

高等学校计算机类国家级特色专业系列规划教材

物联网技术 与应用

张冀 王晓霞 宋亚奇 庞春江 李天 编著

清华大学出版社

高等学校计算机类国家级特色专业系列规划教材

物联网技术 与应用

张冀 王晓霞 宋亚奇 庞春江 李天★编著



清华大学出版社
北京

内 容 简 介

本书分为6章,主要包括物联网概述、感知识别技术、网络通信技术、物联网数据处理技术、物联网的应用、物联网与智能电网等。

本书可作为普通高等学校计算机类和电子信息类、自动化类、电气类专业本科教材,还可作为从事物联网相关工作的研究人员、工程技术人员的参考用书。

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签,无标签者不得销售。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

物联网技术与应用/张冀等编著. —北京:清华大学出版社,2017

(高等学校计算机类国家级特色专业系列规划教材)

ISBN 978-7-302-46474-7

I. ①物… II. ①张… 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(2017)第 025389 号

责任编辑:汪汉友 徐跃进

封面设计:傅瑞学

责任校对:时翠兰

责任印制:李红英

出版发行:清华大学出版社

网 址: <http://www.tup.com.cn>, <http://www.wqbook.com>

地 址:北京清华大学学研大厦 A 座

邮 编:100084

社 总 机:010-62770175

邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质量反馈:010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

课件下载: <http://www.tup.com.cn>, 010-62795954

印 装 者:清华大学印刷厂

经 销:全国新华书店

开 本:185mm×260mm

印 张:24.5

字 数:595千字

版 次:2017年9月第1版

印 次:2017年9月第1次印刷

印 数:1~1500

定 价:59.50元

产品编号:066119-01

前 言

当今是一个知识日新月异、新技术层出不穷的时代,物联网被称为继计算机、互联网之后信息社会的第三次信息浪潮。物联网技术将人类生存的物理世界网络化、信息化,将分离的物理世界和信息空间互联整合,代表了未来信息技术的发展方向。物联网技术已成为未来社会经济发展、社会进步和科技创新的重要基础。

作为国家倡导的新兴战略性新兴产业,我国高度关注、重视物联网的发展和研究,工业和信息化部会同有关部门,在新一代信息技术方面正在开展研究,以形成支持新一代信息技术发展的政策措施。目前有很多高校已经开设了物联网专业,或者相关专业开设了物联网课程,这反映出高校对新技术、新产业发展的敏感和重视。物联网已经在各行各业得到了快速发展,并成为就业前景广阔的热门领域。掌握物联网知识和技术的毕业生主要就业于与物联网相关的企事业单位,从事物联网的通信架构、网络协议和标准、无线传感器、信息安全等的设计、开发、管理与维护工作,以及在高校或科研机构从事科研和教学工作。

本书的特色主要体现在物联网技术在智能电网的应用和对研究生与本科生的创新创业指导两方面。智能电网是物联网技术重要的应用领域之一。物联网技术在智能电网的各环节均有广泛的应用前景。在智能电网建设中深入应用物联网技术,可以有效整合电力系统基础设施资源和信息通信资源,提高电力系统的智能化及电力流、信息流、业务流的一体化水平,促进电力生产向更高效、更清洁、更安全、更可靠和智能交互的方向发展。通过实际案例分析,使学习者能够全面地了解物联网的基本理论知识,掌握物联网关键技术及其应用方法,能够运用这些技术和方法构建物联网应用系统,培养创新创业能力。当前,大学生的创新创业能力是建立高校创新体系的关键性环节和基础性内容,能有效地支持和推动国家创新体系的建立,对建设创新型国家也会起到积极的作用。

全书共分6章。以物联网技术应用为主线,第1章介绍物联网的基本概念、基本原理和体系结构,第2章到第4章介绍应该掌握的物联网关键技术,如感知识别技术、网络通信技术和物联网的数据处理技术等,第5章叙述物联网的应用领域,第6章重点阐述物联网在智能电网中的应用。

本书由华北电力大学的张冀担任主编,负责全书的组稿工作。第1章和第2章由王晓霞编写,第3章由山西太原理工大学的刘双庆编写,第4章由宋亚奇编写,第5章由李天编写,第6章由张冀编写,庞春江老师对本书的编写做出了贡献。

