

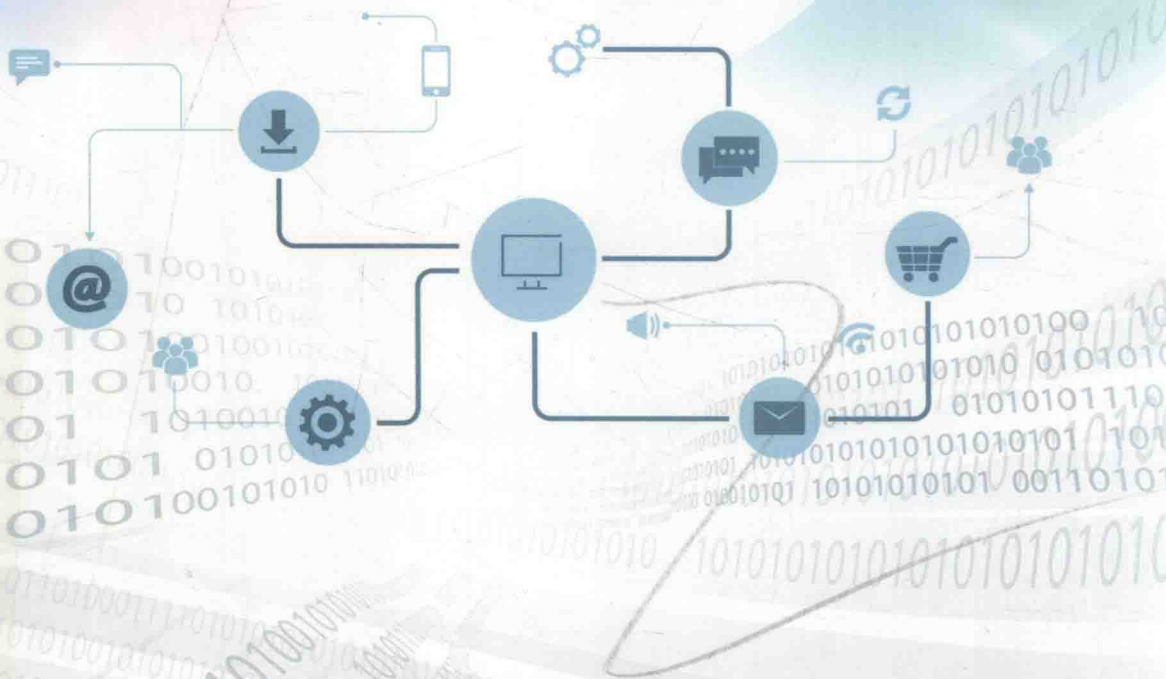


计算机“十三五”规划教材

物联网技术与应用

WULIANWANG JISHU YU YINGYONG

主编 潘立武 刘志龙 罗丛波



航空工业出版社

计算机“十三五”规划教材

物联网技术与应用

主编 潘立武 刘志龙 罗丛波



航空工业出版社

北京

内 容 提 要

本书围绕物联网“感知层、网络层、应用层”涉及的三大类技术架构所组成的物联网技术知识体系来安排内容,并将最新的技术发展和实践操作融入到相应的章节之中,主要内容包括物联网概述、RFID技术、传感器技术、无线传感器网络技术、物联网通信技术、物联网智能化技术、物联网安全、物联网应用、农业物联网系统平台设计等。

本书系统全面、结构清晰、内容翔实,可作为应用型本科院校及高职高专院校电子信息、通信、计算机、自动化、物联网、传感网等相关专业的专业基础课教材,也可作为物联网及相关行业科研、教学和管理人员的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

物联网技术与应用 / 潘立武, 刘志龙, 罗丛波主编
— 北京: 航空工业出版社, 2018.8
ISBN 978-7-5165-1699-7

I. ①物… II. ①潘… ②刘… ③罗… III. ①互联网—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(2018)第195371号

物联网技术与应用 Wulianwang Jishu Yu Yingyong

航空工业出版社出版发行

(北京市朝阳区北苑2号院 100012)

