



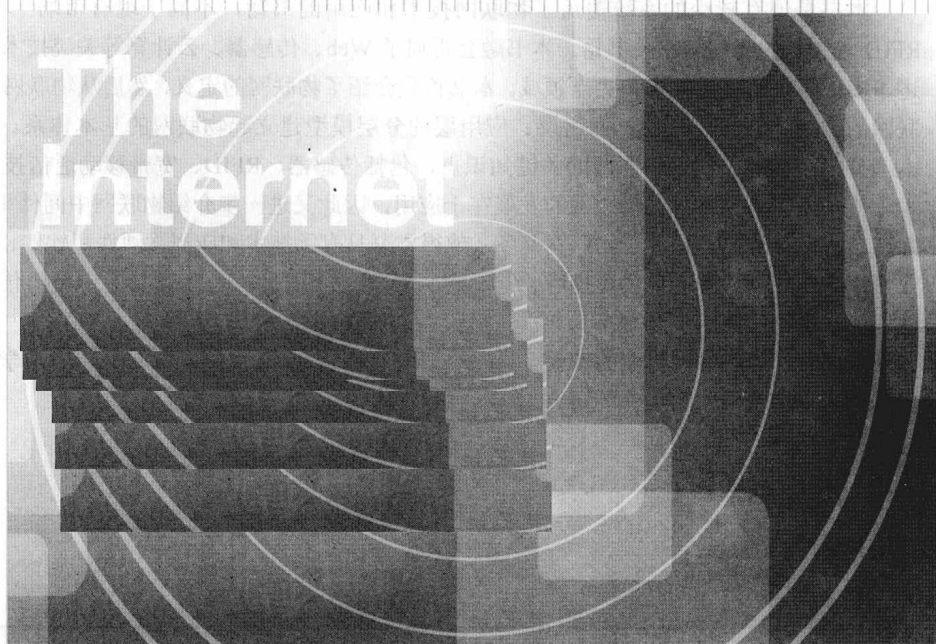
- ▶ 根据教育部物联网专业建设精神编写；
- ▶ 教育、科研和产业领域专家联袂推荐；
- ▶ 内容全面，难度适中，适合高校教学。

物联网 技术与应用

张春红 裘晓峰 夏海轮 马涛 编著

物联网 技术与应用

张春红 裘晓峰 夏海轮 马涛 编著



人民邮电出版社
北京

图书在版编目 (C I P) 数据

物联网技术与应用 / 张春红等编著. — 北京 : 人民邮电出版社, 2011. 1
ISBN 978-7-115-24388-1

I. ①物… II. ①张… III. ①互联网络—应用②智能技术—应用 IV. ①TP393.4②TP18

中国版本图书馆CIP数据核字 (2010) 第223359号

内 容 提 要

本书是现有较少的系统覆盖了物联网技术和应用的书籍, 不同于现有市场上有些纯科普或者局限于RFID等领域的物联网相关书籍。本书融会贯通了Web、传感器、云计算等关键技术, 以物联网为主线, 描述了多种现有的关键技术和热点领域。本书首先介绍了物联网的定义, 然后从物联网体系架构的角度阐释物联网的内涵, 按照感知层、网络层、应用层的分层模型建立起物联网的基本体系。完成体系建构工作后, 本书分门别类地介绍了物联网的关键知识点, 包括传感器、RFID、宽带移动通信技术、短距离无线通信技术、传感器网络技术。物联网的发展在于应用, 因此又进一步介绍物联网中间件平台的技术和开发实例, 并结合云计算等热点描述了物联网业务, 使得本书具有了技术和应用、硬件和软件、理论和实验、学术和产业相结合的特点。本书最后还描述了物联网安全问题, 并安排了多个RFID和无线传感器网络实验, 有助于读者加深对物联网的理解。

本书可作为物联网专业的专业基础课教材, 也可作为通信、计算机等相关专业学生的选修课教材。本书也可供从事物联网相关工作的研究人员、工程师阅读参考。

物联网技术与应用

- ◆ 编 著 张春红 裘晓峰 夏海轮 马 涛
责任编辑 姚予疆
执行编辑 刘 洋
- ◆ 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 电子函件 315@ptpress.com.cn
网址 <http://www.ptpress.com.cn>
北京昌平百善印刷厂印刷
- ◆ 开本: 787×1092 1/16
印张: 15.25
字数: 381千字
印数: 1—3 000册
- 2011年1月第1版
2011年1月北京第1次印刷

ISBN 978-7-115-24388-1

定价: 32.00元

读者服务热线: (010)67129264 印装质量热线: (010)67129223
反盗版热线: (010)67171154

前言 Preface

我们今天所处的时代是一个信息爆炸性增长、知识日新月异的时代。在这样的时代里，一觉醒来就有落伍的危险，也许一夜之间又诞生了一个新的概念、一个新的流行词汇。不仅在生活中，在技术领域，特别是网络本身，各种各样的新概念、新名词也在不断地涌现。“Web 2.0”、“云计算”、“SNS”等在最近几年独领风骚，关注度持续走高，吸引了无数的目光和投资，逐渐成为互联网时代信息化浪潮的代表。“物联网”也是这流行大军中的一员，而且在2009年以来在中国成为了众人追捧的新贵，从事通信网络相关工作的人，几乎言必称物联网。在这样的潮流下，我们不应该忘记的是，在炒作泛滥的今天，流行也许意味着“人云亦云”，美丽的名词也许只是一个泡沫，究竟“物联网”在多大程度上代表了通信网络发展的趋势，能否成为社会信息化革命中的坚实一步，能否与广大人民群众的物质精神生活需求相一致，这是一个需要思考的问题，也关系着物联网能否获得持续发展的生命力，能否在技术领域开展源源不断的创新，能否创造巨大的应用价值和市场价值。本书致力于梳理“物联网”这个概念下所包含的内容，介绍建造物联网大厦的关键技术，帮助读者建立起从原理到应用、从概念到技术、软硬件兼顾的物联网知识体系。在建立全局思维的基础上，分而治之，剖而析之，小中见大，探索物联网的发展道路，为培养我国物联网专业的人才提供应有的养分。