本书在编写过程中参考了大量书籍、文献和网站资料,因为版面有限,未能全部一一列出,再次向这些资料的作者致以诚挚的谢意。

感谢清华大学出版社编校人员对本书的大力支持和帮助。

由于作者水平有限,书中难免存在缺点和不妥之处,敬请广大读者批评指正。

编 者

2017年8月

· I ·

目 录

第1章 物联网概述	1
1.1 物联网的起源与发展	1
1.2 物联网的相关概念	2
1.2.1 物联网的基本定义	2
1.2.2 物联网、互联网、传感网和泛在网	3
1.3 物联网的体系结构	5
1.4 物联网的关键技术	14
1.5 物联网的发展前景	15
参考文献	17
本章习题	18
第2章 感知识别技术	19
2.1 自动识别技术	19
2.1.1 自动识别技术概述	19
2.1.2 光学字符识别技术	20
2.1.3 生物识别技术	22
2.1.4 磁卡识别技术	25
2.1.5 IC卡识别技术	25
2.2 条形码技术	26
2.2.1 条形码概述	26
2.2.2 条形码的结构与编码方法	28
2.2.3 条形码的识读原理与技术	28
2.2.4 常用条形码	29
2.3 射频识别技术	34
2.3.1 RFID技术概述	34
2.3.2 RFID系统的分类	35
2.3.3 RFID系统的组成	37
2.3.4 RFID的工作原理	38
2.3.5 RFID的典型应用	39
2.3.6 EPC技术	41
2.4 传感器技术	47
2.4.1 传感器技术概述	47
2.4.2 常用传感器简介	55

2.4.3	智能传感器	65
2.4.4	MEMS 传感器	71
2.5	定位技术	76
2.5.1	卫星定位系统	76
2.5.2	蜂窝定位技术	85
2.5.3	室内无线定位技术	87
2.5.4	传感器网络节点定位技术	89
	参考文献	93
	本章习题	93
第 3 章	网络通信技术	95
3.1	计算机网络概述	95
3.2	有线网络通信	102
3.2.1	因特网概述	102
3.2.2	万维网	120
3.3	无线网络通信	122
3.3.1	无线广域网	125
3.3.2	无线城域网	126
3.3.3	无线局域网	129
3.3.4	无线个域网	155
3.3.5	移动通信网	183
	思考题	196
	参考文献	197
第 4 章	物联网数据处理技术	198
4.1	物联网大数据	198
4.1.1	什么是大数据	198
4.1.2	物联网大数据的产生	199
4.1.3	物联网大数据的分类	201
4.1.4	物联网大数据的特点和面临的技术挑战	201
4.1.5	物联网大数据的存储和处理需求	204
4.1.6	物联网大数据的应对策略	205
4.2	物联网大数据处理的核心技术——云计算	207
4.2.1	物联网大数据与云计算的关系	207
4.2.2	物联网大数据处理的研究现状	207
4.2.3	阿里云云计算技术	209
4.2.4	Hadoop 大数据处理技术	228

4.2.5	Spark 内存计算技术	230
4.2.6	Storm 实时流数据处理技术	235
4.2.7	小结	236
4.3	物联网大数据挖掘	237
4.3.1	数据挖掘的概念和功能	237
4.3.2	物联网数据挖掘存在的挑战	238
4.3.3	基于云计算的物联网数据挖掘平台	238
4.3.4	大数据挖掘并行算法	240
4.3.5	数据流挖掘算法	254
4.3.6	小结	257
4.4	物联网多传感器数据融合	257
4.4.1	数据融合概述	257
4.4.2	数据融合算法	261
4.4.3	数据融合算法的新进展	265
4.5	小结	266
	习题	266
	参考文献	267
第 5 章	物联网的综合应用	269
5.1	智能交通系统	270
5.2	智能物流	278
5.3	智慧城市	284
5.4	智能工业	289
5.5	智能农业	292
5.6	智慧港口	298
	思考题	300
	参考文献	300
第 6 章	物联网与智能电网	302
6.1	智能电网概述	303
6.2	基于物联网的智能电网体系架构	311
6.2.1	智能电网体系架构	311
6.2.2	智能电网基础体系	311
6.2.3	智能电网技术支撑体系	315
6.2.4	智能电网应用体系	321
6.2.5	智能电网标准规范体系	330
6.3	智能电网中的物联网关键技术	335

6.4	基于物联网的智能电网安全	340
6.5	物联网在智能电网中的典型应用	352
6.5.1	面向智能电网的物联网架构分析	352
6.5.2	输电线路在线监测系统	356
6.5.3	智能变电站	362
6.5.4	智能用电服务	369
思考题		380
参考文献		381

