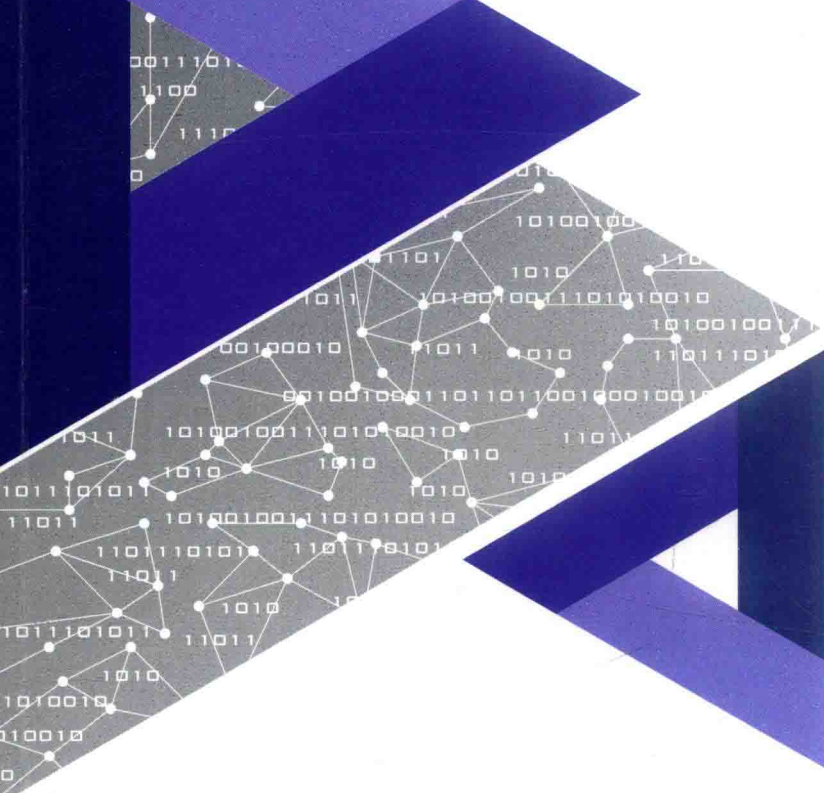


21世纪高等学校物联网专业规划教材



射频识别+无线传感网



行业标准+系统设计



功能实验+典型应用

物联网技术与系统设计

◎ 刘洪丹 张兰勇 孙蓉 编著

电子课件

教学大纲

清华大学出版社





物联网技术与系统设计

◎ 刘洪丹 张兰勇 孙蓉 编著

清华大学出版社
北京

内 容 简 介

本书全面阐述物联网的基本知识与原理,详细介绍实现物联网的关键技术,深入分析构建物联网所需的国内外标准,着重论述物联网中的两个关键技术,即射频识别技术和无线传感网技术,总结构建物联网系统设计的过程。通过物联网功能实验和物联网的典型应用阐释物联网的应用过程,通过物联网的两个应用实践案例加深读者对物联网的认识。本书逻辑性强,知识结构系统全面,不仅有助于读者认识物联网,而且能为进一步理解和掌握物联网及其应用系统的设计提供参考。

本书可作为物联网工程及相关专业本科生和研究生的教材,也可作为相关领域工程技术人员的参考书或培训教材。

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

物联网技术与系统设计/刘洪丹,张兰勇,孙蓉编著. —北京:清华大学出版社,2019
(21世纪高等学校物联网专业规划教材)
ISBN 978-7-302-53132-6

I. ①物… II. ①刘… ②张… ③孙… 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(2019)第 112873 号

责任编辑:文 怡
封面设计:刘 键
责任校对:时翠兰
责任印制:杨 艳

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:北京密云胶印厂

经 销:全国新华书店

开 本:185mm×260mm 印 张:28.75

字 数:699千字

版 次:2019年11月第1版

印 次:2019年11月第1次印刷

定 价:79.00元

产品编号:082560-01

前言

FOREWORD

计算机的出现促使信息处理技术取得质的飞跃,形成信息技术的第一次产业化浪潮。互联网的发展使信息传输技术获得了巨大提升,形成第二次产业化浪潮。物联网的出现是信息产业革命的第三次浪潮,5G 技术以及物联网技术的发展推动了整个信息产业的进步。我们需要确立物联网的典型应用,挖掘物联网应用的真实需求,以应用的需求为牵引,指导关键技术的突破。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,为物联网的产业化奠定坚实的基础。

