

物联网

关键技术与应用

W ULIANWANG GUANJIAN JISHU
YU YINGYONG

李建功 王健全 王晶 何青 等编著



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

物联网关键技术与应用

李建功 王健全 王 晶 何 青 等编著



机械工业出版社

本书旨在阐述物联网的概念、发展状况、关键技术,以及应用方案、实施案例,推动我国工业化与信息化发展背景下物联网的发展。

本书共6章,一方面(第1~3章)着重介绍物联网及相关的概念,发展现状,着重对感知层、网络层、应用层及共性关键技术进行梳理和分析;另一方面(第4~6章)从介绍物联网的重点应用领域角度,基于家居、环保、工业、安防、物流、农业、交通、电力、医疗等行业,分析了物联网在各行业的应用现状、应用概述和发展前景;特别对几个典型物联网行业应用进行了详细介绍,以便了解各应用场景、技术方案及典型应用案例。

本书可供国家机关和相关管理部门有关人员,以及应用平台、终端制造企业的研究人员作为了解物联网的读物,也适合高校物联网相关专业作为教学参考书,还可作为对物联网感兴趣的读者的参考材料。

图书在版编目(CIP)数据

物联网关键技术与应用/李建功等编著. —北京:机械工业出版社, 2012. 12

ISBN 978-7-111-40381-4

I. ①物… II. ①李… III. ①互连网络-应用 ②智能技术-应用 IV. ①TP393.4②TP18

中国版本图书馆CIP数据核字(2012)第269231号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)

策划编辑:张俊红 责任编辑:张俊红

版式设计:闫玥红 责任校对:潘蕊

封面设计:马精明 责任印制:张楠

北京中兴印刷有限公司印刷

2013年1月第1版第1次印刷

169mm×239mm·18.75印张·364千字

0 001—3 000册

标准书号:ISBN 978-7-111-40381-4

定价:49.80元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

网络服务

社服务中心:(010)88361066 教材网:<http://www.cmpedu.com>

销售一部:(010)68326294 机工官网:<http://www.cmpbook.com>

销售二部:(010)88379649 机工官博:<http://weibo.com/cmp1952>

读者购书热线:(010)88379203 封面防伪标均为盗版

自序

从美国 IBM 公司提出的“智慧地球”到我国提出的“感知中国”，各国政府对物联网技术的产业化热情持续升温，纷纷将其纳入信息技术发展战略。物联网是继计算机、互联网和移动通信之后新一轮信息技术革命和产业革命，在后金融危机时代，中国需要依托物联网实现经济的再次腾飞。“十二五”规划已经把物联网定格为我国战略性新兴产业，物联网将信息化贯穿到生产以及生活的各个方面，未来几年将是中国物联网相关产业应用迅猛发展的时期，其大规模应用将有效促进“两化融合”，成为我国经济转型期产业升级、技术进步、经济发展的“发动机”。

物联网所涵盖的技术范围很广泛，涉及感知层标识技术、近场通信技术、传感技术、广域通信技术、网络融合技术、资源寻址技术、智能管道技术、云计算、能力开放、数据挖掘和中间件等技术。目前，相关的关键技术发展逐渐成熟，并在相关应用领域进行实现，得到广泛的应用。物联网正是利用这些技术的交叉与融合，构建一个“物物”相连的网络实现远程实时数据交换与控制，从全社会层面提升人们的生产、生活。所以，物联网不是重新建设一套独立的网络系统，而是充分利用现有固定和移动网络的信息高速公路，完成自身所具备的实时数据读取、信息交换、远程控制等特色功能。

近年来，中国物联网产业已经步入规模化增长的快车道，三大通信运营商对物联网技术持续发力，积累了一些物联网公共服务经验。目前已经在智慧医疗、数字交通、数字城市、智能家居、移动支付、智能物流等领域开展物联网业务的试点，并已经开始进入智能电网、数字农业这些领域，同时，积极参加国家及国际标准的制定，参与国家物联网规划专项课题，以及重点领域的研发工作，通过与行业客户合作开发应用，建立一些示范工程，并且加大了物联网业务方面的研发投入，通过这些手段来积极推进在各重点领域的物联网的应用。在部分领域得到了社会各界的积极支持和配合。

