联网研究报告

在讨论物联网概念形成的过程时,我们一定会提到国际电信联盟(ITU)的互联网研究报告。

国际电信联盟(ITU)是电信行业最有影响的国际组织。20世纪90年代,当互联网应用进入快速发展阶段时,ITU的研究人员就前瞻性地认识到:互联网的广泛应用必将影响电信业今后发展的方向。于是,他们将互联网应用对电信业发展的影响作为一个重要的课题开展研究,并从1997年到2005年发表了七份“ITU Internet Reports”系列研究报告(如图1-2所示)。从这七份研究报告的内容中,我们可以看出ITU提出物联网概念的技术基础与产业发展背景。

(1) 1997年:《Challenges to the Network: Telecoms and the Internet》(挑战网络:电信和互联网)

1997年9月,ITU发布第1个研究报告——《挑战网络:电信网与互联网》。

这份报告是为当时ITU在日内瓦举行的电信展示与论坛会议准备的。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。

(2) 1999年:《Internet for Development》(互联网发展)

1999年,ITU发布第2个研究报告——《互联网发展》。

该报告描述了互联网应用对于未来社会发展的影响,展望了互联网对促进人与人之间交流的作用,并就如何利用互联网帮助发展中国家发展通信事业进行了讨论。

(3) 2001年:《IP Telephony》(IP电话)

2001年,ITU发布第3个研究报告——《IP电话》。



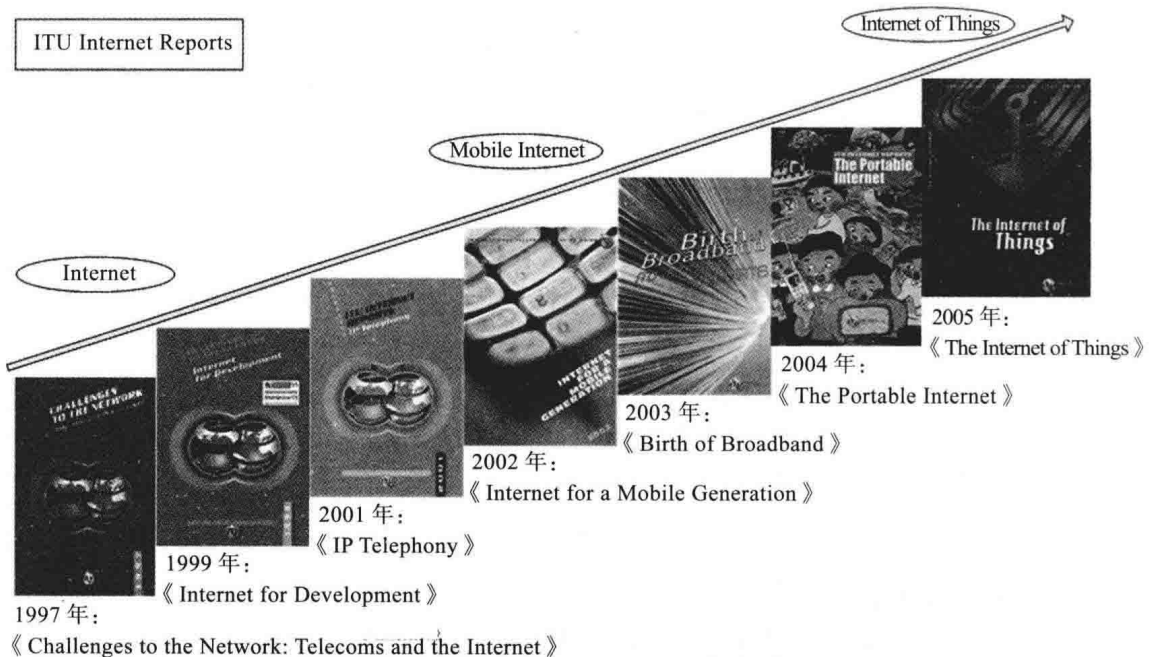


图 1-2 ITU 提出物联网概念的过程

该报告描述了 IP 电话的技术标准、服务质量、带宽、编码与网络结构等问题，并对 IP 电话应用领域、对电信运营商传统电话业务的影响，以及 IP 电话监管问题进行了系统的讨论。

