

战略性新兴产业系列丛书——物联网

21世纪高等院校信息与通信工程规划教材

21st Century University Planned Textbooks of Information and Communication Engineering



# 物联网

## 技术与应用导论

Introduction to IOT  
Technology and Applications

◎ 暴建民 主编 ◎ 杨震 主审

战略性新兴产业系列丛书——物联网

21世纪高等院校信息与通信工程规划教材

21st Century University Planned Textbooks of Information and Communication Engineering



# 物联网

## 技术与应用导论

Introduction to IOT  
Technology and Applications

◎ 暴建民 主编 ◎ 杨震 主审

人民邮电出版社

北京

## 图书在版编目 (CIP) 数据

物联网技术与应用导论 / 暴建民主编. — 北京  
人民邮电出版社, 2011.10  
21世纪高等院校信息与通信工程规划教材  
ISBN 978-7-115-25996-7

I. ①物… II. ①暴… 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.  
①TP393.4②TP18

中国版本图书馆CIP数据核字(2011)第167508号

## 内 容 提 要

本书共8章,内容包括物联网的概论、RFID技术、物联网传感器技术、中间件技术、物联网相关协议、SOA技术和应用、物联网平台技术,物联网的各主要领域应用。本书对物联网各种技术进行深入研究和剖析,对各种应用进行了专项摸索,为科研和应用提供了丰富的素材。

本书理论和实践相结合,包含大量的应用实例,强调实际运用能力和实践创造能力培养。本书可作为高等学校物联网、计算机、信息与通信工程等相关专业物联网课程的教材,也可供从事物联网研究、开发和应用的科研人员、教学和工程技术人员参考。

21世纪高等院校信息与通信工程规划教材

### 物联网技术与应用导论

- 
- ◆ 主 编 暴建民
  - 主 审 杨 震
  - 责任编辑 蒋 亮
  - ◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市崇文区夕照寺街14号  
邮编 100061 电子邮件 315@ptpress.com.cn  
网址 <http://www.ptpress.com.cn>  
大厂聚鑫印刷有限责任公司印刷
  - ◆ 开本: 787×1092 1/16  
印张: 13.25 2011年10月第1版  
字数: 321千字 2011年10月河北第1次印刷

ISBN 978-7-115-25996-7

定价: 36.00元

读者服务热线: (010)67170985 印装质量热线: (010)67129223

反盗版热线: (010)67171154

在计算机技术与信息通信技术飞速发展的今天，智能化以超出想象的速度发展迅猛。当今，世界上每一个事物都可能成为互联网的连接和沟通对象。互联网在进入人类世界短短的30多年里，已渐渐成为人们日常生活的主要信息载体和大脑的有效外存，广泛参与到社会的运行和人们的各种活动中。尽管如此，在当今社会，互联网的主要形式仍然是建立在人与人之间交流的基础上的。

另外一方面，技术和社会的进步，使得人和物的联系越来越紧密，物联网概念经过二十年的发展成熟，一举登上了网络大舞台。简单地说，在不久的将来，我们可以预见任何物体都可以通过唯一的方法来进行鉴别和处理，这使每一个物体都被信息通信网络联系起来，进而互联网扩展和延伸变成了物联网。互联网的交流方式将会从人对人扩展到人对物、物对物。这会给人们带来一种全新的无处不在的计算和交流体验，极大地改变和提高人们的生活。

无线射频识别（RFID）技术和相关的物体识别技术将会是即将到来的物联网的基础。物联网不仅局限于目前互联网中信息系统和设备的连接与组合，还将继承和极大地拓展大型计算、桌面计算、普适计算、CPS、云等计算模式的应用范畴，为未来人类构建一个更加和谐美好的环境提供支持和保证。

2009年8月，由于温家宝总理的无锡讲话，一举提高了我国普通民众对传感网和物联网的关注度。2010年3月2日，上海物联网中心正式揭牌。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。2010年“两会”期间，物联网被写入政府工作报告，确立为五大新兴国家战略产业之一，确保对战略性新兴产业的投入和政策支持。目前，我国已经成立了物联网工作组推进相关标准制定。这些都将促进物联网技术的推广和应用。南京邮电大学是国内最早应用物联网概念、成立研究机构、进行相关技术研究和理论创新的高校之一，也是国内首批开设物联网专业、推广物联网技术和应用的高校之一，许多教学科研人员在物联网领域正在进行积极的探索。

现在，社会上有很多各行各业的人，都特别想了解物联网，经常提出的问题包括：第一，什么是物联网，与互联网有什么异同，里面到底有什么新的内涵；第二，物联网有哪些技术需要学习和掌握；第三，物联网有哪些应用。物联网的发展已进入迅猛阶段，本书力求全面、客观、公正、系统地描述物联网理念和产业兴起的历史渊源、相关技术及其共性、应用和业务模式等内容，是编者对物联网近二十年，特别是近十年研发及应用的探索和总结。

物联网是多学科交叉的综合性应用学科。要在一本书中通俗易懂、深入浅出地介绍和系统探究相关先进技术和应用前景是比较困难的。但是鉴于物联网产业目前受到全社会关注程度，已有六十多所院校批准开设此专业，并有大量院校正在和将要申请此专业，其应用也会遍及各个领域，需要的读者数量庞大，背景也各不相同。本书作者在写作过程中力求做到深入浅出，普及物联网知识，同时对物联网技术体系、软硬件标准和行业应用进行归类划分和进行高层次的全方位介绍，体现专业性和通俗性的高度统一，人才培养和技术指导的双重目的。

本书内容全面丰富，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。

《物联网技术与应用导论》一书由南京邮电大学暴建民教授主编，杨震教授主审。其中第1章至第4章由胡海峰副教授编写，其他章节由暴建民编写。部分研究生也参加了对本书的编辑和整理工作，他们是龚恩源、蒋林岑、潘迟龙、王欢、孙延奎、张舒等。