本书首先在第1章对物联网的起源进行了介绍，通过与相关概念诸如传感器网络、泛在网络等的比较，辨析物联网的内涵与特征；回望物联网与传统IT技术的历史渊源为物联网在信息技术发展的历史中定下了坐标，描绘物联网产业和标准化的现状图景，展望物联网未来的发展趋势，从历史和逻辑的维度为物联网正名；从技术和商业的角度探讨物联网中创新的可能性和价值，为读者理解物联网奠定基础。

第2章在奠定了物联网概念的基础上，为读者勾勒出了物联网大厦的基本框架。感知层、网络层、应用层的三层体系架构涵盖了实现物联网所需的关键技术，蕴含了理解和掌握物联网知识所覆盖的知识背景，并启发了整合局部知识构建物联网系统的思路。通过第2章，我们希望在读者脑海中能形成物联网的蓝图，剩下的就是按图索骥，更具体的知识会在后面的第3章到第8章中介绍。读者可以根据自己的兴趣选择相应章节进行阅读和学习。

第3章描述了物联网设备与标识技术，主要对应了物联网的感知层。物联网的设备与标识主要解决的是如何让“物”可控制、可感知、可标识的问题。嵌入式系统让物理设备具有智能，具有计算能力，能够生成可处理的信息。而传感器让我们的物理世界可以被感知，可以按照人们的需求产生大量的信息。RFID技术作为一种主流的标识技术可以实现为每个物体贴上可识别的标签，为物体进入物联网世界颁发了“身份证”。智能、感知、标识是构成一个生态系统的必要因素，在第3章中展示了这三个因素的原理和功能。

第4章触及了物联网的一个本质问题，即物物相联如何实现，这就需靠物联网通信技术来解决。物联网通信包括和融合了现有的各种通信技术，包括因特网技术、移动通信技术、短距

离无线通信技术、无线传感器网络技术等。其中因特网作为一个成熟的通用系统，在本章中并不专门介绍。我们认为物联网更具特色的地方在于“物”的通信，因此本章着重介绍了要实现物物通信、人物通信所必需的移动通信技术、短距离无线通信技术、传感器网络技术等，结合目前的产业界和学术界热点描述了主流协议和标准，并探讨了相关技术在物联网背景下的应用。

第5章也是本书的特色之一。我们认为，在当今世界，物联网的实现离不开在大量计算机系统部署和实现，因此软件技术也是实现物联网不可或缺的技术。物联网的中间件作为面向物联网应用的分布式软件系统和平台，是物联网走向大规模部署实用的必经之路。本章结合当前主流的 Web 服务中间件平台着重探讨了物联网中间件的实现方式，并列举了实例，读者有兴趣可以尝试编程实现，从软件实现的层面领略物联网服务的特点。

第6章专门介绍了目前已经开展的物联网的相关应用，包括已经进入运营阶段的 M2M 业务，已经在行业领域广泛应用的智能物流、智能交通、智能家居等系统。物联网发挥自身价值的关键在于能否找到合适的应用领域和应用模式，我们认为物联网业务的实现和提供需要更加灵活的新模式。云计算作为一种灵活的分析处理信息模式，具备支撑物联网业务的能力，因此本章还分析了物联网和云计算的关系。本章通过对物联网应用现状的例举，启发读者思考物联网的发展趋势和更多的创新应用。

第7章介绍了目前物联网领域内传感器网络和 RFID 的安全标准，并阐述了物联网带来的新的安全挑战，提出了相应的对策，为理清物联网安全问题提供了思路。物联网的实用遇到的一个重大挑战来自安全领域，在通信广度和深度大大增加后，信息的安全和隐私问题也更加突出。由于物联网将信息空间和物理社会密切联系，因此物联网的安全问题不仅影响到信息空间，也会真正影响到人们生活的物理社会，干扰人们日常生活。

第8章介绍了基于北京泰格瑞德科技有限公司 JX200 教学实验系统的 RFID 实验和无线传感器网络实验，并设计实验流程，使读者能够结合实验了解 RFID 的协议流程，了解无线传感器网络的工作模式，掌握物联网技术的应用方法。

本书从原理到应用，从理论到实验，从硬件到软件，从学术到产业标准，全面覆盖了物联网领域的最新知识。我们相信，在阅读完本书后，读者已经在脑中形成了物联网的知识体系，具备了基本的物联网专业背景，掌握了开启物联网大门的钥匙。物联网作为信息化浪潮新的代表，作为我国的重要战略，综合了技术和产业的未来趋势，需要大家共同的智慧，共同创造一个生机勃勃的智慧家园，让我们的生活更加美好。