发行部电话: 010-84936597 010-84936343

北京市科星印刷有限责任公司印刷

全国各地新华书店经售

2018年8月第1版

2018年8月第1次印刷

开本: 787×1092

1/16

印张: 19.5

字数: 451千字

印数: 1-3000

定价: 58.00元

前言

物联网作为互联网的延伸，被称为世界信息产业发展的第三次浪潮。随着各国政府的推动，大量新兴的物联网技术应用正逐渐走进人们的生活，物联网产业也正成为推动世界经济增长的重要新兴产业。

随着《物联网“十二五”发展规划》《信息通信行业发展规划物联网分册（2016—2020年）》《中国制造2025》《新一代人工智能发展规划》等文件的出台，我国物联网发展已经成为国家层面技术及产业创新的重点方向。为了满足经济和社会发展的需求，培养高素质的创新型物联网应用技术人才，我们精心规划和编写了本书。

本书内容

本书紧紧围绕物联网“感知层、网络层、应用层”涉及的三大类技术架构所组成的物联网技术知识体系来安排内容，并精心挑选了合适的实验供读者练习。本书共分为9章，依次为物联网概述、RFID技术、传感器技术、无线传感器网络技术、物联网通信技术、物联网智能化技术、物联网安全、物联网应用、农业物联网系统平台设计。

本书依据理论和实践相结合的原则，由浅入深、层层深入，从相关物联网技术的原理和知识，深入到相关技术领域，特别遴选了一些重点生产与生活领域的应用案例进行详细的分析与介绍，帮助读者拓展思维、开阔视野，从而为进一步学习和研究物联网技术打下坚实的基础。

本书特色

(1) 本书系统全面、结构合理、重点突出，并且突出应用，每一章都充实了新知识、新技术、新设备和新方法。书中的应用实例均来自于实际开发项目，具有鲜明的实用性。

(2) 针对物联网课程实践操作难的现状，精心选择了比较通用的实验内容，将课程理论学习与实践紧密地结合起来。书中所有实验都是作者在教学过程中验证使用过的，并配有详细操作步骤或相关说明。

(3) 本书章与章之间既相互关联，又独立成篇，可使读者全面了解或有针对性地学习物联网相关知识，提高分析和解决实际问题的能力，并有助于读者通过相关升学考试和职业



资格证书考试。

(4) 为方便教学和学习, 本书配有优质的资源包, 读者可到北京金企鹅联合出版中心网站 (www.bjjqe.com) 下载。

适用范围

本书可作为应用型本科院校及高职高专院校电子信息、通信、计算机、自动化、物联网、传感网等相关专业的专业基础课教材, 也可作为物联网及相关行业科研、教学和管理人员的参考书。

编者队伍

本书由潘立武、刘志龙、罗丛波任主编, 朱慧泉、曾梦璐、张淋江任副主编。其中, 第1、2章由河南牧业经济学院潘立武编写, 第3、7章由河南轻工业职业学院朱慧泉编写, 第4、5章由河南牧业经济学院刘志龙编写, 第6章由河南牧业经济学院张淋江编写, 第8章由河南牧业经济学院曾梦璐编写, 第9章由长春科技学院罗丛波编写, 全书由潘立武统稿。

在本书编写过程中, 北京博创智联科技有限公司提供了智能农业系统的有关资料, 并参与了本书案例的策划与审核, 在此表示衷心的感谢。

由于编者水平和经验有限, 且物联网相关技术仍在不断发展和完善之中, 虽竭尽全力, 但难免存在疏漏之处, 敬请广大读者批评指正。

编者

2018年7月

目 录

第1章 物联网概述	1
1.1 物联网的起源、发展及相关概念	1
1.1.1 物联网的起源和发展	1
1.1.2 物联网的相关概念	3
1.1.3 普适计算	6
1.1.4 物联网的特征	7
1.2 物联网的体系架构	7
1.2.1 感知层	8
1.2.2 网络层	10
1.2.3 应用层	10
1.2.4 物联网的技术体系	11
1.3 物联网标准化	12
1.3.1 物联网标准制定的意义	12
1.3.2 物联网标准体系框架	13
1.3.3 国际物联网标准制定现状	14
1.3.4 我国物联网标准制定现状	18
本章实验	19
本章小结	21
本章习题	21
第2章 RFID技术	24
2.1 RFID技术基础知识	24
2.1.1 RFID的基本概念和特点	24
2.1.2 RFID的分类	25
2.1.3 RFID技术的发展	29
2.2 RFID系统组成	31
2.2.1 RFID系统组成	31