全书共分 9 章。第 1 章讨论物联网的概念、体系结构、技术体系和软硬件系统组成,以及物联网的应用与发展。第 2 章介绍物联网的关键技术,即物联网各层实现过程中所涉及的关键技术。第 3 章介绍射频识别技术,包括条形码、磁卡(条)、IC 卡以及射频识别的概念和工作原理,并给出基于射频识别技术实现的过程以及应用的实例。第 4 章介绍无线传感网技术,包括无线传感网的实现过程和应用实例。第 5 章总结物联网设计规划的过程,以及构建物联网过程中所涉及的相关知识。第 6 章介绍物联网实现过程中所涉及的标准,为物联网的实现提供前提。第 7~9 章介绍物联网的相关实验、实践和应用,使读者由浅入深地全面认识物联网的应用过程。

本书知识结构系统完整,不仅使读者对物联网有一个全景性的认识 and 了解,而且为读者进一步理解和掌握物联网及其应用系统的规划设计提供参考。本书在内容上涵盖了物联网的基本概念、理论与技术,在表达方式上层次清楚,图文并茂,语言简洁。本书的特色是:理论联系实际,强调实用性;内容系统全面,体现先进性;技术先进准确,突出工程性。

本书适用范围广,可作为物联网工程或计算机类、电子信息类、自动化类等相关专业的教材,供需要掌握物联网基础知识的高年级本科生和研究生选用,也可作为相关领域工程技术人员的参考书或培训教材。

物联网是信息技术的一次颠覆性创新,其应用发展日新月异,技术在进步,应用在拓展。物联网发展方兴未艾,前景光明。本书旨在既呈现对物联网探究认识之概貌,又抛砖引玉以期更多的物联网技术研究成果问世。但囿于编著者理论水平和时间仓促,书中难免存在一些不妥或疏漏之处,衷心希望广大读者批评指正。

编著者

2019 年 6 月

第 1 章 物联网概述	1
1.1 物联网的起源和发展	1
1.2 物联网的相关概念	4
1.3 物联网的特征	4
1.4 物联网的组成	5
1.4.1 物联网的硬件平台	6
1.4.2 物联网软件平台的组成	8
1.5 与物联网相关的网络概念	10
1.6 物联网的体系结构	13
1.6.1 物联网体系结构的构建原则	14
1.6.2 物联网体系结构的模型	14
1.7 物联网的应用	15
1.7.1 物联网的主要应用领域	15
1.7.2 物联网产业链	18
第 2 章 物联网关键技术	21
2.1 物联网感知技术	21
2.1.1 传感器技术	22
2.1.2 标示与识别技术	26
2.1.3 特征识别技术	27
2.1.4 定位技术	32
2.2 信息处理技术	39
2.2.1 数据融合	40
2.2.2 数据预处理技术	42
2.2.3 决策融合技术	43
2.3 网络传输技术	43

2.3.1	接入网传输技术	44
2.3.2	汇聚层物联网技术	45
2.3.3	承载网技术	46
2.3.4	通信技术	46
2.3.5	组网技术——网络拓扑控制技术	51
2.3.6	可靠传输控制技术	54
2.3.7	异构网络融合技术	57
2.3.8	中间件技术	60
2.3.9	网关技术	63
2.4	应用层关键技术	64
2.4.1	海量信息多粒度分布式存储	65
2.4.2	海量数据智能处理	68
2.4.3	海量数据并行处理技术	70
2.4.4	云计算	73
2.4.5	服务支撑技术	88
2.5	安全管理技术	91
2.5.1	物联网安全特征与目标	91
2.5.2	物联网面临的安全威胁与攻击	92
2.5.3	物联网安全体系	92
2.5.4	物联网感知互动层的安全机制	93
2.5.5	物联网网络传输层的安全机制	96
2.6	5G 通信下物联网关键技术的发展	100
2.7	本章小结	100
第 3 章	物联网——射频识别技术	102
3.1	自动识别技术	102
3.1.1	条形码识别技术	102
3.1.2	一维条码与二维条码	104
3.1.3	条码的识读	108
3.2	磁卡和 IC 卡技术	109
3.2.1	磁卡技术	109
3.2.2	IC 卡技术	111
3.3	RFID 技术	113
3.3.1	RFID 技术的现状和发展	113
3.3.2	射频识别技术概述	115
3.3.3	RFID 系统的组成	116
3.3.4	RFID 系统的工作原理	123
3.3.5	RFID 数据校验	127
3.3.6	RFID 技术分类	128