本书作者成员包括嵌入式、无线通信、计算机网络多个领域的研究和教学人员，主要来自于北京邮电大学，有张春红、裘晓峰、夏海轮老师，博士生马涛、蔡冉、黄正磊、王刚、刘芳芳、吴振宇等，硕士生成城、刘玉婷、程莉、甘杰强、张永辉、蒋旭昂、周桢、于和琪等。本书凝聚着众多人员的工作，同时还得到了北京邮电大学刘丹谱老师、朱新宁老师等人的大力协助和指导，北京泰格瑞德科技有限公司也无偿提供了实验部分的资料，帮助我们设计了 RFID 和无线传感网的相关实验，在此深表谢意。

由于作者水平所限，书中的不完善和谬误之处，恳请读者批评指正。联系邮箱：liuyang@ptpress.com.cn。

作者

目录 Contents

第 1 章 绪论	1
1.1 什么是物联网	1
1.2 物联网的发展	4
1.2.1 物联网的起源	4
1.2.2 物联网产业发展概况	5
1.2.3 物联网标准化概况	8
1.3 物联网前景展望	10
第 2 章 物联网体系架构	12
2.1 概述	12
2.1.1 物联网应用场景	12
2.1.2 物联网需求分析	13
2.1.3 物联网体系架构	14
2.2 感知层	15
2.2.1 感知层功能	15
2.2.2 感知层关键技术	16
2.3 网络层	20
2.3.1 网络层功能	20
2.3.2 网络层关键技术	20
2.4 应用层	22
2.4.1 应用层功能	22
2.4.2 应用层关键技术	22
2.5 小结	25
参考文献	25
第 3 章 物联网设备与标识	26
3.1 嵌入式系统	26
3.1.1 嵌入式系统的概念	27
3.1.2 嵌入式系统的发展及应用	27
3.1.3 嵌入式系统的组成	29
3.2 传感器	33

3.2.1	传感器概述	33
3.2.2	传感器的分类	34
3.2.3	传感器在物联网中的应用	39
3.3	RFID	40
3.3.1	RFID 技术原理与分类	41
3.3.2	RFID 电子标签	45
3.3.3	RFID 读写器	47
3.3.4	RFID 应用	50
3.3.5	RFID 标准化	53
	参考文献	58
第 4 章	物联网通信	59
4.1	移动通信网络	60
4.1.1	移动通信基本原理	60
4.1.2	宽带移动通信	63
4.2	短距离无线通信	80
4.2.1	ZigBee	81
4.2.2	Bluetooth	88
4.2.3	超宽带 (UWB)	92
4.2.4	60GHz 通信	96
4.3	无线传感器网络	103
4.3.1	无线传感器网络概述	103
4.3.2	无线传感器网络 MAC 协议	105
4.3.3	无线传感器网络路由协议	110
4.3.4	无线传感器网络的应用	115
	参考文献	117
第 5 章	物联网中间件	119
5.1	物联网中间件基本概念	119
5.1.1	物联网中间件的定义和分类	119
5.1.2	物联网中间件的基本组成和特点	121
5.1.3	物联网中间件举例	122
5.2	物联网中间件关键技术	123
5.2.1	Web 服务	123
5.2.2	嵌入式中间件技术	124
5.2.3	万维物联网 (Web of Things)	128
5.2.4	上下文感知技术	130
5.3	物联网中间件编程实例	132
5.3.1	利用 Ruby on Rails 开发基于 REST 风格的中间件	132
5.3.2	用 J2EE 开发 Web Service 中间件	139

参考文献	144
第 6 章 物联网业务与应用	145
6.1 M2M 业务	146
6.1.1 M2M 概述	146
6.1.2 M2M 系统架构和通信协议	146
6.1.3 M2M 支撑技术	149
6.1.4 M2M 业务应用	151
6.1.5 M2M 发展现状	155
6.2 云计算	160
6.2.1 云计算介绍	160
6.2.2 云计算应用实例	167
6.2.3 物联网与云计算	171
6.3 物联网典型应用	172
6.3.1 智能物流	173
6.3.2 智能视频监控	176
6.3.3 智能家居	180
6.3.4 智能交通	183
6.4 物联网应用小结	187
参考文献	188
第 7 章 物联网安全	190
7.1 信息安全基础	190
7.1.1 信息安全定义	190
7.1.2 信息安全的基本属性	191
7.1.3 信息安全分类	191
7.2 无线传感器网络和 RFID 安全	193
7.2.1 无线传感器网络安全	194
7.2.2 RFID 安全	197
7.3 物联网安全的新挑战	202
7.3.1 物联网安全特点	202
7.3.2 物联网安全机制	203
参考文献	205
第 8 章 物联网实验	206
8.1 实验设备简介	206
8.2 RFID 系统的基本实验	209
8.2.1 RFID 实验的配置与准备	209
8.2.2 实验一: RFID 系统的编码	211
8.2.3 实验二: RFID 系统的载波产生	212

