

高等院校

物 联 网

专业规划教材



# 物联网

# 技术及应用教程

贾坤 黄平 肖铮 编著



清华大学出版社

高等院校

物联网

专业规划教材

# 物联网 技术及应用教程

贾坤 黄平 肖铮 编著



清华大学出版社  
北京

## 内 容 简 介

本书追踪物联网领域的最新技术发展方向与行业应用案例,以数据流动为主线,分感知、网络、应用三层讲述物联网的概念与体系结构。感知层的功能是数据的采集与物体的识别,着重讲述自动识别技术、定位技术、智能嵌入技术、传感器及组网技术;网络层的功能是数据的可靠传输与智能处理,重点讲述各种网络接入技术,特别是无线接入技术,同时讲述物联网网络服务与海量数据存储与处理技术;应用层的功能是数据的行业应用,重点讲述不同的物联网技术在不同行业的具体应用方案。

本书可作为物联网专业、网络工程专业大学本科教材,也可以作为高职院校、培训机构的物联网专业培教材,另外对从事物联网、计算机网络的工程技术人员也有一定的学习和参考价值。

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签,无标签者不得销售。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

### 图书在版编目(CIP)数据

物联网技术及应用教程/贾坤,黄平,肖铮编著. —北京:清华大学出版社,2018  
(高等院校物联网专业规划教材)

ISBN 978-7-302-51201-1

I. ①物… II. ①贾… ②黄… ③肖… 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. ①TP393.4 ②TP18

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2018)第 211510 号

责任编辑:刘秀青

封面设计:常雪影

责任校对:吴春华

责任印制:李红英

出版发行:清华大学出版社

网 址: <http://www.tup.com.cn>, <http://www.wqbook.com>

地 址:北京清华大学学研大厦 A 座 邮 编:100084

社 总 机:010-62770175 邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62776969, [c-service@tup.tsinghua.edu.cn](mailto:c-service@tup.tsinghua.edu.cn)

质量反馈:010-62772015, [zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn](mailto:zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn)

课件下载: <http://www.tup.com.cn>, 010-62791865

印 装 者:三河市君旺印务有限公司

经 销:全国新华书店

开 本:185mm×260mm 印 张:19.5 字 数:470 千字

版 次:2018 年 10 月第 1 版 印 次:2018 年 10 月第 1 次印刷

定 价:58.00 元

产品编号:078471-01

# 前 言

顾名思义，物联网就是物、物相连的互联网，它建立于互联网的基础之上，是互联网向物的领域的自然延伸。物联网是典型的交叉学科，涉及电子、计算机、控制、通信、新能源、新材料等多学科专业知识。目前全国范围内有成百上千所大学已经开设或者准备开设物联网相关专业，对教材的需求数量较大。但已经面世的教材良莠不齐，或者偏重理论、缺乏应用案例，或者内容陈旧、跟不上物联网领域的最新发展，又或者对物联网的理解还停留在传感网的层面。针对这种状况，本书试图追踪物联网领域的最新技术发展方向与行业应用案例，以数据流动为主线，分感知、网络、应用三层讲述物联网的概念与体系结构。在全面详细介绍物联网技术的基础上，结合实际行业应用案例以及精心设计的相关实验，以达到讲练结合、案例教学、理论与技能并重的目的。

本书主要分为五大部分，按照物联网技术架构分层详细讲述物联网的关键技术。

第 1 部分为绪论，主要讲述物联网的起源、发展、概念、结构、支撑技术以及应用案例。

第 2 部分为感知层的关键技术，即第 2 章自动识别技术，第 3 章传感器与无线传感网，第 4 章定位技术，第 5 章智能嵌入技术。

第 3 部分为网络层的关键技术，即第 6 章通信网络技术，第 7 章物联网网络服务，第 8 章海量数据存储与处理技术。

第 4 部分为物联网应用层具体行业应用案例，即第 9 章物联网应用，主要介绍物联网技术在工业、农业、物流、交通、电网、环保、安防、医疗、家居、金融等领域的应用状况。

第 5 部分为贯穿整个物联网三个层次的安全技术，即第 10 章物联网安全技术，包括物联网安全架构、各层面临的安全威胁以及确保物联网安全而使用的安全关键技术。

本书作为普通高等院校相关专业本科生教材，力争紧跟物联网技术的前沿发展，应用大量实际工程案例辅助教学，使学生在学习之后具备初步的实际工程应用技能。本书也可以作为高职院校、培训机构的物联网专业培训教材，另外对从事物联网、计算机网络的工程技术人员也有一定的参考价值。

本书各章都附有习题，有些章还配有实践项目或者实验，以帮助学生加深对技术原理的理解，增强对物联网发展趋势的把握，增加实际工程应用经验。

本书由贾坤负责拟定写作大纲、组织编写、总纂和审阅定稿。具体编写分工如下：贾坤编写第 1~5 章、第 8~10 章，贾坤、黄平共同编写第 7 章，贾坤、肖铮共同编写第 6 章；张继勇提供数据存储技术一节的研究资料，曾昶畅提供实验设计方面的资料，他们也参与了本书的编写工作。在编写之初，得到东软睿道公司赵国辉老师的启发，在编写过程中得