本书力求能够对关心物联网产业发展的各级领导和行业监管部门、高校物联网及相关专业师生，以及产业链相关各领域的从业人员、投融资人士等读者，有重要学习和参考价值，也能达到普及知识、掌握技术、面向应用、开阔思路等目的。由于笔者水平及时间所限，加上物联网产业发展迅速、技术日新月异、理念不断翻新，书中难免会有局限和诸多不足之处，欢迎专家和读者不吝指正，与大家共同进行交流，一起为推动我国物联网事业的发展做出微薄努力。

编者

2011年6月1日于南京邮电大学校园

# 目 录

第 1 章 物联网概论	1	3.1.1 传感器概念	37
1.1 物联网基本概念	1	3.1.2 传感器的性能指标	38
1.1.1 物联网定义	1	3.1.3 传感器的常见分类	39
1.1.2 各国推进物联网发展的行动	3	3.1.4 传感器的组成	41
1.1.3 物联网的原理	6	3.2 几种常用传感器和智能传感器	41
1.2 未来网络：物联网	7	3.2.1 温度传感器	41
1.2.1 物联网的主要技术	8	3.2.2 湿度传感器	42
1.2.2 物联网的驱动和期望	10	3.2.3 光电传感器	46
1.2.3 物联网体系结构	12	3.2.4 智能传感器	49
1.2.4 射频识别和 EPC 网络	16	3.3 无线传感器网络 (WSN) 简介	53
1.3 物联网的主要问题与实例	17	3.3.1 无线传感器网络的概念	54
1.3.1 物联网面临的机遇	18	3.3.2 无线传感器网络的结构	54
1.3.2 物联网面临的问题和挑战	19	3.3.3 无线传感器网络的特点	55
1.3.3 物联网应用	21	3.3.4 无线传感器网络的关键技术	57
1.3.4 结论	23	3.3.5 无线传感器网络的应用及实例	59
习题	23	习题	62
第 2 章 RFID 技术	24	第 4 章 中间件技术	63
2.1 RFID 概述	24	4.1 中间件	63
2.1.1 RFID 的概念	24	4.1.1 中间件简介	63
2.1.2 RFID 技术的发展历史	24	4.1.2 传统中间件：主要技术与产品	65
2.1.3 RFID 技术的发展现状	25	4.1.3 中间件关键实现技术	65
2.1.4 RFID 技术的特点	26	4.2 中间件三层模式	67
2.1.5 RFID 的工作原理	26	4.3 中间件技术在 Web 数据库中的应用	68
2.2 RFID 的系统组成	26	4.4 支持无线传感器网络的中间件	70
2.2.1 RFID 标签	27	4.5 物联网与中间件	72
2.2.2 天线	28	4.5.1 物联网中间件的特点	72
2.2.3 阅读器	30	4.5.2 未来发展趋势	73
2.2.4 数据传输及处理系统	33	习题	77
2.3 RFID 技术标准化	33	第 5 章 物联网相关协议	78
2.4 RFID 的具体应用实例	34	5.1 ZigBee 协议	78
2.5 RFID 技术应用面临的挑战	35	5.1.1 IEEE 802.15.4/ZigBee 的技术	
习题	36		
第 3 章 物联网传感器的介绍	37		
3.1 传感器简介与常见分类	37		

标准基本概述.....	78	6.3.4 传感层特性及实现机制.....	142
5.1.2 ZigBee 协议栈.....	80	6.3.5 服务层特性及实现机制.....	142
5.1.3 ZigBee 的自组织网络通信 方式.....	85	6.3.6 应用层特性及实现机制.....	146
5.1.4 ZigBee 可靠性及安全 技术规范.....	85	6.3.7 基于 SOA 的物联网的优势.....	146
5.1.5 ZigBee 的技术优势.....	90	6.4 基于 SOA 的物联网的应用.....	147
5.1.6 ZigBee 技术的几种应用.....	91	6.4.1 对物联网服务的查询.....	147
5.2 在物联网感知层中的 IPv6 协议.....	94	6.4.2 对物联网服务的搜索与 选择.....	149
5.2.1 物联网感知层的概述.....	94	6.4.3 对物联网服务的发现.....	151
5.2.2 IPv6 协议的相关应用标准.....	95	习题.....	152
5.2.3 IPv6 在物联网中的应用.....	98	<b>第 7 章 物联网平台</b> .....	153
5.3 EPC 无线通信协议.....	102	7.1 物联网多业务平台设计.....	153
5.3.1 物联网中的 EPC 系统结构.....	103	7.1.1 现有业务体系存在的问题.....	153
5.3.2 基于 EPC 的物联网 关键技术.....	104	7.1.2 业务平台的需求分析.....	154
5.3.3 EPC 系统中 Reader 与 Tag 的 通信协议.....	108	7.1.3 业务平台体系结构.....	156
5.4 泛在计算中的服务发现协议.....	115	7.2 服务交付平台.....	157
5.4.1 引言.....	115	7.2.1 服务交付平台的发展.....	157
5.4.2 服务发现的基本概念.....	117	7.2.2 SPA 业务开发平台架构及 关键技术.....	159
5.4.3 泛在网路环境的挑战.....	118	7.3 基于事件驱动的物联网事务 平台.....	162
5.4.4 泛在计算中的服务发现 协议.....	120	7.3.1 平台网络结构.....	162
5.4.5 服务发现协议的比较.....	125	7.3.2 平台结构设计.....	162
习题.....	126	7.3.3 平台实现技术.....	164
<b>第 6 章 SOA 在物联网中的技术应用</b> .....	127	7.4 感知和响应业务体系架构.....	165
6.1 物联网业务的介绍及发展状况.....	127	7.4.1 物联网实时业务相关背景.....	165
6.1.1 物联网的业务分类.....	127	7.4.2 物联网实时业务处理.....	167
6.1.2 物联网业务的实现机制.....	128	7.4.3 物联网感知和响应服务 架构.....	169
6.2 SOA 概述及相关技术.....	130	7.4.4 实时智能业务实现.....	172
6.2.1 SOA 概念.....	130	7.5 云计算平台.....	173
6.2.2 SOA 的标准.....	132	7.5.1 云计算概述.....	173
6.2.3 SOA 的贡献及发展趋势.....	133	7.5.2 物联网与云计算.....	175
6.3 Web 服务的介绍.....	135	7.5.3 云计算平台简介.....	176
6.3.1 Web 服务的相关技术.....	135	习题.....	176
6.3.2 基于 SOA 的物联网基本 框架.....	139	<b>第 8 章 物联网的应用</b> .....	178
6.3.3 物理层特性及实现机制.....	140	8.1 物流管理领域.....	178
		8.1.1 物联网在物流管理领域的 应用 状况及存在的问题.....	178