为了使更多的科研技术人员、业务研究人员、工程技术人员更加深入地了解物联网的概念、技术、应用，本书很早就开始策划，通过近一年的辛勤



工作终于完成。本书较为清晰地阐述了物联网的概念、发展现状，介绍了物联网的技术架构、关键技术、共性技术，描述了物联网的应用分类、应用方案以及应用案例，并对部分应用领域的前景进行预测。本书内容丰富，从政府、电信运营商、行业用户等多个视角关注物联网重点问题，并列举各行业典型物联网应用的案例，具有较强的实施指导价值。

本书编写团队由中国联通研究院泛在网研究室长期从事信息科技领域的一线科研人员组成，他们对信息产业发展、物联网产业链定位、相关关键技术有较深刻的认识和理解，目前正在负责物联网领域的相关课题和研究任务，具有一定实践经验。相信本书有助于读者全面、深入地了解物联网相关知识，为推动我国物联网技术及产业发展做出更大贡献！

前 言

国际电信联盟在一份报告中曾描绘“物联网”时代的图景：当司机出现操作失误时汽车会自动报警；公文包会提醒主人忘带了什么东西；衣服会“告诉”洗衣机对颜色和水温的要求等。在这个网络中，物品变得“有感觉，有思想”，能够彼此进行“交流”，而无需人的干预。其实质就是将传感器等装置嵌入物体并进行联网以最终接入互联网，通过使物体具有“智慧”，从而延伸人类感知、控制外部世界的能力。

目前在国际上对于物联网尚没有一个公认的定义，比较广泛的解释是，把感应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构成物联网，然后将物联网与现有的互联网整合起来，实现人类社会与物理系统的整合。在这个整合的网络当中，存在能力超级强大的中心计算机群，能够对整合网络内的人员、机器、设备和基础设施实施实时的管理和控制，在此基础上，人类可以更加精细和动态地管理生产和生活，达到“智慧”状态，提高资源利用率和生产力水平，改善人与自然间的关系。

物联网催生行业信息化向更深层次发展。实际上，与传统的互联网相比，物联网能够将信息化和工业化更加紧密地结合起来，让“两化融合”找到了实际的抓手和工具。目前，物联网已被正式列为国家重点发展的战略性新兴产业之一。物联网会是工业乃至更多行业信息化过程中一个比较现实的突破。物联网是继计算机、互联网与移动通信网之后的又一次信息产业浪潮，是一个全新的技术领域，给 IT 和通信带来了广阔的新市场。

物联网技术是在互联网技术基础上的延伸和扩展。物联网不是对现有技术的颠覆性革命，而是通过对现有技术的综合运用和提升，实现全新的通信模式转变，是跨学科的应用领域，同时，由于物联网应用上的特点，也对技术提出了特定的需求，促进现有技术的改进和创新。物联网在实现物与物、人与物之间的信息传递与控制过程中，涉及的关键技术主要包括感知层技



术,如传感器技术、RFID技术、网络层技术、应用层技术等,利用这些技术的交叉与融合,结合应用需求,构成完整的解决方案,物联网应用范围几乎覆盖了各行各业,遍及工业、交通、电力、农业、城市管理等多个领域。因此具有产业链长、涉及产业群多的特点。其应用实质都是通过感应物体上置入的芯片来获知其物体本身或周边环境的具体物理信息,如各类物理量、标识、音频、视频数据,对各类信息汇聚和处理后为用户提供各类应用。

经过过去几年的技术和市场的培育,物联网即将进入高速发展期。随着移动通信网络带宽的不断提高和重点的日益多样化,将促使物联网应用的发展进一步加快。在未来的3G时代,一旦物联网大规模普及,无数的日常生活用品、生产机器、动植物等都需要加装更加小巧智能的传感器与电子标签,其终端数量将大大超过手机数量。“机与机”和“人与机”产生的数据通信流量将超过“人与人”产生的通信流量。因此,全球主流的运营商和设备商都已经开始研究和提供物联网应用解决方案。在中国,电信运营商在不断突破盈利点的驱动下,也将视线转向了物联网。物联网与移动技术的结合,有可能带来“杀手”级业务,促进3G的发展。物联网是电信运营商争夺的下一个巨大市场。