8.2.4 实验三: RFID 系统的信号调制..... 212

8.2.5 实验四: RFID 系统的天线..... 213

8.2.6 实验五: 标签信息的读写实验..... 214

8.2.7 实验六: 数据包分析实验..... 217

8.2.8 实验七: UHF 900M ISO18000-6 实验..... 218

8.3 无线传感器网络 WSN 实验..... 223

8.3.1 WSN 模块配置操作..... 223

8.3.2 实验八: WSN 与 UHF ISO 18000-6 Reader 结合应用实验..... 227

8.3.3 实验九: WSN 传感器数据采集应用实验..... 228

8.3.4 实验十: WSN 无线数据传输与有线数据传输同时工作实验..... 230

缩略语..... 232

第 1 章

绪论

电影《黑客帝国》为我们描述了这样一个世界：人类的意识存在于一个巨大的由电脑控制的虚拟网络中，在这里的人感觉似乎仍然在现实中，但真正的现实世界却是在他们的意识之外，在这个虚拟空间中的人仅凭意识生活，已经无法区分什么是虚拟世界，什么是现实世界。这是一个极端的例子，展现了信息网络所创造的虚拟世界与现实世界发生冲突和分裂的可能性。然而，分裂只是问题的一面，我们应当看到，虚拟世界来自于现实世界，虚拟世界的本质是一个数字化的信息空间，其存在的根本目的还在于服务现实世界，使得现实物理世界所产生的信息能够更加有效地处理和传播。因此，虚拟世界与现实世界的融合才是人们孜孜追求的目标。在信息网络高速发展、信息技术高度发达的今天，“物联网”的出现正体现了虚拟网络 and 现实世界融合的趋势，寄托着人们利用信息技术进一步改造现实世界的希望。下面，就让我们一起走进物联网的大门，一窥物联网这个时代浪潮的面貌。希望这本书能成为一把开启大门的钥匙，一艘发现新大陆的航船。

本章将从概念上描述物联网的基本含义和特征，回溯物联网出现的历史，审视物联网的现状，展望物联网的未来，为理解学习物联网知识打下基础。

1.1 什么是物联网

自从 1999 年提出物联网（The Internet of Things）这个词汇以来，物联网的概念一直在不断地发展和扩充。最早的物联网概念来自于 RFID（射频识别）领域，被认为是将每个物品打上电子标签，然后通过射频识别技术和通信技术形成信息网络，实现物品的智能识别、定位和监控。但是物联网的发展很快就突破了这个狭窄的定义，席卷了包括传感网、互联网

在内的传统 IT 领域，研究团体、大型企业、国际组织、政府都给予了高度的关注。物联网所蕴含的内容在不断丰富，人们对物联网的认识也不断加深，甚至有人预测物联网将成为人类社会的第三次信息化浪潮。究竟物联网是什么，到现在还没有一个统一的定义，而且随着发展不断涌现出新的解释。也许只有等物联网应用广泛普及，才会有一个全面的解答。

从物联网的本质来说，正如本章开头所言，物联网体现了一种虚拟数字世界和现实物理世界的融合趋势。20 世纪 40 年代计算机的发明，使得人们对信息的理解和处理能力都大大加强，信息作为一种独立的因素和力量开始深刻地塑造和改变着人类世界。到了 20 世纪 90 年代，互联网的兴起大大加强了信息的传播能力，一个信息快速产生、流通和消亡的虚拟空间就此诞生。人们在这个虚拟空间内，可以以信息的形式完成自己的社会活动，创造财富，生产价值。虚拟空间带来的影响是明显的，包括交流的形式不断多样化，地球成为一个村落，传统的障碍和壁垒被不断打破，空间和时间的尺度都被大大缩短，影响遍及经济、政治、文化等领域。到了今天，互联网已经成为一个无比庞大的虚拟数字世界，包含着海量的信息，连接着数以十亿计的网络用户。这个虚拟世界在数量和规模上仍然在不断地扩大，对现实世界的渗透和影响也在不断加强。然而到目前为止，虚拟世界的入口主要是计算机终端，虚拟世界的活动方式以人为的浏览网页、收发邮件、聊天等为主。虚拟世界只是现实世界的一个镜像，一个存放数据的仓库。随着互联网业务的发展、通信能力的不断增强、现代社会寻找创新动力的需求出现，人们开始希望能够随时随地进入这个信息畅通的虚拟世界，同时希望能在虚拟世界中从事更多现实世界中的活动。这种更深度的融合趋势就催生了物联网，物联网既是虚拟世界继续扩大深化的尖刀，也是现实世界继续信息化自动化的利器。

物联网正是因为代表了这种融合的趋势，蕴含着融合所带来的巨大创新空间，以及融合后产生的巨大价值，才成为了当下的热点，成为了包括我国在内的多个国家的重大科技战略。从这个意义上来说，物联网的基本含义就是一种虚拟数字世界和现实物理世界的融合。这种融合是双向的，第一个方向是现实世界向虚拟世界的融入，主要包括通过移动通信、嵌入式等技术使得现实世界中处处可以产生数字信息，接入通信网络，进入虚拟世界，完成信息的产生、存储、复制、共享等，使得虚拟数字世界无处无时不在，我们可以称之为“数字世界泛在化”；第二个方向是虚拟世界向现实世界的融入，这主要包括通过传感器网络、RFID 等技术使得现实物理世界中的物体能够可感知、可识别、可控制，从而形成对物理世界的自动识别、控制、监控、管理等，为人类创造一个智能的环境，我们称之为“物理世界智能化”。这两个方向相辅相成，相生相伴，二者的融合就完整展现了物联网的题中之义，并代表着物联网的价值所在。

在“数字世界泛在化”和“物理世界智能化”的融合过程中，物联网被赋予多个维度的内涵，具有多重含义。为了全面了解物联网，我们从领域（横向）和层次（纵向）两个维度来探讨物联网的概念和定义。

从领域的维度，物联网覆盖了信息技术和通信技术的众多领域，包括 RFID、传感器、互联网、嵌入式、移动通信等，每个领域都能够从领域自身的视角给出物联网的定义。例如对 RFID 领域来说，每一个物品上都贴电子标签，通过后台信息系统构成一个借助于互联网，所有物品都能互相联系起来的网络就称为物联网。对互联网领域来说，物联网就是互联网的延伸，就是物物相连的互联网，与传统互联网不同的只是能让物品也能接入互联网。对无线传感器网络领域来说，物联网就是一个广域的传感网。所有的理解都只是物联网的一个侧