8.1.2 物联网技术在物流管理领域的 应用实例及优势·····	181	8.5 智能家居领域·····	193
8.2 城市交通领域·····	185	8.5.1 物联网在智能家居领域应用的 现状及存在的问题·····	193
8.2.1 物联网在城市交通领域的应用 状况及问题·····	185	8.5.2 物联网技术应用于家居领域所 能解决的问题及所带来的 优势·····	194
8.2.2 物联网技术在城市交通领域的 应用实例及优势·····	186	8.5.3 现今国内外已经成功实现的智 能家居应用实例·····	194
8.2.3 物联网在城市交通领域的应用 前景·····	188	8.6 医疗健康领域·····	195
8.3 气象信息领域·····	188	8.6.1 物联网在医疗健康领域应用的 现状及存在的问题·····	195
8.3.1 物联网在气象信息领域的应用 状况·····	188	8.6.2 物联网技术应用于医疗健康领 域所能解决的问题及所带来的 优势·····	196
8.3.2 物联网在气象信息领域的应用 实例及优势·····	189	8.6.3 现今国内外已经成功实现的物 联网技术在医疗健康领域应用 实例·····	198
8.3.3 物联网在气象信息领域的应用 前景·····	191	8.7 智能电网领域·····	199
8.4 农业管理领域·····	191	8.7.1 物联网技术在智能电网领域应 用的现状·····	199
8.4.1 物联网在农业领域应用的现状 及存在的问题·····	191	8.7.2 物联网技术应用于智能电网 领域·····	201
8.4.2 物联网技术应用于农业领域所 能解决的问题及所带来的 优势·····	192	8.7.3 现今国内外已经成功实现的物 联网技术在智能电网领域应用 实例·····	202
8.4.3 国内外成功实现的物联网技术 在农业管理领域的应用 实例·····	192	习题·····	204



## 1.1 物联网基本概念

迄今为止，Internet 连接着全世界绝大多数人类直接使用的设备，例如计算机和手机。主要的沟通形式是建立在人与人之间的，但是在不久的将来，每一个物体都可以被联系起来。物体可以通过自身或者和 Internet 连接在一起的物体进行信息交换、与网络连接在一起的物体要远远多于人类，这也使得它们成为交流中的发送机与接收机。我们把物质世界和信息世界混合在一起，未来将不会是人与人之间的对话，也不会是人们去访问信息，将会是用代表人类的机器来访问其他的机器。我们正在进入一个新的时代，一个将人与物、物与物交流形式连在一起的物联网新时代。一个新的层面已被添加到全世界信息和通信技术当中：将任何时间，任何地方，任何人进行连接，实现人类同任何东西的互连，这就是人们常说的物联网。

全世界信息和通信技术有了新的展望：将任何时间，任何地方，任何人进行连接，人们将可以连通任何东西。“物联网”被称为继计算机、Internet 之后，世界信息产业的第三次浪潮。

### 1.1.1 物联网定义

物联网 (Internet of Things) 这个词是 MIT Auto-ID 中心主任 Kevin Ashton 教授 1999 年在研究 RFID 时最早提出来的，现在物联网概念得到了国际普遍的公认。MIT 对于 Internet of Things 的阐述是“一种用于创建全球环境的自动 ID 中心，在这个环境中计算机可以在没有人类的帮助下理解世界”。McFarlane 在他的论文中提出了 Internet of Things 中物体的 5 大要求：①有唯一的标识；②能够与周围环境通信；③能够获得自身信息并保存信息；④能够通过某种语言描述自身的特性（如用途，处理需求等）；⑤能够根据相应情况做出决策。在 2005 年国际电信联盟 (ITU) 以及欧洲智能系统集成技术平台组织 (EPoSS) 在《Internet of Things in 2020》的报告中，物联网的定义和范围已经发生了变化，覆盖范围有了较大的拓展，不再只是指基于射频识别 (Radio Frequency Identification, RFID) 技术的物联网。目前，物联网比较公认的定义是“通过射频识别 (RFID)、红外感应器、全球定位系统、激光扫描器等信息传感设备，按约定的协议，把任何物品与 Internet 连接起来，进行信息交换和通信，以实现智能化识别、定位、跟踪、监控和管理的一种网络。”

如图 1-1 所示，在 Google Trends 图中，无论是美国总统奥巴马提出的“智慧地球” (Smart

Planet 与机器或 Smarter Planet, 或 Smarter Earth), 还是欧盟几个报告中都反复提到的物联网 “Internet of Things” 这个概念, 在全世界 (英文) 的网站上受关注的程度和使用频率都不高, 远不如 M2M (机器与机器) 和 Smart Grid (智能电网) 等词的受关注程度。