3.4	RFID 数据传输协议	132
3.4.1	数据传输协议与方式	132
3.4.2	RFID 数据传输的安全性	134
3.4.3	RFID 数据传输的完整性	138
3.4.4	RFID 数据传输的干扰与抗干扰	139
3.4.5	多电子标签同时识别与系统防冲撞	140
3.5	RFID 工作频率以及编码标准	141
3.6	RFID 技术应用	145
3.7	RFID 应用系统开发示例	147
3.7.1	RFID 读写器设计	147
3.7.2	基于 RFID 技术的 ETC 系统设计	150
3.8	本章小结	153
第 4 章	物联网——无线传感器网络	154
4.1	传感器概述	155
4.1.1	传感器的定义	155
4.1.2	传感器的性能参数及要求	156
4.1.3	传感器的标定与校准	156
4.2	传感器的工作原理	157
4.3	无线传感器网络的发展历程	160
4.4	无线传感器网络的概念	162
4.5	无线传感器网络的特点	165
4.6	无线传感器网络的体系结构	167
4.6.1	传感网的拓扑结构	168
4.6.2	传感网协议体系结构	170
4.7	传感网的关键技术	174
4.8	传感网节点部署与覆盖	177
4.8.1	传感网节点部署	177
4.8.2	传感网覆盖	179
4.8.3	连接与节能	182
4.9	无线传感器网络通信技术	182
4.9.1	IEEE 802.15.4 与 ZigBee	182
4.9.2	ZigBee 协议框架	183
4.9.3	基于 ZigBee 协议的传感器网络	184
4.9.4	基于 ZigBee 的无线传感器网络与 RFID 技术的融合	186
4.10	无线传感器网络开发	186
4.10.1	无线传感器网络软件开发	186
4.10.2	无线传感器网络硬件开发	188
4.11	传感网路由协议	191

4.11.1	基于平面结构的路由协议	191
4.11.2	基于地理位置的路由协议	196
4.11.3	基于分级结构的路由协议	198
4.12	传感网操作系统	201
4.12.1	TinyOS 操作系统	202
4.12.2	μ C/OS-II 操作系统	205
4.12.3	MantisOS 操作系统	206
4.13	无线传感器网络应用实例	207
4.14	无线传感器网络的应用前景	209
4.15	无线传感器网络的安全管理技术	211
4.15.1	无线传感器网络的信息安全需求和特点	212
4.15.2	密钥管理	214
4.15.3	安全路由	215
4.15.4	安全聚合	216
4.15.5	物联网安全问题	216
4.16	本章小结	217
第 5 章	物联网的设计与构建	218
5.1	物联网设计概述	218
5.1.1	物联网的设计前提	218
5.1.2	物联网规划的设计步骤	221
5.1.3	物联网分层设计	225
5.2	物联网的构建	230
5.2.1	物联网应用系统的硬件设计	230
5.2.2	物联网应用系统的软件设计	233
5.3	物联网系统集成	236
5.3.1	物联网系统集成的目的	237
5.3.2	物联网系统集成技术	237
5.3.3	物联网系统集成内容	237
5.3.4	物联网系统集成步骤	239
5.4	物联网应用系统设计示例	240
5.4.1	基于 RFID 传感网的智能家居及安防系统	240
5.4.2	基于 RFID 传感网的工业智能控制系统应用示例	244
5.5	传感网的广域互联	246
5.5.1	传感网广域互联的方式	246
5.5.2	基于 IPv6 的互联接入	249
5.6	本章小结	252