第 1 章 物联网概述

物联网就是通过智能感知、识别技术与普适计算、泛在网络的融合应用,将人与物、物与物连接起来的一种新的技术综合,被称为是继计算机、互联网和移动通信技术之后世界信息产业最新的革命性发展,已成为当前世界新一轮经济和科技发展的战略制高点之一。作为一个新兴的信息技术领域,物联网已被美国、欧盟、日本、韩国等国家所关注,我国也已将其列为新兴产业规划五大重要领域之一。物联网已经引起了政府、生产厂家、商家、科研机构,甚至普通老百姓的共同关注。

1.1 物联网的起源与发展

物联网的实践最早可以追溯到 1990 年施乐公司的网络可乐贩售机——Networked Coke Machine。

1991 年美国麻省理工学院(MIT)的 Kevin Ash-ton 教授首次提出物联网的概念。

1995 年比尔·盖茨在《未来之路》一书中提及物联网,受限于当时无线网络、硬件及传感设备的发展,并未引起广泛重视。

1999 年美国麻省理工学院建立了“自动识别中心(Auto-ID)”,提出“万物皆可通过网络互联”,阐明了物联网的基本含义。早期的物联网是依托射频识别(RFID)技术的物流网络,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。1999 年中国科学院启动传感网项目,开始了中国物联网的研究,以便利用传感器组成的网络采集真实环境中的物体信息。

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(MIC)提出 u-Japan 计划,该计划力求实现人与人、物与物、人与物之间的连接,希望将日本建设成一个随时、随地、任何物体、任何人均可连接的泛在网络社会。

2005 年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《ITU 互联网报告 2005: 物联网》,正式提出了“物联网”的概念,全面而又透彻地分析了物联网的可用技术、市场机会、潜在挑战和美好前景等内容。

2006 年韩国确立了 u-Korea 计划,该计划旨在建立无所不在的信息化社会(ubiquitous society),在民众的生活环境里建设智能型网络和各种新型应用,让民众可以随时随地享有科技智慧服务。2009 年韩国通信委员会出台了《物联网基础设施构建基本规划》,将物联网确定为新增长动力,提出到 2012 年实现“通过构建世界最先进的物联网基础实施,打造未来广播通信融合领域超一流信息通信技术强国”的目标,并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 4 大领域、12 项子课题。

2008 年后,为了促进科技发展,寻找经济新的增长点,各国政府开始重视下一代的技术规划,将目光放在物联网上。在中国,同年 11 月在北京大学举行的第二届中国移动政务研

讨会“知识社会与创新 2.0”提出移动技术、物联网技术的发展代表着新一代信息技术的形成,并带动了经济社会形态、创新形态的变革,推动了面向知识社会的以用户体验为核心的下一代创新(创新 2.0)形态的形成,创新与发展更加关注用户、注重以人为本。而创新 2.0 形态的形成又进一步推动新一代信息技术的健康发展。

2009 年欧盟执委会发表了《欧洲物联网行动计划》,描绘了物联网技术的应用前景,提出了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、促进物联网的发展等建议。

2009 年 1 月,IBM 首席执行官彭明盛在美国总统奥巴马参加的美国工商界领袖“圆桌会议”上,提出了“智慧地球”的概念。“智慧地球”就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,并且被普遍连接,形成所谓“物联网”,并通过超级计算机和云计算等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。当年,美国将新能源和物联网列为振兴经济的关键重点。

2009 年 2 月 24 日,2009 IBM 论坛上,IBM 大中华区首席执行官钱大群公布了名为“智慧地球”的最新策略。此概念一经提出,即得到美国各界的高度关注,甚至有分析认为 IBM 公司的这一构想极有可能上升至美国的国家战略,并在世界范围内引起轰动。

今天,“智慧地球”战略被美国人认为与当年的“信息高速公路”有许多相似之处,同样被他们认为是振兴经济、确立竞争优势的关键战略。该战略能否掀起如当年互联网革命一样的科技和经济浪潮,不仅为美国关注,更为世界所关注。

2009 年 8 月,温家宝“感知中国”的讲话把我国物联网领域的研究和应用开发推向了高潮,无锡市率先建立了“感知中国”研究中心,中国科学院、运营商、多所大学在无锡建立了物联网研究院,无锡市江南大学还建立了全国首家实体物联网工厂学院。自温家宝同志提出“感知中国”以来,物联网被正式列为国家五大新兴战略性产业之一,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,其受关注程度是在美国、欧盟以及其他各国不可比拟的。