到成都东软学院计科系宁多彪主任、陈建主任的支持与鼓励，在审稿修改的过程中编辑提出了很多有益的意见与建议，在此表示感谢。

本书在编写过程中，参考了大量书刊与文献资料，主要参考书籍已在参考文献中列出，但疏漏在所难免，在此对参考引用的书刊文献作者表示衷心的感谢。由于本人水平所限，书中若有错误或不妥之处，恳请广大读者批评指正。

编 者



<b>第1章 绪论</b> .....1	
1.1 物联网的起源与发展.....2	
1.1.1 美国“智慧地球”战略.....3	
1.1.2 中国“感知中国”计划.....3	
1.1.3 日本及欧盟发展计划.....4	
1.2 物联网的基本概念.....5	
1.2.1 物联网的定义.....5	
1.2.2 物联网的特征.....6	
1.2.3 物联网与各种网络的关系.....7	
1.3 物联网的体系结构.....9	
1.3.1 感知层.....13	
1.3.2 网络层.....13	
1.3.3 应用层.....14	
1.4 物联网的支撑技术.....15	
1.4.1 感知层的支撑技术.....15	
1.4.2 网络层的支撑技术.....17	
1.4.3 应用层的支撑技术.....18	
1.5 物联网应用案例.....19	
1.5.1 精细农牧业.....19	
1.5.2 智能电网.....20	
1.5.3 智能交通.....20	
1.5.4 智慧物流.....20	
1.5.5 智能家居.....21	
1.5.6 智慧医疗.....21	
1.5.7 智能安防.....21	
小结.....21	
习题.....22	
实践——调研物联网应用案例.....22	
<b>第2章 自动识别技术</b> .....23	
2.1 自动识别技术概述.....24	
2.1.1 自动识别技术的概念.....24	
2.1.2 自动识别技术的分类.....24	
2.1.3 自动识别系统的构成.....25	
2.2 物品信息编码及识别技术.....26	
2.2.1 物品信息编码发展简史.....26	
2.2.2 条码技术概述.....27	
2.2.3 条码识别系统处理流程.....32	
2.3 射频识别.....36	
2.3.1 RFID系统工作原理.....36	
2.3.2 RFID系统分类.....39	
2.3.3 RFID系统组成.....42	
2.3.4 RFID系统的防碰撞机制及防冲突算法.....48	
2.3.5 RFID应用前景.....50	
2.4 卡识别.....51	
2.4.1 磁卡识别技术.....51	
2.4.2 IC卡识别技术.....52	
2.5 语音识别.....53	
2.5.1 语音识别系统分类.....54	
2.5.2 语音识别工作原理.....54	
2.6 光学字符识别.....56	
2.7 生物识别.....57	
小结.....58	
习题.....59	
实践——调研RFID及生物识别技术.....59	
<b>第3章 传感器与无线传感网</b> .....61	
3.1 传感器概述.....62	
3.1.1 传感器的定义.....62	
3.1.2 传感器的构成.....63	
3.1.3 传感器的特性.....63	

3.1.4	传感器的种类.....	65	实践——调研高铁使用的物联网技术 .....	122
3.1.5	传感器产业的发展.....	67	<b>第4章 定位技术</b> .....	125
3.2	常用传感器.....	69	4.1 定位技术概述 .....	126
3.2.1	温度传感器.....	69	4.1.1 定位技术的早期发展 .....	126
3.2.2	湿度传感器.....	71	4.1.2 定位的性能指标 .....	127
3.2.3	气敏传感器.....	73	4.1.3 定位技术的分类 .....	127
3.2.4	应变片式传感器.....	74	4.1.4 定位技术与物联网 .....	128
3.2.5	霍尔传感器.....	76	4.2 全球导航卫星系统 .....	128
3.2.6	超声波传感器.....	77	4.2.1 美国 GPS.....	128
3.3	新型传感器.....	78	4.2.2 俄罗斯 GLONASS.....	133
3.3.1	多功能传感器.....	79	4.2.3 中国 BDS .....	134
3.3.2	MEMS 传感器.....	80	4.2.4 欧洲 GALILEO.....	135
3.3.3	智能传感器.....	83	4.3 基于网络的定位技术 .....	137
3.4	传感器的应用 .....	87	4.3.1 基于移动通信网络的定位 .....	137
3.4.1	传感器应用现状.....	87	4.3.2 基于无线局域网的定位 .....	140
3.4.2	传感器应用案例.....	88	4.4 感知定位技术 .....	142
3.5	无线传感网概述.....	90	4.4.1 蓝牙定位技术 .....	142
3.5.1	无线传感网的组成.....	91	4.4.2 基于 ZigBee 的定位技术 .....	143
3.5.2	无线传感网的体系结构.....	93	4.4.3 基于 RFID 的定位技术.....	143
3.5.3	无线传感网的特征.....	94	4.4.4 基于红外的定位技术 .....	144
3.5.4	无线传感网的接入.....	96	4.4.5 超声波定位技术 .....	144
3.6	无线传感网的通信协议.....	97	4.4.6 超宽带定位技术 .....	145
3.6.1	MAC 协议.....	97	4.5 混合定位 .....	145
3.6.2	路由协议 .....	100	4.5.1 A-GPS .....	145
3.6.3	传输协议.....	104	4.5.2 GPSONe .....	147
3.7	无线传感网的组网技术.....	105	4.6 基于位置的服务 .....	147
3.7.1	无线传感网的组网模式.....	105	4.6.1 LBS 发展历程.....	148
3.7.2	ZigBee 概述 .....	105	4.6.2 LBS 系统构成.....	149
3.7.3	ZigBee 协议的特点 .....	106	4.6.3 LBS 核心技术.....	150
3.7.4	ZigBee 协议的设备和结构 .....	107	4.6.4 LBS 服务模式.....	151
3.7.5	ZigBee 协议栈.....	108	4.6.5 LBS 应用案例——AR .....	153
3.7.6	6LoWPAN.....	111	小结 .....	154
3.8	无线传感网的关键技术.....	114	习题 .....	154
3.8.1	拓扑控制.....	114	实践——调研物联网定位技术应用案例 .....	155
3.8.2	时间同步.....	115	<b>第5章 智能嵌入技术</b> .....	157
3.8.3	数据融合.....	117	5.1 嵌入式系统概述 .....	158
3.9	无线传感网的应用 .....	120	5.1.1 基本概念 .....	158
小结 .....		121	5.1.2 基本特点 .....	158
习题 .....		121		