第 6 章 物联网的工作标准	253
6.1 物联网标准制定的意义	253
6.1.1 标准的通用意义	253
6.1.2 标准对物联网的意义	254
6.2 国内外物联网标准机构简介	255
6.3 泛在网标准化	256
6.4 国际物联网标准制定	260
6.4.1 ISO/IEC JTC1	260
6.4.2 IEEE	267
6.4.3 ITU-T	269
6.4.4 IETF	271
6.4.5 EPC Global	272
6.4.6 ETSI	273
6.4.7 3GPP	275
6.4.8 其他标准组织	276
6.5 中国物联网标准制定	277
6.5.1 传感器网络标准工作组	277
6.5.2 电子标签标准工作组	280
6.5.3 其他工作组	282
6.6 RFID 标签编码标准	283
6.6.1 ISO/IEC RFID 标准体系	284
6.6.2 EPC Global RFID 标准	285
6.6.3 UID 编码体系	286
6.6.4 国内 RFID 标准体系的研究与发展	286
6.7 无线传感器网络标准化	287
6.8 本章小结	294
第 7 章 物联网功能实验示例	295
7.1 物联网平台资源	296
7.2 Windows 系统开发环境	299
7.3 智能传感器模块部分	315
7.3.1 光照传感器	315
7.3.2 人体检测传感器	320
7.3.3 声音检测传感器	323
7.3.4 温湿度传感器	327
7.4 无线通信模块的 RFID 通信实验	331
7.4.1 RFID 自动读卡实验	331
7.4.2 基于 RFID 的电子钱包应用实验	336

7.5	本章小结	338
第8章	智能农业	339
8.1	智能农业概述	339
8.1.1	智能农业在国内外的发展现状	340
8.1.2	基于物联网的智能农业的意义	341
8.1.3	基于物联网的智能农业的优点	342
8.2	农产品批发市场信息系统建设	342
8.2.1	信息系统总体设计	343
8.2.2	市场业务管理平台	344
8.2.3	信息采集发布平台	345
8.2.4	电子商务平台	346
8.2.5	物流配送平台	347
8.2.6	信息基础平台	349
8.2.7	农产品质量安全信息平台	351
8.3	基于物联网的智能大棚(中国电信方案)	353
8.3.1	智能大棚系统总体设计	353
8.3.2	监控软件功能	354
8.3.3	智能大棚系统的关键技术	356
8.3.4	技术方案	356
8.3.5	系统集成方案	358
8.4	智能温室远程监控系统的设计	358
8.4.1	监控系统总体设计	358
8.4.2	下位机系统设计	359
8.4.3	上位机系统设计	360
8.5	5G 在智能农业中的应用前景	361
8.6	本章小结	362
第9章	物联网技术应用实践	363
9.1	仓储智能管理系统	363
9.1.1	研究目的	363
9.1.2	系统总体结构	364
9.1.3	RFID 系统的理论基础	366
9.1.4	RFID 系统传输模型与链路计算	367
9.1.5	ISO/IEC 18000-6C 协议与标签识别方法简析	370
9.1.6	系统硬件设计	371
9.1.7	固定式 UHF RFID 读写器硬件设计	382
9.1.8	通信协议分析与软件设计	384
9.1.9	标签到读写器通信	388

9.1.10	ISO/IEC 18000-6C 协议解码设计	390
9.1.11	读写器与单标签通信	393
9.2	仓储智能管理系统实现	397
9.2.1	搭建测试平台	397
9.2.2	货品操作测试	399
9.3	智能物流监管系统研究	400
9.3.1	智能物流监管系统总体方案设计	401
9.3.2	智能物流监管系统工作流程	404
9.3.3	智能物流监管系统子系统的构成	406
9.3.4	系统硬件设计	406
9.3.5	改进的自适应动态时隙 ALOHA 算法	410
9.3.6	硬件实现	412
9.3.7	基于云服务器的软件设计及实现	416
9.3.8	客户端软件设计与实现	418
9.3.9	数据库设计	422
9.4	智能物流系统实现	425
9.4.1	智能物流系统连接测试平台的搭建	426
9.4.2	智能物流系统联机测试与结果分析	426
9.5	本章小结	429
	附录 程序附件	430
	参考文献	447

