



高等教育规划教材

物联网技术概论

第 2 版

主 编 马 建
副主编 岩 延 刘 驰



提供电子教案

下载网址 <http://www.cmpedu.com>



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

高等教育规划教材

物联网技术概论

第2版

主 编 马 建

副主编 岩 延 刘 驰



机械工业出版社

本书介绍了物联网的起源、物联网的概念与内涵；展示了物联网发展和标准化的现状以及战略意义；阐述了受到业界普遍认同的物联网的体系架构，归纳了构建物联网亟需大力发展的关键技术领域以及物联网的典型应用；指出了物联网快速发展带来的各种机遇以及为实现物联网产业化和大规模商业应用面临的挑战。本书有助于读者全面、正确地认识和了解物联网的相关知识。

本书可以作为物联网及相关行业从业人员的参考书，也可以作为物联网工程、计算机、电子、通信等专业相关课程的参考教材。

需要与本书配套的授课电子课件的教师，可登录 www.cmpedu.com 免费注册，审核通过后下载，或联系编辑索取（QQ：2966938356，电话：010-88379739）。

图书在版编目（CIP）数据

物联网技术概论 / 马建主编. —2 版. —北京：机械工业出版社，2014.9
高等教育规划教材

ISBN 978-7-111-48501-8

I. ①物… II. ①马… 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（2014）第 265196 号

机械工业出版社（北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037）

责任编辑：郝建伟 师沫迪 责任校对：张艳霞

责任印制：李 洋

北京瑞德印刷有限公司印刷（三河市胜利装订厂装订）

2015 年 1 月第 2 版·第 1 次印刷

184mm×260mm·17.75 印张·440 千字

0001—3000 册

标准书号：ISBN 978-7-111-48501-8

定价：39.00 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

服务咨询热线：（010）88379833

机工官网：www.cmpbook.com

读者购书热线：（010）88379649

机工官博：weibo.com/cmp1952

教育服务网：www.cmpedu.com

封面防伪标均为盗版

金书网：www.golden-book.com

出版说明

当前,我国正处在加快转变经济发展方式、推动产业转型升级的关键时期。为经济转型升级提供高层次人才,是高等院校最重要的历史使命和战略任务之一。高等教育要培养基础性、学术型人才,但更重要的是加大力度培养多规格、多样化的应用型、复合型人才。

为顺应高等教育迅猛发展的趋势,配合高等院校的教学改革,满足高质量高校教材的迫切需求,机械工业出版社邀请了全国多所高等院校的专家、一线教师及教务部门,通过充分的调研和讨论,针对相关课程的特点,总结教学中的实践经验,组织出版了这套“高等教育规划教材”。

本套教材具有以下特点:

1) 符合高等院校各专业人才的培养目标及课程体系的设置,注重培养学生的应用能力,加大案例篇幅或实训内容,强调知识、能力与素质的综合训练。

2) 针对多数学生的学习特点,采用通俗易懂的方法讲解知识,逻辑性强、层次分明、叙述准确而精炼、图文并茂,使学生可以快速掌握,学以致用。

3) 凝结一线骨干教师的课程改革和教学研究成果,融合先进的教学理念,在教学内容和方法上做出创新。

4) 为了体现建设“立体化”精品教材的宗旨,本套教材为主干课程配备了电子教案、学习与上机指导、习题解答、源代码或源程序、教学大纲、课程设计和毕业设计指导等资源。

5) 注重教材的实用性、通用性,适合各类高等院校、高等职业学校及相关院校的教学,也可作为各类培训班教材和自学用书。

欢迎教育界的专家和老师提出宝贵的意见和建议。衷心感谢广大教育工作者和读者的支持与帮助!

机械工业出版社

前 言

“在现实物理世界与虚拟的计算机世界之间实现信息交互”这一革命性的理念，突破了以往信息技术发展的固有模式和思路，使得物联网一跃成为全世界关注的焦点，与物联网相关的新闻一时间也成为世界各国的热点话题。

以学术界的角度看，物联网创造性地继承和发展了传感器网络、泛在网络、普适计算、中间件、云计算、射频识别（Radio Frequency Identification, RFID）、大数据等信息技术的优点，形成了一个系统的、有机的体系结构，具有清晰的发展脉络和可以预期的未来目标。从产业界的角度看，物联网涵盖了形式多样的应用领域，提供了打破不同行业各自封闭发展的方式，创造了不同产业相互结合的机遇，具有十分巨大的商业价值和发展前景。物联网反映了人们对物物互联、感知世界的普遍需求，承载了人们对未来美好生活的诸多愿望和梦想。

计算机的出现使信息处理得到了质的飞跃，形成了信息技术的第一次产业化浪潮。互联网的发展使信息传输的速度获得了巨大提升，成为第二次产业化浪潮。但是，在这两次产业化浪潮中，由于缺乏相关的核心技术和标准规范，我国长期处于产业发展的边缘和低端。而物联网的研究和建设在我国起步很早，在这一波技术浪潮中我国与国际同步，具有同发优势，处于同等水平，并做到了部分领先。面对物联网这一难得的发展机遇，

