

★ 服务热线: 400-615-1233
★ 配套精品教学资料包
★ www.huatengedu.com.cn



“十四五”职业教育国家规划教材

物联网应用技术 (第2版)

WULIANGWANG YINGYONG JISHU



定价: 49.90元

策划编辑: 刘子嘉
责任编辑: 高 宇
封面设计: 黄燕美

物联网应用技术
第2版

主编 刘贊宇 刘佳

北京邮电大学出版社



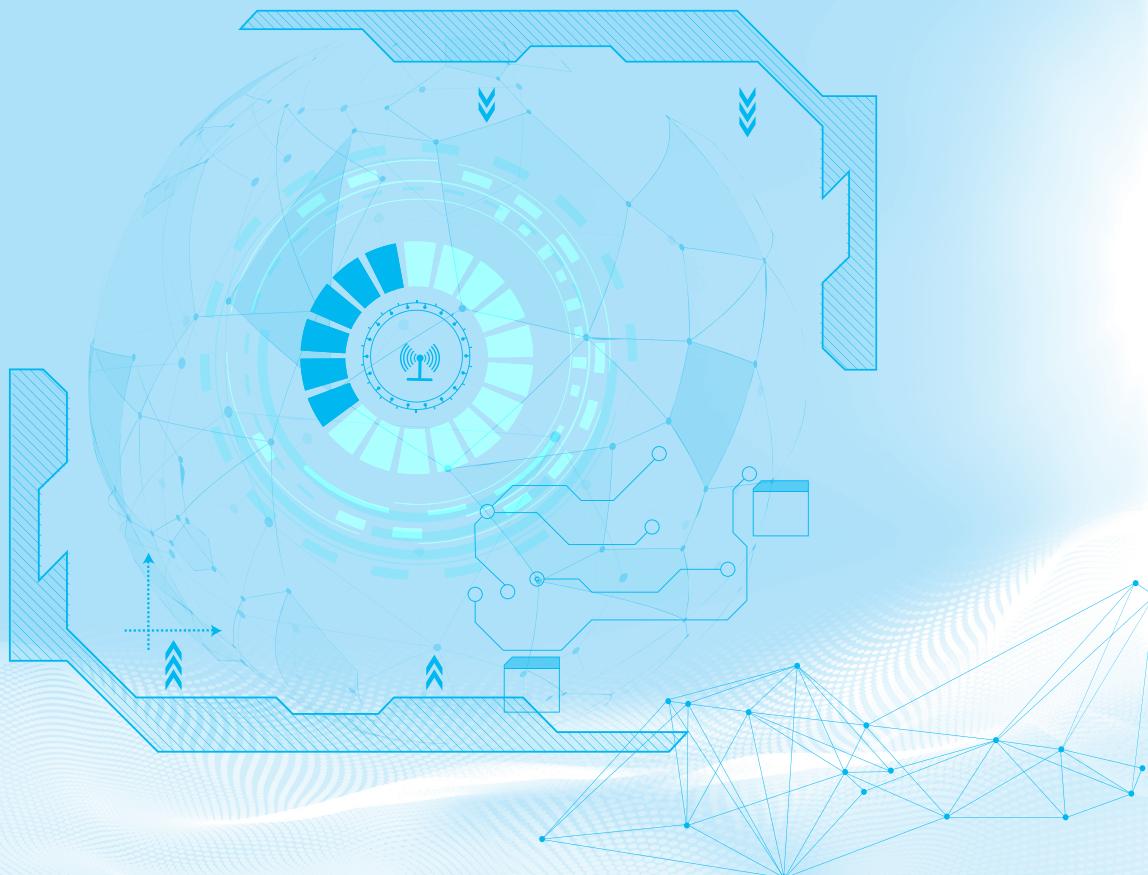
物联网应用技术 (第2版)

主编 刘贊宇 刘 佳
主审 杨清永

北京邮电大学出版社
www.buptpress.com



“十四五”职业教育国家规划教材



WULIANWANG YINGYONG JISHU

物联网应用技术 (第2版)

主编 刘贊宇 刘佳

副主编 金诗博

主审 杨清永



北京邮电大学出版社
www.buptpress.com

内 容 简 介

全书共包括六个模块,分别为物联网的概念和体系结构、物联网感知技术、物联网通信技术、物联网支撑技术、物联网安全技术、物联网典型应用及含有实验和缩略语的附录。

本书可以作为职业教育物联网工程技术专业的专业基础课教材,也可作为物联网技术、通信、计算机等相关专业的选修课教材,还可以供从事物联网相关专业的研究人员、工程技术人员参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

物联网应用技术 / 刘贊宇, 刘佳主编. -- 2 版. -- 北京: 北京邮电大学出版社, 2023.12 (2026.1 重印)

ISBN 978-7-5635-7100-0

I. ①物… II. ①刘… ②刘… III. ①物联网—应用 IV. ①TP393.4 ②TP18

中国国家版本馆 CIP 数据核字 (2023) 第 247073 号

策划编辑:刘子嘉 责任编辑:高 宇 封面设计:黄燕美

出版发行:北京邮电大学出版社

社址:北京市海淀区西土城路 10 号

邮政编码:100876

发 行 部:电话:010-62282185 传真:010-62283578

E-mail: publish@bupt.edu.cn

经 销:各地新华书店

印 刷:天津创先河普业印刷有限公司

开 本: 787 mm×1 092 mm 1/16

印 张: 16.75

字 数: 346 千字

版 次: 2013 年 8 月第 1 版 2023 年 12 月第 2 版

印 次: 2026 年 1 月第 2 次印刷

ISBN 978-7-5635-7100-0

定 价: 49.90 元

• 如有印装质量问题,请与北京邮电大学出版社发行部联系 •

服务电话:400-615-1233

近年来,在党的二十大报告中“加快实施创新驱动发展战略”和“开辟发展新领域新赛道”精神的指引下,物联网技术深度赋能千行百业数字化转型,催生出智能化生产、精准化服务、网络化协同等新型业态,成为贯彻落实党的二十大关于“加快建设网络强国、数字中国”“推动战略性新兴产业融合集群发展”战略部署的重要实践载体。作为国家战略性新兴产业的核心技术之一,物联网技术已进入与人工智能、大数据、5G 等新一代信息技术深度融合的创新突破期。面对“坚持教育优先发展、科技自立自强、人才引领驱动”的时代要求,本书立足产教融合育人理念,紧密对接《数字中国建设整体布局规划》等国家政策,着力培养具备技术创新能力与产业应用视野的复合型人才,为构建现代化产业体系提供人才支撑。为了满足物联网行业对专业人才的需求,培养具备相关知识和技能的应用型人才编者编写了本书。

典型的物联网系统一般分为三层:感知层、网络层、应用层。本书从这三层结构出发,再到融入新兴的平台层技术、中间件技术、大数据技术、人工智能技术和数字孪生等前沿技术,最后到物联网综合应用案例,从物联网整个技术体系全面地讲解物联网应用技术知识。

本书的特点如下。

1. 新技术深度融合

积极响应“加快实施创新驱动发展战略”要求,将人工智能、大数据、5G 通信等新一代信息技术与物联网深度融合。通过构建“技术—场景—应用”三位一体的知识体系,培养学生面向未来产业发展的技术应用能力。

2. 产教协同育人

践行“深化产教融合、校企合作”的育人理念,创新“做学练创”四位一体教学模式。理论讲解注重知识体系的系统性和前沿性,实验设计突出工程实践和创新思维培养。

3. 立体化教学资源

构建“纸质教材+数字资源+实践平台”的立体化教学体系。开发配套的精品视频微课,采用项目化、场景化教学设计,将复杂技术原理转化为直观易懂的实践案例。

4. 校企协同创新

深度对接产业发展需求,联合行业领先企业,联合企业一线工程师参与教材编写,将企业真实项目案例转化为教学资源,培养适应产业转型升级的创新人才。

全书共包括六个模块，各模块的内容与学时安排如下表所示。

模块	学习单元	学时	模块	学习单元	学时		
物联网的概念和体系结构	物联网概述	1	物联网支撑技术	中间件技术	1		
	物联网的发展现状和趋势	1		云计算技术	1		
	物联网与互联网+	1		边缘计算技术	1		
	物联网的体系结构	1		大数据技术	1		
物联网感知技术	物联识别技术	2		数字孪生技术	1		
	传感器技术	2	物联网安全技术	物联网安全概述	2		
	视频技术	1		物联网面临的安全威胁	1		
	无线传感器网络技术	2		物联网安全机制	1		
	定位技术	2	物联网典型应用	智能交通	2		
物联网通信技术	互联网技术	1		智能物流	1		
	移动通信技术	2		智慧城市	1		
	短距离无线通信技术	2		智能水网	1		
	低功耗广域网技术	2		智能电网	1		
	卫星通信技术	1	理论学时总计		36		
实验篇					16		
学时总计					52		