物联网正在引领信息产业的新浪潮,其广阔的应用前景得到各国政府的高度重视。物联网产业蓬勃发展,对经济发展和社会进步的推动作用正逐步显现。我国正面临转变经济发展方式和调整经济结构的机遇与挑战,各行各业都在谈论物联网(Internet of Things, IoT)。物联网产业以其巨大的应用潜力和发展空间,对我国经济转型势必会起到巨大的推动作用。本章重点讨论物联网的基本概念、定义、特征,并从物联网、传感网和泛在网的关系出发给出一个关于物联网的整体视图,使读者能够对物联网有一个比较全面而准确的认识。

1.1 物联网的起源和发展

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。1995 年,比尔·盖茨出版了洛阳纸贵的《未来之路》,当时 IT 界人士几乎人手一册。书中描述了一大堆令人眼花缭乱的新技术和发展前景,不过,盖茨在书中所描述的与物联网有关的观点被人们忽视了。盖茨这样娓娓道来:“当袖珍个人计算机普及之后,困扰着机场终端、剧院以及其他需要排队出示身份证或票据等地方的瓶颈路段就可以被废除了。例如,当你走进机场大门时,你的袖珍个人计算机与机场的计算机相连就会证实你已经买了机票。开门也无须用钥匙或磁卡,你的袖珍个人计算机向控制锁的计算机证实你的身份。而你所遗失或遭窃的照相机将自动发回信息,告诉用户它现在所处的具体位置,甚至当它已经身处不同城市的时候。”这些话,现在读起来是不是觉得很熟悉?没错,他描述的场景,现在已逐步通过 RFID 智能手机的应用得到逐步实现。而在当年,盖茨是通过在家中的个人实践来实现物联网梦想的。盖茨的豪宅位于美国的西雅图,从 1990 年开始修建,于 1997 年建成,共花了 7 年时间,费用高达 1 亿美金,成为数字技术前沿科技的结晶。1999 年美国麻省理工学院(MIT)的 Kevin Ashton 教授首次提出物联网的概念,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(Radio Frequency Identification, 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。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,该战略力求实现人与人、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、任何人都可连接的泛在网络社会。2005年11月17日,在突尼斯举行的信息社会世界峰会(World Summit on the Information Society, WSIS)上,国际电信联盟(International Telecommunications Union, ITU)发布《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。2006年韩国确立了 u-Korea 计划,该计划旨在建立无所不在的社会(ubiquitous society),在民众的生活环境里建设智能型网络(如 IPv6、BcN、USN)和各种新型应用(如 DMB、Telematics、RFID),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设施,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。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,将目光放在了物联网上。在我国,2008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,提出欧盟政府要加强对物联网的管理,促进物联网的发展。2009年1月28日,奥巴马就任美国总统后,与美国工商业领袖举行了一次“圆桌会议”,作为仅有的两名代表之一,IBM 首席执行官彭明盛首次提出“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。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,温家宝总理“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,江南大学还建立了全国首家实体物联网工厂学院。自提出“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。物联网的概念已经是一个“中国制造”的概念,它的覆盖范围与时俱进,已经超越了1999年 Ashton 教授和2005年 ITU 报告所指的范围,物联网已被贴上“中国式”标签。截至2010年,国家发展和改革委员会(以下简称发改委)、工业和信息化部(以下简称工信部)等部委正在会同有关部门,在新一代信息技术方面开展研究,以形成支持新一代信息技术的一些新政策措施,从而推动我国经济的发展。物联网作为一个新经济增长点的战略新兴产业,具有良好的市场效益,《2014—2018年中国物联网行业应用领域市场需求与投资预测分析报告》数据表明,2010年物联网在安防、交通、电力和物流领域的市场规模分别为600亿元、300亿元、280亿元和150亿元。2011年中国物联网产业市场规模达到2600多亿元。美国2015年宣布投入1.6