我们必须明确目标，拓展思路，除了要弄清什么是物联网，避免和其他类似的概念混淆。还要确立物联网的典型应用，挖掘物联网应用的真实需求，在攻克关键技术的同时，也应积极进行相关技术和产业标准的制定，为物联网产业化奠定坚实的基础。

本书共分 6 章。第 1 章为物联网概述，介绍物联网的起源、发展和相关概念，以及物联网标准化工作的现状；第 2 章论述物联网的战略意义，同时对物联网战略意义和产业现状进行分析；第 3 章介绍了受到业界普遍认同的物联网体系架构；第 4 章分析与物联网相关的关键技术，如感知技术、通信组网技术、应用服务技术、安全管理技术、物联网管理技术；第 5 章介绍物联网的典型应用；第 6 章总结并展望了物联网发展的机遇与挑战。

本书由马建任主编，岩延、刘驰任副主编，其中第 1、2 章由李熠、潘强、陈洁、邓瀚林编写；第 3 章由史鉴、吴明娟、陈灿峰、邓瀚林、黄丽娟编写；第 4 章由黄岳、史鉴、黄丽娟、黄河清、潘强、邓瀚林、马奎、宦涣、姜建、姚道远编写；第 5 章由黄岳、史鉴、熊永平编写；第 6 章由李熠、邓瀚林、潘强和吴明娟编写。全书由马建、岩延、刘驰负责统稿。本书的编写得到了国家自然科学基金（No.61101133，No.61173158）以及江苏省自然科学基金（SBK201342033）的资助。

在本书的编写过程中，编者尽可能做到把握物联网的新方向、新进展，争取将最新、最准确的信息传递给读者。书中存在的错误和不足之处，欢迎读者批评指正。

编 者

目 录

出版说明

前言

第1章 物联网概述	1
1.1 物联网的起源和发展	1
1.1.1 传感器网络	1
1.1.2 传感器技术	2
1.1.3 射频识别 (RFID) 技术	3
1.1.4 标识及编址技术	4
1.2 物联网的概念	6
1.2.1 物联网相关概念	6
1.2.2 物联网内涵辨析	11
1.2.3 物联网的系统组成	14
1.3 物联网标准化工作	17
1.3.1 物联网标准制定的意义	17
1.3.2 国际物联网标准制定现状	18
1.3.3 中国物联网标准制定现状	22
1.3.4 物联网应用标准进展	25
1.3.5 全面推进物联网标准化	26
本章小结	27
第2章 物联网的战略意义与现状分析	28
2.1 物联网的战略意义	28
2.1.1 经济价值	28
2.1.2 社会价值	31
2.1.3 国家安全	36
2.1.4 科技发展需求	40
2.2 物联网现状分析	43
2.2.1 物联网战略规划现状	43
2.2.2 物联网技术发展现状	45
2.2.3 物联网产业现状	49
本章小结	53
第3章 物联网体系架构	54
3.1 物联网体系概述	54
3.2 感知层	57
3.2.1 感知现实物理世界	58
3.2.2 执行反馈决策	61
3.3 网络层	64

3.3.1 互联网	64
3.3.2 电信网	66
3.3.3 广播电视网	68
3.3.4 三网融合与多网融合	69
3.3.5 电信网与传感网的融合	70
3.4 应用层	71
3.4.1 业务模式和流程	71
3.4.2 服务资源	77
3.4.3 服务质量	83
3.5 物联网架构实例	89
本章小结	94
第4章 物联网关键技术	95
4.1 感知技术	95
4.1.1 传感器技术	95
4.1.2 RFID	100
4.1.3 信息处理技术	102
4.1.4 定位技术	108
4.2 通信组网技术	111
4.2.1 通信原理	111
4.2.2 设备互联技术	118
4.2.3 组网技术	124
4.2.4 6LowPAN	139
4.2.5 中间件技术	146
4.2.6 网关技术	150
4.3 应用服务技术	151
4.3.1 海量信息多粒度分布式存储	151
4.3.2 海量数据挖掘与知识发现	158
4.3.3 海量数据并行处理技术	161
4.3.4 云计算技术	163
4.3.5 服务支撑技术	170
4.3.6 大数据技术	173
4.4 安全管理技术	179
4.4.1 物联网安全特征与目标	179
4.4.2 物联网面临的安全威胁与攻击	180
4.4.3 物联网安全体系	180
4.4.4 物联网感知互动层的安全机制	182
4.4.5 物联网网络传输层的安全机制	184
4.5 物联网管理技术	188
4.5.1 物联网终端管理技术	188