5.1.3 发展过程.....	159	6.2.4 ZigBee 技术(IEEE	802.15.4).....	189
5.2 嵌入式系统的结构.....	159	6.2.5 红外通信技术(IrDA).....	189	
5.2.1 硬件层.....	160	6.2.6 IEEE 802.16(Wi-Max).....	191	
5.2.2 硬件抽象层.....	160	6.2.7 IEEE 802.20(MBWA).....	192	
5.2.3 系统软件层.....	161	6.3 移动通信网络.....	192	
5.2.4 应用软件层.....	161	6.3.1 1G——第一代移动通信	技术.....	192
5.3 嵌入式微处理器的分类.....	161	6.3.2 2G——第二代移动通信	技术.....	193
5.3.1 嵌入式微控制器.....	162	6.3.3 3G——第三代移动通信	技术.....	196
5.3.2 嵌入式数字信号处理器.....	162	6.3.4 4G——第四代移动通信	技术.....	198
5.3.3 嵌入式微处理单元.....	163	6.3.5 5G——第五代移动通信	技术.....	201
5.3.4 片上系统.....	163	6.4 核心网.....	202	
5.4 嵌入式操作系统.....	164	6.4.1 核心传输网络.....	202	
5.4.1 嵌入式操作系统概述.....	164	6.4.2 核心交换网络.....	204	
5.4.2 嵌入式操作系统的发展.....	165	小结.....	205	
5.4.3 典型的嵌入式操作系统.....	166	习题.....	205	
5.5 智能嵌入技术的应用.....	171	实践——调研智能电网所用到的通信	技术.....	205
5.5.1 工业自动化.....	171	<b>第7章 物联网网络服务</b> .....	207	
5.5.2 商业应用.....	171	7.1 物联网网络服务概述.....	208	
5.5.3 网络设备.....	171	7.2 物联网名称解析服务.....	211	
5.5.4 智能家居.....	172	7.2.1 物联网名称解析服务的工作	原理.....	211
5.5.5 机器人.....	173	7.2.2 ONS 结构与服务方式.....	213	
5.6 智能嵌入技术的发展趋势.....	173	7.2.3 ONS 工作流程.....	215	
小结.....	174	7.3 物联网信息发布服务.....	218	
习题.....	174	7.3.1 物联网信息发布服务的工作	原理.....	218
实践——配置 Android 系统集成开发	环境.....	7.3.2 EPCIS 的功能与作用.....	219	
	174	7.3.3 EPCIS 系统设计.....	221	
<b>第6章 通信网络技术</b> .....	175	7.4 实体标记语言 PML.....	223	
6.1 有线接入技术.....	177	7.4.1 PML 概述.....	223	
6.1.1 Ethernet 接入技术.....	177	7.4.2 PML 核心思想.....	224	
6.1.2 ADSL 接入技术.....	178			
6.1.3 HFC 接入技术.....	179			
6.1.4 光纤接入技术.....	179			
6.1.5 电力线接入技术.....	180			
6.2 无线接入技术.....	181			
6.2.1 Wi-Fi 技术(IEEE 802.11).....	182			
6.2.2 Blue-Tooth 技术(IEEE	802.15.1).....			
6.2.3 UWB 技术(IEEE 802.15.3).....	187			