亿美元推动智慧城市建设,将物联网应用试验平台的建设作为首要任务。欧盟已将物联网正式确立为欧洲信息通信技术的战略性发展计划。

未来5G技术环境下的物联网技术发展,物联网的应用与发展,需要具备良好的网络标准体系与网络安全性两个基本条件。首先,物联网的发展必须要有完整的网络体系来支持物联网通信,这就需要网络的覆盖范围足够大,还要能够支持移动互联。例如在4G网络下,谷歌公司推出的新兴物联网技术,实现了全网络的系统覆盖,但是在网络传输速率上还存在低速率、高能量、可靠性不能满足要求。其次,网络数据传输的安全性,物联网是依靠网络技术发展起来的,物联网的信息大多与用户的私密信息有关,这对网络数据传输的安全性提出了更高的要求,不仅需要专业性的安全技术来保障,还需要相关行业的制度标准来保障。5G技术采用了多种数据加密方式,在安全性能上要明显高于4G网络。因此,5G技术与物联网的融合,将为物联网的大规模发展提供便利条件。

未来物联网发展的需求采用5G的MIMO技术、天线阵列与多址技术,可以将分布在不同区域的传感器与控制点连接在一起,进而能够有效地实现整个通信网络的信号覆盖,快速地实现终端设备与用户之间的信息通信。基于5G的物联网具有很高的实用性,可以高效地将物联网中的物与网连接起来,并能够将物联网的终端设备与通信网络的基站连接在一起,并且还可以采用D2D技术将物联网的终端设计与系统管理设计连接在一起,这样物联网的远端感知层可以通过5G网络直接进行数据传输。由于5G技术对数据的安全性及加密性处理要求较高,这样也给物联网的数据安全提供了保障,在物联网的应用层,通过5G技术的标准与规范对终端获取的信息进行正确的处理,能够高效地对底层的感知设备进行控制与管理。5G技术物联网中的应用具有以下优势。

(1) 信号覆盖面比较广。5G技术目前已经成为物联网未来的发展关键技术之一,它采用天线阵列、与波束赋性、波束追踪技术以及大规模的MIMO电路,提高了5G信号的覆盖范围,使得网络通信的带宽与速率也得到了明显的提升,并能为用户提供移动性与连续性的通信信号,用户下载速度达到了1Gb/s以上,进而能够提高用户在线业务体验,这为5G技术在物联网中的应用奠定了良好的基础。

(2) 热点容量高。5G技术采用多基站网线通信方式,在整个覆盖网络中存在着面向局部的热点区域,使得网络的流量密度变高,用户可以随时随地地接入无线网络,不存在基站变换情况下出现网络拥挤与掉线的情况,能够为用户提供非常高的数据传输速率,方便用户能够高效地处理数据信息。在5G技术的支撑环境下,使得物联网的整体传输速率变得更高,能够快速促进物联网技术的发展。

(3) 5G通信网络可靠性高。5G技术的通信延迟低,能够有效地保证网络的通信效率,在具体的物联网应用中,可以应用在实时管理与控制的安防管理工作中。例如车联网、城市交通、智慧小区建设和工业控制等垂直行业的管理应用,而且这些应用对于网络通信的信号延迟性能要求就比较高,通过5G通信技术能够实现端到端通信的延迟时间极低,而且还具有100%的业务可靠性的保证。

(4) 低功耗和大连接。5G技术低功耗性能十分适用于实时性场景数据信息的采集,在环境监测、气候条件、公路交通监测、智能农业、森林防火等一些实时性的场景,这些场景要求的图像清晰,传递数据及时,并且要求所有的实时性场景都具有数据包小、低功耗和海量

连接的特点,而且在通信的过程中,具有很低的延时。采用5G通信技术,对无线网络具有很强的连接能力,能够保证网络连接处在一个低功耗与低成本的水平,提高物联网的通信效率。因此基于5G的物联网是未来发展的必然趋势。

1.2 物联网的相关概念

“物联网”的英文名称为 The Internet of Things,简称 IoT。因此,物联网就是物物相连的互联网。这说明物联网的核心和基础是互联网,物联网是互联网的延伸和扩展。其延伸和扩展到了任何人与人、人与物、物与物之间进行的信息交换和通信。