4.5.2 物联网网络管理技术	191
本章小结	195
第5章 物联网典型应用	196
5.1 智能电网	196
5.1.1 智能电网概述	196
5.1.2 智能电网系统与技术需求	197
5.1.3 智能电网应用与市场预期	201
5.2 智能交通	202
5.2.1 智能交通概述	202
5.2.2 智能交通系统与技术需求	203
5.2.3 智能交通应用与市场预期	206
5.3 智慧物流	208
5.3.1 智慧物流概述	208
5.3.2 智慧物流系统与技术需求	209
5.3.3 智慧物流应用与市场预期	211
5.4 精细农业	211
5.4.1 精细农业概述	211
5.4.2 精细农业系统与技术需求	212
5.4.3 精细农业应用与市场预期	215
5.5 公共安全	217
5.5.1 公共安全概述	217
5.5.2 公共安全系统与技术需求	218
5.5.3 公共安全应用与市场预期	223
5.6 智慧医疗	224
5.6.1 智慧医疗概述	224
5.6.2 智慧医疗系统与技术需求	225
5.6.3 智慧医疗应用与市场预期	226
5.7 智能环保	231
5.7.1 智能环保概述	231
5.7.2 智能环保系统与技术需求	233
5.7.3 智能环保应用与市场预期	238
5.8 智能家居	239
5.8.1 智能家居概述	240
5.8.2 智能家居系统与技术需求	241
5.8.3 智能家居应用与市场预期	245
5.9 智能城市	246
5.9.1 智能城市概述	246
5.9.2 智能城市系统与技术需求	247
5.9.3 智能城市应用与市场预期	250

5.10 智能校园	251
5.10.1 智能校园概述	251
5.10.2 智能校园系统与技术需求	252
5.10.3 智能校园应用与市场预期	253
本章小结	254
第6章 总结与展望	255
6.1 物联网兴起是信息技术高速发展的必然	255
6.1.1 感知识别技术的发展	255
6.1.2 通信组网技术的发展	256
6.1.3 计算处理技术的发展	257
6.2 物联网具有广阔的应用领域和前景	259
6.3 物联网发展的机遇与挑战	260
6.3.1 物联网发展概述	260
6.3.2 物联网产业发展的机遇与挑战	261
6.3.3 物联网规模商用的机遇与挑战	263
6.4 物联网展望与发展建议	268
6.4.1 展望物联网的未来	269
6.4.2 对物联网发展的建议	269
本章小结	271
附录 缩略语	272
参考文献	274

第1章 物联网概述

本章从物联网的起源和发展入手，整理和分析传感器网络、射频识别、泛在网络、普适计算等与物联网相关的重要概念，旨在帮助读者建立对物联网的初步认识。

1.1 物联网的起源和发展

早在 1995 年，比尔·盖茨在其著作《未来之路》中已有这样的描述：“凭借你佩戴的电子饰品，房子可以识别你的身份，判断你所在的位置，并为你提供合适的服务；在同一房间里的不同人会听到不同的音乐；当有人打来电话时，整个房子里只有距离人最近的话机才会响起……”。

上面这些在科幻小说里面出现的场景和功能，被视为人们对物联网所具备的神奇功能的期待和预言。至于物联网具体的起源，当前普遍认同的观点是：物联网起源于传感器网络、传感器、射频识别（RFID）以及标识编址技术的融合发展。当前各项技术发展并不均衡，互联网、射频识别技术等已经较为成熟，而传感器网络相关技术尚有很大发展空间。

1.1.1 传感器网络

传感器网络（Sensor Networks）诞生于军事应用中，最早可以追溯到 20 世纪 60 年代的越南战争。由于密林和多雨的天然屏障，大大削弱了卫星与航空侦察的效果。美军从 1968 年开始，在胡志明小道上投放了数十万个具有音频和振动感知功能的无线传感器，以期建立电子屏障来切断越军的补给线。这个项目的名称为 Operation Igloo White。这一阶段的无线传感器除了与侦察机点对点通信外，还不具备现代传感器网络所具备的节点计算功能和节点间的通信功能。

1980 年，美国国防部先进研究计划局（Defense Advanced Research Projects Agency, DARPA）启动了分布式传感器网络（Distributed Sensor Networks, DSN）项目。但由于技术条件的限制，传感器网络的研究热潮在 20 世纪 90 年代才开始真正出现。

早期传感器网络的研究主要来自美国军方和自然科学基金的资助项目。1993 年开始的无线集成网络传感器（Wireless Integrated Networks Systems, WINS）项目，由美国加州大学洛杉矶分校和罗克韦尔自动化中心共同开发。1996 年开始的由美国麻省理工学院承担的 μ AMPS（Micro-Adaptive Multi-domain Power Aware Sensors）项目致力于开发一个完全面向低功耗需求的无线传感器网络系统。1998 年开始的 SensIT（Sensor Information Technology）项目致力于研究大规模分布式军事传感器系统。Smart Dust 和 PicoRadio 项目在 1999 年启动，由美国加州大学伯克利分校负责。