#### (4) 2002 年：《Internet for a Mobile Generation》(移动互联网时代)

2001 年 9 月，ITU 发布第 4 个研究报告——《移动互联网时代》。

该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。同时，该报告给出了世界不同国家与地区的移动通信 / 互联网发展指数排名。报告指出：单就一项技术而言，移动通信和互联网在过去的 10 年中都是推动电信业发展的主要力量，而两者结合形成的移动互联网将成为本世纪推动信息产业发展的主要动力；移动通信同互联网的融合，加上 3G 服务的实现，将构筑移动互联网美好的未来。移动互联网的发展将带领我们进入一个移动的信息社会。

#### (5) 2003 年：《Birth of Broadband》(宽带的诞生)

2003 年 10 月，ITU 发布第 5 个研究报告——《宽带的诞生》。

这份报告是专门为 ITU 在日内瓦举办的 2003 年世界电信展示会和论坛准备的。作为 2003 年电信产业的“热点”之一，宽带成为展示会上的一大亮点。该报告系统地介绍了宽带技术发展的过程，以及宽带技术对全世界电信业发展的影响。同时，报告展望了宽带技术对未来信息社会的影响，讨论了计算机、通信和广播电视网络的三网融合，以及未来宽带网络发展方向与新的应用问题。

#### (6) 2004 年：《The Portable Internet》(便携式互联网)

2004 年 9 月，ITU 发布第 6 个研究报告——《便携式互联网》。

这份报告是专门为那一年 ITU 在韩国釜山召开的 ITU 亚洲电信展和论坛准备的。这份报

告系统地讨论了应用于移动互联网的高速无线上网便携式设备的市场潜力、商业模式、发展战略与市场监管,讨论了移动互联网技术、市场的发展趋势,以及未来移动互联网技术的发展对信息社会的影响等问题。

(7) 2005年:《The Internet of Things》(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——《物联网》。术语“物联网”(Internet of Things)也随之广为流传。

该报告描述了世界上的万事万物,小到钥匙、手表、手机,大到汽车、楼房,只要嵌入一个微型的RFID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。该报告预见:RFID、传感器技术、嵌入式技术、智能技术以及纳米技术将会被广泛应用。

在研究了ITU互联网报告《The Internet of Things》之后,我们可以清晰地看到:

- 物联网是互联网的自然延伸和拓展。
- 物联网的目标是实现物理世界与信息世界深度融合。
- 物联网将引领新一代信息技术的应用集成创新。

综上所述,从这七份研究报告讨论的主题与内容中可以得出两点结论:

第一,ITU从互联网发展对电信业影响的角度开展了对互联网发展趋势的研究,总结出计算机网络正在从互联网、移动互联网向物联网方向发展的趋势。

第二,ITU在跟踪互联网、移动互联网发展的过程中,逐步认识到物联网发展的必然性,并前瞻性地提出物联网的概念、技术特征,系统地研究了物联网的技术发展趋势及其对未来社会发展的影响。

因此,我们在讨论物联网发展的社会背景和出现的必然性时,不能不提到ITU关于互联网的系列研究报告。

#### 1.1.4 智慧地球与物联网

回顾历史,每一次经济危机都会催生一些新的技术与行业,引领和支撑经济的复苏,带动世界经济进入新的上升期。在讨论如何破解21世纪初出现的世界范围内的金融危机与欧债危机时,人们不能不联想到IBM公司的“智慧地球”研究计划。

##### 1.“智慧地球”研究计划提出的背景

20世纪90年代,克林顿政府提出的“信息高速公路”发展战略使美国经济走上了长达10年的繁荣。21世纪初的金融危机出现之后,奥巴马政府希望通过信息技术对经济的拉动作用,借助“智慧地球”发展战略,来寻找美国经济新的增长点。