面,如果以更广泛的角度来说,物联网就是以“物”的信息的感知、传输、处理为特征,利用包括移动通信、传感网等在内的通信技术使“物”具有通信能力,利用包括嵌入式、中间件编程等在内的信息技术使“物”具有信息处理能力,形成的一个物物、人人、人物都能通信的系统。“物”既包括电器设备和基础设施,例如家电、传感器、移动终端等,也包括生产和生活环境中诸如温度、光线等可感知的因素。

从层次的维度,物联网是一个层次化的网络。第一层是感知网络,负责利用 RFID、摄像头、传感器、GPS 等识别物体、采集信息;第二层是传输网络,负责利用移动通信系统、互联网等将感知层获取的信息进行处理和传递;第三层是业务和应用网络,负责把感知网络和传输网络获取的信息进行分析和处理,作出正确的控制和决策,实现智能化的管理、应用和服务,该层次的网络是与生产生活需求密切结合的业务和应用系统,包括现有的各种智能物流、智能交通、M2M (Machine-to-Machine, 机器对机器通信) 等应用。从层次上看,物联网可以认为是包含了这三种层次的网络,并以此实现感知、互联、智能三重功能的智能信息系统。在本书第2章中将详细介绍各层的具体功能和关键技术,以此建立物联网的体系结构。

综上所述,物联网最本质的含义是数字世界和物理世界的融合网络,以智能化和泛在化为特征的双向融合带来了巨大的创新价值和空间。有理由相信,随着物联网应用的开展,物联网的影响将不仅仅局限在技术领域,就如同互联网一样会广泛地深入经济生活、社会生活、文化生活等各个领域,很有可能接过互联网的接力棒,成为新世纪的一场信息革命,全面改变我们的生活。

在初步了解了物联网的概念后,下面将通过物联网与传感网、互联网、泛在网等相似概念的辨析进一步明晰物联网的基本特征。

1. 物联网与传感网

传感网是指由随机分布的集成有传感器、数据处理单元和通信单元的微小节点,通过自组织的方式构成的网络。现在谈到的传感网,一般是指无线传感网 (WSN)。WSN 可以使人们在任何时间、地点和任何环境条件下,获取大量翔实可靠的物理世界的信息。这种具有智能获取、传输和处理信息功能的网络化智能传感器和无线传感器网,正在逐步形成 IT 领域的新兴产业。它可以广泛应用于军事、科研、环境、交通、医疗、制造、抗灾、家居等领域。

目前有不少观点,认为物联网是传感网,这样设定的后果,会使得物联网的外延缩小。传感网的概念缺乏了人、物之间的相联、沟通与互动,而且传感网主要采用“传感器+近距离无线通信”方式,不包含基础网络即互联网。物联网如果仅仅作为传感网,物在联网之后,只需服从控制中心的指令,而各系统的控制中心则是互相分离的;如果作为互联网的延伸,则可以将所有联网的系统与节点有机地连成一个整体,起到互相协同的作用。所以,我们能够明显看出,传感网只是一个很小的概念,完全可以将其包容在作为互联网的扩展形式的物联网的概念之内,传感网技术可以认为是物联网实现感知功能的关键技术。

2. 物联网与互联网

有人说,互联网的兴起是 20 世纪最重要的革命。互联网的出现改变了现实世界,形成了一个庞大的虚拟世界。物联网并不是互联网的翻版,也不是互联网的一个接口,而是互联网的一种延伸,是虚拟世界向现实世界的进一步延伸。物联网作为互联网的扩展,具备了互联网的特性,但是又进一步地增强了互联网的能力。虚拟世界的信息量在物联网时代会急速增加,人人通信会扩展到人人、物物、人物通信,信息化的触角在现实中扎得更深,这是最明显的不同。

互联网带动的不仅是技术革新,还有新的经济模式的出现。合作性与开放性、长尾理论的适用性,是互联网在应用中的重要基本特征,就是这些基本特征,引发了互联网经济的蓬勃发展。对物联网来说,可以通过对环境的感知和自动识别增加人与人之间的接触,从中获得更多的价值和商业机会;在人物交汇处可以建立起新的节点平台,使得长尾在节点处显示出最高的效用,正如在互联网时代,各式各样的大型网站由于汇聚了大量的人气,形成了一个中心节点,使得长尾理论的效应得到大幅的提高。物联网的普及,不仅能够产生出新的需求,而且还能够产生新的供给,更可以让整个网络获得进一步的扩展和提高,从而创造出更多更丰富的业务应用。正是这些特性,将使物联网带来的实际效应比起互联网会有更大的增强,而并不仅仅是角色的增加和功能的扩展。

3. 物联网与泛在网

按照我们对物联网的理解,物联网是指通过部署具有一定感知、计算、执行和通信等能力的各种设备,获得物理世界的信息,通过网络实现信息的传输、协同和处理,从而实现广域的人与物、物与物之间信息交换的互联的网络。归纳言之,物联网的几个关键环节为“感知、传输、处理”。

泛在网络也被称作无所不在的网络,最早见于施乐首席科学家 Mark Weiser 在 1991 年题为“21 世纪的计算”的文章中提出的 Ubiquitous Computing。泛在网络是为了打破地域限制,实现人与人、人与物、物与物之间按需进行的信息获取、传递、存储、认知、决策、使用等服务。人们可以在不意识到网络存在的情况下,随时随地通过适合的终端设备上网并享受服务。泛在网络要求尽量不改变或少改变现有设备及技术,通过异构网络之间的融合协同作用来实现。