本书由天津中德应用技术大学刘贊宇、刘佳担任主编，天津中德应用技术大学金诗博担任副主编，天津宜科自动化股份有限公司张志强担任参编。天津中德应用技术大学杨清永担任主审，并对全书进行了审核。刘贊宇负责全书的编写思路、目录、内容选取等总体策划及统稿工作。本书模块一、模块五和实验篇由刘贊宇编写，模块二和模块四由刘佳编写，模块三和模块六由金诗博编写，缩略语及案例提供由张志强负责。在编写过程中，编者得到了大唐移动通信设备有限公司、中兴通讯股份有限公司的大力支持，在此深表感谢。由于时间仓促，编者水平有限，书中难免有不妥之处，恳请广大读者提出批评和建议，以便今后修订时进一步完善。

编 者

物联网是继计算机、互联网和移动通信之后的新一轮信息技术革命,是世界信息化发展的第三次浪潮。如果说计算机技术的出现改变的是人们传统的计算方式,互联网和通信技术的出现改变的是人们相互沟通和认识世界的方式,那么物联网技术则将彻底颠覆人们的生活方式和生活环境,其应用将深入人类生活的方方面面,带人类走进智慧地球时代。

物联网技术带来的产业规模是互联网的几十倍,对人才的需求也在急剧增加,为高等教育开拓了新的方向。为支撑国家战略性新兴产业的发展,中国政府和高校积极开展物联网专业人才的培养工作。2010年7月以来,中华人民共和国教育部先后批准上百所本、专科院校开设物联网技术专业,要求高等院校要从国家发展战略的高度进行物联网专业建设和发展,前瞻性地培养物联网技术专业人才。本书正是基于这一要求,兼顾理论和实践,通过全面、系统、生动的教材内容使读者掌握物联网技术的基本知识和技术,全面展示物联网涵盖的关键技术和巨大魅力,帮助读者建立从原理到应用、从概念到技术、软硬件兼顾的物联网知识体系,在纷繁复杂的各种技术中把握脉络,提炼重点,为读者打开一扇深入学习物联网技术的大门。

全书共包括六个模块,模块一为物联网的概念和体系结构,介绍物联网的定义、国内外发展现状和趋势、相关概念辨析以及物联网的体系结构;模块二为物联网感知技术,重点介绍传感器、RFID、嵌入式系统等相关技术;模块三为物联网通信技术,重点分析互联网、移动通信、短距离无线通信技术和无线传感器网络等技术;模块四为物联网支撑技术,介绍与物联网发展密切相关的中间件、云计算、M2M、数据融合等技术;模块五为物联网安全技术,重点介绍物联网面临的安全威胁和物联网安全机制的建立;模块六为物联网典型应用,结合实际案例介绍物联网技术在智能交通、智能家居、智能物流以及智慧城市等多个领域的应用。书后附有实验和缩略语等附录,其中实验部分根据物联网体系结构安排了感知层、网络层、应用层的典型实验内容,方便教师通过实验指导学生理解书中的理论知识。

本书各模块的内容与学时安排如下表所示。

模块	学习单元	学时	模块	学习单元	学时
物联网的概念和体系结构	物联网概述	1	物联网支撑技术	中间件技术	1
	世界各国的物联网战略	1		云计算技术	1
	物联网的发展现状和趋势	1		M2M 技术	1
	物联网相关概念辨析	1		数据融合技术	1
	物联网的体系结构	1	物联网安全技术	物联网安全概述	1
物联网感知技术	传感器技术	2		物联网面临的安全威胁	1
	RFID 技术	2		物联网安全机制	1
	嵌入式系统	1	物联网典型应用	智能交通	1
物联网通信技术	互联网技术	1		智能家居	1
	移动通信技术	2		智能物流	1
	短距离无线通信技术	1		智慧城市	1
	无线传感器网络技术	1	理论学时总计		26
			实验篇		10
			学时总计		36

本书由天津中德应用技术大学刘赜宇高级工程师主编,牛云陞副教授主审,在编写过程中得到了大唐移动通信设备有限公司、中兴通讯股份有限公司的大力支持,在此要感谢企业界同仁在本书编写过程中给予的帮助。另外,赵歆参与编写了模块五的部分内容,刘福长、杨磊、刘赜宇参与了模块六的编写工作,闫东瑶测试了 ZigBee 实验数据。本书在编写过程中参考了大量国内外作者的有关研究成果,虽然尽可能地标明了文献的出处,但仍会挂一漏万,在此向那些本书引用过却未能或无法明确标明文献出处的作者深表歉意,同时表示衷心的感谢。

由于编写时间仓促,加上作者水平有限,书中难免存在不足之处,敬请各位专家与读者批评指正,谨此致谢。

编 者

CONTENTS

目 录

模块一

物联网的概念和体系结构 1

学习单元一 物联网概述 1

引言	1
一、物联网的起源	1
二、物联网的定义	2
三、物联网的应用	3
问题与思考	4

学习单元二 物联网的发展现状和趋势 5

引言	5
一、国外物联网技术的研究和发展	5
二、国内物联网技术的研究和发展	7
三、物联网发展趋势	8
问题与思考	9
课堂体验	9

学习单元三 物联网与互联网+ 9

引言	9
一、互联网+汽车	10
二、互联网+工业	11
问题与思考	11

学习单元四 物联网的体系结构 12

引言	12
一、感知层功能和技术	13
二、网络层功能和技术	15
三、应用层功能和技术	17
问题与思考	19

模块二 物联网感知技术 20

学习单元一 物联识别技术 20

引言	20
一、常见自动识别技术	20
二、RFID 技术概述	26
三、RFID 产品的分类	28
四、RFID 电子标签	32
五、RFID 读写器	36
六、RFID 技术的应用	37
七、RFID 的市场发展	39
问题与思考	40

学习单元二 传感器技术 40

引言	40
一、传感器概述	40
二、传感器的分类	41
三、传感器的一般特性	45
四、传感器在物联网中的应用	46
五、传感器发展新趋势	47
问题与思考	48

学习单元三 视频技术 48

引言	48
一、视频技术的发展历程与未来趋势	48
二、数字视频技术基础	52
三、智能视频技术	53
问题与思考	56

学习单元四 无线传感器网络技术 57

引言	57
一、无线传感器网络概述	57
二、无线传感器网络的发展历史	57
三、无线传感器网络的特点	58
四、无线传感器网络的结构	59
五、无线传感器网络协议栈	60
问题与思考	62

学习单元五 定位技术 62

引言	62
一、定位技术基本知识	63

二、室外定位技术	64
三、室内定位技术	68
问题与思考	72
课堂体验	73
模块三 物联网通信技术	74
学习单元一 互联网技术	74
引言	74
一、互联网概述	74
二、从互联网到物联网	83
三、IPv6 与物联网	84
问题与思考	88
学习单元二 移动通信技术	88
引言	88
一、移动通信技术概述	88
二、第五代移动通信技术	94
三、移动通信与物联网	100
四、eSIM 技术	101
问题与思考	102
课堂体验	103
学习单元三 短距离无线通信技术	103
引言	103
一、ZigBee	104
二、Bluetooth	106
三、Wi-Fi	110
四、UWB	111
五、NFC	113
学习单元四 低功耗广域网技术	115
引言	115
一、低功耗广域网系统概论	115
二、NB-IoT	117
三、LoRa	121
问题与思考	122
学习单元五 卫星通信技术	123
引言	123
一、卫星通信技术的内涵	123
二、卫星通信技术的特点	124



三、卫星通信技术的应用	125
四、卫星遥感技术	126
五、卫星通信技术的发展趋势	126
问题与思考	127
课堂体验	127

模块四 物联网支撑技术 128

学习单元一 中间件技术 128

引言	128
一、中间件概述	128
二、中间件的作用	129
三、中间件的分类	129
四、物联网中间件的特点	132
问题与思考	132

学习单元二 云计算技术 133

引言	133
一、云计算的基本概念	133
二、云计算服务模式及关键技术	134
三、云计算系统应用	136
四、云计算与物联网	138
问题与思考	139

学习单元三 边缘计算技术 139

引言	139
一、边缘计算简介	140
二、边缘计算案例	142
问题与思考	144

学习单元四 大数据技术 144

引言	144
一、大数据简介	144
二、大数据技术	146
三、数据融合技术	147
四、物联网与大数据	153
问题与思考	153

学习单元五 数字孪生技术 154

引言	154
一、数字孪生技术概述	154
二、数字孪生技术现状与发展	157

三、数字孪生标准体系	157
四、数字孪生技术与物联网	158
问题与思考	159

模块五 物联网安全技术 160

学习单元一 物联网安全概述 160

引言	160
一、信息安全与物联网安全	160
二、物联网安全的特征	164
问题与思考	165

学习单元二 物联网面临的安全威胁 166

引言	166
一、RFID 安全	166
二、无线传感器网络安全	167
三、移动智能终端安全	168
四、无线网络、云计算与 IPv6 安全	169
五、针对物联网安全威胁的对策	172
问题与思考	174

