

WULIANWANG

YUANLI YUYINGYONG



蔡思静 编著

物联网 原理与应用

物联网是全球研究的热点问题，国内外都把它的发展提到了国家级的战略高度，称之为继计算机、互联网之后世界信息产业的第三次浪潮。物联网所涉及的技术众多，是一个新兴交叉学科，包括电子通信、物流、计算机、供应链等诸多学科内容。



重庆大学出版社

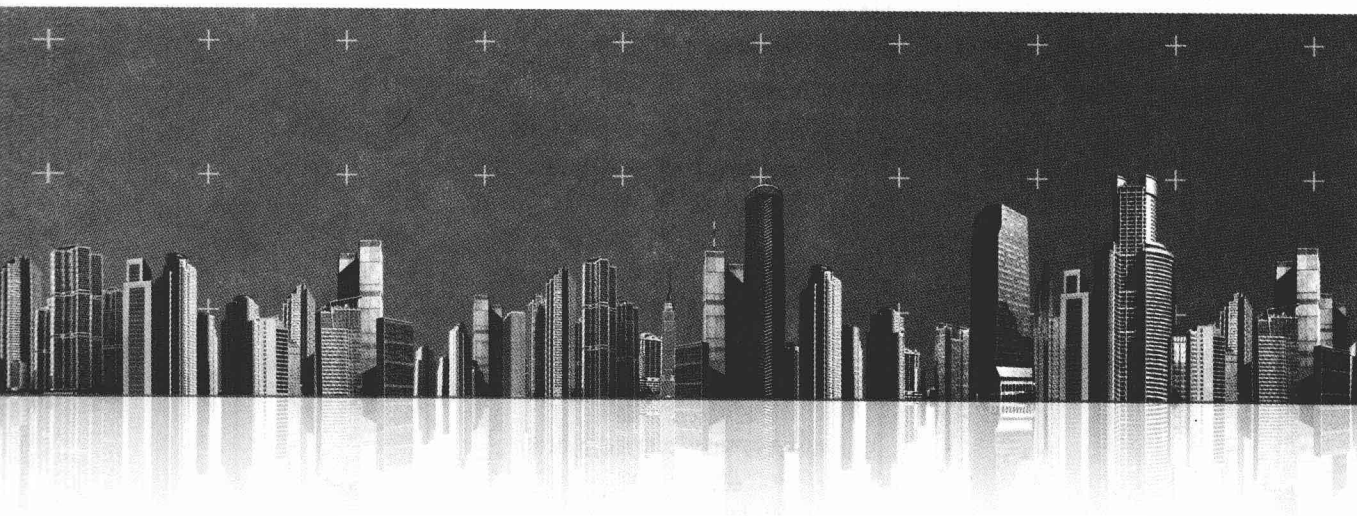
<http://www.cqup.com.cn>

WULIANWANG

YUANLI YU YINGYONG

蔡思静 编著

物联网 原理与应用



重庆大学出版社

内 容 提 要

本书较为全面地介绍了物联网的概念和技术应用。首先,讨论了物联网的基本概念、系统结构、软硬件系统平台的组成、关键技术以及应用领域;其次,分析了物联网射频识别系统,详述了物联网射频识别系统的工作原理、基本部件和应用系统开发等;然后介绍了无线传感网的组成、体系结构、通信与组网技术及传感器定位技术等;进而讲述了物联网的工作原理和体系架构,分别从物联网感知层、网络层和应用层进行阐述;同时,也详述了物联网中间件的概念、功能模块、分类及设计;最后,阐述了物联网云计算,介绍了云计算的概念、体系结构,分析了云计算与物联网的关系、物联网云计算的关键技术以及典型的云计算设计应用,使课程理论与实践设计紧密、有机地结合在一起。

本书可作为高等院校物联网专业的专业基础课的教材或教学参考书,亦可作为电气信息类专业物联网技术导论课程的教材或教学参考书,也可以作为物联网技术培训教材或IT科研人员及管理人员的参考读本。

图书在版编目(CIP)数据

物联网原理与应用/蔡思静编著. —重庆:重庆大学出版社,2012.2

ISBN 978-7-5624-6463-1

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

中国版本图书馆CIP数据核字(2011)第263120号

物联网原理与应用

蔡思静 编 著

策划编辑:王 勇 陈一柳

责任编辑:文 鹏 版式设计:陈一柳

责任校对:刘雯娜 责任印制:赵 晟

*

重庆大学出版社出版发行

出版人:邓晓益

社址:重庆市沙坪坝区大学城西路21号

邮编:401331

电话:(023)88617183 88617185(中小学)

传真:(023)88617186 88617166

网址:<http://www.cqup.com.cn>

邮箱:fxk@cqup.com.cn(营销中心)