随着全球一体化、工业自动化和信息化进程的不断深入,物联网技术和应用已经悄然诞生,并受到了人们的广泛关注。物联网被认为是继计算机、互联网之后,世界信息产业的第三次浪潮。

1.2 物联网的相关概念

1.2.1 物联网的基本定义

目前,国内外对物联网还没有一个权威统一的概念,随着各种感知技术、现代网络技术、人工智能和自动化技术的发展,物联网的内涵也在不断地完善,具有代表性的定义如下。

定义 1: 由具有标识,虚拟个性的物体/对象所组成的网络,这些标识和个性运行在智能空间,使用智慧的接口与用户,社会和环境的上下文进行连接和通信。

定义 2: 物联网是通过条码与二维码、射频标签(RFID)、全球定位系统(GPS)、红外感应器、激光扫描器、传感器网络等自动标识与信息传感设备及系统,按照约定的通信协议,通过各种局域网、接入网、互联网将物与物、人与物、人与人连接起来,进行信息交换与通信,以

实现智能化识别、定位、跟踪、监控和管理的一种信息网络。它是在互联网基础上延伸和扩展的网络。

定义3: 物联网是一种虚拟网络与现实世界实时交互的新型系统,其基础核心仍然是互联网,是在互联网基础上的延伸和扩展的网络;其特点是无处不在的数据感知、以无线为主的信息传输、智能化的信息处理,用户端可以延伸和扩展到任何物品与物品之间,进行信息交换和通信。

定义4: 物联网实现人与人、人与物、物与物之间任意的通信,使联网的每一个物件均可寻址、联网的每一个物件均可通信、联网的每一个物件均可控制。

定义5: 物联网是未来互联网的整合部分,它是以标准,互通的通信协议为基础,具有自我配置能力的全球动态网络设施。在这个网络中,所有实质和虚拟的物品都有特定的编码和物理特性,通过智能界面无缝连接,实现信息共享。

对比物联网的各种定义,我们发现: 狭义上的物联网指连接物品到物品的网络,实现物品的智能化识别和管理;广义上的物联网则可以看作是信息空间与物理空间的融合,将一切事物数字化、网络化,在物品之间、物品与人之间、人与现实环境之间实现高效信息交互方式,并通过新的服务模式使各种信息技术融入社会行为,是信息化在人类社会综合应用达到的更高境界。

“物联网”概念的问世,打破了之前的传统思维。过去的思路一直是将物理基础设施和IT基础设施分开: 一方面是机场、公路、建筑物,另一方面是数据中心,个人计算机、宽带等。而在“物联网”时代,钢筋混凝土、电缆将与芯片、宽带整合为统一的基础设施,在此意义上,基础设施更像是一块新的地球工地,世界的运转就在它上面进行,其中包括经济管理、生产运行、社会管理乃至个人生活。

因此,目前普遍认为的物联网应该具备三个特征: 一是全面感知,即利用射频识别、传感器、二维码等感知、捕获、测量技术随时随地对物体进行信息采集和获取;二是可靠传递,通过各种电信网络与互联网的融合,将物体的信息实时准确地传递出去;三是智能处理,利用云计算、模糊识别等各种智能计算技术,对海量感知数据和信息进行分析和处理,对物体实施智能化的决策和控制。

1.2.2 物联网、互联网、传感网和泛在网

1. 几个相关概念

① 互联网(Internet): 是指将两台或两台以上的计算机终端、客户端、服务器端按照一定的通信协议(TCP/IP 协议)组成的国际计算机网络。这种将计算机网络连接在一起的方法可称为“网络互联”,在这基础上发展出覆盖全世界的全球性互联网络称“互联网”,即“互连接一起的网络”。

② 传感网: 是指由互联的传感器节点组成的网络,这些节点通过有线或无线通信交换传感数据。传感器节点是由传感器和可选的能检测处理数据及联网的执行元件组成的设备;而传感器是感知物理条件或化学成分并且传递与被观察的特性成比例的电信号的电子设备。

传感网综合利用传感器技术、嵌入式技术、通信技术和分布式信息处理技术等,将分布在空间上的许多智能传感器节点通过无线通信方式组成一种多跳、无线自组织网络。

这种网络能够通过节点间的协作实时监测、感知和采集网络分布区域内的各类物理或化学信息(如温度、湿度、光照度、声音、振动、压力、移动),并对这些信息进行处理,将获取的经过处理后的信息传送到需要这些信息的用户手中,此外还可以对监控系统直接进行控制。