学习单元三 物联网安全机制 174

引言	174
一、密钥管理机制	175
二、安全路由协议	176
三、数据处理与隐私性	177
四、认证与访问控制	178
五、安全数据融合机制	179
六、决策与控制安全	180
七、容侵容错技术	180
问题与思考	182

模块六 物联网典型应用 183

学习单元一 智能交通 183

引言	183
一、智能交通概述	183
二、智能交通中的物联网技术	185
三、智能交通典型应用——车联网	186
四、智能交通案例	188
问题与思考	191



学习单元二 智能物流	191
引言	191
一、智能物流概述	191
二、智能物流中的物联网技术	199
三、智能物流案例	200
问题与思考	204
学习单元三 智慧城市	204
引言	204
一、智慧城市概述	205
二、智慧城市中的物联网技术	206
三、智慧城市典型应用	206
四、智慧城市案例	208
问题与思考	213
学习单元四 智能水网	213
引言	213
一、智能水网简介	213
二、建设内容	215
问题与思考	217
学习单元五 智能电网	217
引言	217
一、智能电网概述	217
二、智能电网关键技术	219
问题与思考	221
附 录	222
附录 A 实验篇	222
附录 B 缩略语	248
参考文献	256

模块一

物联网的概念和体系结构

模块导读

物联网是继计算机、互联网与移动通信网之后的信息产业新方向，是新一代信息技术的重要组成部分，其英文名称是“Internet of Things”，其价值在于让物体也拥有“智慧”，实现人与物、物与物之间的沟通。本模块重点介绍物联网的起源、发展现状和趋势，并从感知层、网络层和应用层对物联网体系结构进行介绍，使读者对物联网技术有一个基本的认识和了解。

学习单元一 物联网概述



引言

物联网是继计算机、互联网和移动通信之后的又一次信息产业革命。物联网作为一个信息技术综合应用的代名词，已经掀起信息产业的第三次浪潮。物联网的发生和发展极大地影响了政治、军事、经济、环境等方方面面，并将在未来持续地改变人们的生活。

一、物联网的起源

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，施乐公司的首席科学家 Mark Weiser 在《科学美国》上发表文章预测：“计算机将最终消失，演变为在人们没有意识到其存在时，它们就已经完全融入人们的生活。”Mark Weiser 的观点极具革命性，它预示着人工智能从形态上将向普物化发展，从功能上将向泛在计算发展，人们将不再意识到网络的存在，却时时享受着网络的服务。

1995 年，比尔·盖茨在其著作《未来之路》中提及物物互联的概念：“当个人便携电脑普及之后，困扰机场、剧院和其他需要排队出示身份证件和票据的瓶颈路段就会消失。例如，当你走进机场大门时，你的个人便携电脑与机场计算机相连就会证实你的身份和购票信息；你也无需使用钥匙和磁卡开门，个人便携电脑会向门禁系统提供你的身份信息；当你遗失个人物品时，个人物品会自动发回它所处的位置。”

1999年,在美国召开的移动计算和网络国际会议上,麻省理工学院Auto-ID中心的Ashton教授提出了物联网这个概念,并提出了结合物品编码、射频识别(RFID)技术和互联网技术的解决方案。具体是在计算机互联网的基础上,利用射频识别技术、无线数据通信技术等,构造一个实现全球物品信息实时共享的实物互联网“Internet of Things”,并且在会议上提出了“传感网是21世纪人类面临的又一个发展机遇”。

2005年11月17日,在突尼斯举行的信息社会世界峰会(WSIS)上,国际电信联盟ITU发布的《ITU互联网报告2005:物联网》引用了物联网的概念,物联网的定义和范围已经发生了变化,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年后,为了促进科技发展,寻找新的经济增长点,各国政府开始重视下一代的技术规划,将目光放在了物联网上。同年11月,在北京大学举行的第二届中国移动政务研讨会提出移动技术、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的变革。

2009年1月28日,奥巴马就任美国总统后,与美国工商领袖们举行了一次“圆桌会议”,作为仅有的两名IT界代表之一,IBM首席执行官彭明盛提出“智慧地球”这一概念,建议新政府投资新一代的智慧型基础设施。当年,美国将新能源和物联网列为振兴经济的两大重点。IBM认为,IT产业下一阶段的任务是把新一代IT技术充分运用到各行各业中,希望“智慧的地球”策略能掀起互联网浪潮之后的又一次科技产业革命。IBM前首席执行官郭士纳曾提出一个重要的观点,认为计算模式每隔15年发生一次变革,这一判断像摩尔定律一样准确,人们把它称为“十五年周期定律”。而今天,“智慧地球”战略被不少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,不仅为美国所关注,更为世界所关注。

2009年,欧盟委员会发表题为《欧盟物联网行动计划》的物联网行动方案,描绘了物联网技术应用的前景。韩国通信委员会于2009年也出台《物联网基础设施构建基本规划》。2009年,日本政府IT战略本部制定了日本新一代的信息化战略《I-Japan战略2015》,该战略旨在到2015年让数字信息技术如同空气和水一样融入每一个角落,该战略聚焦电子政务、医疗保健和教育人才三大领域,主要目标是激活产业和地域的活性,培育新产业,整顿数字化基础设施。

2009年8月,物联网在我国被正式列为国家五大战略性新兴产业之一,写入“政府工作报告”,由此物联网在中国受到了全社会的极大关注。

二、物联网的定义

物联网目前为止还没有一个精确且被公认的定义,之前国内外普遍接受的是麻省理工学院Auto-ID中心Ashton教授1999年在研究RFID时最早提出来的物联网概念。在2005年国际电信联盟发布的报告中,物联网的定义和范围已经发生了变化。

国际电信联盟发布的互联网报告中,对物联网做了新的定义,即通过二维码识读设备、射频识别装置、红外感应器、全球定位系统和激光扫描器等信息传感设备,按约定的协议,把任何物品与互联网相连接,进行信息交换和通信,以实现智能化识别、定位、跟踪、监控和管理的一种网络。



物联网是新一代信息技术的重要组成部分,物联网就是“物物相连的互联网”,其有两层意思,第一,物联网的核心和基础仍然是互联网,是在互联网基础上延伸和扩展的网络;第二,物联网用户端延伸和扩展到了任何物品与物品之间,进行信息交换和通信。

综上所述,“物联网概念”是在“互联网概念”的基础上,将其用户端延伸和扩展到任何物品与物品之间进行信息交换和通信的一种网络概念。如果说互联网是通过网络连接计算机并实现网络两端“人与人”的沟通,那么物联网则是实现网络两端“人与物”或者“物与物”的连接沟通,人们需要做的是将网络两端的物赋予“智慧”和“感知”,即通过嵌入智能技术和传感技术,将物赋予智慧和感知能力,从而使得人类的生活和工作环境成为一个能够为人类提供智能化和系统化服务的环境。物联网是互联网的应用拓展,与其说物联网是网络,不如说物联网是业务和应用。因此,应用创新是物联网发展的核心,以用户体验为核心的创新是物联网发展的灵魂。

本书采用《物联网白皮书(2018年)》中对物联网的定义:物联网是通信网和互联网的拓展应用和网络延伸,它利用感知技术与智能装置对物理世界进行感知识别,通过网络传输互联,进行计算、处理和知识挖掘,实现人与物、物与物信息交互和无缝链接,达到对物理世界实时控制、精确管理和科学决策目的。

三、物联网的应用

1. 物联网的应用范围

物联网用途广泛,遍及智能交通、环境保护、政府工作、公共安全、平安家居、智能消防、工业监测、环境监测、老人护理、个人健康、花卉栽培、水系监测、食品溯源、敌情侦查和情报搜集等多个领域。

国际电信联盟在2005年的报告中描绘物联网时代的生活场景,例如,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。物联网在物流领域内的应用则更多,例如,一家物流公司应用了物联网系统的货车,当装载超重时汽车会自动告诉你超载了,超载多少,而空间如还有剩余,则告诉你轻重货怎样搭配;当搬运人员卸货时,一只货物包装可能会大叫“你扔疼我了”,或者说“亲爱的,请你不要太野蛮,可以吗?”;当司机在和别人闲谈时,货车会装作老板的声音怒吼“笨蛋,该发车了!”。

物联网把新一代IT技术充分运用到各行各业中,具体地说,就是把感应器嵌入和装配到电网、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,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,人类可以以更加精细和动态的方式管理生产和生活,达到“智慧”状态,提高资源利用率和生产力水平,改善人与自然的关系。

2. 物联网的应用举例

物联网的应用范围非常广泛,如交通、医疗、家居、环保监测、安防、物流、农业、工业等领域。物联网的广泛应用推动了社会、经济的全方位发展,也改变着人们的生活方式,对整个社会变革起到了重要的推动作用。