“M2M” 和 “传感网” (Sensor Networks) 这两个词出现较早, 在国外一直受关注, Smart Planet、Internet of Things 和 Smart Grid (智能电网) 这 3 个词在 2007 年才开始受到较大关注, 但只有 “智能电网” 这个词的受关注度提升较快, 在 2008 年就超过了 “智慧地球” 和 “Internet of Things”。

图 1-2 所示为物联网技术、业务范围和存在形式, 以及与其他技术的关系。

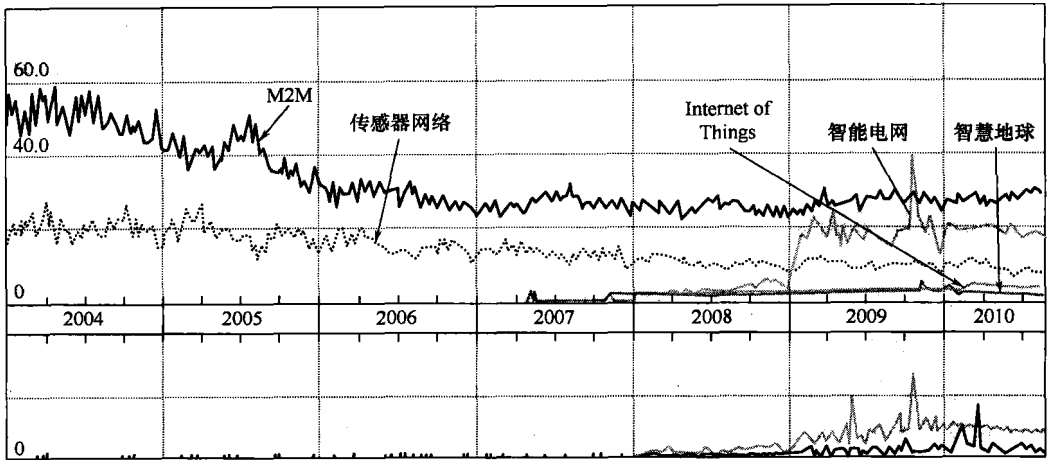
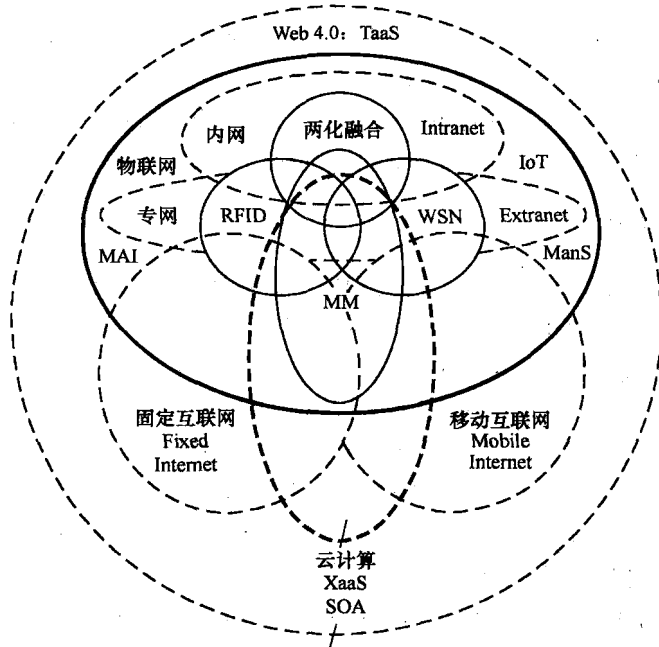


图 1-1 物联网、M2M、智慧地球、传感网络的关注度和使用率



1. 物联网包含 4 大业务, 互有关联
2. 存在于内网、专网和互联网中
3. 云计算、XaaS 和 SOA 是技术支持

图 1-2 归纳了物联网技术、业务范围和存在形式, 以及与其他技术的关系

## 1. “中国式”定义

目前,在我国被最普遍引用的物联网定义是:通过射频识别(RFID)、红外感应器、全球定位系统、激光扫描器等信息传感设备,按约定的协议,把任何物品与 Internet 连接起来,进行信息交换和通信,以实现智能化识别、定位、跟踪、监控和管理的一种网络。

在 ITU 报告提交多年后的今天,上述这个定义还没有包括近些年技术的发展,略显不够全面。例如,物联网可以存在于内网和专网之中,另外,目前“把任何物品与 Internet 连接起来”的说法显然是需要完善的。

自 2009 年 8 月温家宝总理提出“感知中国”以来,物联网被正式列为国家 5 大新兴战略性新兴产业之一,写入政府工作报告,物联网在中国受到了全社会极大的关注,其受关注程度是美国、欧盟以及其他各国不可比拟的。

物联网的概念与其说是一个外来概念,还不如说它已经是一个“中国制造”或“中国智造”的概念,“Internet of Things”这个词在中国被意译为“物联网”,它的意义和覆盖范围在中国“与时俱进”,已经超越了 1999 年 Ashton 教授,2005 年 ITU 报告,以及 2008 年《EPoSS IoT 2020》报告所指的范围,物联网已被贴上中国式标签,中国在物联网理念和应用的重视程度方面可以说已经走在了世界的前面。

在搜索引擎中,M2M 这个词一直备受关注,而“传感网”和“物联网”这两个词从 2009 年下半年才开始受到较大关注,其中“物联网”这个词在 2009 年下半年出现了“爆发式”的受关注度,超过 M2M 数倍,然后一直保持最高的受关注度。