③ 泛在网:国际电信联盟远程通信标准化组(ITU-T)将泛在网络描述为,在服务预订的情况下,个人和/或设备无论何时、何地、何种方式都能以最少的技术限制接入到服务和通信的能力。简单地说,泛在网指无所不在的网络,可实现随时随地与任何人或物之间的通信,涵盖了各种应用;是一个容纳了智能感知/控制、广泛的网络连接及深度的信息通信技术应用等技术,超越了原有电信范畴的更大的网络体系。泛在网可以支持人到人、人到对象(如设备和/或机器)和对象到对象的通信。

④ 移动网:是指可以使移动用户之间进行通信的网络,目标是事先人人互联,主要涉及网络中人与人的信息交互。

⑤ CPS:是一个综合计算、网络和物理环境的多维复杂系统,通过计算、通信和控制技术的有机融合与深度协作,实现大型系统的实时感知、动态控制和信息服务。CPS基本特征是构成了一个能与物理世界交互的感知反馈环,通过计算进程和物理进程相互影响的反馈循环,实现与实物过程的密切互动,从而给实物系统增加或扩展新的能力。

⑥ M2M:从狭义上说,M2M仅代表机器与机器之间的通信,广义来讲也包括人与机器的通信,是以机器智能交互为核心、网络化的应用与服务。目前,业界提到M2M时,多指非信息技术机器设备通过移动通信网络与其他设备或IT系统的通信。

2. 几个概念之间的关系

物联网是指人与物、物与物之间进行信息通信的网络,目标是实现物物、人人互联,主要涉及物理信息交互。物联网获取物理世界信息的手段除了传感网外,还包括RFID、二维码、内置移动通信模块的各种终端等方式。但传感网是物联网主动感知物理世界的方式,也是获取物理世界信息最主要、最核心的方式。

从广义上讲,物联网能够实现人在任何时间、任何地点、使用任何网络与任何人与物的信息交换,即泛在网。但泛在网在通信对象上不仅包括物与物、物与人的通信,还包括人与人通信,而且泛在网络涉及多个异构网的互联。从狭义上讲,物联网是物品之间通过传感器连接起来的局域网,即传感网。传感网可以看作是物联网的一部分,属于一种末端网络,具有低速率、短距离、低功耗,自组织组网的特性。

泛在网关注的是人与人、人与物、物与物的和谐交互,各种感知识别与网络只是实现手段,泛在网的最终形态既包括互联网、移动网,也包括物联网。物联网概念更多地强调了人与物、物与物的信息交互,物联网的最终形态既包括互联网、部分移动网,也包括传感网以及RFID、二维码等信息标识网络。

从概念内涵角度,物联网包含万事万物的信息感知和信息传送;M2M则主要强调机器与机器之间的通信;而CPS更强调反馈与控制过程,突出对物的实时、动态的信息控制与信息服务。M2M偏重于实际应用,得到了工业界的重点关注,是现阶段物联网最普遍的应用形式;CPS更偏重于研究,吸引了学术界的更多目光,是将来物联网应用的重要技术形态。

1.3 物联网的体系结构

物联网的价值在于让物体拥有“智慧”，从而实现人与物、物与物之间的沟通，物联网的特征在于感知、互联和智能的叠加。因此，物联网由 3 个部分组成：感知部分，即利用二维码、射频识别、传感器等随时随地获取物体的信息，实现对“物”的识别；传输网络，即通过现有的互联网、广电网络、通信网络等将物体的信息实时准确地传递出去，实现数据的可靠传输；智能处理，即利用云计算、数据挖掘、中间件等技术实现对物品的自动控制与智能管理等，为用户提供丰富的服务。

目前在业界物联网体系架构也大致被公认为有这 3 个层次，底层是用来感知数据的感知层，第二层是数据传输的网络层，最上面则是应用层，如图 1-1 所示。感知层相当于人体的皮肤和五官；网络层相当于人体的神经中枢和大脑；应用层相当于人的社会分工。



图 1-1 物联网的体系结构

① 感知层是物联网的皮肤和五官——识别物体，采集信息。感知层包括二维码标签和识读者、RFID 标签和读写器、摄像头、GPS 等，主要作用是识别物体，采集信息，与人体结构中皮肤和五官的作用相似。