物联网传感器产品早在2008年已在上海浦东国际机场防入侵系统中得到应用,该系统铺设了三万多个传感节点,覆盖了地面、栅栏和低空探测,可以防止人员的翻越、偷渡、恐怖袭击等攻击性入侵。

(1)物联网应用于门禁系统。一个完整的门禁系统由读卡器、控制器、电锁、电源、处理中心等八个模块组成,无线物联网门禁将门点的设备简化到了极致,即一把电池供电的锁具,除了门上要开孔装锁外,门的四周不需要任何辅助设备,整个系统简洁明了,大幅缩短施工工期,也能降低后期维护的成本。

(2)物联网应用于道路交通管理。2019年成都九洲开发了基于物联网的智能决策分析与道路指挥调度系统,将车辆视频检测、违章判断、图片抓拍、车牌识别、数据存储、在线分析集成于一体,研究车内外特征、车辆行驶状态、司机状态及车内安全状况的智能感知与监测技术;研究多源的车辆视频融合分析与车辆持续跟踪与路径构建技术;研究交通路网状态、公共停车位信息等智能感知与智能决策技术。运用云计算、大数据等先进技术,对各类交通应用资源进行深度整合,实现从“智能交通系统”向“一体化智慧交通平台”的应用转变,并已成功覆盖四川绵阳、重庆开州、阿布扎比等国内外地区。

(3)物联网与5G相结合。无锡市惠山区的5G物联网停车标杆示范项目基于航天吉光研发的融合“综合诱导服务系统+停车收费管理系统+数据分析决策系统”的一体化停车平台,完成数据统一接入和统一监管,依托AI深度学习和大数据(bigdata)算法中心的强力支撑,呈现出数字孪生实景和大屏终端实时数据展示,实现管辖区内停车资源全面实时管控,形成数据化、智慧化、统一化的城市停车数字生态。

(4)物联网与人工智能、云计算(cloud computing)等技术相结合。武汉市东西湖区的阿里云数字农业系统综合运用AIoT、区块链、遥感AI等技术,可以通过传感器采集作物土壤环境、气象环境、种植和水肥管理过程等数据,经过模型运算最终生成施肥灌溉计划,按照计划操作自动控制设备完成灌溉施肥。棚外每20亩区域则配置一套物联网数据采集终端——太阳能面板配套地下探头,田间还配有一套小型气象站设备。这些设备把收集的数据反馈在数字农业平台上,系统分析后,可对阳光玫瑰的种植情况实时打分。农户可根据打分情况,对得分较低项进行调整。项目已于2021年5月建成并投入使用,实现降本增效,为助推乡村振兴发挥积极的作用。



问题与思考

问题 结合国内外对于物联网的定义,谈谈你是如何理解和认识物联网的。

思考:



学习单元二



物联网的发展现状和趋势



引言

物联网未来是什么样的？要回答这个问题，需要从国外和国内两方面对物联网技术的研发和应用情况进行分析，讨论物联网产业发展现状，在此基础上对物联网的前景进行展望。

一、国外物联网技术的研究和发展

1. 国外物联网发展的政策支持

2011年，美国政府先后发布了先进制造伙伴计划、总统创新伙伴计划，将网络物理系统(Cyber-Physical System, CPS)列为扶持重点。2012年，“美国制造业复兴计划”提出制造业复兴战略，数字制造、大数据等先进制造技术以及下一代宽带网络将成为美国制造业复兴的重点。同时，物联网也是美国近两届政府重视的驱动未来产业发展的关键技术之一，持续得到国家战略层面的大力支持。美国参议院2020年1月通过《促进物联网创新和发展法案》，要求美国商务部牵头组建联邦物联网工作组，美国联邦通信委员会(FCC)与美国国家电信和信息管理局(NTIA)评估物联网频谱资源。美国商务部根据《国防授权法案2021》及《联邦咨询委员会法》修正案于2021年12月特设物联网咨询委员会。

2014—2020年，欧盟将物联网视为实现“数字单一市场战略”的关键技术，“由外及内”打造开环物联网。欧盟先后在2015年成立“物联网联盟”(AIOTI)、2016年启动“物联网欧洲平台倡议”(IOT-EPI)和物联网大规模试点计划，以及2018年启动解决物联网安全和隐私问题的一组项目。“地平线2020”在2014至2020年为物联网相关的研究、创新和部署提供了近5亿欧元资助。

2020年欧盟发布《欧洲数据战略》，明确提出在2021—2027年资助开发通用欧洲数据空间和互连云基础设施，强调抓住边缘计算、5G和物联网带来的新机遇。2020年9月欧盟举办关于“物联网和边缘计算”的研讨会，开启了下一代物联网的战略讨论。2021年欧盟又举办多轮“物联网和边缘计算”战略研讨会，并最终于2022年1月发布《欧盟物联网研究、创新和部署优先事项白皮书》。这也是欧洲最新的物联网路线图，研发创新优先事项及综合战略重点涉及人—物交互(数字孪生、增强物联网、触觉互联网)、可持续物联网、数据互操作性、共享和货币化、云技术(边缘计算)、分布式机器学习、物联网安全与信任、物联网标准、开放创新等。

日本2001年开始实施的“e-Japan”战略以互联网发展的宽带化为核心大力推进信息基础设施建设。2004年提出“u-Japan”战略，通过建立更高层次的无处不在的网络连接，实现基于泛在网络之上的价值。2009年日本政府提出“i-Japan”战略，描述了到2015年将会实现日本数字化社会的蓝图，阐述了实现数字化社会的战略。从“e-Japan”到“u-Japan”再到“i-Japan”的ICT战略转变，依然体现着其IT立国战略，以政策引导方式推动物联网发展，通

过市场需求调节物联网产业市场供需。2015年日本政府成立产学研合作组织“物联网推进联盟”，就物联网的研发测试及先进示范项目制订计划。

韩国通信委员会2009年出台《物联网基础设施构建基本规则》，明确了把物联网产业作为经济新增长动力的定位。2010年，韩国政府发布《韩国IT融合发展战略》，持续推动传统产业与ICT的融合创新。2013年，韩国政府发布了ICT研究与开发计划“ICTWAVE”，其中物联网被列入十大关键技术。韩国预见到以物联网为代表的信息技术产业与传统产业融合发展的广阔前景，正在持续推动融合创新。

2. 国外物联网技术应用

国外物联网技术的研究主要集中在物联网的架构、通信协议、安全与隐私保护、大数据分析等方面。研究机构、高校和企业纷纷投入物联网技术的研究中，推动了物联网技术的不断创新和进步。国外物联网技术的应用涵盖了多个领域，包括智能家居、智能交通、智能医疗、智能制造等。

近年来，许多国外城市开始采用物联网技术来提高城市的管理和服务水平。例如，英国伦敦的智能交通系统利用物联网技术实现了实时交通监测和智能交通信号控制，有效缓解了交通拥堵问题。此外，美国旧金山的智能垃圾管理系统利用物联网传感器监测垃圾箱的填充程度，实现了智能垃圾收集和优化路线规划，提高了垃圾收集效率。日本东京的智能交通系统利用物联网技术实现了实时交通监测和智能交通信号控制，有效缓解了交通拥堵问题。

在工业领域，德国提出“工业4.0”发展战略，旨在通过物联网等新技术，实现工业的自动化、数字化、智能化。德国的工业物联网应用非常广泛，例如，宝马公司利用物联网技术实现了智能制造和智能物流，提高了生产效率和供应链管理。美国也在加大工业智能化的布局，提出了“智能制造”战略。各国都认为，工业智能化是提升整个制造业的核心竞争力的重要手段，物联网技术在其中扮演着重要角色。

物联网技术在农业领域的应用也取得了一些突破。例如，澳大利亚的一家农场利用物联网传感器监测土壤湿度、温度和光照等参数，实现了精确的灌溉和施肥，提高了农作物的产量和质量。此外，荷兰的室内农业系统利用物联网技术实现了对植物生长环境的精确控制，包括温度、湿度、CO₂浓度等，从而实现了全年无季节限制的农作物生产。

物联网技术在健康监测领域也有广泛应用。例如，美国的一家医疗设备公司开发了一款可穿戴设备，通过物联网技术实时监测用户的心率、血压、血氧饱和度等生理参数，并将数据传输到云端进行分析和存储，为医生提供更准确的诊断和治疗建议。此外，英国的一项研究表明，物联网技术在老年人健康监护方面也有潜力，通过智能传感器监测老年人的活动、睡眠和饮食等情况，及时发现异常并提供相应的帮助和支持。