物联网提供了端到端的解决方案,技术复杂、应用面广,所涉及的内容横跨多个学科。本书为读者系统全面地展示了物联网及其相关技术。从政策与市场、物联网标准、核心技术(通信技术、感知技术、软件及信息处理技术等)、应用和商业模式等全方位剖析物联网整个产业链,从不同角度对物联网全方位解读,分享和剖析成功案例,探讨物联网应用未来发展趋势。

本书共6章,第1章从不同的角度介绍了物联网的基本概念;第2章叙述了物联网的发展历程、发展现状和相关标准;第3章介绍了物联网的体系架构、感知层技术、网络层技术和应用层技术;第4章介绍了以物联网特征进行的应用分类和各分类的特点;第5章介绍了物联网的家居、环保、工业等九大重点领域的现状、应用概述和发展前景等内容;第6章对智慧家居、智慧安防、智慧交通等六大领域的典型应用进行了介绍。

本书由中国联通研究院物联网研发团队集体编写,王健全博士负责书稿选题及脉络梳理。参加编写的人员有李建功、王晶、何青、张凤全、贾雪琴、林晨、齐飞、解冰、赵文东、王伟华。其中,贾雪琴博士负责第1章的编写,



王晶、何青、林晨、齐正负责第2章、第5章和第6章的编写，李建功、解冰、赵文东、王伟华负责第3章的编写，张凤全负责第4章的编写。

本书得到中国联通集团刘毅敏、王陆军、王芑、黄文利、丁焰，以及中国联通研究院马书惠、胡昌玮、陈广泉、杨贝斯、李建宇、李珩、陈豪、何飞等同仁的大力支持和帮助，他们对本书的编写提出了很多建议和意见，并参与了部分内容的编写。另外，本书在撰写过程中还得到了中国联通集团张智江及中国联通研究院陈赤航、唐雄燕、王志军等专家和领导的大力支持，在此表示致敬和感谢。另外，机械工业出版社也对本书的出版给予了大力支持，在此一并表示诚挚的感谢。

由于时间仓促，很多内容无法面面俱到，同时错误和不足之处也在所难免，恳请读者不吝赐教。

作 者

导 读

物联网技术是一门综合的技术，包括的范围很广泛。物联网利用这些技术的交叉与融合，建立一个“物物”相连的网络，从而完成远程实时数据交换与控制。物联网所涉及的关键技术，如射频技术、分布式计算、传感器、嵌入式智能、无线传输及实时数据交换和互联网都是目前较为成熟的技术，并在相关领域已得到广泛的应用。物联网利用这些技术的交叉与融合，建立一个“物物”相连的网络，从而完成远程实时数据交换与控制，方便人们的生产和生活。

本书第1~3章首先分析了物联网及相关的概念和发展现状，着重从技术角度，按实现流程，分为支撑应用类、管理类、安全类、信号处理类、信息采集类关键技术，对各类关键技术进行梳理和分析。在具体技术研究中支撑应用类关键技术主要研究了云计算技术、数据挖掘技术、人机交互技术等；管理类关键技术主要研究了终端管理技术、远程控制技术、协同调度技术等；安全类关键技术主要研究了数据加密技术、信息认证技术、密钥管理技术等；信号处理类关键技术主要研究了流媒体技术、智能信息化处理技术、视频分析技术等；信息采集类关键技术主要研究了资源寻址技术、定位技术、传感器技术等。通过研究上述各项技术的标准体系、应用发展、成熟案例等内容，了解每项技术的成熟情况，为构架技术方案提供技术积累。

本书的第4~6章着重介绍了物联网应用进行分类和案例：一方面从技术架构角度梳理了基于标签、基于传感器的、基于MTC的、基于“两化融合”的物联网应用；另一方面从物联网的重点应用领域角度，分析了物联网在各行各业的应用现状和发展前景，包括家居、环保、工业、安防、物流、农业、交通、电力、医疗等九大行业领域；特别对家居、安防、交通、物流、医疗、电力几个典型物联网行业应用，详细介绍了各行业发展需求，各应用场景、技术方案及典型应用案例。