对于物联网可以给出如下基本定义:物联网是通过各种信息感知设施,按约定的通信协议将智能物件互联起来,通过各种通信网络进行信息传输与交换,以实现决策与控制的一种信息网络。定义中隐含了三层意义:①信息全面感知。物联网是指对具有全面感知能力的物件及人的互联集合。两个或两个以上物件如果能交换信息即可称为“物联”。使物件具有感知能力需要在物件上装置不同类型的识别装置,如电子标签、条码与二维码等,或通过传感器、红外感应器以及控制器等感知其存在。同时,这一概念也排除了网络系统中的主从关系,能够自组织。②通过网络传输。互联的物件要互相交换信息,就需要实现不同系统中的实体通信。为了成功通信,它们必须遵守相关的通信协议,同时需要相应的软件、硬件来实现这些协议,并可以通过现有的各种通信网络进行信息传输与交换。③智能决策与控制。物联网可以实现对各种物件(包括人)的智能化识别、定位、跟踪、监控和管理等功能,因此成为组建物联网的目的。其中,智能物件是物联网的核心概念。从技术的角度看,智能物件是指装备了信息感知设施(如传感器)或制动器、微处理器、通信装置和电源的设备。其中,传感器或制动器赋予了智能物件与现实世界交互的能力。微处理器保证智能物件即使在有限的速度和复杂度上,也能对传感器捕获的数据进行转换。通信装置使得智能物件能够将其传感器读取的数据传输给外界,并接收来自其他智能物件的数据。电源为智能物件提供其工作所需的电力。另一方面,从物联网定义中所说的“物”在学术上这种物件应具备:①相应的数据收发器;②数据传输信道;③一定的存储功能;④一定的计算能力(CPU);⑤操作系统;⑥专门的应用程序;⑦网络通信协议;⑧可被标识的唯一标志。也就是说,物联网中的每个物件都可以寻址,每个物件都可以通信,每个物件都可以控制。物件一旦具备这些性能特征,就可称为智能物件(Smart Object)。

1.3 物联网的特征

目前对物联网概念的表述,可以将其核心要素归纳为“感知、传输、智能、控制”8个字。物联网的主要特征表现在以下几个方面。

(1) 全面感知。物联网的智能物件具有感知、通信与计算能力。在物联网上部署的信息感知设备(包括 RFID、传感器、二维码等智能感知设施),不仅数量巨大、类型繁多,而且

可随时随地感知、获取物件的信息。每个信息感知设备都是一个信息源,不同类别的感知设备所捕获的信息内容和信息格式不同。例如,传感器获得的数据具有实时性,按一定的频率周期性地采集环境信息,不断地更新数据。

(2) 可靠传输。可靠传输是指把信息感知设施采集的信息利用各种有线网络、无线网络与互联网,将信息实时而准确地传递出去。例如,在物联网上的传感器定时采集的信息需要通过网络传输,由于其数据量巨大,形成了海量信息。在传输过程中,为了保障数据的正确和及时,必须采用各种异构网络和协议,通过各种信息网络与互联网的融合,才能将物件的信息实时准确地传送到目的地。

(3) 智能处理。在物联网中,智能处理是指利用数据融合及处理、云计算、模式识别、大数据等计算技术,对海量的分布式数据信息进行分析、融合和处理,向用户提供信息服务。物联网中的数据通常是体量特别大、数据类别特别多的数据集,即“大数据”,并且这样的大数据无法用传统数据库工具对其内容进行抓取、管理和处理。大数据本质也是数据,其关键技术依然包括:①大数据存储和管理;②大数据检索使用(包括数据挖掘和智能分析)。围绕大数据,一批新兴的数据挖掘、数据存储、数据处理与分析技术不断涌现,使得处理海量数据更加容易、更加便宜和迅速。

(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、虚拟世界和社会共生互动的智能社会,如图 1-1 所示。