综合目前物联网在中国的实践、发展和演变提出的“中国式”物联网定义如下。

物联网(Internet of Things)指的是将无处不在的末端设备和设施,包括具备“内在智能”的传感器、移动终端、工业系统、楼控系统、家庭智能设施、视频监控系统等,以及“外在使能”的,如贴上 RFID 的各种资产、携带无线终端的个人与车辆等“智能化物件或动物”或“智能尘埃”,通过各种无线或有线的长距离或短距离通信网络实现机器间的互连互通(M2M)、应用大集成以及基于云计算的 SaaS (Software as a Service) 营运等模式,在内网、专网或 Internet 环境下,采用适当的信息安全保障机制,提供安全可控乃至个性化的实时在线监测、定位追溯、报警联动、调度指挥、预案管理、远程控制、安全防范、远程维保、在线升级、统计报表、决策支持、领导桌面等管理和服务功能,实现对“万物”的“高效、节能、安全、环保”的“管、控、营”一体化 TaaS (Everything as a Service) 服务。

## 2. 欧盟的定义

2009 年 9 月,在北京举办的物联网与企业环境中欧研讨会上,欧盟委员会信息和社会媒体司 RFID 部门负责人 Lorent Ferderix 博士给出了欧盟对物联网的定义:物联网是一个动态的全球网络基础设施,它具有基于标准和互操作通信协议的自组织能力,其中物理的和虚拟的“物”具有身份标识、物理属性、虚拟的特性和智能的接口,并与信息网络无缝整合。物联网将与媒体 Internet、服务 Internet 和企业 Internet 一道,构成未来 Internet。

### 1.1.2 各国推进物联网发展的行动

物联网比目前的人与人通信的 Internet 有更大的增长潜力,将有可能成为信息产业在计算机、Internet 之后的第三次浪潮。目前美国、欧盟等发达国家和地区等都在深入研究探索物联网,我国也正在高度关注。美国、欧盟、日韩经历了不同的物联网发展历程,具有不同的

特征，对于中国物联网发展有较大的借鉴意义。

### 1. 美国：技术基础雄厚

1991年由美国提出普适计算的概念，它具有两个关键特性：一是随时随地访问信息的能力，二是不可见性，通过在物理环境中提供多个传感器、嵌入式设备，在用户不察觉的情况下进行计算和通信。普适计算总体来说是概念性和理论性的研究，但首次提出了感知、传送、交互的三层结构，是物联网的雏形。

1995年，比尔盖茨就在其著作《未来之路》中提出物联网的概念，只是当时受限于无线网络、硬件及传感器设备的发展，并未引起重视。

2005年11月17日，在突尼斯举行的信息社会世界峰会（WSIS）上，国际电信联盟（ITU）发布了《ITU Internet 报告 2005：物联网》，报告指出，无所不在的“物联网”通信时代即将来临，世界上所有的物体从轮胎到牙刷、从房屋到纸巾都可以通过 Internet 主动进行交换。射频识别（RFID）技术、传感器技术、纳米技术、智能嵌入技术将得到更加广泛的应用。

美国 IBM 公司 2008 年提出了“智慧地球”，其本质是以一种更智慧的方法，利用新一代信息通信技术来改变政府、公司和人们相互交互的方式，以便提高交互的明确性、效率、灵活性。

2008年12月，奥巴马向 IBM 咨询了智慧地球的有关细节，并共同就投资智能基础设施对于经济的促进效果进行了研究，结果显示，如果在新一代宽带网络、智能电网和医疗 IT 系统的建设方面加大投资力度，可以帮助美国建立长期竞争优势。因此 2009 年 2 月 17 日奥巴马总统签署生效的《2009 年美国恢复和再投资法案》（即美国的经济刺激计划）提出要在智能电网领域投资 110 亿美元，卫生医疗信息技术应用领域投资 190 亿美元。

2008 年以来，美国运营商以网络和服务为基础，结合新兴科技公司和系统集成企业，共同开发针对垂直行业的应用，推广 M2M 业务。

综合美国的物联网发展历程来看，美国并没有一个国家层面的物联网战略规划，但凭借其在芯片、软件、Internet、高端应用集成等领域的技术优势，通过龙头企业和基础性行业的物联网应用，已逐渐打造出一个实力较强的物联网产业，并通过政府和企业一系列战略布局，不断扩展和提升物联网产业国际竞争力。

### 2. 欧盟：物联网战略规划完善

欧盟认为，物联网的发展应用将为解决现代社会问题做出极大贡献，因此非常重视物联网战略，1999 年欧盟在里斯本推出了“e-Europe”全民信息社会计划。“i2010”作为里斯本会议后的首项重大举措，旨在提高经济竞争力，并使欧盟民众的生活质量得到提高，减少社会问题，帮助民众建立对未来泛在社会的信任感。

2009 年 6 月 18 日，欧盟委员会向欧盟议会、理事会、欧洲经济和社会委员会及地区委员会递交了《欧盟物联网行动计划》，希望欧洲在构建新型物联网管制框架的过程中，在世界范围内起主导作用。欧盟提出物联网的三方面特性：第一，不能简单地将物联网看作 Internet 的延伸，物联网是建立在特有的基础设施基础上的一系列新的独立系统，当然部分基础设施要依靠已有的 Internet；第二，物联网将与新的业务共同发展；第三，物联网包括物与人通信、物与物通信的不同通信模式。

在 2009 年 11 月的全球物联网会议上，欧盟专家介绍了《欧盟物联网行动计划》，意在引领世界物联网发展。在欧盟较为活跃的是各大运营商和设备制造商，他们推动了 M2M 的技

术和服务的发展。

从目前的发展看, 欧盟已推出的物联网应用主要包括以下几方面: 欧洲 M2M 市场比较成熟, 发展均衡, 通过移动定位系统、移动网络、网关服务、数据安全保障技术和短信平台等技术支持, 欧洲主流运营商已经实现了安全监测、自动抄表、自动售货机、公共交通系统、车辆管理、工业流程自动化、城市信息化等领域的物联网应用。