2.2.2 RFID 系统中的软件组件	33
2.2.3 RFID 中间件技术	35
2.3 RFID 系统原理	38
2.3.1 电感耦合 RFID 系统	38
2.3.2 电磁反向散射耦合 RFID 系统	40
本章实验	42
本章小结	45
本章习题	46
第 3 章 传感器技术	48
3.1 传感器概述	48
3.1.1 传感器的概念	48
3.1.2 传感器的组成	49
3.1.3 传感器的分类	49
3.1.4 传感器的性能指标	50
3.2 常用传感器	52
3.2.1 温度传感器及热敏元件	52
3.2.2 光电传感器及光敏元件	55
3.2.3 气敏传感器及气敏元件	60
3.2.4 力敏传感器及力敏元件	61
3.2.5 磁敏传感器及磁敏元件	62
3.2.6 超声波传感器	64
3.3 传感器与微控制器接口	66
3.3.1 RS-232C 标准串行接口	66
3.3.2 USB 总线技术	68
3.3.3 SPI 接口	70
3.3.4 I ² C 接口	71
3.3.5 GPIB 标准接口	72
本章实验	75
本章小结	76
本章习题	76
第 4 章 无线传感器网络技术	78
4.1 无线传感器网络概述	78
4.1.1 无线传感器网络的基本概念	78
4.1.2 无线传感器网络的体系结构	79
4.2 无线传感器网络的特点	80
4.3 无线传感器网络的通信协议	81
4.3.1 无线传感器网络的协议栈	81



4.3.2 无线传感器网络的 MAC 协议	83
4.3.3 无线传感器网络的路由协议	85
4.4 无线传感器网络的关键支撑技术	89
4.4.1 拓扑控制技术	89
4.4.2 数据融合技术	93
4.4.3 定位技术	95
4.4.4 时间同步技术	97
4.4.5 安全技术	99
4.5 无线传感器网络的应用领域及挑战	104
4.5.1 无线传感器网络的应用领域	104
4.5.2 无线传感器网络面临的挑战	107
本章实验	108
本章小结	112
本章习题	112
第 5 章 物联网通信技术	115
5.1 短距离无线通信技术概述	115
5.1.1 短距离无线通信技术的概念	115
5.1.2 短距离无线通信技术的特点	116
5.2 蓝牙技术	116
5.2.1 蓝牙技术概述	116
5.2.2 蓝牙系统组成及工作原理	120
5.2.3 蓝牙的协议栈	122
5.2.4 蓝牙技术的应用	125
5.3 ZigBee 技术	127
5.3.1 ZigBee 技术概述	127
5.3.2 ZigBee 协议栈	128
5.3.3 ZigBee 网络结构及组网技术	129
5.3.4 ZigBee 技术的应用	131
5.4 Wi-Fi 技术	132
5.4.1 Wi-Fi 的概念和特点	132
5.4.2 Wi-Fi 网络结构及工作原理	134
5.4.3 Wi-Fi 技术的应用	137
5.5 超宽带 (UWB) 技术	138
5.5.1 超宽带技术概述	138
5.5.2 超宽带无线通信系统的关键技术	140
5.5.3 超宽带技术的应用	143