② 网络层是物联网的神经中枢和大脑——信息传递和处理。网络层包括通信与互联网的融合网络、网络管理中心和信息处理中心等。网络层将感知层获取的信息进行传递和

处理,类似于人体结构中的神经中枢和大脑。

③ 应用层是物联网的“社会分工”——与行业需求结合,实现广泛智能化。应用层是物联网与行业专业技术的深度融合,反映了行业需求,目的是实现行业智能化,这类似于人的社会分工,最终构成人类社会。

在各层之间,信息不是单向传递的,也有交互、控制等,所传递的信息多种多样,其中关键是物品的信息,包括在特定应用系统范围内能唯一标识物品的识别码和物品的静态与动态信息。下面对这3层的功能和关键技术进行分别介绍。

1. 感知层

物联网与传统网络的主要区别在于,物联网扩大了传统网络的通信范围,即物联网不仅仅局限于人与人之间的通信,还扩展到人与物、物与物之间的通信。因此,在物联网具体实现过程中,要实现对物的全面感知。

1) 感知层的功能

物联网在传统网络的基础上,从原有网络用户终端向“下”延伸和扩展,扩大通信的对象范围,即通信不仅仅局限于人与人之间的通信,还扩展到人与现实世界的各种物体之间的通信。这里的“物”并不是自然物品,而是要满足一定的条件才能够被纳入物联网的范围,例如,有相应的信息接收器和发送器、数据传输通路、数据处理芯片、操作系统、存储空间等,遵循物联网的通信协议,在物联网中有可被识别的标识。显然,现实世界的物品未必能满足这些要求,这就需要特定的物联网设备的帮助才能满足以上条件,加入物联网,具体来说就是需要嵌入式系统、传感器、RFID等帮助。

物联网感知层解决的就是人类世界和物理世界的获取数据问题,包括各类物理量、标识、音频、视频数据。感知层处于三层架构的最底层,是物联网发展和应用的基础,具有物联网全面感知的核心能力。作为物联网的最基本一层,感知层具有十分重要的作用。

感知层包括数据采集和传感网两个部分。其中,数据采集部分主要用于采集物理世界中发生的物理事件和数据,包括各类物理量、标识、音频、视频数据。物联网的数据采集涉及传感器、RFID、多媒体信息采集、二维码和实时定位等技术,如温度传感器、声音传感器、压力传感器等各种传感器、图像采集卡、RFID读写器、二维码识读器、摄像头、各种终端、GPS等定位装置等。传感网部分实现传感器、RFID等数据采集技术所获取数据的短距离传输、自组织组网以及多个传感器对数据的协同信息处理过程。

2) 感知层的关键技术

感知层所需要的关键技术包括检测技术、中低速无线或有线短距离传输技术等。具体来说,感知层综合了传感器技术、嵌入式计算技术、智能组网技术、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的协作实时监测、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接入层的基站节点和接入网关,最终到达用户终端,从而真正实现“无处不在”的物联网的理念。

(1) 传感器技术

人是通过视觉、嗅觉、听觉及触觉等感觉来感知外界的信息,感知的信息输入大脑进行分析判断和处理,大脑再指挥人做出相应的动作,这是人类认识世界和改造世界具有的最基本的能力。但是通过人的五官感知外界的信息非常有限,例如,人无法利用触觉

来感知超过几十甚至上千度的温度,而且也不可能辨别温度的微小变化,这就需要电子设备的帮助。同样,利用电子仪器特别像计算机控制的自动化装置来代替人的劳动时,计算机类似于人的大脑,而仅有大脑而没有感知外界信息的“五官”显然是不够的,计算机也还需要它们的“五官”——传感器。传感器是一种检测装置,能感受到被测的信息,并能将检测感受到的信息,按一定规律变换成为电信号或其他所需形式的信息输出,以满足信息的传输、处理、存储、显示、记录和控制等要求。它是实现自动检测和自动控制的首要环节。在物联网系统中,对各种参量进行信息采集和简单加工处理的设备,称为物联网传感器。传感器可以独立存在,也可以与其他设备以一体方式呈现,但无论哪种方式,它都是物联网中的感知和输入部分。在未来的物联网中,传感器及其组成的传感器网络将在数据采集前端发挥重要的作用。

传感器的分类方法多种多样,比较常用的有按传感器的物理量、工作原理、输出信号的性质这3种方式来分类。此外,按照是否具有信息处理功能来分类的意义越来越重要,特别是在未来的物联网时代。按照这种分类方式,传感器可分为一般传感器和智能传感器。一般传感器采集的信息需要计算机进行处理;智能传感器带有微处理器,本身具有采集、处理、交换信息的能力,具备数据精度高、高可靠性与高稳定性、高信噪比与高分辨力、强自适应性、低价格性能比等特点。