全国新华书店经销

自贡兴华印务有限公司印刷

*

开本:787×1092 1/16 印张:10 字数:250千

2012年2月第1版 2012年2月第1次印刷

印数:1—3 000

ISBN 978-7-5624-6463-1 定价:19.00元

本书如有印刷、装订等质量问题,本社负责调换

版权所有,请勿擅自翻印和用本书

制作各类出版物及配套用书,违者必究

前言

目前,物联网是全球研究的热点问题,国内外都把它的发展提到了国家级战略高度,并称之为继计算机、互联网之后世界信息产业的第三次浪潮。物联网涉及的技术众多,是一个新兴交叉学科,包括电子通信、物流、计算机、供应链等诸多内容。当前,对于物联网的应用性研究已经走出实验室,渗透到人们生活的方方面面。新技术发展需要大批专业技术人才,许多高校利用已有的研究基础和教学条件开设相应课程,以满足新兴产业发展对物联网技术人才的迫切需求。然而,该技术的专业书籍并不多,为适应教学需要特编写此书。

作为物联网技术的导论性教材,本书将以理论作为基础,由浅入深地介绍物联网技术。与此同时,还将涉及物联网前沿技术问题和较新的研究成果,从而扩展学生的知识面。

本书具有以下特点:

1. 基础性。本书详细介绍物联网的基本概念、系统结构、软硬件基本组成、关键技术及应用,使读者对物联网技术有清晰的认识。
2. 全面性。本书涉及物联网领域各种主要技术及其内容,包括感知技术、物联网通信技术、物联网中间件、数据融合与智能技术、云计算等,全方位对物联网技术进行介绍。
3. 实用性。本书在介绍物联网基本知识和各种关键技术的同时,列举实例进行分析,让读者了解物联网的关键技术及发展趋势,从而得到更多的启发,发现更多新的研究课题。
4. 前瞻性。本书力求介绍物联网领域中最准确的概念、最先进的方法及成果,使读者了解该领域的最新发展,把握物联网技术的研究及应用方面。
5. 教学性。本书结构条理清晰,各章节内容既有相关性,又各自独立,便于教师根据教学计划安排教学内容,也便于学生有选择性地自学。

全书共6章:第1章主要介绍物联网发展综述,物联网的基本概念、系统结构、基本组成、关键技术,以及物联网应用;第2章介绍射频识别(RFID)工作原理、RFID系统的基本组成以及数据传输体系;第3章以传感器及检测技术为背景,介绍传感网的体系结构、关键技术、协议、定位技术以及传感网系统的设计与应用;第4章分别从物联网感知层、网络层和应用层介绍物联网的工作原理和体系架构;第5章介绍物联网的软件以及中间件的概念、功能模块及设计;第6章介绍云计算工作原理、体系结构及物联网云计算的关键技术及设计应用。

本书由福建工程学院电子系教师蔡思静完成编著,其力求在基础性、全面性、实用性、前瞻性、教学性等方面形成特色,并做到内容丰富、语言精练易懂、适用范围广泛。但由于作者水平有限,书中不足之处在所难免,敬请读者批评指正。

编 者

2011年10月

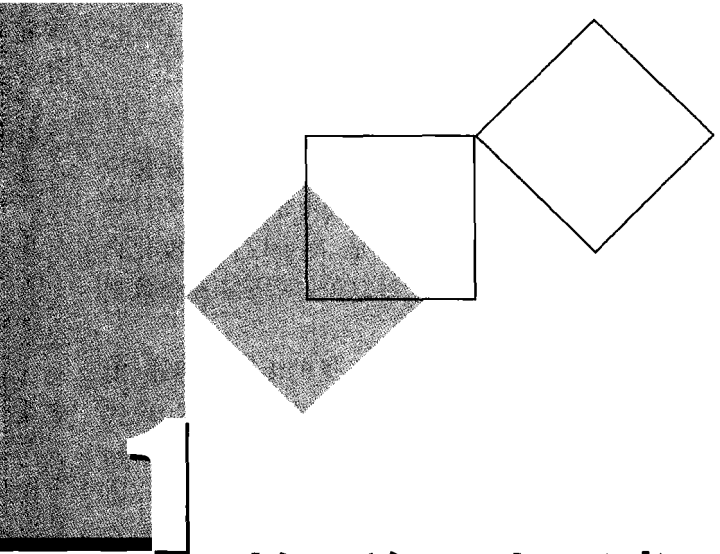
目 录

1 物联网概述	1
1.1 物联网发展综述	1
1.1.1 物联网发展的必然性	1
1.1.2 物联网发展概况	2
1.1.3 物联网的发展趋势及前景	3
1.1.4 物联网发展存在的问题	4
1.1.5 物联网发展面临的挑战	5
1.2 物联网技术的基本概念	7
1.2.1 物联网的定义	7
1.2.2 物联网的属性及特点	7
1.2.3 与物联网有关的其他概念	7
1.2.4 物联网概念辨析	8
1.2.5 物联网的分类	9
1.3 物联网的系统结构	9
1.3.1 物联网的 EPC 体系结构	9
1.3.2 物联网的 UID 体系结构	11
1.4 物联网的系统组成	12
1.4.1 硬件系统组成	12
1.4.2 软件系统组成	13
1.5 物联网的关键技术	14
1.5.1 感知技术	14
1.5.2 物联网通信技术	15
1.5.3 物联网中间件	17
1.5.4 云计算	17
1.6 物联网的应用	17