上述传感器网络科研项目主要致力于研究和开发小型化、低功耗无线传感器网络节点。其中，WINS 项目涵盖了 MEMS 传感器、通信芯片、信号处理体系、网络通信协议等多个研究领域； μ AMPS 项目有一个重要研究成果，即著名的低功耗无线传感器网络组网 LEACH (Low Energy Adaptive Cluster Hierarchy) 协议；SensIT 项目的首要任务是为网络化微传感器开发所需要的软硬件；Smart Dust 和 PicoRadio 项目负责研究低成本、低功耗的传感器网络节点芯片。

早期传感器网络科研项目的主要成果是一系列无线传感器网络平台和初级应用示范系统，其中以 Motes 硬件平台及其配套操作系统 TinyOS 的影响最为广泛，目前已被全球 400 多家研究机构所采用。

进入 21 世纪以来，传感器网络系统不再只局限于军事应用，在非军事方面也获得了日益广泛的应用。例如，部署于美国缅因州大鸭岛的传感器网络主要用于监测环境；部署于旧金山金门大桥的传感器网络主要用于监测桥梁状态；部署于地下矿井的传感器网络主要用于保证煤矿安全生产。这些实际的应用场景为传感器网络提供了真实的测试验证环境，同时也发掘了传感器网络研究的新方向。

近期传感器网络的科研工作主要致力于开展大量针对传感器网络通信协议及其支撑技术的细化研究，如网络拓扑控制、MAC 协议、路由协议、网络安全、时间同步、节点定位等，同时也对传感器网络中的信息处理、数据查询、数据融合、部署覆盖等相关问题进行了深入研究。

综合以上介绍不难看出，与传感器网络相关的研究工作起步于传感器节点平台的研制，随后以应用为驱动扩展到网络通信协议、数据信息处理等研究领域，目前已经在数据信息的采集、处理、传输、应用等方面取得了丰硕的成果并积累了宝贵经验。从技术和应用两方面的经验总结来看，传感器网络最显著的技术特征和最重要的应用目标是感知现实物理世界。

许多专家和学者认为，物联网最重要的特点之一同样是感知现实物理世界。随着传感器网络技术的进步和应用领域的延伸，使得物联网的目标逐渐清晰、发展时机日趋成熟。因此，传感器网络被视为物联网的一个主要起源。

1.1.2 传感器技术

传感器技术一直以来就同计算机技术与通信技术一起被认为是信息技术的三大支柱。如果把计算机看成处理和识别信息的“大脑”，把通信系统看成传递信息的“神经系统”的话，那么传感器就是“感觉器官”。传感器技术是从外界获取信息，并对之进行处理和识别的一门多学科交叉的现代科学与工程技術，是物联网获取外部世界信息不可或缺的一环。

在工农业生产领域，工厂的自动流水生产线、全自动加工设备、许多智能化的检测仪器设备都大量采用了各种各样的传感器。在家用电器领域，全自动洗衣机、电饭煲和微波炉都离不开传感器。在医疗卫生领域，电子脉搏仪、体温计、医用呼吸机、超声波诊断仪、断层扫描(CT)及核磁共振诊断设备，都大量地使用了各种各样的传感技术。在军事国防领域，各种侦测设备、红外夜视探测、雷达跟踪、武器的精确制导没有传感器是难以实现的。在航空航天领域，空中管制、导航、飞机的飞行管理和自动驾驶、仪表着陆盲降系统都需要传感器。此外，在矿产资源、海洋开发、生命科学、生物工程等领域传感器都有着广泛的用途。

目前,传感器技术已受到各国的高度重视,并已发展成为一种专门的技术学科。

虽然传感器技术的发展历史很长,然而在相当长的一段时间内,传感器技术并没有得到相应的重视。直到集成电路、计算机技术、通信技术乃至传感器网络技术飞速发展以后,人们才逐步认识到作为获取外界信息的关键一环——传感器技术,并没有跟上信息技术的发展。至此,传感器技术开始在世界范围内受到了普遍重视。

从 20 世纪 80 年代起,世界范围内逐步掀起了一股“传感器热”。美国国防部将传感器技术视为关键技术之一,美国早在 20 世纪 80 年代初就成立了国家技术小组(BTG),帮助政府组织和领导各大公司与国家企事业单位进行传感器技术开发工作,并声称世界已进入传感器时代。在对美国国家长期安全和经济繁荣至关重要的 22 项技术中,有 6 项与传感器信息处理技术直接相关。在与保护美国武器系统质量优势至关重要的关键技术中,就有 8 项与传感器相关。美国空军 2000 年列举了 15 项有助于提高 21 世纪空军能力的关键技术,传感器技术就名列其中。日本把传感器技术与计算机、通信、激光半导体、超导、人工智能并列为 6 大核心技术,日本工商界人士声称“支配了传感器技术就能够支配新时代”。日本科学技术厅制定的 20 世纪 90 年代重点科研项目中有 70 个重点课题,其中有 18 项与传感器技术密切相关。德国视军用传感器为优先发展技术,英、法等国对传感器的开发投资逐年升级,俄罗斯军事航天计划中同样列有传感器技术。传感器技术在我国快速发展始于 1986 年,即第 7 个五年计划开始,我国才正式将传感器技术列入国家重点攻关项目,以机械敏、力敏、气敏、湿敏、生物敏,传感器作为 5 大研究重点,并成立了多个传感器技术国家重点实验室及工程中心,但我国的传感器技术水平目前仍然落后于国外先进水平。