7.4.3 PML 的组成与设计方法 .....	226	9.1.2 智能工业的应用领域 .....	264
7.4.4 PML 设计举例 .....	228	9.1.3 物联网与工业自动化 .....	265
小结 .....	229	9.1.4 智能化的制造技术 .....	265
习题 .....	229	9.1.5 智能工业的关键技术 .....	267
实践——ISO、EPC Global 及 UID 三大 RFID 标准体系 .....	229	9.2 智慧农业 .....	268
<b>第 8 章 海量数据存储与处理技术</b> .....	231	9.2.1 智慧农业的概念 .....	268
8.1 物联网数据处理技术概述 .....	232	9.2.2 智慧农业的关键技术 .....	268
8.1.1 物联网数据的特点 .....	232	9.2.3 智慧农业技术方案 .....	270
8.1.2 物联网数据处理关键技术 .....	233	9.2.4 智慧农业发展与应用实例 .....	271
8.2 海量数据存储技术 .....	234	9.3 智能物流 .....	273
8.2.1 海量数据存储需求 .....	234	9.3.1 智能物流的概念 .....	273
8.2.2 数据存储分类 .....	235	9.3.2 智能物流的主要技术 .....	273
8.2.3 数据存储技术的发展演变 .....	236	9.3.3 物联网对物流的影响 .....	275
8.3 云计算与物联网 .....	239	9.3.4 智能物流的发展方向 .....	277
8.3.1 服务器技术的发展 .....	239	小结 .....	280
8.3.2 数据中心的基本概念 .....	241	习题 .....	280
8.3.3 云计算的基本概念 .....	243	实践——精细农业智能大棚系统设计 .....	280
8.3.4 云计算系统的组成 .....	245	<b>第 10 章 物联网安全技术</b> .....	283
8.3.5 云计算与物联网的关系 .....	248	10.1 物联网的安全架构 .....	284
8.3.6 云计算在物联网中的应用 .....	249	10.1.1 物联网面临的安全风险 .....	284
8.4 数据融合技术 .....	253	10.1.2 物联网系统安全架构的 特点 .....	286
8.4.1 无线传感器网络数据融合 技术 .....	253	10.1.3 物联网系统安全架构的 组成 .....	286
8.4.2 数据融合的分类 .....	254	10.2 物联网的安全威胁 .....	287
8.5 普适计算与物联网 .....	256	10.2.1 感知层安全 .....	288
8.5.1 普适计算技术的特征 .....	257	10.2.2 网络层安全 .....	293
8.5.2 普适计算的系统组成 .....	258	10.2.3 应用层安全 .....	296
8.5.3 普适计算的体系结构 .....	258	10.3 物联网安全关键技术 .....	297
8.6 人工智能与物联网 .....	259	10.3.1 密钥管理技术 .....	297
小结 .....	260	10.3.2 身份认证技术 .....	299
习题 .....	260	10.3.3 访问控制技术 .....	300
实践——调研云计算服务方案 .....	260	小结 .....	301
<b>第 9 章 物联网应用</b> .....	263	习题 .....	301
9.1 智能工业 .....	264	实践——调研物联网安全威胁 .....	301
9.1.1 智能工业的概念 .....	264	<b>参考文献</b> .....	302



## 导读

物联网(the Internet of Things, IoT)是物—物相连的互联网,它将不断发展的信息技术运用于各个行业之中,通过网络化、信息化、智能化的手段将物理空间和网络空间有效互联,形成“物联”。物联网是信息技术发展到一定阶段后出现的,它是集计算机技术、通信技术、传感器技术等多种技术于一体的集成技术,被认为是继计算机、互联网和移动通信技术之后信息产业最新的革命性发展。物联网技术是一门新兴的、交叉性、聚合性的应用学科,它涵盖了多学科的知识,具有技术复杂、形式多样、涉及面广的特点,目前还处于高速发展之中。

本章主要介绍物联网的起源与发展、基本概念、体系结构、支撑技术以及应用案例。

## 1.1 物联网的起源与发展

互联网技术的发展和移动通信网络的普及已经改变了人们的生活。短信取代了电报，网络会议减少了出差旅行，微博的出现让人们进入了自媒体时代。互联网构造了一个虚拟的信息世界，人们在这个虚拟世界中可以随时随地交流各种信息。

互联网的缺点是不能实时提供真实世界的信息。当人们走进超市时，自然而然地想知道要买的商品位于哪个货架，价格是多少，这就需要人和物、物和物之间能够进行信息交流，于是，物联网应运而生。高铁、共享单车、移动支付、网络购物被视为当今中国的“四大发明”，而其中无一不包含物联网技术的身影。另外，ETC、智能家居、无人值守超市、机器人等正走进人们的生活，而这些都是物联网技术应用的具体案例。

物联网作为一种模糊想法，最早出现在1995年比尔·盖茨的《未来之路》一书中。比尔·盖茨花了5000万美元做了一个智能家居系统，他利用微软公司强大的技术力量，把家里的电器都连起来，通过网络来访问、控制。这被许多专家认为是“物联网”的起源。