2 物联网射频识别系统	19
2.1 物联网射频识别系统概述	19
2.1.1 射频识别技术的定义	19
2.1.2 射频识别技术的发展简史	19
2.1.3 射频识别技术的应用	21
2.1.4 射频识别技术的分类	24
2.1.5 射频识别技术的特点	26
2.2 物联网射频识别系统工作原理	26
2.2.1 射频识别技术的物理学原理	27
2.2.2 射频识别系统的基本模型	31
2.2.3 射频识别系统的组成	34
2.2.4 射频识别的工作原理	34
2.2.5 射频识别的基本工作流程	34
2.3 物联网射频识别系统的基本部件	34
2.3.1 射频标签	35
2.3.2 读写器	38
2.3.3 天线	41
2.4 射频识别应用系统开发	42
2.4.1 射频识别系统的技术参数	42
2.4.2 射频识别系统的选择标准	43
2.4.3 射频识别系统的实例设计	45
3 无线传感网	50
3.1 无线传感网的概述	50
3.1.1 传感网的定义	50
3.1.2 传感网的组成	51
3.1.3 无线传感网的组网特点	52
3.1.4 无线传感网的关键技术	53
3.2 传感器的组成和结构	56
3.2.1 传感器的组成	56
3.2.2 传感器的分类	57
3.2.3 传感器的基本特性	58
3.3 无线传感网的体系结构	64
3.3.1 无线传感网协议体系结构	64
3.3.2 无线传感网拓扑结构	67
3.4 无线传感网的通信与组网技术	71
3.4.1 无线传感网的物理层	71
3.4.2 无线传感网的 MAC 协议	74

3.4.3 无线传感网的路由协议	76
3.5 传感器定位技术	82
3.5.1 节点定位机制	83
3.5.2 基于测距的定位技术	85
3.5.3 无须测距的定位算法	86
4 物联网网络体系结构	88
4.1 物联网的工作原理和体系架构	88
4.1.1 OSI/RM 体系结构	88
4.1.2 TCP/IP 体系结构	91
4.1.3 网络体系结构	92
4.1.4 物联网体系结构	93
4.2 物联网感知层	93
4.2.1 感知层功能	93
4.2.2 感知层关键技术	94
4.3 物联网网络层	98
4.3.1 网络层功能	98
4.3.2 网络层关键技术	98
4.4 物联网应用层	101
4.4.1 应用层功能	101
4.4.2 应用层关键技术	101
5 物联网中间件技术	106
5.1 物联网中间件的概述	106
5.1.1 中间件的定义	106
5.1.2 物联网中间件的产生	107
5.1.3 物联网中间件的作用	107
5.1.4 物联网中间件的特点	108
5.1.5 物联网中间件的发展	109
5.2 物联网中间件的功能模块	109
5.2.1 读写器接口 (Reader Interface)	110
5.2.2 事件管理器 (Event Manager)	111
5.2.3 应用程序接口 (Application Interface)	112
5.2.4 目标信息服务 (Object Information Services)	113
5.2.5 对象名解析服务 (ONS)	113
5.3 中间件的分类	113
5.4 物联网中间件的设计	116
5.4.1 需求分析	117

5.4.2	结构选择	119
5.4.3	设计平台	120
6	云计算	123
6.1	云计算的概述	123
6.1.1	云计算的定义	123
6.1.2	云计算的发展概况	124
6.1.3	云计算的分类	127
6.1.4	云计算的特点	128
6.2	云计算体系结构	130
6.2.1	云计算的组成	130
6.2.2	云计算的服务模式	132
6.3	云计算与物联网	132
6.3.1	物联网云的出现	133
6.3.2	物联网云的定义	133
6.3.3	物联网云的体系结构	134
6.3.4	物联网云的功能模式	134
6.3.5	物联网云的意义	135
6.4	物联网云计算的关键技术	136
6.4.1	自动化部署	136
6.4.2	资源监控	136
6.4.3	虚拟化技术	137
6.4.4	并行编程模型	139
6.4.5	海量数据分布存储技术	140
6.4.6	数据管理技术	141
6.4.7	云计算平台管理技术	142
6.5	典型云计算的设计应用	142
6.5.1	Google 云计算应用设计	142
6.5.2	Amazon 云计算应用设计	144
6.5.3	Microsoft 的 Windows Azure 云计算应用设计	146
6.5.4	IBM 的 Blue Cloud 云计算应用设计	146
	参考文献	148



物联网概述

信息技术是当今世界经济社会发展的重要驱动力。随着全球经济一体化、工业自动信息化进程的不断深入,物联网(Internet of Things,IOT)悄然而至。国际电联曾预测,未来世界将是无所不在的物联网世界,到 2017 年将有 7 万亿个传感器为地球上 70 亿人口提供服务。物联网技术在大大提高经济效益的同时,也为全球经济复苏提供了技术动力。因此,物联网技术又被誉为继计算机、互联网之后,世界信息产业的第三次浪潮。