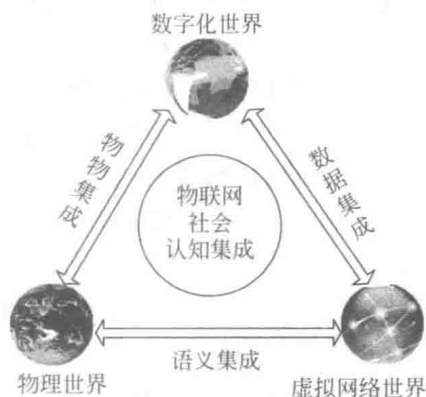


图 1-1 物理、数字、虚拟世界和社会互动共生

1.4 物联网的组成

物联网是一个形式多样、涉及社会和生活各个领域的复杂系统。借鉴计算机网络体系结构模型的研究方法,将物联网系统组成部分按照功能分解成若干层次,由下(内)层部件为上(外)层部件提供服务,上(外)层部件可以对下(内)层部件进行控制。因此,若从功能角度构建物联网体系结构,可划分为感知层、网络层和应用层 3 个层级。依照工程科学的观点,为使物联网系统的设计、实施与运行管理做到层次分明、功能清晰、有条不紊地实现,再将感知层细分成感知控制、数据融合两个子层,将网络层细分成接入、汇聚和核心交换 3 个子层,将应用层细分成智能处理、应用接口两个子层。考虑到物联网的一些共性功能需求,还应有贯穿各层的网络管理、服务质量和信息安全 3 个面。从不同的角度看,物联网会有多种类型,不同类型的物联网,其软硬件平台组成也会有所不同。从其系统组成来看,可以把它分为软件平台和硬件平台两大系统,其中物联网硬件平台的组成如图 1-2 所示。

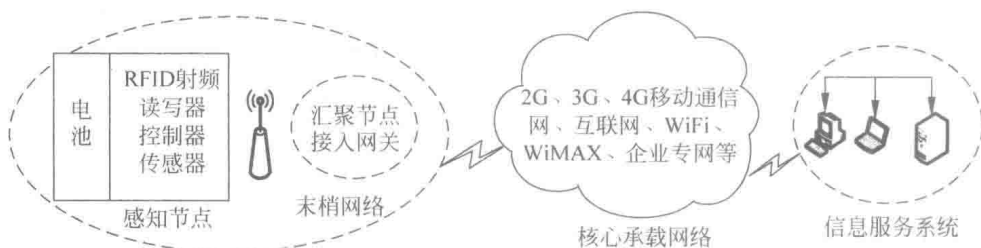


图 1-2 物联网硬件平台的组成

1.4.1 物联网的硬件平台

物联网是以数据为中心的面向应用的网络,主要完成信息感知、数据处理、数据回传以及决策支持等功能,其硬件平台可由传感网、承载网和信息服务等几大部分组成。其中,传感网包括感知节点(数据采集、控制)和末梢网络(汇聚节点、接入网关等);核心承载网为物联网业务的基础通信网络;信息服务系统硬件设施主要负责信息的处理和决策支持。

1. 感知节点

感知节点由各种类型的采集和控制模块组成,如温度传感器、声音传感器、振动传感器、压力传感器、RFID 读写器、二维码识读器等,完成物联网应用的数据采集和设备控制等功能。

感知节点包括 4 个基本单元:传感单元(由传感器和模数转换功能模块组成,如 RFID、二维码识读设备、温感设备)、处理单元(由嵌入式系统构成,包括微处理器、存储器、嵌入式操作系统等)、通信单元(由无线通信模块组成,实现末梢节点间以及与汇聚节点的通信)以及电源/供电部分。感知节点综合了传感器技术、嵌入式计算技术、智能组网技术及无线通信技术、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协作地实时监测、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网络以多跳中继方式将所感知的信息传送到接入层的基站节点和接入网关,最终到达信息应用服务系统。

2. 末梢网络

末梢网络即接入网络,包括汇聚节点、接入网关等,完成应用末梢感知节点的组网控制和数据汇聚,或完成向感知节点发送数据的转发等功能。也就是在感知节点之间组网之后,如果感知节点需要上传数据,则将数据发送给汇聚节点(基站);汇聚节点收到数据后,通过接入网关完成和承载网络的连接。当用户应用系统需要下发控制信息时,接入网关接收到承载网络的数据后,由汇聚节点将数据发送给感知节点,完成感知节点与承载网络之间的数据转发和交互功能。

(1) 感知控制层。作为物联网的神经末梢,感知控制层的主要任务是实现全面感知与自动控制,即通过实现对物理世界各种参数(如环境温度、湿度、压力、气体浓度等)的采集与