1999年，美国麻省理工学院的Auto-ID中心主任Kevin Ashton教授在研究射频识别(Radio Frequency Identification, RFID)时提出了物联网的概念雏形，最初是针对物流行业的自动监控和管理系统设计的，其设想是给每个物品都贴上射频标签，通过自动扫描设备，在互联网的基础上，构造一个物—物通信的全球网络，目的是实现物品信息的实时共享。

1999—2003年是物联网研究发展极为重要的一个时期。研究的重点主要集中在物品身份自动识别技术上，包括怎样识别和提高识别率等。当时，EAN.UCC组建了一家非营利国际组织EPC Global来负责管理和推广EPC工作，并促进EPC物联网标准的制定及EPC物联网在全球范围的应用。2003年，“EPC决策研讨会”在芝加哥召开。该研讨会确定了EPC系统主要由EPC编码、EPC标签、识读器、SavantTM(神经网络软件)、对象名解析服务(ONS)、物理标记语言(PML)六部分组成，这六部分共同运作组成了叠加在互联网上的一层通信网络。EPC网络是一个支持计算机自动识别与跟踪物品的基础设施。

2005年11月17日，在突尼斯举行的信息社会世界峰会(W SIS)上，国际电信联盟(ITU)发布《ITU互联网报告2005：物联网》，引用了“物联网”的概念，物联网概念也开始正式出现在官方文件中。报告从综合的、整体的角度提出，物联网将以感知和智能的形式连接世界上的物品。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RFID技术的物联网，无所不在、无时不在的“物联网”通信时代即将来临。根据ITU的描述，在物联网时代，通过在各种各样的日常用品上嵌入一种短距离的移动收发器，人类在信息与通信世界里将获得一个新的沟通维度，从任何时间、任何地点的人与人之间的沟通连接扩展到人与物、物与物之间的沟通连接。世界上所有的物体都可以通过互联网主动进行交换。射频识别技术、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。

未来，物联网的用途将无处不在，除用于环境保护、政府工作、公共安全等公共领域外，还能在人们的日常生活中起到重要作用。比如，洗衣服的时候，洗衣机会主动“告诉”

你水量少了还是多了；而你携带的公文包则会提醒你忘记带什么东西；你还能通过点击手机按钮在 A 地控制电饭煲，为 B 地的家人煮饭。人们驾车时，只需设置好目的地，便可在车上随意睡觉、看电影，车载系统会通过接收到的信号智能行驶；人们生病时，无须住在医院，只要通过一个小小的仪器，医生就能 24 小时监控病人的体温、血压、脉搏等。

### 1.1.1 美国“智慧地球”战略

2009 年，IBM 公司的 CEO 彭明盛首次提出“智慧地球”的概念，得到美国政府批准，计划投资新一代的智慧型基础设施。IBM 认为信息技术(Information Technology, IT)产业下一阶段的任务是把新一代 IT 技术充分运用到各行各业中，具体地说，就是把传感器嵌入电网、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，并进行连接，形成物联网。之后，奥巴马政府将新能源和物联网列为振兴美国经济的两大武器。

“智慧地球”包含物联化、互联化和智能化三个要素，就是利用 IT，把铁路、公路、建筑、电网、供水系统、油气管道乃至汽车、冰箱、电视机等各种物体连接起来形成一个“物联网”，再通过计算机和其他方法将“物联网”整合起来，人类便可以通过互联网精确而又实时地管控这些接入网络的设备，从而方便地从事生产、生活的管理，并最终实现“智慧地球”这一理想状态。

### 1.1.2 中国“感知中国”计划

2009 年，中国政府提出“感知中国”的战略，物联网被正式列为国家五大新兴战略性新兴产业之一，写入温家宝总理的“政府工作报告”。这使物联网在中国受到了极大关注，一些高等院校也开设了物联网工程专业。2011 年正式颁布的中国“十二五”规划指出，在新兴战略性新兴产业中，新一代信息技术产业的发展重点是物联网、云计算、三网融合、集成电路等。

“物联网”的梦想在 2010 年上海世博会上实现，它串起的未来智能生活，并不遥远——世博园内的门票、监控系统，都已依赖于物联网技术的使用。观众未进世博园，先进“物联”大网：世博会参观者手持的纸质门票，采用 RFID 技术，轻松一刷便可快速验票通关。RFID 是物联网的一项基础技术，通过使用 RFID 技术，世博会门票从生产、发行、销售到检票环节都实现了数字化管理。

2009 年 10 月 24 日，在第四届中国民营科技企业博览会上，西安优势微电子有限公司宣布中国第一颗物联网的中国芯——“唐芯一号”芯片研制成功，标志着中国已经攻克了物联网的核心技术。“唐芯一号”芯片是一颗 2.4 GHz 超低功耗射频可编程片上系统 PSoC，可以满足各种条件下无线传感网、无线局域网、有源 RFID 等物联网应用的特殊需要，为我国物联网产业的发展奠定了基础。

2010 年 1 月，江苏无锡高新技术产业开发区正式获批为国家电子信息(物联网)示范基地。该区规划面积 20km<sup>2</sup>，到 2012 年完成传感网示范基地建设，形成全市产业发展空间布局和功能定位，产业规模达到 1000 亿元，具有较大规模各类传感网企业 500 家以上，销售