本章首先从发展的角度概要介绍物联网的发展综述、基本概念、系统结构和组成,然后分析物联网的关键技术及应用。

1.1 物联网发展综述

1.1.1 物联网发展的必然性

按照经济增长理论,每一次经济低谷必定催生某些新技术的发展,而这些新技术一定可以为绝大多数工业产业提供一种全新的应用价值,从而带动经济增长。2009 年全球爆发的金融危机迫切需要战略性新兴产业的发展,因此,物联网技术成为了“后危机时代”的新宠。美国、日本、欧盟各国等均已将注意力转向新兴产业,并给予了前所未有的强大支持。传感网络带来了一种全新的信息读取与信息处理的智能模式,将深刻影响信息技术的未来发展,在新兴产业中扮演重要角色,发挥重要作用。伴随着经济危机所带来的紧迫压力,物联网技术自然成为了下一个经济增长的重要助推器,催生新产业革命。

随着信息网络接入多样化、IP 宽带化和计算机软件技术的飞跃发展,对于海量数据采集融合、聚类或分类处理的能力大大提高,网络接入和数据处理能力已基本适应多媒体信息传输处理的需求。在过去的十几年间,信息网络进一步发展,更多的是与智能社会相关物品互联。宽带无线移动通信技术在过去数十年内,已经历了巨大的技术变革和演变。以宽带化、多媒体化、个性化为特征的移动型信息服务业务,成为公众无线通信持续高速发展的源动力,同时也对未

来移动通信技术的发展提出了巨大挑战。当前,第三代移动通信系统(3G)已经进入商业化应用阶段,下一代移动通信系统(3G/4G)也已进入实质性研发试用阶段。国际电信联盟(ITU)在国际范围内启动了技术提案的征集工作,开始了一整套包括技术征集、评估、融合以及标准化在内的4G无线通信技术的国际标准化(ITU称之为IMT-Advanced)。可以说,网络接入和数据处理能力已适应构建物联网进行多媒体信息传输与处理的基本需求。

涉及人类生活、工作等方方面面的各种智能传感器已经比较成熟,如常见的无线传感器、射频识别(RFID)、电子标签等。能够实现数据的采集量化、处理和传输,综合了微电子技术、现代网络及无线通信技术、嵌入式计算技术、分布式信息处理技术等,传感网技术已经不断地趋于相对成熟的阶段。由于监控物理环境的重要性从未像今天这么突出,因此,传感网已被视为环境监测、建筑监测、工业控制与测量、智能家居、公用事业和交通运输系统自动化中的一个重要发展方向。此外,随着信息网络计入多样化、IP宽带化和计算机软件技术的飞跃发展,对于海量数据采集融合、聚类或分类处理的能力已大幅提高,网络接入和数据处理能力已基本适应多媒体信息传输处理的需求。因此,物联网技术也就应运而生了。

1.1.2 物联网发展概况

物联网的概念源于射频识别(RFID)领域,至今经历了诞生→普及→大发展的过程。

1995年,比尔·盖茨在他撰写的新书《未来之路》中首次提出了物联网的概念,此书推出后在IT界引起了极大的轰动,不幸的是,物联网在那时并没有得到有效的推广。

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)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提出:“传感网是下一个世纪人类面临的又一个发展机遇。”也在同年,我国中科院启动了传感网的研究,并已取得了一些科研成果,建立了一些适用的传感网。同时,美国麻省理工学院的Auto-ID研究中心进行射频识别(Radio Frequency Identification, RFID)技术研发,正式提出物联网的概念:把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。

2003年,美国《技术评论》提出:传感网络技术将是未来改变人们生活的十大技术之首。

2004年,日本总务省提出的u-Japan构想中,希望在2010年将日本建设成一个“Anytime, Anywhere, Anything, Anyone”都可以上网的环境。同年,韩国政府制定了u-Korea战略,韩国信通部发布的《数字时代的人本主义:IT839战略》具体呼应u-Korea。

2005年11月,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、从房屋到纸张都可以通过因特网主动进行交换。该技术将射频识别技术(RFID)、传感器技术、纳米技术、智能嵌入技术融合在一起,使之得到更加广泛的应用。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。物联网的定义和范围也开始出现变化,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。

2008年3月,在苏黎世举行了全球首个国际物联网会议“物联网2008”,探讨“物联网”的新理

念、新技术,以及如何推进“物联网的发展”。同年11月,IBM提出“智慧的地球”概念,即“互联网+物联网=智慧地球”,将新一代IT技术充分运用在各行各业中,把传感器嵌入电网、铁路、桥梁等各种物体中,通过连接形成物联网结构;然后采用超级计算机和云计算,将物联网结构进行整合;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,引发了全美工商界的高度关注,乃至全球物联网的关注热潮。在我国,如果在基础建设的执行中植入“智慧”的理念,不仅仅能够在短期内有力地刺激经济、促进就业,而且能够在短时间内为中国打造一个成熟的智慧基础设施平台。

2009年6月,欧盟委员会提出了针对物联网的行动方案,方案明确表示在技术层面将给予大量资金支持;在政府管理层面将提出与现有法规相适应的网络监管方案。同年8月,我国总理温家宝在无锡考察传感网产业发展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。物联网被正式列为我国国家五大新兴战略性新兴产业之一,写入“政府工作报告”,受到了全社会极大的关注,已经成为科研、产业、标准化、教育等多方面的热点。