从二者的定义上来看,物联网和泛在网有很多重合的地方,都强调物物之间、人物之间的通信,物联网的应用也有泛在化的需求和特征。但是从广度上来说,泛在网的概念反映了信息社会发展的远景和蓝图,具有比物联网更广泛的内涵。泛在网络可以认为是一个大而全的蓝图,而物联网是目前该蓝图实施中的物联阶段。

综上所述,传感网是物联网的组成部分,物联网是互联网的延伸,泛在网是物联网发展的愿景。本书通过对概念的定义和比较,从逻辑上已经勾勒了物联网的基本轮廓,下面再从历史的角度上揭示物联网的前世今生。

1.2 物联网的发展

1.2.1 物联网的起源

物联网的概念最早是从射频识别(RFID)这个领域来的,在 1999 年由专门研究 RFID 技术的 EPC global 的前身——美国麻省理工大学 Auto-ID 中心提出。它当时指的是每一个物品上都贴一个电子标签,然后通过后台信息系统构成一个借助于 Internet,所有物品都能互相联系起来的网络,以此实现物品的智能识别和管理。

但是这个概念当年并没有太多人关注,真正受到关注是 2005 年 ITU(国际电信联盟)重新定义了物联网的概念。2005 年 11 月,在突尼斯举行的信息社会世界峰会上,国际电信联盟发布了《ITU 互联网报告 2005: 物联网》,提出了“物联网”的概念。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因特网主动进行信息交换。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。

2008年11月IBM公司从商业角度提出所谓“智慧的地球”(Smarter Planet),具体含义是将新一代IT技术充分运用在各行各业中,把传感器嵌入到电网、铁路、桥梁等各种物体中,并且普遍连接,形成物联网;通过超级计算机和云计算,将已有的“物联网”进行整合;通过这些技术使得人类能够以更加精细和动态的方式来管理生产和生活,从而达到“智慧”的状态。这个概念得到了美国政府的积极回应,引发全美工商界的高度关注,并认为“智慧的地球”有望成为又一个“信息高速公路”计划,从而在世界范围内引起轰动,引发了全球物联网的关注热潮。

2009年8月,我国国家领导人在考察中科院无锡高新微纳传感网工程技术研发中心时,明确指示要早一点谋划未来,早一点攻破核心技术,并且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。随后,物联网被列为国家五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,已经成为了科研、产业、标准化、教育等多方面的热点,下面简要介绍近年来物联网产业发展概况和标准化概况。

1.2.2 物联网产业发展概况

物联网覆盖了多个领域,因此物联网产业包含的门类十分庞大,延伸到社会经济生活的方方面面,被称为下一个万亿级的通信业务。在物联网发展过程中,包括日本、韩国、欧盟、美国等发达国家和地区都制定了物联网产业的发展战略,中国也在积极培育物联网产业,争夺物联网领域的战略制高点。下面我们首先来看看各个国家相关的物联网产业发展战略。

1. 日本的“U-Japan”计划

日本的“U-Japan”计划通过发展“无所不在的网络”(U网络)技术催生新一代信息科技革命。日本“U-Japan”战略的理念是以人为本,实现所有人与人、物与物、人与物之间的连接,即所谓4U(Ubiquitous: 无所不在, Universal: 普及, User-oriented: 用户导向, Unique: 独特)。

此战略将以“基础设施建设”和“信息技术应用”为核心,重点在以下两个方面展开:一是泛在网络社会的基础建设,希望实现从有线到无线、从网络到终端,包括认证、数据交换在内的无缝连接泛在网络环境,100%的国民可以利用高速或超高速网络;二是ICT的广泛应用。希望通过ICT的有效应用,促进社会系统的改革,解决老年化社会的医疗福利、环境能源、防灾治安、教育人才、劳动就业等一系列社会问题。

事实上,基于RFID技术实现的手机钱包,已经在日本广泛应用,并正在向全球拓展。日本的先进企业多数已经开始利用U网络工具。相关研究报告显示,这些利用U网络的企业商品生产线效率提高了10%,交货期缩短了一半。如此强大的助推作用正使得越来越多的企业考虑启用泛在应用。日本的NTT DoCoMo公司在日本的家电和汽车行业中的企业进行了颇具创新力的尝试,将涉及企业客户的各类U应用作为此后发展的重点。

2009年8月,日本又将“U-Japan”升级为“I-Japan”战略,提出“智慧泛在”构想,将传感网列为其国家重点战略之一,致力于构建一个个性化的物联网智能服务体系,充分调动日本电子信息企业积极性,确保日本在信息时代的国家竞争力始终位于全球第一阵营。同时,日本政府希望通过物联网技术的产业化应用,减轻由于人口老龄化所带来的医疗、养老等社会负担,并由此实现积极自主的创新,催生出新的活力,改革整个经济社会。