由于世界各国的普遍重视和投入开发,传感器的发展十分迅速。近十几年来,其产量及市场需求年增长率均在 10% 以上。目前,世界上从事传感器研制生产的单位已增到 5000 余家。

传感器技术是当前信息社会的重要技术基础,属于多学科交叉、技术密集的高技术产品。一方面,随着传感器技术应用范围的不断扩展,需要新的应用场景下测量多种新信息,对于新型传感器有着大量的需求。另一方面,随着新型敏感材料及精密制造技术的不断进步,新材料、新元件和新工艺不断出现,也为新型传感器的出现提供了新的基础。当前除了传统的电阻式传感器、电感式传感器以外,不断出现了多种新颖、先进的传感器。如超导传感器、生物传感器、智能传感器、基因传感器以及模糊传感器等等。

传感器是物联网必不可少的信息来源。随着传感器技术的进步和应用领域的延伸,使得物联网能够获取的信息与日俱增。因此,传感器技术也被视为物联网的一个主要起源。

1.1.3 射频识别(RFID)技术

射频识别(Radio Frequency Identification, RFID)技术利用无线射频方式进行非接触双向通信,以达到目标识别目的并交换数据。RFID 技术能实现多目标识别、运动目标识别,便于通过互联网实现物品的识别、跟踪和管理,因而受到广泛的关注。

产品电子编码(Electronic Product Code, EPC)是与 EAN/UCC 码兼容的编码标准,其特点是给每一个单独的产品编号,并且为 RFID 标签的编码和解码提供一致的标准。EPC 标准的出现使得 RFID 标签在整条物流供应链中的任何时候都可以提供产品的流向信息,使每个产品信息有了共同的沟通语言。通过互联网实现物品的自动识别和信息交换与共享,进而

实现对物品的透明化管理。

在 1999 年成立的 Auto-ID 中心最早开展 RFID 技术的研究工作。在 2003 年, Auto-ID 中心将研究成果和相关技术形成了无线射频身份标签的标准草案。同年 10 月, Auto-ID 中心的管理职能正式终止, 其研究功能并入新成立的 Auto-ID 实验室, 而商业功能则由新成立的 EPC global 负责。

Auto-ID 实验室已建立一个具有商业驱动力、全球可持续、经济高效、面向未来的 RFID 基础设施网络。这种基础设施网络具有很强的鲁棒性和灵活性, 能够很好地支持未来的技术、应用和产业。目前, Auto-ID 实验室的总部设在美国的麻省理工学院, 并有 6 所全球顶尖的研究型大学的实验室参与, 它们是英国的剑桥大学、澳大利亚的阿德莱德大学、日本的庆应义塾大学、瑞士的圣加仑大学、中国的复旦大学和韩国的信息与通信大学。

EPC global 是国际 (欧洲) 物品编码协会 (European Article Number Association, EANA) 和美国统一代码委员会 (Uniform Code Council, UCC) 的一个合资公司, 它是一个受业界委托而成立的非盈利组织。EPC global 在许多著名的跨国公司和世界范围内的顶级大学之间建立了密切的合作关系。EPC global 的主要职责是在全球范围内对各个行业建立和维护 EPC 网络, 保证供应链上各环节信息的自动、实时识别采用全球统一标准, 通过发展和管理 EPC 网络标准来提高供应链上贸易单元信息的透明度与可视性, 以此来提高全球供应链的运作效率。

从以上介绍不难看出, Auto-ID 实验室和 EPC global 分别从研究和应用的角度推动了 RFID 技术的不断发展。

近年来, RFID 技术的重要进展包括: 超高频 RFID 读写器功能增强, 并向低功耗、低成本、一体化、模块化发展; 采用新开发的喷墨打印制造工艺生产 RFID 电子标签, 可以使单个电子标签价格降至 4 美分; RFID 新型中间件的推出使标签数据、读写器的管理更加快捷和简单。RFID 技术的这些进步, 为准确、高效地实现物品识别提供了可靠保障。

目前, RFID 技术的应用领域包括电子门票、手机支付、车牌识别、不停车收费、港口集装箱管理、食品安全管理等。由于具备实现物品自动识别和信息交换的能力, RFID 技术被形象地比喻为“物物通信技术”。加之 RFID 技术广泛应用于物流领域的现状, RFID 被视为物联网的起源之一。

1.1.4 标识及编址技术

在物联网中, 为了实现人与物、物与物的通信以及各类应用, 需要利用标识来对人和物等对象、终端和设备等网络节点以及各类业务应用进行识别, 并通过标识解析与寻址等技术进行翻译、映射和转换, 以获取相应的地址或关联信息。据权威机构统计分析, 物物通信的数量将会是现在互联网通信节点数量总和的 30 倍以上。因此, 标识及编址技术对于物联网来说是保证其能够正确运行的技术基础, 也被认为是能够形成物联网概念的起源之一。