1.1.3 物联网的发展趋势及前景

信息技术从起源开始,经历了从烽火台到电报电话,再到计算机互联网的发展阶段。每一次技术进步,都是一次信息技术的飞跃发展,而每一次信息技术的飞跃发展又都将给人类社会带来新的信息革命,物联网技术也不例外。

美国权威咨询机构Forrester预测,到2020年,全球物联网的业务和人与人通信的业务相比,将达到30:1,仅仅是在智能电网和机场防入侵系统方面的市场就达千亿元。因此,物联网被称为是下一个万亿级的信息产业。在物联网普及以后,用于动物、植物和机器、物品的传感器与电子标签及配套的接口装置的数量将大大超过手机的数量。物联网的推广将会成为推进经济发展的又一个驱动器,为各产业又开拓了一个潜力无穷的发展机会。按照目前对物联网的需求,近年内就需要按亿计的传感器和电子标签,这将大大推进信息技术元件的生产,同时增加大量的就业机会。未来10年间,物联网将像互联网一样高度普及。目前,物联网技术在我国已经形成一定的市场规模,已经应用在公共安全、城市管理、环境监测、节能减排、交通监管等领域,尤其是在2009年物联网受到业界前所未有的重视,引发了一波产业热潮。我国北京、无锡等地已经开始重点布局,积极推动行业应用,建设示范工程和示范区。根据预测,到2035年前后,我国的传感网终端将达到数千亿个;到2050年,传感器将在生活中无处不在。

目前,物联网技术正处于初级阶段,而且这将是一个持续长效的发展过程。如果把人类信息网络划分成实现人与人通信的通信网和实现物与物互联互通的物联网两种类型,从通信网络技术的发展历程来看,它们将并行推进技术的应用发展,最终实现技术融合。

(1) 人与人之间的通信

人与人之间的通信已经建立了一整套科学的、可控的、高效的、安全的信息通信网络体系。人与人之间通信技术的发展主要体现在两大方面:一是移动化发展,人们的通信逐步由移动电话代替固定电话,实现位置上的自由通信;二是宽带化趋势,通信从电路交换转变为以数据分组交换为主,从电报电话到互联网,逐步实现了宽带化的自由通信,目前已经发展到了移动互联网阶段,使之进入移动化、宽带化数字通信时代。

(2) 物与物之间的通信

为了更好地服务于物与物互联信息的传递,最初,一部分物体被打上条码,有效地提高了物品识别的效率。随着近场通信(Near Field Communication)技术(如RFID)、蓝牙(Bluetooth)、ZigBee等各种近程通信技术的发展,RFID、二维码、传感器等各种现代感知识别技术逐步得到推广应用。在摩尔定律的推动下,芯片的体积不断缩小,功能更加强大,物品自身的网络与人的通信网络开始联通,并快速向未知领域开拓进取,使社会快步进入了基于IP数据通信的智能化、数字化时代。

在未来的发展过程中,从人的角度和从物的角度对通信的探索将实现融合,最终实现无处不在的物联网。因此,物联网的发展将呈现两大发展趋势:一是智能化趋势。物品要更加智能,能够自主地实现信息交换,才能实现物联网的真正目的,而这将需要对海量数据进行智能处理,随着云计算技术的不断成熟,这一难题将得到解决。二是IP化。未来的物联网,将给所有的物品都赋予一个标识,实现“IP到末梢”,只有这样才能随时随地地了解、控制物品的即时信息。在这方面,“可以给每一粒沙子都设定一个IP地址”的IPv6将能够承担起这项重任。

1.1.4 物联网发展存在的问题

物联网技术的前景广阔,但目前而言还不成熟,物联网发展面临的问题主要体现在以下几个方面:

(1) 技术标准问题

标准是一种交流规则,关系着物联网物品间的沟通,物联网的发展必然涉及通信的技术标准。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性。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。当前,各国存在不同的物联网标准,因此需要加强国家之间的合作,以寻求一个能被普遍接受的标准。同时,各类层次的通信协议标准的统一将是一个漫长的过程。

(2) 协议与安全问题

物联网是互联网的延伸。物联网核心层面是基于TCP/IP,但在接入层面,协议类别包括GPRS、短信、TD-SCDMA、有线等多种通道,需要一个统一的协议。

同时,物联网中的物品间联系更紧密,物品和人也连接起来,必须大量使用信息采集和交换设备,数据泄密成为了越来越严重的问题。如何实现大量数据及用户隐私的保护,成为亟待解决的问题。

(3) 终端与地址问题

物联网终端除具有本身功能外,还拥有传感器和网络接入等功能,且不同行业需求各异,如何满足终端产品的多样化需求,对运营商来说是一大挑战。

另外,每个物品都需要在物联网中被寻址,因此物联网需要更多的IP地址。IPv4资源即将耗尽,IPv6可满足物联网的资源需求。但IPv4向IPv6过渡是一个漫长的过程,且存在兼容性问题。

(4) 费用与规模化问题

要实现物联网,首先必须在所有物品中嵌入电子标签等存储体,并需要安装众多读取设备和庞大的信息处理系统,这必然导致大量的资金投入。因此,在成本尚未降至能普及的前提下,物联网的发展将受到限制。已有的事实均证明,现阶段物联网的技术效率并没有转化为有规模的经济效率。例如,智能抄表系统能将电表的读数通过商用无线系统(如 GSM 短消息)传递到电力系统的数据中心,但电力系统仍没有规模使用这类技术,原因在于这类技术没有经济效率。