5.6 移动通信技术	144
5.6.1 移动通信技术概述	144
5.6.2 第一代移动通信 (1G): 模拟语音	145
5.6.3 第二代移动通信 (2G): 数字语音	147
5.6.4 第三代移动通信技术 (3G)	153
5.6.5 第四代移动通信技术 (4G)	156
5.6.6 第五代移动通信技术 (5G)	159
本章实验	167
本章小结	169
本章习题	169
第 6 章 物联网智能化技术	172
6.1 云计算	172
6.1.1 云计算的定义和特点	172
6.1.2 云计算的架构	173
6.1.3 云计算的分类	176
6.1.4 云应用	181
6.1.5 云计算的发展	183
6.2 大数据	184
6.2.1 大数据的概念	184
6.2.2 大数据的结构	186
6.2.3 大数据处理流程及关键技术	187
6.2.4 我国大数据发展现状	189
6.3 人工智能	190
6.3.1 人工智能概述	190
6.3.2 人工智能的应用	191
6.3.3 人工智能的发展	194
本章实验	195
本章小结	195
本章习题	195
第 7 章 物联网安全	199
7.1 物联网安全概述	199
7.1.1 物联网安全的研究现状	200
7.1.2 物联网的安全需求	201
7.1.3 物联网的安全体系架构	203
7.1.4 物联网安全的关键技术	204
7.1.5 物联网安全的研究重点	208



7.2 RFID 安全技术	211
7.2.1 RFID 系统的安全问题及安全需求	211
7.2.2 RFID 系统的安全解决方案	213
7.3 无线传感器网络安全	218
7.3.1 无线传感器网络的安全目标	218
7.3.2 无线传感器网络面临的攻击及防御机制	219
7.4 物联网面临的安全问题及安全机制	223
7.4.1 感知层安全	223
7.4.2 网络层安全	224
7.4.3 处理层安全	225
7.4.4 应用层安全	226
本章实验	227
本章小结	227
本章习题	227
第 8 章 物联网应用	230
8.1 物联网技术在智能农业中的应用	230
8.1.1 智能农业概述	230
8.1.2 智能农业系统架构	233
8.1.3 智能农业应用案例	235
8.2 物联网技术在智能交通中的应用	238
8.2.1 智能交通概述	238
8.2.2 车联网概述	241
8.2.3 智能交通应用案例	242
8.3 物联网技术在智能物流中的应用	244
8.3.1 智能物流概述	244
8.3.2 智能物流仓储管理系统	245
8.3.3 智能物流应用案例	247
8.4 物联网技术在智能家居中的应用	250
8.4.1 智能家居概述	250
8.4.2 智能家居系统体系结构	251
8.4.3 智能家居系统应用案例	254
8.5 物联网技术在智能电网中的应用	255
8.5.1 智能电网概述	256
8.5.2 智能电网整体架构	260
8.5.3 智能电网应用案例	263
8.6 物联网技术在其他方面的应用	265
8.6.1 物联网技术在共享单车中的应用	265



8.6.2 物联网技术在智能医疗中的应用	266
8.6.3 物联网技术在抗震救灾中的应用	269
本章实验	270
本章小结	270
本章习题	270
第9章 农业物联网系统平台设计	273
9.1 背景与目的	273
9.2 系统设计	274
9.2.1 系统概述	274
9.2.2 系统总体架构	274
9.2.3 系统主要功能	276
9.2.4 指令集及数据格式设计	280
9.3 详细设计	280
9.3.1 Qt 用户界面设计	280
9.3.2 Qt 摄像头类	287
9.3.3 传感器数据采集程序	290
9.3.4 基础控制型设备控制程序	292
本章实验	296
本章小结	297
本章习题	297
参考文献	298



第1章

物联网概述

本章学习重点

- (1) 物联网的起源、发展和相关概念。
- (2) 物联网的体系架构组成。
- (3) 物联网标准化的意义和现状。

物联网 (Internet of Things, 简称 IoT) 被称为继计算机、互联网之后世界信息产业发展的第三次浪潮, 它是新一代信息技术的重要组成部分, 也是“信息化”时代的重要发展阶段。目前, 物联网已经成为国家战略性新兴产业中信息产业发展的核心领域, 将成为未来社会经济发展、社会进步和科技创新的最重要的基础设施, 也关系到未来国家物理基础设施的安全利用。