通常来说, 一般可以将物联网标识分成对象标识、通信标识和应用标识三类。对象标识主要用于识别物联网中被感知的物理或逻辑对象, 例如某个特定的人或物体等。该类标识通常用于相关对象信息的获取及控制与管理, 不直接用于网络层通信或寻址, 如二维码, RFID 都可认为属于对象标识的范畴。通信标识主要用于识别物联网中具备网络通信能力的网络节点, 例如传感器节点等网络设备节点。这类标识的形式可以是 E.164 号码、IP 地

址、国际移动用户识别码 (Internation Mobile Subscriber Identification Number, IMSI) 等等。通信标识可以作为相对或绝对地址用于通信或寻址, 用于建立到通信节点的连接。应用标识主要用于对物联网中的相关业务应用进行识别, 例如智慧城市、智慧农业应用等。同时, 物联网中标识管理技术与机制也必不可少。用于实现标识或地址的申请与分配、注册与鉴权、生命周期管理, 并确保标识或地址的唯一性、有效性和一致性。

在物联网对象标识方面, 相关的应用、技术标准和市场都在不断增强和拓展。以 RFID 技术为例, 采用 RFID 技术的中国二代身份证发行量已经超过 10 亿张, 城市交通一卡通应用也已经覆盖国内 100 多个大中型城市。同时, 随着智能手机和移动互联网的发展, 基于智能手机的二维码标识类公共服务应用, 如电子票据、电子优惠券、商品信息查询等已经在大中型城市初步普及, 随着三大电信运营企业、腾讯微信和阿里巴巴等互联网企业的推进, 二维码应用的前景被普遍看好。

在标准化方面, 一维码、二维码的相关国际标准已经比较成熟, 目前国际上的标准化工作主要集中在 RFID 方面。国际上 RFID 技术标准的制定主要是以国际标准化组织 (ISO) /国际电工委员会 (IEC) 为主导, 涉及空中接口标准、数据标准、测试标准、实时定位标准、安全标准等, 另外 EPCglobal、日本 UID 等也制定了相关的 RFID 通用技术标准。总体上, 当前国际上 RFID 技术标准已经形成了以 ISO/IEC 为主导的比较完善的体系。

与此对应, 相应的对象标识解析技术标准在国际上主要有三大体系, 即由 EPCglobal 定义的 ONS (Object Name Service, 对象名称服务)、ITU 和 ISO 联合制定的面向 OID (Object IDentifiers, 对象标识符) 的 ORS (Object identifier Resolution System), 对象标识符解析系统)、日本泛在识别中心定义的 uCode 解析服务体系。EPCglobal 全球解析服务委托由 VeriSign 营运, 现在在国际范围内已建立了 7 个解析服务中心。ITU 和 ISO 已经联合发布 ORS 标准 (ITU-T X.672; ISO/IEC 29168-1), 其解析系统还在发展建设中。日本 uCode 解析服务体系与上述网络化的解析体系相比, 通过在读卡器中预置标识关联信息, 还支持不通过网络来检索商品详细信息的功能。另一方面, 对象标识的编码和分配管理与对象标识解析体系紧密相关。不同组织所采用的编码方案和管理规则通常不同, EPCglobal 使用 EPC 编码, 包括 96 位、64 位两种, 可以扩展到 256 位。我国的 EPC 编码分配由中国物品编码中心负责。OID 采用树状结构, 树顶层分成 ITU、ISO 和 ITU/ISO 联合三个分支。日本使用的 uCode 编码, 长度为 128 位, 可以扩展到 512 位, 能够兼容日本已有的编码体系, 同时也能够兼容 EPCglobal 等编码体系。

在物联网通信标识方面, 由于物联网是通信网和互联网的拓展应用和网络延伸, 当前物联网中的通信标识, 很大一部分仍然延用了现有电信网及互联网标识方式, 如 IP 地址、E.164 号码和 IMSI 等通信标识。

大部分物联网终端节点通过固定或移动互联网的 IP 数据通道与网络和应用进行信息交互, 需要为物联网终端节点分配 IP 地址。物联网终端数量将是人与人通信终端的 10 倍到几十倍, 目前我国 M2M 终端节点超过 3000 万, 按照每年 30% 的增长率, 未来五年我国 M2M 终端节点将达到 1.1 亿左右, 物联网将对 IP 地址产生强劲需求。目前 IPv6 是突破 IP 地址空间不足的最佳选择, 国内外正在积极研究基于 IPv6 的物联网标识及编码机制。基于 IEEE 802.15.4 实现 IPv6 通信的 IETF 6LoWPAN 草案标准的发布是在此方向上的一个有效探索。IETF 6LoWPAN 工作组的任务是在定义如何利用 IEEE 802.15.4 链路支持基于 IP