本书内容涵盖物联网政策、标准、应用、技术各个层面，内容丰富，视

角全面，在系统性和宏观性方面，比较深入地描述了物联网技术架构所涉及的关键技术，尤其结合我国具体国情，从业务应用需求出发，分别对感知层、网络层、应用层的各类关键技术进行了阐述，有助于梳理物联网相关技术体系和应用体系，适合作为高校物联网相关专业教学参考书，或物联网技术、应用领域研究人员培训用书。

本书市场推广前景较好，将为我国物联网相关技术、应用知识普及和物联网产业链健康发展做出应有的贡献！

目 录

自序

前言

导读

第1章 物联网的概念	1
1.1 IoT	1
1.2 MOC	5
1.2.1 MOC 概述	5
1.2.2 MOC 对 NGN 的扩展能力要求	7
1.2.3 MOC 设备域能力	9
1.3 M2M	10
1.3.1 M2M 概述	10
1.3.2 随机接入拥塞解决方案	12
1.3.3 针对核心网拥塞的无线侧解决方案	14
1.4 USN	14
1.5 O2O	16
1.6 本章小结	18
第2章 物联网发展现状	19
2.1 物联网整体环境	20
2.1.1 全球物联网发展现状	20
2.1.2 中国物联网发展现状	23
2.1.3 物联网发展问题	27
2.2 物联网技术发展现状	31
2.2.1 物联网技术需求和技术体系	31
2.2.2 物联网技术发展演进路线	33
2.2.3 物联网核心技术研究热点	34
2.3 物联网应用发展现状	35
2.3.1 物联网应用发展概况	35
2.3.2 物联网应用情况分析	36
2.4 物联网标准发展现状	38
2.4.1 ITU-T	38

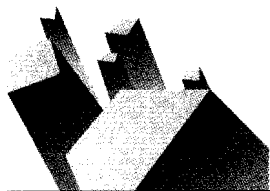
X



2.4.2	ETSI	44
2.4.3	3GPP	47
2.4.4	CCSA	58
2.5	本章小结	59
第3章	物联网关键技术	61
3.1	物联网技术架构	61
3.2	感知层技术	62
3.2.1	RFID 识别技术	62
3.2.2	近场通信技术	64
3.2.3	传感器技术	65
3.2.4	传感网络技术	66
3.3	网络层技术	70
3.3.1	广域通信技术	70
3.3.2	网络融合技术	75
3.3.3	资源寻址技术	85
3.3.4	智能管道技术	94
3.4	应用层技术	99
3.4.1	智能信号处理	99
3.4.2	数据挖掘技术	101
3.4.3	视频分析技术	105
3.4.4	云计算技术	106
3.4.5	物联网软件和中间件技术	108
3.5	跨层基础共性技术	113
3.5.1	安全技术	113
3.5.2	IPv6 技术	116
3.6	本章小结	120
第4章	物联网应用分类	121
4.1	基于标识的应用	122
4.1.1	RFID 概述	123
4.1.2	RFID 主要的应用	126
4.1.3	RFID 的应用示例	128
4.2	基于传感器的应用	133
4.2.1	传感器的分类	133
4.2.2	无线传感器网络	136

4.3 基于 MTC 的应用	138
4.4 本章小结	142
第 5 章 重点领域应用	144
5.1 家居领域	144
5.1.1 行业现状	146
5.1.2 应用概述	150
5.1.3 发展前景	151
5.2 环保领域	152
5.2.1 行业现状	153
5.2.2 应用概述	156
5.2.3 发展前景	157
5.3 工业领域	158
5.3.1 行业现状	158
5.3.2 应用概述	158
5.3.3 发展前景	160
5.4 安防领域	161
5.4.1 行业现状	162
5.4.2 应用概述	164
5.4.3 发展前景	167
5.5 物流领域	167
5.5.1 行业现状	168
5.5.2 应用概述	170
5.5.3 发展前景	172
5.6 农业领域	173
5.6.1 行业现状	173
5.6.2 应用概述	174
5.6.3 发展前景	177
5.7 交通领域	177
5.7.1 行业现状	180
5.7.2 应用概述	184
5.7.3 发展前景	188
5.8 电力领域	189
5.8.1 行业现状	189
5.8.2 应用概述	191
5.8.3 发展前景	194