物联网融合了半导体、传感器、计算机、通信网络等多种技术, 将成为信息产业发展的新制高点。美国 IHS 公司预测全球物联网设备的安装基数将从 2015 年的 154 亿美元增长到 2020 年的 307 亿美元。2025 年, 这一数字更将达到 754 亿美元。美国麦肯锡公司估计, 2020 年物联网市场总规模将达 37 亿美元, 达到 32.6% 的年复合增长率。2025 年之前, 物联网的潜在经济影响力为 2.7~6.2 万亿美元。因此, “物联网”被称为是下一个万亿级的产业, 其市场前景将远远超过计算机、互联网、移动通信等。

1.1 物联网的起源、发展及相关概念

1.1.1 物联网的起源和发展

物联网的理念最早出现于比尔·盖茨 1995 年出版的《未来之路》一书。在《未来之路》中, 比尔·盖茨已经提及物物互联的构想, 只是当时受限于无线网络、硬件及传感设备的发展, 并未引起重视。1998 年, 美国麻省理工学院 (MIT) 创造性地提出了当时被称为 EPC (Electronic Product Code, 产品电子编码) 系统的物联网构想。1999 年在美国召开的移动计算和网络国际会议首先提出了“物联网 (Internet of Things)”这一概念; 同年, 美国



麻省理工学院建立了“自动识别中心 (Auto-ID)”，提出了结合 EPC、射频识别 (RFID) 和互联网技术，构建一个实现全球物品信息实时共享的实物互联网“Internet of Things” (简称物联网)。随着技术和应用的发展，物联网的内涵已经发生了较大变化。

虽然物联网的基本思想诞生于 20 世纪 90 年代，但并未真正引起人们的广泛关注。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 互联网报告 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互联网主动进行信息交换。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。

欧洲智能系统集成技术平台 (EPoSS) 于 2008 年 5 月在《物联网 2020 (Internet of Things in 2020)》报告中分析预测了未来物联网的发展阶段。

2009 年 1 月 28 日，IBM 首席执行官彭明盛首次提出“智慧地球”的概念，即“互联网+物联网=智慧地球”，建议奥巴马新政府投资新一代的智慧型基础设施，作为经济振兴战略。奥巴马对此给予了积极的回应：“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。”此概念一经提出，即得到美国各界的高度关注，引发了全球物联网关注热潮，美国更是将物联网上升为国家创新战略的重点之一。

2009 年，欧盟执委会发表题为“Internet of Things—An action plan for Europe”的物联网行动方案，描绘了物联网技术应用的前景，并提出要加强对物联网的管理、完善隐私和个人数据保护、提高物联网的可信度、推广标准化、建立开放式的创新环境、推广物联网应用等行动建议。韩国通信委员会于 2009 年出台了《物联网基础设施构建基本规划》，该规划是在韩国政府之前的一系列 RFID/USN (传感器网络) 相关计划的基础上提出的，目标是要在已有的 RFID/USN 应用和实验网条件下构建世界最先进的物联网基础设施、发展物联网服务、研发物联网技术、营造物联网推广环境等。2009 年，日本政府 IT 战略本部制定了日本新一代的信息化战略《i-Japan 战略 2015》，该战略旨在到 2015 年让数字信息技术如同空气和水一般融入每一个角落，聚焦电子政务、医疗保健和教育人才三大核心领域，激活产业和地域的活性并培育新产业，以及整顿数字化基础设施。

我国政府也高度重视物联网的研究和发展。2009 年 8 月 7 日，国务院总理温家宝在无锡视察时发表重要讲话，明确要求尽快建立中国的传感信息中心，或者叫“感知中国”中心，提出“感知中国”的战略构想。2009 年 11 月 3 日，温家宝总理向首都科技界发表了题为“让科技引领中国可持续发展”的讲话，再次强调科学选择新兴战略性产业非常重要，并指示要着力突破传感网、物联网等关键技术。2010 年，物联网首次被写入我国政府工作报告，这一年也被称为中国物联网元年。