的通信的同时,遵守开放标准以及保证与其他 IP 设备的互操作性。6LoWPAN 所具有的低功率运行的潜力使它很适合应用在从手持机到仪器的设备中,而其对 AES-128 加密的内置支持为强健的认证和安全性打下了基础。6LoWPAN 为 IPv6 在物联网中的应用提供了一个有效的思路。

除了 IP 地址以外, E.164 及 IMSI 地址也是物联网通信标识的有效组成部分。我国已经规划了 1064xxxxxxxx 共计 10 亿个专用号码资源用作 M2M, 中国移动获得 10648 号段、中国电信获得 10649 号段、中国联通获得 10646 号段, 每个运营商分别有 1 亿个 E.164 号码资源可用。同时还规划了 14xxxxxxxx 共计 10 亿个号码资源用于有语音通信需求的物联网应用。根据未来五年我国 M2M 终端节点将达到 1.1 亿左右的预测, 我国目前 E.164 号码资源满足物联网 5 年发展需求。我国 IMSI 由 460+2 位移动网络识别码+10 位用户识别码组成, 共计有 1 万亿 IMSI 资源, 按当前 IMSI 的实际利用率约为 3%~4% 计算, 至少满足 300~400 亿终端的需求, 可满足相当长一段时间的发展。

综上所述, 物联网当前所用的标识技术由于适用范围、成本等的不同, 将长期共存。为了支持跨异构网络跨行业的物联网标识技术, 可以首先推进不同标识体系的互联互通, 未来还需要考虑物联网的新型标识及编址技术来满足物联网特殊的物与物通信的需求。

1.2 物联网的概念

由于物联网出现不久, 其内涵仍然在不断发展和丰富, 所以目前对于物联网的概念在业界一直存在着很多不同意见。本节先介绍与物联网有着密切关系的智慧地球、M2M 系统、CPS 系统、Sensor Web 系统等相关概念; 接着对物联网的内涵进行辨析, 同时探讨泛在网络、普适计算与物联网的关系; 最后介绍物联网的系统组成。

1.2.1 物联网相关概念

1. 智慧地球

长久以来, 由于人们的思维惯性, 认为公路、建筑物、电网、油井等物理基础设施与计算机、数据中心、移动设备、宽带等 IT 设施是两种完全不同的事物。但互联网技术的成熟使人们憧憬在不远的未来几乎任何系统都可以实现数字量化和互联。同时, 计算能力的高度发展, 使爆炸式的信息量得到高速且有效的处理, 从而实现智慧的判断、处理和决策。在此基础上, 人类可以以更加精细和动态的方式管理生产和生活, 从而达到“智慧”的状态。

IBM 公司在其提出的“智慧的地球”的愿景中, 勾勒出了世界智慧运转之道的三个重要维度: 第一, 我们需要也能够更透彻地感应和度量世界的本质和变化; 第二, 我们的世界正在更加全面地互联互通; 第三, 在此基础上所有的事物、流程、运行方式都具有更深入的智能化。

智慧地球涵盖了医疗、城市、电力、铁路、银行、零售等多个领域。

(1) 智慧的医疗

建立一套智慧的医疗系统, 保障患者只需要用较短的治疗时间、支付较低的医疗费用, 就可以享受到更多的治疗方案、更高的治愈率, 还有更友善的服务、更准确及时的信息。通过部署新业务模型和优化业务流程, 医疗保健和生命科学体系中的所有实体都可以经

济有效地运行。

(2) 智慧的城市

建设更智慧的城市是为了将数字技术应用到物理系统中去,并利用所有产生的数据改善和提高生活的空间、效率与质量。一方面,智慧城市的实施将能够直接帮助城市管理者在交通、能源、环保、公共安全、公共服务等领域取得进步;另一方面,智慧基础设施的建设将为物联网、新材料、新能源等新兴产业提供广阔的市场,并鼓励创新,为知识型人才提供大量的就业岗位和发展机遇。

(3) 智能的电力

通过电网和发电资产优化管理、智能电网成熟度模型、智能停电优化管理等方案,使发电、输电、配电、送电、用电 5 个方面互动互通。电力企业建立起可自测、自愈的智能电网,主动监管电力故障并进行迅速反应,可以实现更智慧的电力供给和配送,更高的可靠性和效率,以及更高的生产率。

(4) 智慧的铁路

在智慧铁路系统中,可以动态调整时刻表,以应对因天气等原因导致的停运状况;以智能化提升运能和利用率,减少拥堵;拥有自我诊断子系统,减少延误。它的智慧传感器,能在造成延误或脱轨之前,检测出潜在问题。列车可以进行自我监控、监控供应链,并分析乘客的出行模式,以便将环境影响降到最低限度。

(5) 智慧的银行

智慧的银行能够预测客户需求,感知客户行为模式的变化,随时随地通过便捷的渠道提供个性化金融产品与服务;实时、准确地预测及规避各类金融风险,优化内部资本结构;通过快捷、智能地分析银行内的海量客户与交易数据来提升洞察力和判断力;创建一种智能又安全,适应多变商业环境的灵活的 IT 架构,以满足来自于不同部门、客户和合作伙伴的各种需求。