此外, 一些能源领域的公共性公司已开始部署智能电子材料系统, 为用户提供实时的消费信息。同时, 使电力供应商可对电力的使用情况进行远程监控。在一些传统领域, 比如物流、制造、零售等行业, 智能目标推动了信息交换, 提高了生产周期的效率。

为了加强政府对物联网的管理, 消除物联网发展的障碍, 欧盟制定了一系列物联网的管理规则, 并建立一个有效的分布式管理架构, 使全球管理机构可以公开、公平、尽责地履行管理职能。

为了完善隐私和个人数据保护, 欧盟提出持续监测隐私和个人数据保护问题, 修订相关立法, 加强相关方对话等; 执委会将针对个人可以随时断开联网环境开展技术、法律层面的辩论。此外, 为了提高物联网的可信度、接受度、安全性, 欧盟积极推广标准化, 执委会将评估现有物联网相关标准并推动制定新的标准, 确保物联网标准的制定是在各相关方的积极参与下, 以一种开放、透明、协商一致的方式达成。

### 3. 日韩: 泛在网战略和应用

日本是较早启动物联网应用的国家之一, 重视政策引导和与企业的结合, 对有近期可实现、有较大市场需求的应用给予政策上的支持, 对于远期规划应用则以国家示范项目的形式通过资金和政策上的支持吸引企业参与技术研发和应用推广。1997 年开始, 韩国政府出台了一系列促进信息化建设的产业政策。1999 年日本制定了 e-Japan 战略, 大力发展信息化业务。2004 年日本政府在 e-Japan 战略基础上, 提出了 u-Japan 战略, 成为最早采用“无所不在”一词描述信息化战略并构建泛在信息社会的国家。2008 年, 日本总务省提出将 u-Japan 政策的重心从之前的单纯关注居民生活品质提升拓展到带动产业及地区发展, 即通过各行业、地区与物联网新技术的深化融合, 进而实现经济增长的目的。

2009 年 7 月, 日本 IT 战略本部颁布了日本新一代的信息化战略——“i-Japan”战略, 为了让数字信息技术融入每一个角落。首先, 将政策目标聚焦在三大公共事业: 电子化政府治理、医疗健康信息服务、教育与人才培育。提出到 2015 年, 透过数位技术达到“新的行政改革”, 使行政流程简化、效率化、标准化、透明化, 同时推动电子病历、远程医疗、远程教育等应用的发展。日本政府对企业的重视也毫不逊色。另外, 日本企业为了能够在技术上取得突破, 对研发同样倾注极大的心血。

日本的电信运营企业也在进行物联网方面的业务创新。NTTDoCoMo 公司通过 GSM/GPRS/3G 网络平台, 推出了智能家居、医疗监测、移动 POS 等业务。KDDI 与丰田和五十铃等汽车厂商合作推出了车辆应急响应系统。

2004 年, 韩国提出为期 10 年的 u-Korea 战略, 目标是“在全球领先的泛在基础设施上, 将韩国建设成全球第一个泛在社会”。另外韩国在 2005 年的 U-IT839 计划中, 确定了 8 项需要重点推进的业务, 其中 RFID 等物联网业务是实施重点。2008 年韩国又宣布了“新 IT 战略”, 重点是传统产业与信息技术的融合、用信息技术解决经济社会问题和信息技术产业先进化, 并提出到 2010 年韩国至少占领全球汽车电子市场 10% 的计划。韩国目前在物联网相关的信息家电、汽车电子等领域已居全球先进行列。

总体来看,美国目前没有完整的国家物联网战略,但美国由于电子信息产业基础较好,物联网产业仍处于全球领先地位;欧盟更加重视物联网战略和规划;日韩则以泛在网战略和重点应用为主。

#### 4. 国外物联网发展历程对于我国的启示

首先,我国目前在物联网基础技术方面与国外差距较大,应学习日本、韩国和欧盟的经验,制订完善的物联网发展规划,制订物联网发展的战略规划,使物联网上升到国家战略的高度。这将有助于物联网发展,引导物联网企业进行更合理的投资,使“感知中国”有更具体的目标和措施,在技术和市场方面加快追赶物联网领先国家的发展步伐。

其次,我国应依据各地经济社会发展的实际需求,因地制宜地开展物联网区域试点应用,积累技术发展、产业应用、经营管理、政策实施等方面的经验。

最后,我国应围绕物联网产业链的关键环节,加强自主创新,突破核心技术。

我国已将传感网以及传感技术的研发计划明确列入《国家中长期科学技术发展规划(2006-2020年)》、《国家“十一五”科学技术发展规划》和《国家“十一五”科学技术发展规划》等相关政策文件中。此外,工信部已经开始统筹部署宽带普及、三网融合、物联网及下一代 Internet 发展,并将物联网发展列为我国信息产业三大发展目标之一。

目前,我国的物联网技术研发水平处于世界前列。中科院在 1999 年就启动了传感网研究,在无线智能传感器网络通信技术、微型传感器、传感器端机、移动基站等方面取得了重大进展,拥有从材料、技术、器件、系统到网络的完整产业链。国内众多知名企业也开始在物联网领域摩拳擦掌,中国移动、中国电信、中国联通等电信行业企业已经展开攻势,另有一些其他领域的公司也开始进入物联网领域,国内知名的管理咨询公司 AMT 咨询日前收购深圳某物联网产业相关公司,开始在该领域持续发力。

此外,我国已经与德国、美国、韩国一起,成为国际标准制定的主导国家之一。无锡市自 2009 年以来已经联合美国有关机构发起了制定物联网国际标准的工作,产品目前在公共安全、民航、交通、电网、环境监测等行业得到初步应用,相关物联网产品已远销美国、加拿大等国,并被欧洲列入政府航空采购目录。