为了提高效率,规模化是运营商业绩的重要指标,终端的价格、产品多样性、行业应用的深度和广度都会对用户规模产生影响,如何实现规模化是有待商讨的问题。

(5) 商业模式与产业链问题

物联网的产业化必然需要芯片商、传感设备商、系统解决方案商、移动运营商等上下游厂商的通力配合,而在各方利益机制及商业模式尚未成型的背景下,物联网普及仍相当遥远。

物联网所需的自动控制、信息传感、射频识别等上游技术和产业已成熟或基本成熟,而下游的应用也以单体形式存在。因此,物联网的发展需要产业链的共同努力,实现上下游产业的联动以及跨专业的联动,从而带动整个产业链,共同推动物联网发展。

(6) 配套政策和规范的制定与完善

物联网的实现并不仅仅是技术方面的问题,其建设过程中将涉及许多规划、管理、协调、合作等方面的问题,还涉及个人隐私保护等方面的问题,这就需要有一系列相应的配套政策和规范的制定与完善。

1.1.5 物联网发展面临的挑战

物联网技术的发展有着美好的前景及重要的社会意义,与此同时,物联网研究是机遇与挑战并存的。物联网研究和开发面临的挑战集中在基础研究、技术开发、示范系统构建与部署三个方面。

(1) 基础研究与成本的挑战

美国加州大学伯克利分校 Edward A. Lee 教授在分析了当今计算和联网方式与物理处理过程之后,提出了两者的差异:物理系统中的部件在安全性和可靠性方面的需求与通用计算部件存在质的差异;物理部件与面向对象的软件部件也存在质的差异,计算和联网技术采用的基于方法调用和线程的标准抽象体系在物理系统中无法工作。由此, Lee 教授提出这样的疑问:今天的计算和联网技术是否能够为开发 CPS 系统提供足够的基础? 其研究结论是:必须再造计算和网络的抽象体系,以便统一物理系统的动态性和计算的离散性。如何再造计算和网络的抽象体系,这是物联网基础研究的核心内容,包括如何在编程语言中增加时序,如何重新定义操作系统和编程语言的接口,如何重新思考硬件与软件的划分,如何在互联网中增加时序,如何计算系统的可预测性和可靠性等。

同时,物联网研究及构建成本也是摆在人们面前的问题。以 RFID 为例,沃尔玛是第一个强调推行 RFID 标签的零售商,并要求供货商为所有的商品打上 RFID 标签。然而,直到 2007 年 1 月,为其供货的 100 家大型供货商才陆续完成 RFID 标签的提供,其主要原因是 RFID 标签太贵。波士顿 ARM 市场研究中心预计,仅仅是为了满足沃尔玛的要求,普通消费品的生产商将

要花费 130 万 ~ 230 万美元来配置 RFID 标签。这样的成本,小型供货商是不愿承担的。RFID 标签生产商美国 Alien 科技公司表示,年生产量超过 100 亿个时,标签成本才能降到 10 美分以下。这样的价格对于汽车、电视等产品可能可以接受,但是对于牙刷、盘子等低价商品而言依然太贵。因此,基础研究与成本压力是物联网研究的一个两难问题。

(2) 技术开发与安全的挑战

物联网是嵌入式系统、联网和控制系统的集成,它由计算系统、包含传感器和执行器的嵌入式系统等异构系统组成。这就首先需要解决物理系统与计算系统协同处理的问题。在物联网环境下,事件检测和动作决策操作涉及时间和空间,这些操作必须准确、实时,以保证物联网操作中时间和空间的正确性。因此,还需要分析事件的时间和空间特性,设计面向物联网的、具有时间和空间条件限制的分层物联网事件模型。

物联网的可依赖性模型也是进行物联网开发的一个挑战。采用评价、建模和仿真组成物联网的物理装置和网络部件这一传统方法,无法构造整个物联网系统的可依赖模型。针对物联网可依赖性模型的构建,必须建立物理装置和网络系统的相互依赖模型,其中包括构建定性的物联网交互依赖模型,构建量化的物联网交互依赖模型,按照物联网中的物理装置和网络部件属性描述物联网的可依赖性,验证这种可依赖性模型的正确性。

物联网技术开发中,如何构建中间件也是一个技术难题。中间件可以减少 50% 的软件开发时间和成本,但由于 CPS 资源限制、服务质量要求、可靠性要求等,通用的中间件无法满足 CPS 应用开发的需求。重新开发一个面向 CPS 的中间件似乎难度较大,现代软件技术的一个基本原则是软件重用,因此可以考虑采用面向应用领域的定制方法改造中间件。但是,改造一种结构复杂的、功能烦琐的通用中间件的成本,是否一定小于构建一个结构简单的、功能简捷的专用中间件?这也是需要研究的问题。与此同时,物联网技术开发中还面临安全、实时的数据服务技术挑战,物联网系统的正确性验证技术、嵌入式万维网服务开发技术、隐私保护技术以及安全控制技术等的挑战,这些技术是决定物联网技术能否得到广泛应用的关键技术。