额 10 亿元以上的龙头企业 5 家以上，培育上市企业 5 家以上。

2011 年 1 月 3 日，国家电网首座 220 kV 智能变电站——无锡市惠山区西泾变电站投入运行。西泾变电站利用物联网技术建立传感测控网络，将传统意义上的变电设备“活化”，实现自我感知、判别和决策，从而完成自动控制，实现了真正意义上的“无人值守和巡检”。

此外，中国还建成了高铁物联网，改变了以往购票、检票的单调方式，升级为人性化、多样化的新体验。刷卡购票、手机购票、电话购票等新技术的集成使用，可以让旅客摆脱拥挤的车站购票；与地铁类似的检票方式，则可实现持有不同票据的旅客快速通行。清华易程公司研发了目前世界上最大的票务系统，每年可处理 30 亿人次，而此前全球在用系统的最大极限是 5 亿人次。

### 1.1.3 日本及欧盟发展计划

在日本，总务省提出以发展泛在(Ubiquitous)社会为目标的 u-Japan 构想，文化教育与科学技术部(MEXT)积极响应，提出了对信息技术、生命科学的支持计划，经济与工业部(MEII)于 2008 年启动了绿色 IT 项目，旨在通过物联网技术实现经济与环境之间的平衡。

在欧洲，2009 年 6 月，欧盟在比利时首都布鲁塞尔发布了题为《物联网——欧洲行动计划》的公告，希望欧洲通过构建新型物联网管理框架来引领世界物联网发展。在计划书中，欧盟委员会提出物联网三方面的特性：第一，不能简单地将物联网看作互联网的延伸，物联网建立在特有的基础设施上，将是一系列新的独立系统，当然，部分基础设施仍要依存于现有的互联网；第二，物联网将伴随新的业务共同发展；第三，物联网包括多种不同的通信模式，如物与人通信、物与物通信等，其中特别强调了机器对机器通信(M2M)。

M2M 是 Machine-to-Machine 通信的简称，是无线通信和信息技术的整合，是物联网实现的关键，主要通过收集电话机、计算机、传真机等机器设备之间的通信来实现人与人的交流。机器与机器之间的对话是切入物联网的关键，M2M 正是解决机器开口说话的关键技术，不是简单的数据在机器和机器之间的传输，而是机器和机器之间的一种智能化、交互式的通信。也就是说，即使人们没有实时发出信号，机器也会根据既定程序主动进行通信，并根据所得到的数据智能地做出选择，对相关设备发出正确的指令。智能化、交互式成了 M2M 有别于其他物联网应用的典型特征，这一特征下的机器也被赋予了更多的“思想”和“智慧”。

目前，物联网的发展如火如荼，验证了 IBM 前首席执行官郭士纳(Louis V Gerstner)提出的“十五年周期定律”(见图 1-1)，即计算模式每隔 15 年发生一次变革。该定律认为 1965 年前后发生的变革以大型机为标志，1980 年前后以个人计算机的普及为标志，而 1995 年前后则发生了互联网革命。这样看来，新的周期将以 2010 年前后物联网的兴起为标志。

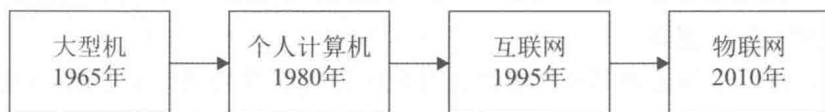


图 1-1 信息技术十五年周期定律

2008年,欧洲智能系统集成技术平台(EPoSS)在其《2020年的物联网》报告中,对物联网的发展做了分析预测,认为未来物联网的发展将经历四个阶段:

- (1) 2010年之前 RFID 被广泛应用于物流、零售和制药领域;
- (2) 2010—2015年物体互联;
- (3) 2015—2020年物体进入半智能化;
- (4) 2020年之后物体进入全智能化。

物联网之所以产生与快速发展,根本原因在于技术的发展,主要包括以下内容。

(1) 计算机技术和电子技术的进一步发展,尤其是制造工艺水平的进一步提高,大规模集成电路向微型化、低功耗、高可靠性方向发展。

(2) 通信技术取得长足的进步,有线通信技术作为基础设施已经普及,绝大部分住宅小区、商场、写字楼的主干网络以光纤为主;移动通信技术从第1代发展到现在的第5代,越来越多的设备和终端都支持无线移动通信,不再受制于时间、空间与线缆,可随时随地联网,人们的日常生活日益自动化、智能化。

(3) 个人信息处理终端和互联网的普及,传感技术的飞速进步并与各种智能终端相结合,使感知世界越发成为现实。智能手机就是这样一个典型的例子。

由此可见,物联网的发展最终将取决于技术的发展。要使物体具有一定的智能,至少要在每个物体中植入一个标识芯片。物体的种类、数量以及芯片的成本和处理能力等,都是限制物联网全球普及的因素,也是未来需要重点突破的关键领域。