整体来看,中国物联网产业发展仍处于初级阶段,技术、标准、产品以及市场尚不完善,业内专家也明确指出,物联网商业模式短期内不能大规模商用。但是,随着传感技术的发展以及电信网络尤其是无线网络的不断扩展,我国推广物联网的条件正在逐步趋向成熟。

#### 1.1.3 物联网的原理

物联网是在计算机 Internet 的基础上,利用射频自动识别、无线数据通信等技术,构造一个覆盖世界上万事万物的“Internet of Things”。在这个网络中,事物能够彼此进行“交流”,而无需人的干预。其实质是利用射频自动识别(RFID)技术,通过计算机 Internet 实现事物的自动识别和信息的互联与共享。

物联网中非常重要的技术是射频识别(RFID)技术。RFID 是 20 世纪 90 年代开始兴起的一种自动识别技术,是目前比较先进的一种非接触识别技术。以简单 RFID 系统为基础,结合已有的网络技术、数据库技术、中间件等技术,构筑一个比 Internet 更为庞大的,由大量联网阅读器和无数移动标签 RFID 技术组成的物联网。而 RFID,正是一种能够让物品“开口说话”的技术。在“物联网”的构想中,RFID 标签中存储着规范且具有互用性的信息,

通过无线数据通信网络把它们自动采集到中央信息系统，实现事物的识别，进而通过开放性的计算机网络实现信息交换和共享，从而实现对物品的“透明”管理。

在信息化革命的浪潮下，物联网被称为信息技术移动泛在化的一个具体应用。物联网打破了之前的传统思维，通过对智能感知、识别技术、普适计算、泛在网络的融合应用，人类可以实现无所不在的计算和网络连接。传统的思路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，而另一方面是数据中心，个人计算机、宽带等。而在“物联网”时代，钢筋混凝土、电缆将与芯片、宽带整合为统一的基础设施，在此意义上，基础设施更像是一块新的地球工地，世界的运转就在它上面进行，其中包括经济管理、生产运行、社会管理乃至个人生活。“物联网”使得人们以更加精细和动态的方式管理生产和生活，管理未来的城市，提高资源利用率和生产力水平，改善人与自然间的关系，达到“智慧”状态。

## 1.2 未来网络：物联网

当今社会，Internet 的主要形式是建立在人与人之间交流的基础上的。但是，在不久的将来，我们可以预见任何物体都可以通过唯一的方法来进行鉴别和处理，这使每一个物体都被联系起来进而 Internet 变成了物联网。Internet 的交流方式将会从人对人扩展到人对物、物对物。这会给人们带来一种全新的无处不在的计算和交流领域，极大地改变人们的生活。无线射频识别 (RFID) 技术和相关识别技术将会是即将到来的物联网的基础。本节展示了物联网 (Internet of Things, IoT) 的骨架，同时我们也试着处理物联网中存在的一些重要问题，如它的构造和互操作性。首先，我们会对物联网功能和主要技术作一个概述，然后给出物联网结构设计的建议；同时，我们构造一个特殊的物联网应用模型，这个模型可用于智慧校园的设备自动化管理。

从科技的观点，物联网不仅是单纯的新型技术成果，相反地，它的许多互补性技术的发展为建立虚拟世界和物质世界的联系提供了性能支持。这些性能如下。

(1) 通信和协作：首先，物体具有与网络资源或物体彼此间建立连接的能力，进而应用数据，进行服务或者更新它们的状态。像 GSM、UMTS、Wi-Fi、蓝牙、ZigBee 等无线技术和其他种类的网络代表现有的发展，特别是无线局域网 (WLAN) 在这里起着主要作用。

(2) 可寻址能力：通过物联网，物体可以被定位，或经由显示、查阅或命名服务等来寻址，进而实现远程控制并装配。

(3) 身份识别：对象可被证明具有唯一性。射频识别、NFC (近距离通信) 和光学可读条形码，这些都是被动对象也可被识别的例子，伴随着如射频识别阅读器或移动电话等“中介”的帮助，即使是没有内置能源也可进行身份识别。身份识别使得对象与相关联的特殊对象的信息相连，这信息可以从服务器上恢复，前提是中介是连接到网络的。

(4) 感知力：对象通过传感器收集其周边的信息，并加以记录，发送或直接应答。

(5) 驱动力：对象控制制动器用来操控它们的环境 (例如将电信号转换为机械运动)。通过 Internet，这种制动器可以用来远程控制现实世界的进程。

(6) 内嵌式信息进程：智能物体的特点是内含处理机或微型控制器，能增加存储能力。这些资源可以被使用，例如，加工并解释传感器信息，或给出产品如何使用的说明。

(7) 定位：智能物体能获取它们自己的物理位置，或者说定位。GPS 或移动手机网络均能获得这些定位数据，超声波时间测试、UWB (超带宽)、无线指向标和光学等技术同样适

合获取定位数据。

(8) 用户界面：智能物体能通过一种合适的方式与人交流（直接的或间接的方式，如通过智能电话）。

大多数特殊的应用程序都仅仅需要这些性能的一部分，如果于执行全部性能通常耗费昂贵而且需要重要的技术支持。比如，物流的应用，目前都以粗略的定位为中心（例如，上一个可读点的位置）。传感器数据（例如，用来监测冷链路）或者像疫苗的温度控制，传输这些信息内嵌处理器的性能是有限的。

日常事物间进行交流的先例早已经随处可见，特别是用射频识别连接，例如，酒店房卡的短程信息交流，陈旧的滑板与耸起的球场旋转门的对话信息。许多未来的方案例如智能的牌桌、牌的方法都可被装有 RFID 的设备控制。然而，之所以这些应用仍然局限于专用系统的有限发展，是因为人们还没有以一种全开放的、可扩展的、使用同一标准的系统这样的观点看待“Internet”。