2. 韩国的“U-Korea”战略

韩国是全球首个提出 U 战略的国家之一，也实现了类似日本的发展。韩国成立了以总统为首的国家信息化指挥、决策和监督机构——“信息化战略会议”及由总理负责的“信息化促进委员会”，为“U-Korea”信息化建设保驾护航。韩国信息和通信部则具体落实并负责推动“U-Korea”项目的建设，重点支持“无所不在的网络”相关的技术研发及科技应用，希望通过“U-Korea”计划的实施带动国家信息产业的整体发展。2009 年 10 月韩国颁布了《物联网基础设施构建基本规划》，将物联网市场确定为新增长动力，确定了构建物联网基础设施、发展物联网服务、研发物联网技术、营造物联网扩散环境等四大领域，12 项详细课题，并提出到 2012 年实现“通过构建世界最先进的物联网基础设施，打造未来广播通信融合领域超一流 ICT（信息通信技术）强国”的目标。

配合“U-Korea”推出的“U-Home”是韩国信息通信发展计划的八大创新服务之一。这种智能家庭的最终目的是让韩国民众能透过有线或无线的方式控制家电设备，并能在家享受高品质的双向、互动的多媒体服务，比如远程教学、健康医疗、视频点播、居家购物、家庭银行等。近年来韩国新建的民宅基本都具有“U-Home”功能。

3. 美国“智慧的地球”

2008 年 11 月，美国 IBM 公司总裁彭明盛在纽约对外关系理事会上发表了题为《智慧的地球：下一代领导人议程》的讲话，正式提出“智慧的地球”（Smarter Planet）设想。2009 年 1 月 28 日，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”，彭明盛推广“智慧的地球”这一概念，建议新政府投资新一代的智慧型基础设施，阐明其短期和长期效益。奥巴马政府对此给予了积极的回应，认为“智慧的地球”有助于美国的“巧实力”（Smart Power）战略，是继互联网之后国家发展的核心领域。

“智慧的地球”是把新一代 IT 技术充分运用在各行各业之中，如把感应器嵌入和装备到电网、铁路、桥梁等各种物体中，并连接形成物联网。在此基础上，将各种现有网络进行对接，实现人类社会与物理系统的整合，从而使人类以更加精细和动态的方式管理生产和生活，达到“智慧”状态。例如，2009 年 4 月初在美国拉斯维加斯举行的无线通信展期间，美国 Vitality 公司推出了配备无线功能的药瓶盖。该产品可用在普通药瓶上，同时也具有完善的网络提醒功能。到预先设定的时间，盖子上的小灯就会亮，提醒用户吃药时间到了。如果此时用户不打开瓶盖，瓶盖就会发声。如若用户再不打开瓶盖，该信息就会经由家庭设置的网关装置，通过互联网发送至服务器，服务器在收到信息后会拨打电话通知用户。由于其具有联网功能，服务器还可以用电子邮件通知用户指定的联系人，或在药物快用完时自动向药房发送信息。可以预见，这种“智慧”状态将伴随大量“聚合服务”应用的产生，而“人—物”应用，“物—物”应用还会不断被开发、被集成，这也预示着聚合服务市场潜力十分巨大。

4. 欧盟的物联网行动计划

欧盟早在 2006 年就成立工作组，专门进行 RFID 技术研究，并于 2008 年发布《2020 年的物联网——未来路线》。2009 年，欧洲 RFID 项目组物联网小组（CERP-IoT）在欧盟委员会资助下制订了《物联网战略研究路线图》、《RFID 与物联网模型》等意见书。2009 年 6 月，欧盟已经制订了截至目前堪称物联网产业最详细的发展规划，主要体现在 2009 年 6 月欧盟制订的《物联网——欧洲行动计划》，该计划涵盖了行政管理、安全保护、隐私控制、基础设施建设、标准制订、技术研发、产业合作、项目落实、通报制度、国际合作等重要内容。该计

划已被视为重振欧洲的战略组成部分。自2007年到2010年,欧洲已经投入27亿欧元。目前欧盟已将物联网及其核心技术纳入到预算高达500亿欧元并开始实施的欧盟“第七个科技框架计划(2007—2013年)”中。这也是1994年以电信业为代表的“欧洲之路”战略、1999年e-Europe战略的最新延伸。

欧洲物联网的应用主要在企业管理、交通运输、医疗卫生等方面。例如,全球电源和自动设备制造商ABB在其芬兰赫尔辛基的工厂里采用RFID技术,追踪每年外运的20万件传动装置,利用RFID系统提高货物运输的追踪能力,可靠地记录货物运输日期,减少物流和仓储任务外包的风险;巴黎市政府制订了以RFID识别技术、GPS地理定位、谷歌地图测绘为基础的Patrimonia方案,巴黎城市用户可以通过网络访问关于巴黎市道路标志管理和应用的页面,该方案包括一个全面的数据库、谷歌电子地图、搜索引擎,还有分析程序、设计文件,并且能够以Excel格式等Office格式导出数据;瑞士制药集团诺华制药正在开发一种带有新型电子系统的芯片,这种芯片可以安装在药片中,患者如果未能遵医嘱服药,芯片就会向患者手机发送提醒短信,芯片有利于提醒患者对医嘱的遵从,从而增强药物疗效。除此以外,欧洲主要电信运营商Orange、Telnor、T-Mobile、Vodafone等都确定了物联网战略方向,开始以各种形式加速M2M业务的部署。

5. 中国的“感知中国”

2009年8月我国国家领导人在考察无锡高新微纳传感网工程技术研发中心时指出,要积极创造条件,在无锡建立中国的传感网中心(“感知中国”中心),发展物联网。2009年11月,我国国家领导人在人民大会堂向科技界发表了题为《让科技引领中国可持续发展》的讲话,其中提到要着力突破传感网、物联网的关键技术,及早部署后IP时代相关技术研发,使信息网络产业成为推动产业升级、迈向信息社会的“发动机”。2010年3月,“加快物联网的研发应用”第一次写入中国政府工作报告。