(6) 智慧的零售

智能的零售系统使零售商可以收集客户数据并做出反应,从而生产和销售满足市场需求的产品。具体功能包括:根据消费者特点提供相应的商品陈列;合理地管理商品和运营信息;利用敏捷的供应链优化库存投资;以客户为中心的商品采购和生产。

智慧地球的核心是借助微处理器和射频识别标签等 IT 手段,使整个社会网络化、智能化。通过数据分析、比较和数据建模,使各种数据可视化,进而对所有信息进行统一管理,为人们创造智慧的生活和工作方式。

2. M2M 系统

M2M (Machine to Machine) 是指通过在机器内部嵌入无线通信模块 (M2M 模组),以无线通信为主要接入手段,实现机器之间智能化、交互式的通信,为客户提供综合的信息化解决方案,以满足客户对监控、数据采集和测量、调度和控制等方面的信息化需求。

图 1-1 给出了简化的 M2M 系统结构。从中可以看到, M2M 系统在逻辑上可以分为 3 个不同的域,即终端域、网络域和应用域,其中终端域包括 M2M 终端、M2M 终端网络及 M2M 网关等,经有线、无线或蜂窝等不同形式的接入网络连接至核心网络, M2M 平台可为应用域用户提供终端及网关管理、消息传递、安全机制、事务管理、日志及数据回溯等服务。

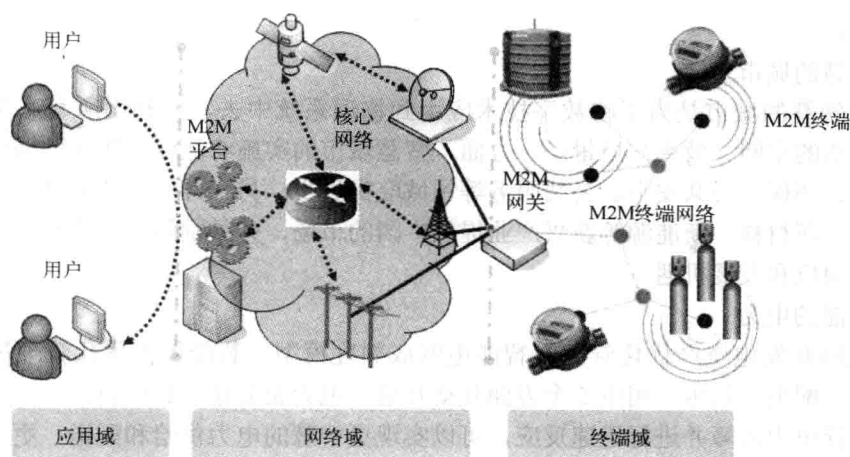


图 1-1 简化的 M2M 系统结构

(1) M2M 技术的核心价值

M2M 使机器、设备、应用处理程序与后台信息系统共享信息，并与操作者共享信息，为设备提供了与系统之间、远程设备之间或与个人之间建立实时无线连接和传输数据的手段。M2M 技术的核心价值在于以下几个方面。

- 可靠的通信保障。由于物联网中大部分机器终端具有无人值守的特点，因此有对机器远程监控和维护的基本管理需求，要求能实时监测机器的运行状况以及所连接和控制的外设状态，及时排查和定位故障，以便快速诊断和修复。M2M 为物联网数以亿万计的机器终端提供远程监控和维护功能，为物联网的自由传输提供通信保障。
- 统一的通信语言。由于物联网的应用横跨几乎所有行业，同一信息需要被多方广泛共享，因此必须有一种统一的语言描述来规范对同一信息的共同理解，并确保信息在网络的传输过程中采用统一的通信机制，以及信息能被准确识别和还原。M2M 为物联网数以亿万计的机器与机器之间、人与机器之间的通信提供了统一的通信语言。
- 智能的机器终端。M2M 不是简单的数据在机器和机器之间的传输，而是提供机器和机器之间的一种智能化、交互式的通信方式，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数据采集和通信，并根据所得到的数据智能化地做出选择，对相关设备发出指令而进行控制。可以说，智能化、交互式特征下的机器也被赋予了更多的“思想”和“智慧”。

(2) M2M 的主要业务类型

目前来看，M2M 涵盖以下 5 种主要类型的业务。

- 数据测量。数据测量就是指远程测量并通过无线网络传递测量的信息和数据。自动抄表即是一种典型的数据测量应用。这种业务被广泛应用于公共事业领域，比如自来水供应、电力供应以及天然气供应等行业，传感器被广泛地安装到用户的终端上，到指定日期或时间，传感器将自动读取计量仪表的数据并把相关的数据通过无线网络传输到数据中心，然后由数据中心进行统一的处理。
- 监控与告警。监控与告警包括远程测量和数据传输报告两个部分。监控的主要目的