3. 国外物联网技术及产业发展情况

从物联网专利技术构成来看物联网技术的发展情况，截至2022年专利数量排在第一的为装置、设备、电路和系统相关的专利，其数量达到了12 446项，占总申请量的26.44%；排在第二的为与无线通信网络及设施相关的专利，其数量达到了5 569项，占总申请量的11.83%。从最近的技术专利抽取关键词发现，全球物联网的前十大热门技术词为物联网系统、服务平台、通信系统、智能设备、检测装置、机器人、监测系统、检测方法、路由器、多功能。



进一步细分,物联网技术热门词包括物联网平台、物联网设备、智能网关、物联网终端、物联网网关等,这表明了全球物联网当前的技术研究热点。

根据 Gartner 的数据,美国物联网市场在 2019 年达到了 2 700 亿美元,并预计到 2023 年将增长到 4 800 亿美元。德国经济部的数据表明,德国物联网市场在 2019 年达到了 1 300 亿欧元,并预计到 2025 年将增长到 2 600 亿欧元。根据 IDC 的数据,日本物联网市场在 2019 年达到了 1 200 亿美元,并预计到 2023 年将增长到 1 700 亿美元。GSMA 表示英国物联网市场在 2019 年达到了 140 亿美元,并预计到 2025 年将增长到 260 亿美元。

根据 IDC 报告,2021 年全球物联网支出达到 7 542.8 亿美元,并有望在 2025 年达到 1.2 万亿美元,2021—2025 年复合增长率达 11.4%。根据 IoTAnalytics 预测,2022 年物联网连接数量预计增长 18%,达到 144 亿活跃连接,预计到 2025 年将有大约 270 亿台联网物联网设备。

二、国内物联网技术的研究和发展

1. 国内物联网发展的政策支持

中国科学研究院早在 1999 年就启动了传感网的研发和标准制定,与其他国家相比,我国的技术研发水平处于世界前列,具有同发优势和重大影响力。2007 年 11 月,在国家标准化管理委员会的牵头下,成立中国传感器网络标准化工作组,成员单位 80 余家,共同推进中国传感器网络系列标准的制定。2009 年 8 月,温家宝考察无锡高新微纳传感网工程技术研究中心时提出“感知中国”中心;同年 12 月,在国家 7 项战略方向部署中,物联网被列在第 3 项信息产业中。

2010 年 10 月,在国务院发布的《国务院关于加快培育和发展战略性新兴产业的决定》中,明确将物联网列为我国重点发展的战略性新兴产业之一。2011 年 11 月,工业与信息化部发布《物联网“十二五”发展规划》,明确我国物联网产业九大重点领域:智能工业、智能农业、智能物流、智能交通、智能电网、智能环保、智能安防、智能医疗、智能家居。同时表示,在“十二五”期间,我国要抓住机遇,明确方向,突出重点,加快培育和壮大物联网。2013 年 2 月,国务院专门出台《国务院关于推进物联网有序健康发展的指导意见》。“十三五”期间,物联网被列为我国战略性新兴产业之一,加速推动物联网自身发展的同时,开始逐步尝试“物联网+”形式的业态模式转变。

在 2020 年后的“十四五”时期,我国开始了深入推进物联网全面发展的过程。工业和信息化部等八部门共同印发《物联网新型基础设施建设三年行动计划(2021—2023 年)》,把“创新能力提升行动”放在 4 项重点任务之首,并从突破关键核心技术(如智能感知、新型短距离通信、高精度定位等关键共性技术)、推动技术融合创新(如 5G+物联网、大数据+物联网、人工智能+物联网、区块链+物联网)、构建协同创新机制 3 个方面进行了部署安排。

2. 国内物联网技术发展及应用

2009 年“感知中国”的提出标志着我国物联网行业化发展的元年。经过十几年的推动,支持物联网发展的传感器技术、平台技术逐渐成熟,应用物联网的成本迅速下降,各个行业出现了物联网商业化落地的动力,行业发展逐渐从政府主导转向企业主导。现阶段,平台型科技巨头已经初步完成在物联网领域的业务布局,针对场景的物联网应用进入概念验证阶段。

同时,5G 技术的推广和应用为物联网提供了更强大的网络支持,加快了物联网技术的

发展。边缘计算、人工智能和大数据等新兴技术的结合,也进一步推动了物联网技术的创新和应用。物联网的普遍应用已经逐渐走入人们的生活,从智能家居到共享汽车,从传统产业到新兴产业,物联网的世界离我们越来越近。

当前,中国各大城市正积极推进智慧城市建设,应用物联网技术实现城市管理和公共服务的智能化,如上海市利用物联网技术实现了智慧交通和智慧环保等应用。工业制造领域,中国制造业企业也正在积极推进工业物联网应用,华为公司在自己的工厂中应用物联网技术实现了智能制造和智能物流,以提升生产效率和产品质量。以中国农业大学为代表的研究机构利用物联网技术实现农田土壤湿度和气象数据的实时监测和预警等功能,物联网技术正在被广泛地应用于实现农业生产的智能化管理和精准农业。

3. 国内物联网产业发展情况

中国信通院《物联网白皮书(2020年)》数据显示,截至2020年,我国物联网产业规模突破1.7万亿元,“十三五”期间物联网总体产业规模保持20%的年均增长率,在连接数方面,2019年中国物联网连接数为36.3亿,预计到2025年我国物联网连接数将达到80.1亿,年均复合增速14.1%。根据IDC预测,2022—2026年中国物联网市场规模将保持13.2%的复合增长率,超过全球市场增速,预计至2026年,中国在全球物联网市场占比为25.7%,继续保持全球最大物联网市场体量。

根据我国工信部的数据,截至2022年年底,中国物联网产业规模已超过1.5万亿元人民币,预计到2025年将达到3.5万亿元人民币。

三、物联网发展趋势

加拿大著名半导体观察机构Techhinsights(前身Strategy Analytics)发布了2023年的年度物联网预测,提出了以下五个趋势。

一是物联网连接技术不断发展。物联网已经发展成为一种成熟的技术,从物联网连接技术来看,最初主要是使用2G和3G蜂窝技术进行连接的M2M,而现在行业有十多种连接技术可供选择用于物联网项目。物联网连接技术的转变将继续,5G物联网在2023年或2024年将实现增长,商用5G RedCap模块也将推出。

二是eSIM的潜力得到充分利用。eSIM技术是一项改变游戏规则的创新,但它在物联网中尚未得到充分利用,其真正的潜力还未发挥出来。预计2023年eSIM(包括iSIM)将占物联网模块总销量的50%以上。汽车(联网汽车)、工业/制造业、运输/物流等垂直领域的企业物联网应用是推动eSIM市场增长的主要动力。

三是5G RedCap将促进物联网扩展。3GPP Release 17中引入的5G RedCap为物联网扩展到5G提供了新的生命线。5G RedCap旨在降低物联网设备的复杂性和成本,为高端物联网应用提供5G相关功能。根据Techhinsights的数据,5G占物联网连接总数的2%。随着RedCap的商业推出,5G物联网连接将出现一些高峰,预计RedCap的商用产品阵容要到2025年后才会成熟。

四是物联网市场持续整合。过去几年,一些知名公司如爱立信、谷歌退出物联网领域,还有一些公司如Sierra Wireless-Semtech、泰雷兹-telit被其他公司收购,物联网领域市场的整合仍将继续。过去二十年间,物联网在半导体/芯片组/模块、连接技术、软件和其他硬件设备等关键领域的发展导致了物联网市场的碎片化,强烈的碎片化对物联网格局不利。随



着行业的成熟和规模的扩大,物联网价值链上的公司更加专注于实现运营效率和盈利能力,也将不断带来物联网市场的整合。

五是加强对可持续性/绿色物联网的关注。可持续性已成为 CxO 的首要任务,是整个行业持续关注的问题。物联网被视为支持企业实现其可持续发展目标的重要技术之一,通过自动化、数据驱动的决策和即时行动来实现高效及时的商业目标。在 2023 年及以后,随着物联网继续发展以解决可持续性问题,新的用例和商业模式将出现。



问题与思考

问题 1 物联网发展面临的问题是什么?

思考:

问题 2 中国物联网发展的主要任务是什么?