传感器是摄取信息的关键器件,它是物联网中不可缺少的信息采集手段,也是采用微电子技术改造传统产业的重要方法,对提高经济效益、科学研究与生产技术的水平有着举足轻重的作用。传感器技术水平高低不但直接影响信息技术水平,而且还影响信息技术的发展与应用。目前,传感器技术已渗透到科学和国民经济的各个领域,在工农业生产、科学研究及改善人民生活等方面,起着越来越重要的作用。

(2) 射频识别技术

RFID是射频识别(Radio Frequency Identification)的英文缩写,是20世纪90年代开始兴起的一种自动识别技术,它利用射频信号通过空间电磁耦合实现无接触信息传递并通过所传递的信息实现物体识别。RFID既可以看作是一种设备标识技术,也可以归类为短距离传输技术,在本书中更倾向于前者。

RFID是一种能够让物品“开口说话”的技术,也是物联网感知层的一个关键技术。在对物联网的构想中,RFID标签中存储着规范而具有互用性的信息,通过有线或无线的方式把它们自动采集到中央信息系统,实现物品(商品)的识别,进而通过开放式的计算机网络实现信息交换和共享,实现对物品的“透明”管理。

RFID系统主要由电子标签(Tag)、读写器(Reader)和天线(Antenna)3部分组成。其中,电子标签芯片具有数据存储区,用于存储待识别物品的标识信息;读写器是将约定格式的待识别物品的标识信息写入电子标签的存储区中(写入功能),或在读写器的阅读范围内以无接触的方式将电子标签内保存的信息读取出来(读出功能);天线用于发射和接收射频信号,往往内置在电子标签和读写器中。

RFID技术的工作原理是:电子标签进入读写器产生的磁场后,读写器发出的射频信号,凭借感应电流所获得的能量发送出存储在芯片中的产品信息(无源标签或被动标签),或者主动发送某一频率的信号(有源标签或主动标签);读写器读取信息并解码后,送至中央信息系统进行有关数据处理。

由于 RFID 具有无须接触、自动化程度高、耐用可靠、识别速度快、适应各种工作环境、可实现高速和多标签同时识别等优势,因此可用于广泛的领域,如物流和供应链管理、门禁安防系统、道路自动收费、航空行李处理、文档追踪/图书馆管理、电子支付、生产制造和装配、物品监视、汽车监控、动物身份标识等。以简单 RFID 系统为基础,结合已有的网络技术、数据库技术、中间件技术等,构筑一个由大量联网的读写器和无数移动的标签组成的,比 Internet 更为庞大的物联网是 RFID 技术发展的趋势。

(3) 二维码技术

二维码(2-dimensional bar code)技术是物联网感知层实现过程中最基本和关键的技术之一。二维码也称为二维条码或二维条形码,是用某种特定的几何形体按一定规律在平面上分布(黑白相间)的图形来记录信息的应用技术。从技术原理来看,二维码在代码编制上巧妙地利用构成计算机内部逻辑基础的 0 和 1 比特流的概念,使用若干与二进制相对应的几何形体来表示数值信息,并通过图像输入设备或光电扫描设备自动识读以实现信息的自动处理。与一维条形码相比二维码有着明显的优势,归纳起来主要有以下几个方面:数据容量更大,二维码能够在横向和纵向两个方位同时表达信息,因此能在很小的面积内表达大量的信息;超越了字母数字的限制;条形码相对尺寸小;具有抗损毁能力。此外,二维码还可以引入保密措施,其保密性较一维码要强很多。

二维码可分为堆叠式/行排式二维码和矩阵式二维码。其中,堆叠式/行排式二维码形态上是由多行短截的一维码堆叠而成的;矩阵式二维码以矩阵的形式组成,在矩阵相应元素位置上用“点”表示二进制 1,用“空”表示二进制 0,并由“点”和“空”的排列组成代码。