5.9 医疗健康领域	195
5.9.1 行业现状	195
5.9.2 应用概述	196
5.9.3 发展前景	199
5.10 本章小结	201
第6章 典型物联网应用案例	202
6.1 智慧家居	202
6.1.1 背景介绍	202
6.1.2 应用场景	203
6.1.3 实际应用案例	207
6.2 智慧安防	211
6.2.1 背景介绍	211
6.2.2 应用场景	212
6.2.3 实际应用案例	219
6.3 智慧交通	222
6.3.1 背景介绍	222
6.3.2 应用场景	222
6.3.3 实际应用案例	237
6.4 智慧物流	238
6.4.1 背景介绍	238
6.4.2 应用场景	238
6.4.3 实际应用案例	243
6.5 智慧医疗	247
6.5.1 背景介绍	247
6.5.2 应用场景	247
6.5.3 实际应用案例	258
6.6 智能电网	262
6.6.1 背景介绍	262
6.6.2 应用场景	263
6.6.3 实际应用案例	278
6.7 本章小结	282
附录 英文缩略语对照表	283
参考文献	286



物联网的概念

物联网被视为互联网的应用扩展，应用创新是物联网的发展核心，以用户体验为核心的创新是物联网发展的灵魂。

在物联网发展的初期，人们只能从业务应用的角度，基于对现有技术的认识，为物联网描绘出一张线条不是很清晰的蓝图。围绕着这张尚未定稿的蓝图，处在不同技术领域、业务领域的人会对物联网的概念和定义有不同的认识。与是非题的答案不一样，我们不能简单地说哪种定义是正确的，哪种定义是不对的。因为物联网的发展离不开社会的各个领域，物联网最终的蓝图实际是由所有的参与者从不同的角度、层面共同绘制得出。

2009年，在国家战略的指导下，物联网的研究在国内得到迅速发展。2010年中国通信标准化协会成立了物联网技术组 TC10。同年，国际电信联盟（ITU）也成立了专门研究物联网的技术委员会（IoT GSI）。国内基本上认可物联网的英文翻译为 Internet of Things，简称 IoT。与此同时，国际上与 IoT 概念相关的技术有很多，如 MOC（Machine Oriented Communication）、USN（Ubiquitous Sensor Network）、M2M（Machine to Machine）、O2O（Object to Object）等。我们需要了解这些技术的研究范围，并分辨出这些技术与物联网的联系。这将有助于加深对物联网的认识，并按需要对这些技术进行取舍。

本章首先介绍物联网（IoT）的概念，然后对其他几个相关的概念做简单介绍。

1.1 IoT

1995年，比尔·盖茨在《未来之路》一书中首次提及 IoT 的概念。2010年，国际电信联盟（ITU）成立了 IoT GSI（Internet of Things Global Standard Initiative），其主要工作任务是制定 IoT 的技术标准，以促进 IoT 在全球范围内的发展。



为了对 IoT 技术进行规范和统一，以避免后续 IoT 技术交流的障碍、促进 IoT 技术的发展，IoT GSI 首先对 IoT 的定义、内涵、高层架构、高层需求等基本概念进行了讨论和研究，并于 2012 年年初完成了《物联网综述》（IoT Overview）。本节的后续内容主要来源于 ITU 的《物联网综述》。

在《物联网综述》中对 IoT 的定义如下：

IoT（Internet of Things）是信息社会的全球基础设施，能够基于现有的和/或演进的互操作信息和通信技术将（物理的和虚拟的）物体相互连接起来以提供高级的业务。利用标识、数据采集、处理和通信能力，IoT 充分使用物体为各种应用提供服务，同时能够确保必要的隐私。

注意：从广义上，IoT 同时具备技术的和社会的内涵。

原文如下：

Internet of Things: In a broad perspective, the IoT can be perceived as a vision with technological and societal implications. From the perspective of technical standardization, IoT can be viewed as a global infrastructure for the information society, enabling advanced services by interconnecting (physical and virtual) things based on, existing and evolving, interoperable information and communication technologies. Through the exploitation of identification, data capture, processing and communication capabilities, the IoT makes full use of things to offer services to all kinds of applications, whilst maintaining the required privacy.

NOTE - In a broad perspective, the IoT can be perceived as a vision with technological and societal implications.