与传统网络相比,物联网发展带来的信息安全、网络安全、数据安全乃至国家安全问题将更为突出。首先,物联网与物理世界紧密联系,物联网中的安全事件带来的危害可能影响到人们的生活,乃至生命安全。同时,物联网的节点数量将不断增加,网络的复杂性要求物联网具有更全面的防御机制,但还要兼顾成本及效率,这将对物联网的又一个严峻考验。

(3) 示范系统建设与隐私保护的挑战

建设和部署物联网示范系统,在社会层面和技术层面都面临较大的挑战。物联网系统的典型示范系统,如楼宇内部的照明、电表、街道路灯系统等,都会涉及较为复杂的基本建设工程和公共设施工程。其次,消耗大量能源的、具有最大节能潜力的物品通常都是巨大、昂贵的装置,改造这些装置面临很大的困难。另外,建设和部署物联网面临的较为直接的挑战是如何让人们愿意使用并且可以维护物联网,这里不仅存在技术本身的问题,还存在如何进行培训、教育和普及物联网知识和技术的问题。

构建和部署物联网示范系统的技术层面,包括通信基础设施、隐私保护和互操作性问题。物联网需要普适联网,对于公共设施的物联网需要在城市范围内建立全覆盖的无线联网基础设施,而这种设施是无法在短时间内建立的。如何经济、有效地构建满足物联网需要的联网基础设施,这在技术上也是一个挑战。无论是公共设施的物联网,还是企业专用的物联网,都需要提供严格的数据保护机制。否则,无论是公众,还是企业都不会接受物联网,也不会使用物联网的

相关应用。从用户角度看,物联网应该是以用户为核心的网络,完全可以按照用户的意愿进行控制和操作。如何让用户信任物联网,这在技术上还是一个很大的挑战。

物联网提供的普适服务依赖于互操作性,它不仅依赖于网络运营商提供的标准服务质量,还依赖于跨域的命名、安全性、移动性、多播、定位、路由和管理,也包括对于提供公共设施的公平补偿。如何形成完整的物联网技术标准并且实现这些标准,这些都是十分具有挑战性的工作。

同时,物联网将为人们的日常生活提供大量的信息,在给人们带来便利的同时,还涉及隐私的保护问题。如果措施不当,带来隐私信息泄露或被未授权用户不当使用等问题,将会对一些法律、法规、政策形成挑战,如信息采集的合法性问题、公民隐私权问题等。隐私保护关系到法律法规、匿名技术、身份管理、认证和访问控制、安全管理以及数据安全等诸多问题。

1.2 物联网技术的基本概念

1.2.1 物联网的定义

物联网(The Internet of Things, IOT)是通过信息传感系统(传感网、射频识别系统、红外感应器、极光扫描器等),条码与二维码,全球定位系统(GPS),遵循规范的通信协议,通过网络实现信息交互,完成智能化识别、定位、跟踪、监控和管理的网络。

1.2.2 物联网的属性及特点

目前,物联网的核心要素可以归纳为感知、传输、智能、控制4个重要属性。

①全面感知:物联网是针对具有全面感知能力的物体及人的互联集合,是利用RFID、传感器、二维码等智能感知设备读取有效信息并具有自组织的网络结构,排除了传统网络的主从关系体系。

②可靠传输:通过各种信息网络以及互联网,遵循规范的通信协议,通过软件及硬件实现对物体信息实时、准确的传送。

③智能处理:利用数据融合及处理、云计算等各种计算技术,对海量的分布式数据信息进行分析、融合及处理,向用户提供信息支持,最终实现对物品(包括人)的智能化识别、定位、跟踪、监控和管理等功能。

④自动控制:利用模糊识别等智能控制技术对物体实施智能化控制和利用,最终形成物理、数字、虚拟世界和现实社会共生互联的智能社会。

1.2.3 与物联网有关的其他概念

(1) 无线传感网的概念

以互联网为代表的计算机网络技术是20世纪计算机科学的一项伟大成果,它给我们的生活带来了深刻的变化。然而,现阶段的网络仍停留在虚拟时代,在网络世界中很难感知现实物理世界。传感网络正是在这样的背景下应运而生的全新网络技术,它综合了传感器、低功耗、通

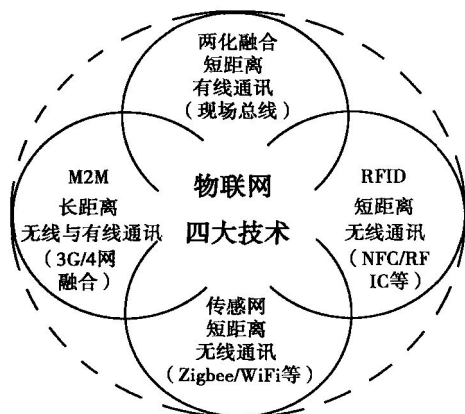


图 1.1 物联网四大技术和应用

讯以及微机电等技术。

传感网的定义是：由若干具有无线通信与计算能力的感知节点，通过自组织的方式构成的无线网络。该系统以网络为信息传递载体，实现对物理世界的全面感知。其突出特点是：全面感知、智能处理。