为了推进物联网产业体系的不断完善，我国就物联网发展做出了多项国家政策及规划。2011 年 11 月 28 日，工业和信息化部发布了《物联网“十二五”发展规划》，将超高频和微波 RFID 标签、智能传感器等领域明确为支持重点，并明确在九大领域开展示范工程。2013 年 2 月 5 日，国务院出台《关于推进物联网有序健康发展的指导意见》，提出了推动我国物联网有序健康发展的思路，总体目标是实现物联网在经济社会各领域的广泛应用，掌握物联网关键核心技术，基本形成安全可控、具有国际竞争力的物联网产业体系，



成为推动经济社会智能化和可持续发展的重要力量。2013年9月5日,国家发改委等部门联合印发《物联网发展专项行动计划》,10个专项行动计划分别从各自角度对2015年物联网行业将要达到的总体目标作出了规定。2015年5月19日,国务院发布《中国制造2025》,并指出“加快开展物联网技术研发和应用示范,培育智能监测、远程诊断管理、全产业链追溯等工业互联网新应用”。

提示

根据我国工业和信息化部公布的数据,2015年我国物联网产业规模达到7500亿人民币,预计到2020年,物联网产业规模将达到1.8万亿人民币。

目前,发展物联网已经成为各国的重要发展战略,同时,全球物联网市场规模也在不断扩大。预计到2018年,全球具备联网及感测功能的物联网市场规模将超过千亿美元。图1-1所示为2013—2018年全球物联网市场规模及增速图。

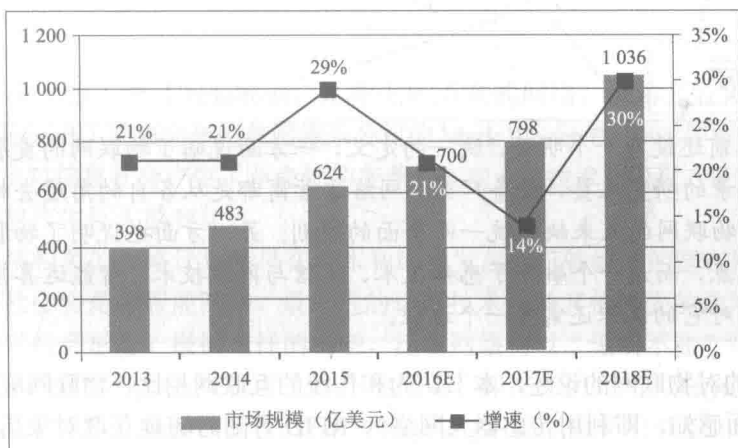


图 1-1 2013—2018 年全球物联网市场规模及增速 (数据来源 IC Insights)

1.1.2 物联网的相关概念

物联网作为新生事物,人们对其内涵和外延的理解也有很大区别。对于物联网的概念,目前在业界一直存在着很多不同的意见。

1999年,美国麻省理工学院的专家们认为,物联网就是将所有物品通过射频识别等信息传感设备与互联网连接起来,实现智能化识别和管理的网络。2005年,国际电信联盟对“物联网”的涵义进行了扩展,认为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,而万物的连接就形成了物联网,即物联网是对物体具有全面感知能力,对信息具有可靠传送和智能处理能力的连接物体与物体的信息网络。全面感知、可靠传送和智能处理是物联网的特征。

2009年9月,欧盟第七框架下RFID和物联网研究项目簇(Cluster of European Research Projects on the Internet of Things, CERP-IoT)在发布的《物联网战略研究路线图》研究报告



中对物联网的定义如下：物联网是未来 Internet 的一个组成部分，可以被定义为基于标准的和可互操作的通信协议且具有自配置能力的动态的全球网络基础架构。物联网中的“物”都具有标识、物理属性和实质上的个性，使用智能接口，实现与信息网络的无缝整合。

我国有学者认为，物联网是一种“泛在网络”，就是利用互联网将世界上的物体都连接在一起，使世界万物都可以上网。具体可以理解为：通过射频识别（RFID）装置、红外感应器、全球定位系统、激光扫描器等各种装置与互联网结合成一个全新的巨大网络，将现有的互联网、通信网、广电网及各种接入网和专用网连接起来，实现智能化识别和管理。