## 1.2 物联网的基本概念

物联网,顾名思义就是物—物相连的互联网。这说明物联网首先是一种通信网络,其次它的重点是物与物之间的互联。物联网并不是简单地把物品连接起来,而是通过物—物之间、人—物之间的信息互动,使社会活动的管理更加有效、人类的生活更加舒适。

在物联网时代,人们可以做到一部手机走天下。出行预订、交通查询、身份验证、购物付款等都可以在手机上实现。手机也可以作为万能遥控器,即使远在外地,也可以遥控家里的智能电器,而监视房屋安全的设备则会将报警信息自动送往手机。

物联网就是提供一个全球性的、自动反映真实世界信息的通信网络,让人们可以无意识地享受真实世界提供的一切服务。

物联网基于大家都熟悉的互联网,但不局限于互联网,其终端除了人之外,还有大量的物品。在物联网时代,除了常见的人与人之间的数据流动,物与物之间也存在着数据流动,而且数据量更大、更为频繁,这些数据由物品通过对周围环境的感知自动产生,通过互联网传递给相应的应用程序进行处理。

### 1.2.1 物联网的定义

自从物联网的概念被提出到现在,物联网本身还在不断的发展之中,目前国内外无论

是学术界还是工业界，对物联网都还没有一个公认的标准定义。

有学者认为物联网是智能感知、识别技术与普通科学和泛在网络相融合的应用。有学者认为物联网是通过射频识别、红外感应器、全球定位系统、激光扫描器、气体感应器等信息传感设备，按约定的协议，把任何物品与互联网连接起来，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。

中国物联网校企联盟将物联网定义为当下几乎所有技术与计算机、互联网技术的结合，实现物体与物体之间、环境和状态信息的实时共享以及智能化的收集、传递、处理、执行。广义上说，当下涉及的信息技术的应用，都可以纳入物联网的范畴。

根据国际电信联盟(ITU)的定义，物联网主要解决物品与物品(Thing to Thing, T2T)、人与物品(Human to Thing, H2T)、人与人(Human to Human, H2H)之间的互联。但是与传统互联网不同的是，H2T 是指人利用通用装置与物品之间的连接，从而使得物品连接更加简化，而 H2H 是指人与人之间不依赖于 PC 而进行的互联。因为互联网并没有考虑到对于任何物品连接的问题，故我们使用物联网来解决这个传统意义上的问题。物联网，顾名思义就是连接物品的网络，许多学者讨论物联网，经常会引入一个 M2M 的概念，可以解释成为人与人(Man to Man)、人与机器(Man to Machine)、机器与机器(Machine to Machine)。从本质上而言，人与机器、机器与机器的交互，大部分是为了实现人与人之间的信息交互。

综上所述，我们可以这样定义物联网：通过利用条码、射频识别、传感器、定位系统、激光扫描器等各种信息传感设备，按约定的协议，实现人与人、人与物、物与物在任何时间、任何地点的连接，从而进行信息交换和通信，以实现智能化识别、定位、跟踪、监控和管理的庞大网络系统。

现代意义的物联网可以实现对物的感知识别控制、网络化互联和智能处理有机统一，从而形成高智能决策。物联网将创造一个智慧的世界。

## 1.2.2 物联网的特征

物联网的核心是物与物以及人与物之间的信息交互，其基本特征可概括如下。

### 1. 全面感知

物联网利用射频识别、二维码、传感器、定位技术等感知、捕获、测量技术，随时随地对物体进行信息采集。物品的信息有两种，一种是物品本身的属性，另一种是物品周围环境的属性。特别要注意的是，物联网中的“物”不是普通意义上的万事万物，这里的物要满足以下条件才能被纳入“物联网”的范围。

- (1) 在世界网络中有可被识别的唯一的物品编号。
- (2) 有足够的存储容量。
- (3) 有必要的数据处理能力(需要 CPU 与嵌入式 OS)。
- (4) 有畅通的数据传输通路(需要相应的数据接收器和数据发送器)。
- (5) 有专门的应用程序。
- (6) 遵循统一的物联网通信协议。

## 2. 可靠传递

物联网需要将各种无线以及有线网络与互联网进行融合,以便依托各种网络随时随地进行可靠的信息交互与共享。物联网包括物与人通信、物与物通信的不同通信模式。物联网广泛采用互联网协议、技术和服务,如 IP 协议、云计算等。

## 3. 智能处理

利用云计算、数据挖掘、深度学习等各种智能计算技术,对海量的感知信息进行分析并处理,实现智能化的决策和控制。物联网为产品信息的交互与处理提供基础设施,但并不是把物品嵌入一些传感器、贴上 RFID 标签就组成了物联网,物联网应具有自动识别、自动处理、自我反馈与智能控制的特点。