思考:



课堂体验

讨论:物联网的应用

本环节由教师组织学生进行,教师向学生介绍几类物联网应用场景,学生根据自己的理解对物联网的应用进行讨论。

学习单元三 物联网与互联网 +



引言

前面我们学习了物联网技术方面的一些基础知识,了解了什么是物联网,以及物联网的应用,这一节来分析人们经常提起的“互联网+”与物联网的区别。

百度百科认为,互联网+是指在创新 2.0(信息时代、知识社会的创新形态)推动下由互联网发展的新业态,也是在知识社会创新 2.0 推动下由互联网形态演进、催生的经济社会发展新形态。“互联网+”简单地说就是“互联网+传统行业”,随着科学技术的发展,利用信息和互联网平台,使得互联网与传统行业进行融合,利用互联网具备的优势特点,创造新的发展机会。“互联网+”通过其自身的优势,对传统行业进行优化升级转型,使得传统行业能够适应当下的新发展,从而最终推动社会不断地向前发展。

我们可以认为“互联网+”是一种新业态新体系模式,在该模式下使得各行各业充分利用互联网技术的优势和特点使自身的产业模式得到升级和转型。这样“互联网+”可以通俗地理解为:“互联网+各个传统行业”。利用信息通信技术以及互联网平台,当然这里面更离不开物联网技术的支撑,让互联网与传统行业进行深度融合,创造新的发展业态。它代表一种新的社会形态,即充分发挥互联网在社会资源配置中的优化和集成作用,将互联网的创新成果深度融合于经济、社会各领域之中,提升全社会的创新力和生产力,形成更广泛的以互联网为基础设施和实现工具的经济发展新形态。概括地总结起来说,“互联网+”是体系模式,物联网是支撑技术。

一、互联网+汽车

车联网系统,是指通过在车辆仪表台安装车载终端设备,实现对车辆所有工作情况和静动态信息的采集、存储并发送。智能网联车可以理解为“互联网+”模式和汽车产品有机结合的产物。智能网联汽车,即 ICV(Intelligent Connected Vehicle),如图 1-1 所示,是指车联网与智能车的有机联合,是搭载先进的车载传感器、控制器、执行器等装置,并融合现代通信与网络技术,实现车与人、车、路、后台等智能信息交换共享,实现安全、舒适、节能、高效行驶,并最终可替代人来操作的新一代汽车。



图 1-1 智能网联汽车

智能网联汽车依托车联网,采用物联网感知技术、移动通信技术以及云技术,不仅要通过技术创新连接互联网,实现车与互联网的连接,还能使 V2X(vehicle-to-X, 车对外界的信息交换)之间实现多种方式的信息交互与共享,提高智能网联汽车的行驶安全性。车联网系统是智能网联汽车、智能汽车的最重要载体,只有充分利用互联技术才能保证智能网联汽车



真正拥有充分的智能和互联。智能网联车技术体系结构如图 1-2 所示。

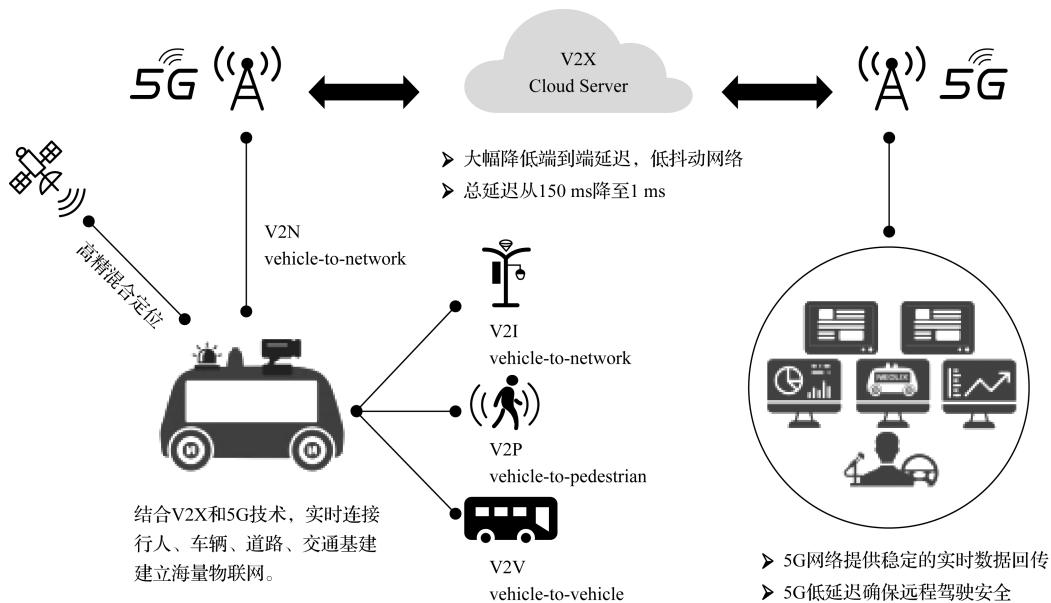


图 1-2 智能网联车技术体系结构

二、互联网+工业

互联网+工业的产业模式，衍生出了工业互联网概念名词。工业互联网是全球工业系统与高级计算、分析、感应技术以及互联网连接融合的结果。工业互联网通过智能机器间的连接并最终将人机连接，结合软件和大数据分析，重构全球工业、激发生产力，让世界更美好、更快速、更安全、更清洁且更经济。当然，上述工业互联网的模式，更离不开物联网技术的支持。工业物联网指的是物联网技术在工业系统当中的应用，通常会用到物联网感知技术，例如，工业传感器、工业现场控制、工业物联网网关以及物联网中间件(middleware)技术。工业互联网涵盖了工业物联网技术体系，借助于互联网技术、软件技术、大数据分析等形成新工业模式，进一步延伸到企业的信息系统、业务流程和人员。



问题与思考

问题 1 讨论物联网和互联网+的关系及区别。

思考：

问题2 讨论物联网和泛在网的关系。

思考：

学习单元四 物联网的体系结构



引言

物联网是继计算机、互联网与移动通信网之后的信息产业新方向，其价值在于让物体也拥有了“智慧”，从而实现人与物、物与物之间的沟通。下面将从感知层、网络层、应用层对物联网体系架构进行介绍。同时，物联网体系架构是学习物联网的线索和灵魂，读者可以借助本单元了解物联网知识体系的基本框架。

物联网的价值在于让物体也拥有了“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，物联网由三个部分组成。

- (1) 感知部分，以二维码、RFID、传感器等技术为主，实现对“物”的识别。
- (2) 传输网络，通过现有的互联网、广电网、通信网络等实现数据的传输。
- (3) 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。

目前在业界物联网体系架构也被公认为有三个层次，底层是用来感知数据的感知层，中间层是数据传输的网络层，最上层则是应用层，物联网体系结构如图 1-3 所示。

在物联网体系架构中，三层的关系可以这样理解，即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。具体描述如下：

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器、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。

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，主要作用是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。

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，主要作用是与行业需求结合，实现行业智能化，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，这其中关键的是物品的信息，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。

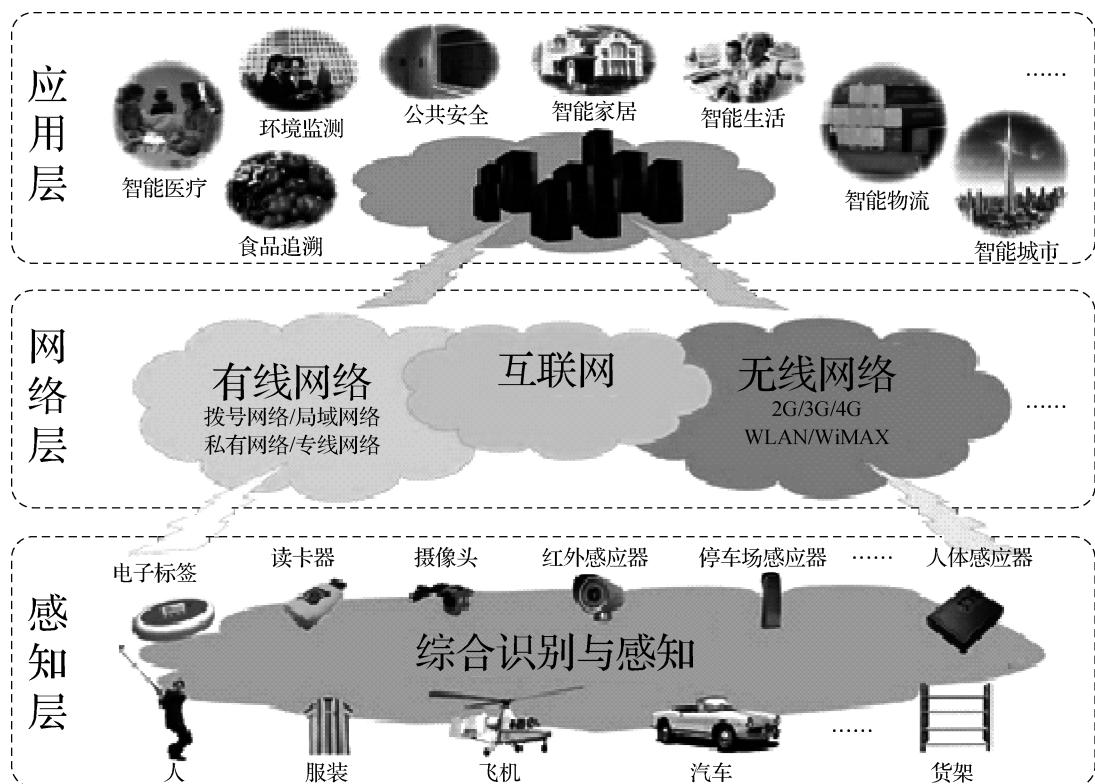


图 1-3 物联网体系结构

一、感知层功能和技术

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。

1. 感知层功能

物联网中的“物”并不是自然物品,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。可以看到现实世界的物品未必能满足这些要求,这就需要特定物联网设备的帮助。物联网设备具体来说包括嵌入式系统、传感器、RFID等。