各部门、各地区积极响应,纷纷出台各项举措,推动物联网发展。《国家中长期科学与技术发展规划(2006—2020年)》和“新一代宽带移动无线通信网”重大专项中均将传感网列入重点研究领域。工业和信息化部开展物联网的调研,计划从技术研发、标准制定、推进市场应用、加强产业协作四个方面支持物联网发展。无锡市大力建设国家传感网创新示范区(国家传感信息中心),在物联网人才引进、资金、税收、土地等方面对相关企业进行大力支持,吸引了中科院、清华大学、北京邮电大学、中国移动、中国联通、中国电信等企事业单位在无锡设立机构。2010年1月,江苏省新型感知器件产业技术创新战略联盟在昆山传感器产业基地成立。该联盟的成立,将加快无锡物联网产业创新集群的形成。北京也着手启动物联网的规划工作。2009年11月,由同方股份、中国移动、大唐移动、中科院软件所、清华大学、北京大学、北京邮电大学等物联网产业链上的40余家企业和研发机构共同组建了中关村物联网产业联盟,志在打造中国物联网产业中心。广东则成立了RFID标准化技术委员会,加紧RFID标准攻关,打造“数字广东、智慧城市、知识经济、无处不在的网络社会”。上海为加快实现物联网对产业升级的带动作用,决定从2010年起由政府启动物联网体系建设,并在全市范围内组织实施物联网应用示范工程。其他地区也从制定规划、设立相应机构等方面着手推动物联网的发展。

在应用领域,我国销量最大的酒类品牌之一五粮液,其防伪系统就使用了RFID防伪和追溯管理的物联网技术;中国科技馆新馆将启用RFID电子门票,这样就可后台的电脑终

端反映出持有人的相关信息,实现门票与个人信息的绑定,从而可为观众提供更多的个性化服务;江西电网利用传感和测量技术监控全网 2 万多台配电变压器,一年降低电损 1.2 亿千瓦时;深圳 24 小时自助图书馆将 RFID 技术引入文化领域,解决了文献定位导航难、错架乱架多、难以精确典藏等问题,取得了图书馆的智能管理系统和自助服务模式的创新;上海世博园为进入园区的食材加装 RFID,利用“食品安全实时综合监控平台”进行跟踪监控,确保食品安全。由此可见,物联网的应用已经扩展到交通运输、食品安全、电网管理、公共服务多个方面。

目前物联网在我国的发展形态主要以 RFID、M2M、传感网网络三种为主。在 RFID 方面,2009 年中国 RFID 产业市场规模达 110 亿元,相比 2008 年增长 36.8%,已用于物流、城市交通、工业生产、食品追溯、移动支付等方面,特别是随着 3G 网络开始运营,各运营商推出了移动支付方式,如中国移动于 2009 年 11 月宣布采用 RFID 技术的 SIM 卡,在星巴克和上海世博园园区内将可以通过手机近端刷卡消费。在 M2M 方面,电信运营商积极开展 M2M 应用,如中国移动从 2004 年开始发展 M2M 业务,2008 年 M2M 终端数量发展到 229 万部,目前已超过 300 万部,预计未来年增长率将超过 60%,在智能楼宇、路灯监控等方面得到广泛应用。国内在传感器网络方面则处于发展初级阶段,基本上还是依托于科研项目、科研成果的示范,在部分领域的国际标准制定方面已经具有了发言权,有可能形成具有自主知识产权的核心技术和标准,提高我国在物联网领域内的竞争力。

与其他发达国家相比,我国物联网发展尚处初创和起步阶段。目前也存在一系列瓶颈和制约因素:一是产业体系初步形成但产业化能力不高,尚未形成规模化产业优势;二是核心技术有待突破,在传感器、芯片、关键设备制造、智能通信与控制、海量数据处理等核心技术上,与发达国家存在较大差距;三是标准比较分散、体系还不完善,在国际上面临标识等关键资源和核心标准的竞争;四是物联网应用的规模和领域比较小,没有形成成熟的商业模式,应用成本较高;五是物联网承载大量的国家经济社会活动和战略性资源,因而面临巨大的安全与隐私保护挑战。我们需要结合中国国情来发展适合我国经济水平的绿色、开放、高可靠的物联网,走一条有中国特色、能带动国内核心技术企业发展的低成本信息化道路,让物联网真正惠及国家和人民。

1.2.3 物联网标准化概况

物联网覆盖领域较广,物联网的大规模应用离不开标准体系的建立。目前物联网还缺乏统一标准。标准化的实现将能够整合行业应用,规范新业务的实现和测试,保证物联网产品的互操作性和全网的互联互通。物联网标准体系的建设与完备,是扩大物联网市场规模的基础,是物联网产业发展的关键。

1. 国际物联网标准制定现状

目前投入物联网相关整体架构研究的国际组织有:欧洲电信标准化协会(ETSI)、国际电信联盟(ITU),国际标准化组织/国际电工协会(ISO/IEC)等。总的来看,国际上各个标准组织的物联网标准制定目前主要处于架构设计、需求分析阶段。

(1) ETSI。欧洲电信标准化协会是由欧盟建立的一个非营利性的电信标准化组织,其 M2M 技术委员会(M2M TC)主要目标是研究以 M2M 主要业务形式的物联网。这个委员会目前的物联网工作计划如下:2010 年 1 月前完成需求分析;2010 年 7 月前完成体系架构的设