我国现代意义的无线传感网及其应用研究几乎与发达国家同步启动，1999 年首次正式出现于中国科学院《知识创新工程试点领域方向研究》的信息与自动化领域研究报告中，是该领域提出的五个重大项目之一。

传感网是物联网的四大技术和应用之一，其关系如图 1.1 所示，物联网的范畴大于传感网。

(2) 泛在网络

在日渐发达的通信技术、信息技术、射频识别技术等新技术的不断催生下，一种能够实现人与人、人与机器、人与物甚至物与物之间直接沟通的泛在网络架构——U 网络正日渐清晰，并逐步走进了人们的日常生活。

U 网络来源于拉丁语的 Ubiquitous，是指无所不在的网络，又称泛在网络。最早提出 U 战略的日本、韩国给出的定义是：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，U 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。“4A”化通信能力仅是 U 社会的基础，更重要的是建立 U 网络之上的各种应用。

1.2.4 物联网概念辨析

物联网、传感网、泛在网这三个概念之间的关系如图 1.2 所示。

RFID 和传感器具有不同的技术特点，传感器可以监测感应到各种信息，但缺乏对物品的标识能力，而 RFID 技术恰恰具有强大的标识物品能力。尽管 RFID 也经常被描述成一种基于标签并用于识别目标的传感器，但 RFID 读写器不能实时感应当前环境的改变，其读写范围受到读写器与标签之间距离的影响。因此，如何提高 RFID 系统的感应能力，扩大 RFID 系统的覆盖能力是亟待解决的问题，而传感器网络较长的有效距离将拓展 RFID 技术的应用范围。传感器、传感器网络和 RFID 技术都是物联网技术的重要组成部分，它们的相互融合和系统集成将极大地推动物联网的应用，其应用前景不可估量。由此可见，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。

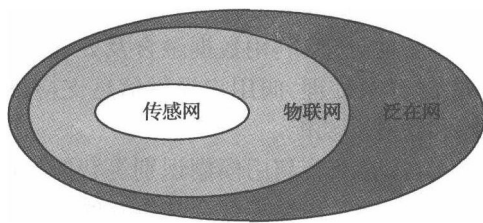


图 1.2 物联网、传感网、泛在网之间的关系

1.2.5 物联网的分类

物联网尚处于萌芽时期,还谈不上具体分类,本书仅从用户范畴、应用类型及接入方式进行讨论。

按照用户范畴进行划分,物联网分为公用物联网和专用物联网。公用物联网是指为满足大众生活和信息需求提供物联网信息服务的网络结构;专用物联网是满足特定需求,如企业、团体、个人特色应用及军事应用等具有针对性地提供专业性业务服务的物联网。

按照应用类型进行划分,有数据采集应用、自动化控制应用、日常便利应用及定位类应用等物联网。

按接入网络的方式进行划分,物联网分为简单接入网络和多跳接入网络。简单接入网络在感知设施获取信息后,直接通过有线或无线方式将数据直接发送至承载网。简单接入方式主要用于终端设备分散的应用场合,现行 RFID 读写设备主要采用简单接入方式。多跳接入网络是利用传感网(WSN)技术,将具有无线通信与计算能力的微小传感器节点通过自组织方式,根据环境变化自动完成网络自适应组织和数据的传送。当节点间距较短时,可采用多跳方式进行通信,然后将数据通过接入网管传送到承载网络。多跳接入方式适用于终端设备相对集中、终端与网络间数据传输量较小的场合。采用多跳接入方式可以降低末端感知节点、接入网和承载网络的建设投资及应用成本,提高接入网络的健壮性。对于某个实际应用,这两个方式可以混合使用。

物联网应该提供的服务类型是设计、验证物联网体系结构与物联网系统性能要求的主要依据。在实际设计中可以根据不同领域的物联网应用要求,针对以上服务类型进行相应的扩展和设计。现阶段物联网的分类主要有5类:

- ①联网类服务:物的标识、定位和通信;
- ②信息类服务:信息采集、存储和信息操作(如查询);
- ③操作类服务:远程配置、远程检测、远程操作和远程控制;
- ④安全类服务:用户管理、访问控制、事件报警、入侵检测和攻击防御;
- ⑤管理类服务:故障诊断、性能优化、系统升级和计费管理服务。

1.3 物联网的系统结构

目前,最具代表性的物联网架构是欧美支持的 EPC 架构。除了 EPC 之外,日本提出的 UID 标准是国际上具有较大影响力的 RFID 和物联网标准之一。

1.3.1 物联网的 EPC 体系结构

物联网 EPC 系统基于互联网和射频识别技术的实物物联网系统,是在互联网的基础上,利用 RFID、天线数据通信等技术,构建一个实现全球物品信息实时共享的物联网。EPC 标签从本质来说就是一个电子标签,将 EPC 标签嵌入物品中,该物品与 EPC 标签就形成唯一的对应关系。通过射频识别系统的电子标签读写器可以实现对 EPC 标签信息的读取。读写器获取 EPC 标签信息,并把标签信息送入互联网 EPC 体系中 PML(Physical Mark-Up Language, 实体标记语