二维码具有条码技术的一些共性:每种码制有其特定的字符集;每个字符占有一定的宽度;具有一定的校验功能等。二维码的特点归纳如下。

① 高密度编码,信息容量大:可容纳多达 1850 个大写字母或 2710 个数字或 1108 个字节或 500 多个汉字,比普通条码信息容量约高几十倍。

② 编码范围广:二维码可以把图片、声音、文字、签字、指纹等可以数字化的信息进行编码,并用条码表示。

③ 容错能力强,具有纠错功能:二维码因穿孔、污损等引起局部损坏时,甚至损坏面积达 50% 时,仍可以正确得到识读。

④ 译码可靠性高:比普通条码译码错误率百万分之二要低得多,误码率不超过千万分之一。

⑤ 可引入加密措施:保密性、防伪性好。

⑥ 成本低,易制作,持久耐用。

⑦ 条码符号形状、尺寸大小比例可变。

⑧ 二维码可以使用激光或 CCD 摄像设备识读,十分方便。

与 RFID 相比,二维码最大的优势在于成本较低,一条二维码的成本仅为几分钱,而 RFID 标签因其芯片成本较高,制造工艺复杂,价格较高。

2. 网络层

物联网真正的价值在于网,而不在于物。感知只是第一步,但是感知的信息,如果没有一个庞大的网络体系,不能进行管理和整合,那这个网络就没有意义。下面介绍物联网体系结构中的网络层。

1) 网络层的功能

网络层的主要功能是利用现有的网络通信技术,实现感知数据和控制信息的快速、可靠、安全地双向传递,包括互联网、移动通信网、卫星通信网、广电网、行业专网以及形成的融合网络等。互联网(IPv4/IPv6 网络)是物联网的核心网络;移动通信网(包括 GSM、CDMA 以及 3G、4G 通信技术等)提供广阔范围内连续的网络接入服务;现有的 WiMAX 技术(802.16 系列标准)提供城域范围(100 千米)高速的数据传输服务;无线局域网包括现在广为流行的 WiFi(802.11 系列标准)为一定区域内(如家庭、校园、机场等)的用户提供网络访问服务;蓝牙(802.15.1 标准)、ZigBee(802.15.4 标准)等通信技术,具有功耗低、传输速率低、距离短等特点,适用于个人电子产品互联、工业设备控制等领域。各种不同类型的网络适用于不同的环境,共同提供便捷的网络接入,是实现物物互联的重要基础设施。

2) 网络层的关键技术

由于物联网网络层是建立在 Internet 和移动通信网等现有网络基础上,除具有目前已经比较成熟的如远距离有线、无线通信技术和网络技术外,为实现“物物相连”的需求,物联网网络层将综合使用 IPv6、2G/3G、WiFi 等通信技术,实现有线与无线的结合、宽带与窄带的结合、感知网与通信网的结合。同时,网络层中的感知数据管理与处理技术是实现以数据为中心的物联网的核心技术。感知数据管理与处理技术包括物联网数据的存储、查询、分析、挖掘、理解以及基于感知数据决策和行为的技术。

(1) Internet

Internet,中文译为因特网,广义的因特网称为互联网,是以相互交流信息资源为目的,基于一些共同的协议,并通过许多路由器和公共互联网连接而成,它是一个信息资源和资源共享的集合。Internet 采用了目前最流行的客户机/服务器工作模式,凡是使用 TCP/IP 协议,并能与 Internet 中任意主机进行通信的计算机,无论是何种类型、采用何种操作系统,均可看成是 Internet 的一部分,可见 Internet 覆盖范围之广。物联网也被认为是 Internet 的进一步延伸。

Internet 将作为物联网主要的传输网络之一,然而为了让 Internet 适应物联网大数据量和多终端的要求,业界正在发展一系列新技术。其中,由于 Internet 中用 IP 地址对节点进行标识,而目前的 IPv4 受制于资源空间耗竭,已经无法提供更多的 IP 地址,所以 IPv6 以其近乎无限的地址空间将在物联网中发挥重大作用。引入 IPv6 技术,使网络不仅可以为人类服务,还将服务于众多硬件设备,如家用电器、传感器、远程照相机、汽车等,它将使物联网无所不在、无处不在地深入社会每个角落。

(2) 移动通信网

要了解移动通信网,首先要知道什么是移动通信?移动通信就是移动体之间的通信,或移动体与固定体之间的通信。通过有线或无线介质将这些物体连接起来进行话音等服务的网络就是移动通信网。

移动通信网由无线接入网、核心网和骨干网 3 部分组成。无线接入网主要为移动终端提供接入网络服务,核心网和骨干网主要为各种业务提供交换和传输服务。从通信技术层面看,移动通信网的基本技术可分为传输技术和交换技术两大类。

在物联网中,终端需要以有线或无线方式连接起来,发送或者接收各类数据;同时,考虑到终端连接方便性、信息基础设施的可用性(不是所有地方都有方便的固定接入能力)以及