但是近些年无线网络通信变得更便捷和低成本，IPv6 正在越来越多的被使用，闪存芯片的容量也越来越大，处理器每条指令的耗能也在降低，移动电话内置了条形码识别，以及 NFC 和触屏技术等，在人们日常生活和 Internet 中担任中介的角色（如图 1-3 所示）。以上这些都是为物联网的发展做出了贡献。从远程识别物体到连接对象的网络，我们正朝着建设智能物体与用户彼此交流的系统前进。上述技术提供的新型性能开创了物联网的前景和应用可行性；这些技术也是伴随着现有的科技和基础设施的实质需求而出现的。事实上，物联网的基础设施不一定是高效率的、可扩展的、可靠性强的、稳固的或是可信赖的，而且考虑到经济适用性，它一定是要与一般社会或政府的期望一致，可以被广泛应用。

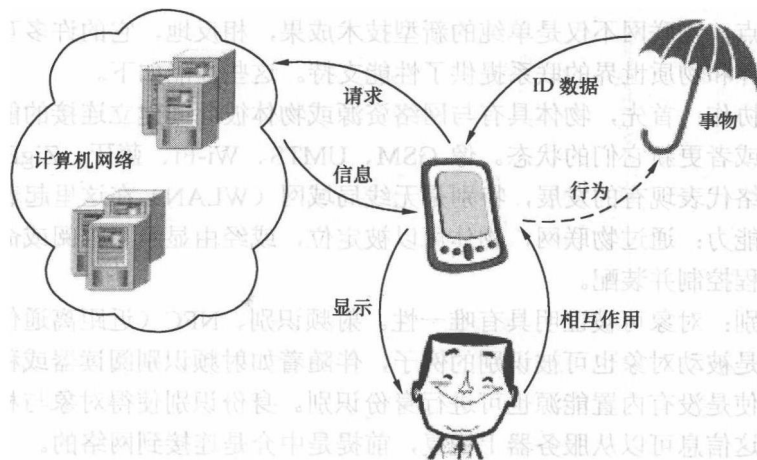


图 1-3 智能电话是人、物和网络之间的中介

### 1.2.1 物联网的主要技术

物联网是一种技术革新，代表未来计算机的运作与交流，它的发展需要创新科技的支持。



### 1. Internet 技术

物联网是在现有 Internet 的基础上, 利用 RFID 技术实现对物品的电子标识, 然后再利用无线通信等技术接入 Internet, 构造一个覆盖世界上万事万物的网络, 并实现网络中物品与物品或人与物品之间的“交流”。因此, Internet 技术是物联网的技术基础, 或者说, 物联网是 Internet 技术在应用范围上的一个由人及物的拓展, Internet 主要解决物联网中传感器节点感知信息的传输与共享问题。

### 2. EPC/RFID 技术

EPC (electronic product code, 电子产品编码) 是物流信息化需求下的产物, 提供了一套较完善的电子产品代码的编码方法, 实现对物理对象的唯一标识。EPC/RFID 技术是物联网中非常重要的支撑性技术。结合 EPC/RFID 技术和已有的网络技术、数据库技术、中间件技术等, 构筑一个由大量联网的读者器和无数移动的标签组成的, 比 Internet 更为庞大的物联网, 成为 RFID 技术本身发展的趋势。RFID 作为一种射频自动识别技术, 通过物品标签与阅读器之间的配合, 在 Internet 的基础上实现物品的自动识别和信息的互连与共享。在物联网中, RFID 正是一种基于 Internet 的, 能够自动进行信息交换的技术, 它能让物品由“死”变“活”、“开口说话”。RFID 主要是为物联网中物品的身份标识提供技术支持。RFID 标签中存储着格式规范的数据信息 (即对物品的静态信息描述), 物品的属性信息将通过 RFID 阅读器自动采集到系统中, 实现对物品的自动识别, 并按照一定的要求完成数据格式转换, 通过无线数据通信网络把它们传递到数据处理中心, 便于后续的“透明”管理。RFID 可以作为物联网的推动者。物体首先需要被识别, 然后才能够连接。利用无线电波来鉴别物体的 RFID 可以提供这项功能。有时人们认为 RFID 是条形码的取代物, 但事实并非如此, RFID 系统的作用远远超过条形码。RFID 不仅仅可以用来鉴别物体, 它也可以在时域中追踪物体, 从而获得物体的位置和形状等重要信息。RFID 已经在零售、医疗、管理设备中有着极其重要的应用。一个成熟的 RFID 技术可以为物联网行业提供强有力的支撑。

### 3. 传感器网络技术

传感器网络是物联网的核心, 主要解决物联网中的信息感知问题。物品总是在流动中体现它的价值或使用价值的, 如果要对物品的运动状态进行实时感知, 就需要用到传感器网络技术。传感器网络通过散布在特定区域的成千上万的传感器节点, 构建了一个具有信息收集、传输和处理功能的复杂网络, 通过动态自组织方式协同感知并采集网络覆盖区域内查询对象或事件的信息, 用于跟踪、监控和决策支持等“自组织”、“微型化”和“对外部世界具有感知能力”是传感器网络的突出特点。这里需要注意的是, 传感器网络只是一种物联网感知和获取信息的重要手段, 不是物联网所涉及的全部技术, 不能因为传感器网络在物联网中的核心地位, 或者从局部利益或个人目的角度出发, 将物联网等同于传感器网络。物联网的一个重大突破是促使物质世界与信息世界的结合, 传感器在连接这两个世界起到了至关重要的作用。传感器不仅能收集数据, 生成信息, 提高对周边环境的感知, 还可以检测到传感器周边环境的变化, 如果需要的话, 相关物体也可以通过传感器产生回应。