物联网感知层解决的就是人类世界和物理世界的数据获取问题,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。

2. 感知层关键技术

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、分布式信息处理技术等,能够通过各类集成化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”的物联网理念。

本节将对感知层涉及的主要技术,即传感器技术、物品标识技术(RFID和二维码)进行概述。

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信息的,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所必需的最基本能力。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上千摄氏度的温度,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,利用电子仪器如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,而仅有大脑没有感知外界信息的五官显然是不够的,计算机也需要它们的“五官”——传感器。

传感器是一种检测装置,能感受到被测的信息,并能将感受到的信息按一定规律变换成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被称为物联网传感器。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被测量、工作原理、输出信号的性质三种方式分类。此外,按照是否具有信息处理功能分类的意义越来越重要,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) RFID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,本书倾向于前者。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系统的核心部件包括电子标签(tag)、读写器(reader)和天线(antenna)。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



往内置在电子标签或读写器中。

RFID技术的工作原理是电子标签进入读写器产生磁场后,读写器发出射频信号,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具有非接触、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,因此可广泛用于很多领域,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。

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,二维码技术是用某种特定的几何图形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,所以价格较高。

二、网络层功能和技术

物联网的价值在什么地方?主要在于网,而不在于物。感知只是第一步,但是如果没有一个庞大的网络体系,就不能对感知的信息进行管理和整合,那这个网络就没有意义。网络层就是对感知层感知的信息进行传输与处理的。

1. 网络层功能

物联网网络层是在现有网络的基础上建立起来的,它与目前主流的移动通信网、国际互联网、企业内部网、各类专网等网络一样,主要承担着数据传输的功能,特别是当三网融合后,有线电视网也能承担数据传输的功能。

在物联网中,要求网络层能够把感知层感知到的数据无障碍、高可靠性、高安全性地进行传送,它解决的是感知层所获得的数据在一定范围内,尤其是远距离传输问题。同时,物联网网络层将承担比现有网络更大的数据量传输要求,面临更高的服务质量要求,所以现有网络尚不能满足物联网的需求,这就意味着物联网需要对现有网络进行融合和扩展,利用新技术以实现更加广泛和高效的互联功能。

由于广域通信网络在早期物联网发展中的缺位,早期的物联网应用往往在部署范围、应用领域等诸多方面有所局限,终端之间以及终端与后台软件之间都难以开展协同。随着物联网发展,建立端到端的全局网络将成为必然。

2. 网络层关键技术

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(internet protocol version 6)、4G/5G、Wi-Fi(wireless fidelity)等通信

技术,实现有线与无线的结合、宽带与窄带的结合以及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核心技术,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。

本节将对物联网依托的 Internet、移动通信网和无线传感器网络三种主要网络形态以及涉及的 IPv6、Wi-Fi 等关键技术进行介绍。

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有、无处不在地深入社会每个角落。

2) 移动通信技术

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、核心网和骨干网三部分组成。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)以及某些应用场景本身需要监控的目标就是在移动状态下,因此,移动通信网络以其覆盖广、建设成本低、部署方便、终端具备移动性等特点将成为物联网重要的接入手段和传输载体,为人与人之间通信、人与网络之间的通信、物与物之间的通信提供服务。

在移动通信网中,当前使用比较广泛的接入技术有 4/5G 和 Wi-Fi。

4G 与 5G 移动通信技术作为现代通信领域的两大重要里程碑,其技术发展沿革深刻影响了社会的数字化进程。从 1G 的语音通话到 4G 的高速数据传输,移动通信技术不断突破,为移动互联网的兴起奠定了坚实基础。4G 技术以其高速度、低延迟的特点,支持了高清视频、在线游戏等多媒体应用的普及,极大地丰富了用户的网络体验。而 5G 技术作为 4G 的升级版,更是实现了技术性能的全面飞跃。它不仅在速度上实现了质的飞跃,理论上可达到几十倍甚至更高的传输速率,还具备超低延迟和大连接容量的特点,为物联网的广泛应用提供了强大支持。在物联网领域,5G 技术推动了智能制造、智能交通、智慧城市等多个领域的创新发展,实现了设备间的无缝互联与高效协同,加速了社会向数字化、智能化转型的步伐。



移动通信的技术发展,不仅改变了通信方式,更深刻影响了人们的生活方式和社会形态。

Wi-Fi 全称 wireless fidelity(无线保真技术),传输距离有几百米,可实现各种便携设备(手机、笔记本电脑、PDA 等)在局部区域内的高速无线连接或接入局域网。Wi-Fi 是由接入点 AP (access point)和无线网卡组成的无线网络。当前主流的 Wi-Fi 技术无线标准有 IEEE 802.11g、IEEE 802.11n 及 IEEE 802.11ac,可以提供 54 Mb/s、600 Mb/s 及 6.8Gb/s 的传输速率。

3) 无线传感器网络

无线传感器网络(WSN)的基本功能是将一系列空间分散的传感器单元通过自组织的无线网络进行连接,从而将各自采集的数据通过无线网络进行传输汇总,以实现对空间分散范围内的物理或环境状况的协作监控,并根据这些信息进行相应的分析和处理。

如果说 Internet 构成了逻辑上的虚拟数字世界,改变了人与人之间的沟通方式,那么无线传感器网络就是将逻辑上的数字世界与客观上的物理世界融合在一起,改变人类与自然界的交互方式。传感器网络是集成了监测、控制以及无线通信的网络系统。

三、应用层功能和技术

物联网最终目的是要把感知和传输来的信息更好地利用,甚至有学者认为,物联网本身就是一种应用,可见应用在物联网中的地位。

1. 应用层功能

应用是物联网发展的驱动力和目的。应用层的主要功能是把感知和传输来的信息进行分析和处理,做出正确的控制和决策,实现智能化的管理、应用和服务。应用层解决的是信息处理和人机界面的问题。

具体地讲,应用层将网络层传输来的数据通过各类信息系统进行处理,并通过各种设备与人进行交互。这一层也可按形态直观地划分为两个子层,一个是应用程序层,另一个是终端设备层。应用程序层进行数据处理,完成跨行业、跨应用、跨系统之间的信息协同、共享、互通,包括电力、医疗、银行、交通、环保、物流、工业、农业、城市管理、家居生活等,可用于政府、企业、社会组织、家庭、个人等领域,这正是物联网作为深度信息化网络的重要体现。终端设备层主要是提供人机界面,物联网虽然是“物物相连的网”,但最终是要以人为本的,还是需要人的操作与控制,不过这里的人机界面已远远超出现在人与计算机交互的概念,而是泛指与应用程序相连的各种设备与人的反馈。

物联网的应用可分为监控型(物流监控、污染监控)、查询型(智能检索、远程抄表)、控制型(智能交通、智能家居、路灯控制)、扫描型(手机钱包、高速公路不停车收费)等。目前,软件开发、智能控制技术发展迅速,应用层技术将会为用户提供丰富多彩的物联网应用,同时,各种行业和家庭应用的开发将会推动物联网的普及,也将给整个物联网产业链带来利润。

2. 应用层关键技术

物联网应用层能够为用户提供丰富多彩的业务体验,然而如何合理高效地处理从网络层传来的海量数据,并从中提取有效信息,是物联网应用层要解决的一个关键问题。下面将对应用层的支撑技术如用于处理海量数据的云计算技术、数据挖掘、中间件技术进行简要介绍。

1) 云计算技术

云计算是分布式计算(distributed computing)、并行计算(parallel computing)和网格计算(grid computing)的发展,或者说是这些计算机科学概念的商业实现。云计算通过共享基础资源(硬件、平台、软件)的方法,将巨大的系统池连接在一起以提供各种IT服务,这样企业与个人用户无需投入昂贵的硬件购置成本,只需要通过互联网来租赁计算力等资源。用户可以在多种场合利用各类终端,通过互联网接入云计算平台来共享资源。

云计算涵盖的业务范围一般有狭义和广义之分。狭义云计算指IT基础设施的交付和使用模式,通过网络以按需、易扩展的方式获得所需的资源(硬件、平台、软件),提供资源的网络被称为云,云中的资源在使用者看来是可以无限扩展的,并且可以随时获取、按需使用、随时扩展、按使用付费,这种特性使之经常被称为像水电一样被使用的IT基础设施。广义云计算指服务的交付和使用模式,通过网络以按需、易扩展的方式获得所需的服务,这种服务可以是与IT和软件、互联网相关的,也可以使用任意其他的服务。