2010 年，我国政府工作报告所附的注释中对“物联网”有如下说明：物联网是指通过信息传感设备，按照约定的协议，把任何物品与互联网连接起来，进行信息交换和通讯，以实现智能化识别、定位、跟踪、监控和管理的一种网络。它是在互联网基础上延伸和扩展的网络。

国内普遍引用的物联网定义为：通过信息传感设备，按照约定的协议，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。

T 提示

物联网目前还没有一个明确、统一的定义，一方面说明了物联网的发展还处于探索阶段，不同背景的研究人员、设备厂商、网络运营商都是从各自的角度去构想物联网的发展状况，对物联网的未来缺乏统一而全面的规划；另一方面也说明了物联网不是一个简单的技术热点，而是一个融合了感知技术、通信与网络技术、智能运算技术的复杂信息系统，人们对它的认识还需要一个过程。

基于现有的对物联网的论述，本书认为和传统的互联网相比，物联网应具备 3 个基本特征：一是全面感知，即利用传感器（网络）、RFID 等随时随地获取对象信息；二是可靠传输，即通过各种电信网络与互联网的融合，实现对数据和信息实时准确地传输；三是智能处理，即利用云计算、模糊识别等各种智能计算技术，对海量的数据和信息进行分析 and 处理，对物体实施智能化的控制。

为了更好地理解物联网的特征，下面简单介绍一下传感网和泛在网，以及物联网与它们的区别和联系。

1. 传感网

传感网是传感器网络（Sensor Network）的简称，最早由美国军方提出，起源于 1978 年美国国防部高级研究计划局（DARPA）开始资助卡耐基梅隆大学进行分布式传感器网络的研究项目。当时此概念局限于由若干具有无线通信能力的传感器节点自组织构成的网络。

随着近年来互联网技术和多种接入网络及智能计算技术的飞速发展，2008 年 2 月，ITU-T 发表了《泛在传感器网络（Ubiquitous Sensor Networks）》研究报告。在报告中，ITU-T 指出传感器网络已经向泛在传感器网络的方向发展，它是由智能传感器节点组成的网络，可以以“任何地点、任何时间、任何人、任何物”的形式被部署。该技术可以在广泛的领



域中推动新的应用和服务,从安全保卫和环境监控到推动个人生产力和增强国家竞争力。从以上定义可见,传感器网络已被视为物联网的重要组成部分,如果将智能传感器的范围扩展到 RFID 等其他数据采集技术,从技术构成和应用领域来看,泛在传感器网络等同于现在我们提到的物联网。

传感网是指随机分布的集成有传感器、数据处理单元和通信单元的具有无线通信与计算能力的微小节点,通过自组织的方式构成的无线网络。传感网的节点间距离很短,一般采用多跳(Multi-hop)的无线通信方式进行通信。传感网可以在独立的环境下运行,也可以通过网关连接到互联网,使用户可以远程访问。

传感网是以感知为目的,实现人与人、人与物、物与物全面互联的网络。它综合了传感器技术、嵌入式计算技术、现代网络及无线通信技术、分布式信息处理技术等,能够通过各类集成化的微型传感器协作地实时监测、感知和采集各种环境或监测对象的信息,通过嵌入式系统对信息进行处理,并通过随机自组织无线通信网络以多跳中继方式将所感知信息传送到用户终端,从而真正实现“无处不在的计算”理念。

2. 泛在网

泛在网来源于拉丁语 Ubiquitous,是指无所不在的网络,又称泛在网络。泛在网络(Ubiquitous Network)的概念是由美国施乐公司的 Mark Weiser 在 1991 年首先提出的。泛在网络概念的提出对信息社会产生了革命性的变革,在观念、技术、应用、设施、网络、软件等各个方面都将产生巨大的变化。

与泛在网络相关的战略计划最早在日本和韩国发起,日韩给出的泛在网络定义为:无所不在的网络社会将是由智能网络、最先进的计算技术以及其他领先的数字技术基础设施武装而成的技术社会形态。根据这样的构想,泛在网络将以“无所不在”“无所不包”“无所不能”为基本特征,帮助人类实现“4A”化通信,即在任何时间(Anytime)、任何地点(Anywhere)、任何人(Anyone)、任何物(Anything)都能顺畅地通信。