2009年1月,奥巴马就任美国总统后,与美国工商业领袖举行了一次“圆桌会议”。IBM公司首席执行官彭明盛首次提出“智慧地球”的概念,建议政府投资新一代的智慧型基础设施。奥巴马对此发表的意见是:“经济刺激资金将会投入到宽带网络等新兴技术中去,毫无疑问,这就是美国在21世纪保持和夺回竞争优势的方式。”奥巴马政府的积极回应,使得“智

“智慧地球”的战略构想上升为美国的国家级发展战略，随后出台了《经济复苏和再投资法》与总额为 7870 亿美元的经费，推动国家发展战略的落实。

## 2. “智慧地球”研究计划的主要内容

IBM 公司提出了“智慧地球=互联网+物联网”的概念，描述了将大量的传感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-机-物”的深度融合。

“智慧地球”研究计划试图通过在基础设施和制造业中大量嵌入传感器，捕捉运行过程中的各种信息，然后通过无线网络接入互联网，再通过计算机分析、处理和发出指令，反馈给控制器，远程执行指令。控制的对象小到一个电源开关、一个可编程控制器、一个机器人，大到一个地区的智能交通系统，甚至是国家级的智能电网。通过“智慧地球”技术的实施，人类可以用更加精细和动态的方式管理生产与生活，提高资源利用率和生产能力，改善环境，促进社会的可持续发展。

IBM 提出，要在六大领域开展智慧行动的方案。这六大领域分别是：智慧电力、智慧医疗、智慧城市、智慧交通、智慧供应链、智慧银行（如图 1-3 所示）。

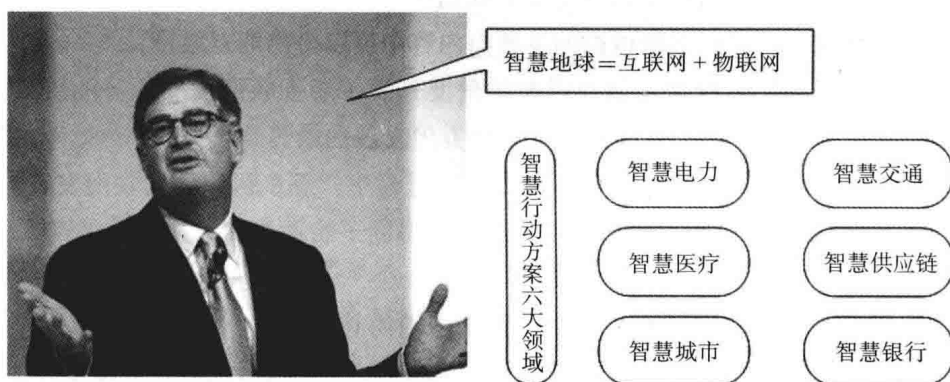


图 1-3 “智慧地球”研究的主要内容

## 3. “智慧地球”研究的目标

“智慧地球”不是简单地实现“鼠标”+“水泥”的数字化与信息化，而是需要进行更高层次的整合，实行“透彻地感知、广泛地互通互联、智慧地处理”，提高信息交互的正确性、灵活性、效率与响应速度，实现“人-机-物”与信息基础设施的完美结合。利用网络的信息传输能力，以及超级计算机、云计算的数据存储、处理与控制的能力，实现信息世界与物理世界的融合，达到“智慧”的状态（如图 1-4 所示）。

## 4. 智慧地球、物联网、互联网与云计算的关系

IBM 的学者认为：云计算作为一种新兴的计算模式，可以使物联网中海量数据的实时动态管理与智能分析变为可能，可以促进物联网与互联网的智慧融合，从而构成智慧地球。这种深层次的融合需要依靠高效、动态、可扩展的计算资源与计算能力的支持，而云计算模式能够适应这种需求。云计算的服务交付模式可以实现新的商业模式的快速创新，促进物联网