云计算由于具有强大的处理能力、存储能力、带宽和极高的性价比,可以有效用于物联网应用和业务,也是应用层能提供众多服务的基础,它可以为各种不同的物联网应用提供统一的服务交付平台,可以为物联网应用提供海量的计算和存储资源,还可以提供统一的数据存储格式和数据处理方法。利用云计算大大简化了应用的交付过程,降低交付成本,并能提高处理效率,同时,物联网也将成为云计算最大的用户,促使云计算取得更大的商业成功。

2) 数据挖掘

数据挖掘(data mining)是从大量的、不完全的、有噪声的、模糊的及随机的实际应用数据中,挖掘出隐含的、未知的、对决策有潜在价值的数据的过程。数据挖掘主要基于人工智能、机器学习、模式识别、统计学、数据库、可视化等技术,高度自动化地分析数据,进行归纳性的推理。数据挖掘一般分为描述型数据挖掘和预测型数据挖掘两种,描述型数据挖掘包括数据总结、聚类及关联分析等,预测型数据挖掘包括分类、回归及时间序列分析等。数据挖掘通过对数据的统计、分析、综合、归纳和推理,揭示事件间的相互关系,预测未来的发展趋势,为决策者提供决策依据。

在物联网中,数据挖掘只是一个代表性概念,它是一些能够实现物联网“智能化”“智慧化”的分析技术和应用的统称。细分起来,包括数据挖掘和数据仓库(data warehousing)、决策支持(decision support)、商业智能(business intelligence)、报表(reporting)、ETL(Extract Transform Load,数据抽取、转换和清洗等)、在线数据分析、平衡计分卡(balanced scoreboard)等技术和应用。

3) 中间件技术

中间件是为了实现每个小的应用环境或系统的标准化以及它们之间的通信,在后台应用软件和应用系统之间设置的一个通用的平台和接口。在许多物联网体系架构中,经常把中间件单独划分一层,位于感知层与网络层或网络层与应用层之间。本书参照当前比较通用的物联网架构,将中间件临时划分到应用层。在物联网中,中间件作为其软件部分有着举足轻重的地位。物联网中间件是在物联网中采用中间件技术,以实现多个系统或多种技术之间的资源共享,最终组成一个资源丰富、功能强大的服务系统,最大限度地发挥物联网系



统的作用。具体来说,物联网中间件的主要作用在于将实体对象转换为信息环境下的虚拟对象,因此数据处理是中间件最重要的功能,同时,中间件具有数据的搜集、过滤、整合与传递等特性,以便将正确的对象信息传到后端的应用系统。

物联网中间件的实现依托于中间件关键技术的支持,这些关键技术包括 Web 服务、嵌入式 Web、Semantic Web 技术、上下文感知技术、嵌入式设备及 Web of Things 等。

问题与思考

问题 1 物联网感知层的关键技术是什么?

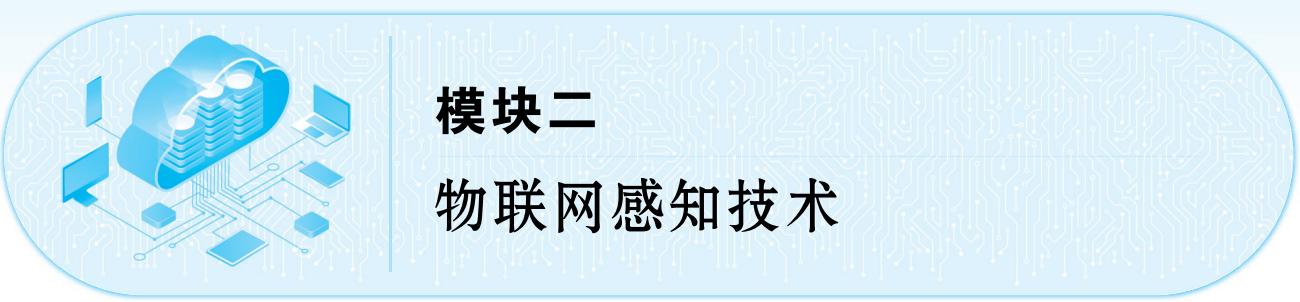
思考:

问题 2 物联网网络层的关键技术是什么?

思考:

问题 3 物联网应用层的关键技术是什么?

思考:



模块二

物联网感知技术

模块导读

感知技术是物联网的关键技术,对应于物联网体系结构的感知层。感知层的主要功能是信息的自动采集与感知,主要是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、视频数据等,实现对物的全面感知。感知技术所涉及的内容主要包括传感器、RFID、嵌入式系统、实时定位、多媒体信息采集和二维码等技术,本模块主要针对感知技术的基本知识进行入门教学,使读者对物联网感知技术有个基本的认识和了解。

学习单元一 物联识别技术



引言

RFID 是一种非接触式的自动识别技术,在了解 RFID 技术之前,先要了解一下自动识别技术,自动识别技术包括条形码技术、卡识别技术、光学字符识别技术、生物特征识别技术等。一般来讲,RFID 射频识别系统包括电子标签、天线和读写器。

一、常见自动识别技术

自动识别技术就是应用一定的识别装置,通过被识别物品和识别装置之间的接近活动,自动地获取被识别物品的相关信息,并提供给后台的计算机处理系统来完成相关后续处理的一种技术。商场的条形码扫描系统就是一种典型的自动识别技术,售货员通过扫描仪扫描商品的条形码,获取商品的名称、单价,并输入数量,后台 POS 系统即可计算出该批商品的价格,从而完成结算。在早期信息系统,相当部分数据都是人工输入的,这样的原始方法劳动强度大,而且数据误码率较高,实时性差。为了解决这些问题,人们研究和发展了各种各样的自动识别技术,将人们从繁重的重复性劳动中解放出来,提高了系统信息的实时性和准确性,从而为生产的实时调整、财务的及时总结以及决策的正确制定提供正确的参考依据。

自动识别技术近几十年在全球范围内得到了迅速发展,初步形成了一个包括条形码技



术、光学字符识别技术、卡识别技术、声音识别及视觉识别技术等集计算机、光、磁、物理、机电、通信技术为一体的高新技术学科。

1. 条形码识别技术

条形码是日常生活中经常会看到的一种自动识别技术,也是迄今为止最经济、实用的一种自动识别技术。条形码技术是随着计算机与信息技术的发展和应用而诞生的,它是集编码、印刷、识别、数据采集和处理于一身的新型技术。

条形码可以标出物品的生产国、制造厂家、商品名称、生产日期、图书分类号、邮件起止地点、类别、日期等许多信息,因而在商品流通、图书管理、邮政管理、银行系统等许多领域都得到了广泛的应用。各种条形码如图 2-1 所示。

条形码可分为一维条形码和二维条形码。一维条形码按照应用可分为商品条形码和物流条形码。商品条形码包括 EAN 码和 UPC 码,物流条形码包括 128 码、ITF 码、39 码、库德巴码等。二维条形码根据构成原理、结构形状的差异,可分为行排式二维条形码(2D stacked bar code)和矩阵式二维条形码(2D matrix bar code)。行排式二维条形码编码建立在一维条形码基础上,按需要堆积成两行或多行,它在编码设计、校验原理、识读方式等方面继承了一维条形码的一些特点,识读设备与条形码印刷与一维条形码技术兼容,但由于行数的增加,需要对行进行判定,其译码算法与软件不完全与一维条形码相同。矩阵式二维条形码是在一个矩形空间通过黑、白像素在矩阵中的不同分布进行编码,在矩阵相应元素位置上,用点(方点、圆点或其他形状)的出现表示二进制“1”,用点的不出现表示二进制“0”,点的排列组合确定了矩阵式二维条形码所代表的意义。矩阵式二维条形码是建立在计算机图像处理技术、组合编码原理等基础上的一种新型图形符号自动识读处理码制。

条形码的最大优势是成本低,缺点是只读的,并且需要对准,一次只能读一个,容易破损和被仿冒。而 RFID 是可擦写的,使用时不需对准,同时可以读取多个,不容易损坏,使用寿命长,不容易仿冒。从长远发展看,条形码技术将逐步被 RFID 技术所取代。

2. 光学字符识别技术

光学字符识别(optical character recognition,OCR)是指对文本资料进行扫描,然后对图像文件进行分析处理,获取文字及版面信息的过程。光学字符识别已有 30 多年历史,近几年又出现了图像字符识别(image character recognition,ICR)和智能字符识别(intelligent character recognition,ICR),实际上这三种自动识别技术的基本原理大致相同。

光学字符识别技术识别过程包括图像输入、预处理,版面分析,字符切割,字符识别,版面恢复,后处理、校对。

光学字符识别技术有三个重要的应用领域,即办公自动化中的文本输入、邮件自动处理以及与自动获取文本过程相关的其他领域。这些领域包括零售价格识读,订单数据输入,单



图 2-1 各种条形码