T 提示

相对于物联网技术的当前可实现性来说,泛在网属于未来信息网络技术发展的理想状态和长期愿景。

泛在网络在网络层的关键技术包括新型光通信、分组交换、互联网管控、网络测量和仿真、多技术混合组网等。泛在网的构建依赖 3 个实体层的存在和互动:一是无所不在的基础网络;二是无所不在的终端单元;三是无所不在的网络应用。

3. 物联网、传感网和泛在网的关系

物联网、传感网和泛在网都是信息技术不断发展的结果,其目的是更加方便地为人们提供方便、快捷的数据服务,从更小的细节完善人们的需求。其实,物联网、传感网和泛在网的概念来源不同,内涵虽有所重叠但强调的侧重点不同,它们之间的关系可用图 1-2 来表示。

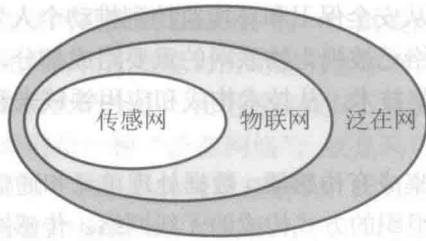


图 1-2 物联网、传感网和泛在网的关系

未来泛在网、物联网和传感网各有定位，传感网是泛在网和物联网的组成部分，物联网是泛在网发展的物联阶段，通信网、互联网和物联网之间相互协同融合是泛在网发展的目标。传感网最主要的特征是利用各种各样的传感器加上中低速的近距离无线通信技术。物联网将解决广域或大范围的人与物、物与物之间信息交换需求的联网问题，它采用各种不同的技术把物理世界的各种智能物体、传感器接入网络。

物联网通过接入延伸技术，实现末端网络（个域网、汽车网、家庭网络、社区网络、小物体网络等）的互联来完成人与物、物与物之间的通信。在这个网络中，机器、物体和环境都将被纳入人类感知的范畴，利用传感器技术、智能技术，所有的物体将获得生命的迹象，从而变得更加聪明，实现了数字虚拟世界与物理真实世界的对应或映射。

虽然不同概念的起源不一样，侧重点也不一致，但是从发展的视角来看，未来的网络发展看重的更多的是无处不在的网络基础设施的发展，帮助人类实现“4A”化通信。

1.1.3 普适计算

随着计算机、通信、网络、无线、微电子、集成电路等技术的发展，信息技术的硬件环境和软件环境已经发生了巨大变化。这种变化使得通信和计算机构成的信息空间与人们生活和工作的物理空间正在逐渐融为一体。普适计算（Pervasive/Ubiquitous Computing）就是在这种背景下产生的。普适计算的概念最早由施乐公司的 Mark Weiser 在 1991 年提出，并从 20 世纪 90 年代后期开始受到广泛关注，目前在国际上已发展成为一个研究热点。

普适计算作为一项面向未来的新技术，有各种各样的定义。人们普遍认为，在完善的普适环境下，使用任意设备和任意网络、在任意时间都能获得相当质量的计算服务。普适计算的重点在于，提供面向客户、无处不在的自适应计算环境。

在普适计算建立的融合空间中，人们可以“随时随地”和“透明”地获得数字化的服务。在普适计算环境成熟以后，使用者可以在生活和工作场所的任意位置很自然地获得所需要的网络和计算服务。在使用者获得计算服务的过程中，由于提供计算和通信的设备已经融入到该环境中，使用者并不需要有意识地选择使用某种设备或者网络。

由于计算能力的无所不在，信息空间将与人们生活和工作的物理空间融为一体。同时，这些设备对于用户而言虽然广泛存在，并可以人机交互，却无需去有意识地寻找、感知和操控，计算机好像隐身了——这是普适计算最重要的特征。

根据普适计算的要求，计算机不是主要以单独的计算机设备的形态出现，而是采用将嵌入式处理器、存储器、通信模块和传感器集成在一起，以各种信息设备的形式出现。这些