## 4. 综合应用

综合应用是指根据各个行业、各种业务的具体特点,形成各种单独的物联网业务应用,或者整个行业及系统的建设应用方案。

# 1.2.3 物联网与各种网络的关系

## 1. 物联网与互联网的关系

互联网是把计算机连接起来为人们提供信息服务的全球通信网络。其特点是所有的信息交流都是在人与人之间进行的。在互联网中,人与物不能直接进行信息交流。人们想要了解某个物品,必须有人把这个物品的信息进行数字化后放到网上才行。互联网的数据是由人工方式获取的,这些数据为人们提供了一个虚拟的信息世界,实现了人与人之间的信息共享。物联网的数据是通过自动感知方式获取的,是由物品根据本身或周围环境的情况产生的,为人们提供的是真实世界的信息。在物联网的信息空间中,实现了人与人、人与物、物与物的信息共享。

从互联网的角度看,物联网是互联网由人到物的自然延伸,是互联网接入技术的一种扩展。只要把传感网络、RFID 系统等接入到互联网中,增加相应的应用程序和服务,物联网就成了互联网的一种新的应用类型。这种融合了物联网的互联网被视为下一代互联网。

从物联网角度看,所有的物品都要连接到互联网上,物品产生的一些信息也要送到互联网上进行处理。物联网需要一个全球性的网络,而这个网络非互联网莫属。物联网的实现是基于互联网的,采用的是互联网的通信协议。

物联网与互联网联系非常紧密,从长远发展的目标来看,二者不存在明确的界限,但从目前物联网的建设和使用来看,二者还是有差别的。互联网的建设和使用是全球性的,物联网往往是行业性的或区域性的。互联网有时不能满足物联网的要求,如智能电网对网络承载平台的可靠性要求很高。由于物联网以互联网为承载网络,并逐步趋向互联网所用的网络协议,二者最终可能将融为一个网络,从而实现从信息共享到信息智能服务的提升,彻底改变人们的生活方式。



## 2. 物联网与传感网的关系

传感网一般指的是无线传感器网络(Wireless Sensor Network, WSN)。它把多个传感器用无线通信的方式连接起来,以便协调处理所采集的信息。

传感网一度被人认为就是物联网,通过对传感网的涵盖范围进行延伸,把物联网纳入到传感网范畴,提出了泛在传感网或语义传感 Web 等概念。传感网与物联网初看起来确实有很多相同之处,例如,都需要对物体进行感知,都用到相同的技术,都要进行数据的传输。但实际上,物联网的概念要比传感网大得多。传感网主要探测的是自然界的环境参数,如温度、速度、压力等。物联网不仅能够处理这些数据,更强调物体的标识。

物体属性包括动态和静态两种。动态属性需要由传感器实时探测,静态属性可以存储在标签中,然后用设备直接读取。因此,为物联网提供物体信息的系统除了传感网外,还有 RFID、定位系统等。实际上, GPS(全球定位系统)、语音识别、红外感应、激光扫描等所有能够实现自动识别与物—物通信的技术都可以成为物联网的信息采集技术。可见,传感网只是物联网的一部分,用于物体动态属性的采集,然后把数据通过各种接入技术,送往互联网进行处理。来自传感网的数据是物联网海量信息的主要来源。

传感网区域性比较强,物联网行业性比较强。在组网建设中,传感网不会使用基础网络设施,如公众通信网络、行业专网等。物联网则会利用现有的基础网络,最常见的就是利用现有的互联网基础设施,当然也可以建设新的专用于物联网的通信网。

## 3. 物联网与泛在网的关系

泛在网(Ubiquitous Network, UN)就是无所不在的网络,任何人无论何时何地都可以和任何物体进行联系。泛在网的概念出现得比物联网和传感网都要早。泛在网最早是想要开发一套理想计算机结构和网络,满足全社会的需要。1991年又提出“泛在计算”的思想,强调把计算机嵌入环境或日常生活的常用工具中,智能设备将遍布于周边环境,无所不在。

国际电信联盟电信分部(ITU-T)在2009年发布的 Y.2002 标准提案中规划了泛在网的蓝图,指出泛在网的关键特征是“5C”和“5A”。5C 强调了泛在网无所不能的功能特性,分别是融合(Convergence)、内容(Contents)、计算(Computing)、通信(Communication)和连接(Connectivity)。5A 强调了泛在网的无所不在的覆盖特性,分别是任意时间(Any Time)、任意地点(Any Where)、任意服务(Any Service)、任意网络(Any Network)和任意对象(Any Object)。

泛在网的目标很理想,但它的实现受到现有技术条件的限制。它的概念也随着具体技术的发展而具有不同的定义。在泛在网的实现中,机—机通信(Machine-to-Machine, M2M)业务可作为代表。M2M 体现了泛在概念的精髓,那就是把处理器和通信模块植入任何设备中,使设备具有通信和智能处理能力,以达到远程监测、控制的功能。现在 M2M 中的 M 也同时代表 Man(人),从而实现物与物、物与人、人与人的泛在通信,可见, M2M 与物联网的概念是一致的。

泛在网和物联网的终极目标是一样的,如日本的 u-Japan 物联网战略计划中的“u”指的就是泛在。ITU 在物联网报告中就提出物联网的发展目标是实现任何时刻、任何地点、任