上述定义中有一个关键词“物体”（“Thing”），在《物联网综述》中对该词也有定义。该定义对于理解什么是 ITU 定义的 IoT 有重要作用。

在 IoT 中，物体是物理或者信息世界中的物理或虚拟的对象，能够被标识并且集成到信息和通信网络中。

原文如下：

Thing: In the Internet of Things, a physical or virtual object of the physical or information world which is capable of being identified and integrated into the information and communication networks.

从 IoT 和 Thing 的定义来看，IoT 不仅包含了物理世界中存在的各种物体，如手机、血压计、水杯，甚至也包含了手机中存储的 MP3 音乐文件、计算机中的图片、服务器中的视频文件等虚拟对象。这一点与 M2M、MOC、USN 等概念是截然不同的。其中，物理物体存在于物理世界中，并能被感知和/或被执行和/或连接；虚拟物体存在于信息世界中，并能被存储、被处理和被访问；物理物体和虚拟物体都能够发起与其他虚拟或物理物体的通信。物理物体与虚拟物体之间

的关系如图 1-1 所示。

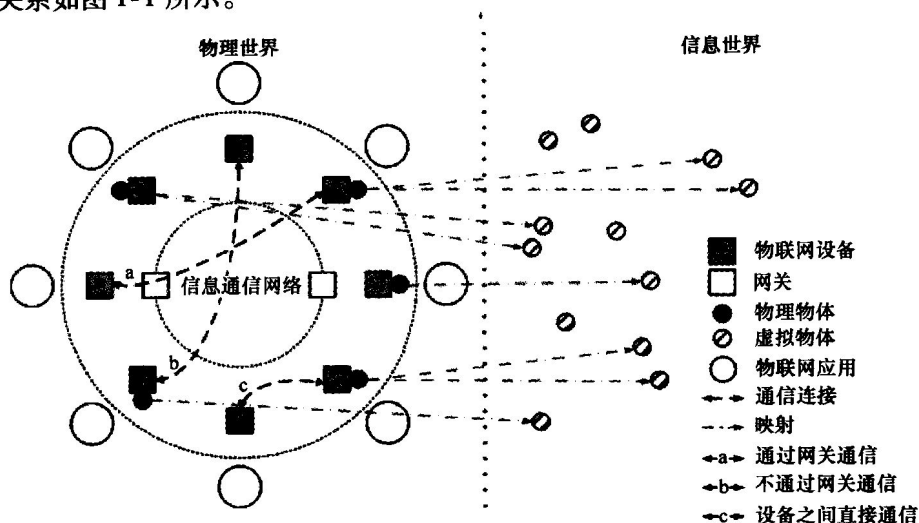


图 1-1 物理物体与虚拟物体之间的关系

虚拟物体与物理物体之间可能存在某种映射关系，虚拟物体也可能与物体没有联系而单独存在。物理物体中有一类特殊的物体，被称为设备（Device），某些物理物体的通信需要借助于设备。设备是具有通信能力的装备，同时还可能具备感知、执行、数据获取、数据存储和数据处理的能力。物理世界中的设备可分为 4 类，分别为感知和执行设备、数据携带设备、数据获取设备和通用设备。设备与物体（Thing）之间的关系如图 1-2 所示。

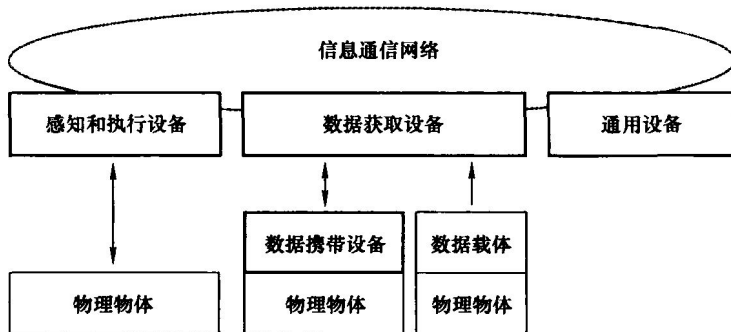


图 1-2 设备与物体之间的关系

数据携带设备：附着在物理物体上，直接把物理物体与信息通信网络连接起来，如病人随身携带的用于存储病人身份和基本信息的腕带。

数据获取设备：指的是具备与物理物体交互能力的读/写设备，如超市使用