

21世纪高等学校规划教材 | 物联网

辽宁省“十二五”普通高等教育本科省级规划教材



# 物联网感知、识别 与控制技术 (第2版)

马洪连 丁男 主编



清华大学出版社

21世纪高等学校规划教材 | 物联网



# 物联网感知、识别 与控制技术 (第2版)

马洪连 丁男 主编

宁兆龙 朱明 马艳华 孙亮 编著

清华大学出版社

北京

## 内 容 简 介

本书以培养会设计、能发展、具有创新精神和实践能力的人才为目的,以提高物联网专业学生及相关科研人员的分析问题和解决实际问题的能力为出发点,较全面、系统地介绍了物联网工程专业中感知、识别与控制层次的相关概念、关键技术以及基本组成、结构和设计方法和应用实例。

随着物联网工程技术的普及和发展,物联网感知与控制技术教材经过4年多的教学应用,作者在第2版中针对原教材内容进行了优化和精选,其中对第1~5章内容进行了调整和增添,对第6~8章部分内容做了适当的删减和优化。

本书各章均配有相应的例题和参考练习题,供教学选用,并且提供免费的电子课件。

本书适用于高等院校物联网工程专业作为专业系列教材使用,也适用于其他专业作为选修课教材,还可供对物联网感兴趣的读者参考阅读。

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

物联网感知、识别与控制技术/马洪连,丁男主编.—2版.—北京:清华大学出版社,2017  
(21世纪高等学校规划教材|物联网)  
ISBN 978-7-302-46511-9

I. ①物… II. ①马… ②丁… III. ①互联网络—应用 ②智能技术—应用 IV. ①TP393.4  
②TP18

中国版本图书馆CIP数据核字(2017)第025440号

责任编辑:魏江江 薛 阳

封面设计:傅瑞学

责任校对:焦丽丽

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](mailto:c-service@tup.tsinghua.edu.cn)

质 量 反 馈:010-62772015, [zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn](mailto:zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn)

课 件 下 载: <http://www.tup.com.cn>, 010-62795954

印 刷 者:北京富博印刷有限公司

装 订 者:北京市密云县京文制本装订厂

经 销:全国新华书店

开 本:185mm×260mm 印 张:14.75 字 数:358千字

版 次:2012年8月第1版 2017年3月第2版 印 次:2017年3月第1次印刷

印 数:4501~6500

定 价:35.00元

产品编号:070518-01

# 出版说明

随着我国改革开放的进一步深化,高等教育也得到了快速发展,各地高校紧密结合地方经济建设发展需要,科学运用市场调节机制,加大了使用信息科学等现代科学技术提升、改造传统学科专业的投入力度,通过教育改革合理调整和配置了教育资源,优化了传统学科专业,积极为地方经济建设输送人才,为我国经济社会的快速、健康和可持续发展以及高等教育自身的改革发展做出了巨大贡献。但是,高等教育质量还需要进一步提高以适应经济社会发展的需要,不少高校的专业设置和结构不尽合理,教师队伍整体素质亟待提高,人才培养模式、教学内容和方法需要进一步转变,学生的实践能力和创新精神亟待加强。

教育部一直十分重视高等教育质量工作。2007年1月,教育部下发了《关于实施高等学校本科教学质量与教学改革工程的意见》,计划实施“高等学校本科教学质量与教学改革工程”(简称“质量工程”),通过专业结构调整、课程教材建设、实践教学改革、教学团队建设等多项内容,进一步深化高等学校教学改革,提高人才培养的能力和水平,更好地满足经济社会发展对高素质人才的需要。在贯彻和落实教育部“质量工程”的过程中,各地高校发挥师资力量强、办学经验丰富、教学资源充裕等优势,对其特色专业及特色课程(群)加以规划、整理和总结,更新教学内容、改革课程体系,建设了一大批内容新、体系新、方法新、手段新的特色课程。在此基础上,经教育部相关教学指导委员会专家的指导和建议,清华大学出版社在多个领域精选各高校的特色课程,分别规划出版系列教材,以配合“质量工程”的实施,满足各高校教学质量和教学改革的需要。

为了深入贯彻落实教育部《关于加强高等学校本科教学工作,提高教学质量的若干意见》精神,紧密配合教育部已经启动的“高等学校教学质量与教学改革工程精品课程建设工作”,在有关专家、教授的倡议和有关部门的大力支持下,我们组织并成立了“清华大学出版社教材编审委员会”(以下简称“编委会”),旨在配合教育部制定精品课程教材的出版规划,讨论并实施精品课程教材的编写与出版工作。“编委会”成员皆来自全国各类高等学校教学与科研第一线的骨干教师,其中许多教师为各校相关院、系主管教学的院长或系主任。

按照教育部的要求,“编委会”一致认为,精品课程的建设工作从开始就要坚持高标准、严要求,处于一个比较高的起点上。精品课程教材应该能够反映各高校教学改革与课程建设的需要,要有特色风格、有创新性(新体系、新内容、新手段、新思路,教材的内容体系有较高的科学创新、技术创新和理念创新的含量)、先进性(对原有的学科体系有实质性的改革和发展,顺应并符合21世纪教学发展的规律,代表并引领课程发展的趋势和方向)、示范性(教材所体现的课程体系具有较广泛的辐射性和示范性)和一定的前瞻性。教材由个人申报或各校推荐(通过所在高校的“编委会”成员推荐),经“编委会”认真评审,最后由清华大学出版

社审定出版。

目前,针对计算机类和电子信息类相关专业成立了两个“编委会”,即“清华大学出版社计算机教材编审委员会”和“清华大学出版社电子信息教材编审委员会”。推出的特色精品教材包括:

- (1) 21世纪高等学校规划教材·计算机应用——高等学校各类专业,特别是非计算机专业的计算机应用类教材。
- (2) 21世纪高等学校规划教材·计算机科学与技术——高等学校计算机相关专业的教材。
- (3) 21世纪高等学校规划教材·电子信息——高等学校电子信息相关专业的教材。
- (4) 21世纪高等学校规划教材·软件工程——高等学校软件工程相关专业的教材。
- (5) 21世纪高等学校规划教材·信息管理与信息系统。
- (6) 21世纪高等学校规划教材·财经管理与应用。
- (7) 21世纪高等学校规划教材·电子商务。
- (8) 21世纪高等学校规划教材·物联网。

清华大学出版社经过三十多年的努力,在教材尤其是计算机和电子信息类专业教材出版方面树立了权威品牌,为我国的高等教育事业做出了重要贡献。清华版教材形成了技术准确、内容严谨的独特风格,这种风格将延续并反映在特色精品教材的建设中。

清华大学出版社教材编审委员会

联系人:魏江江

E-mail:weijj@tup.tsinghua.edu.cn

目前,国内已有近两百所高校、高职、高专院校设置了物联网技术应用专业,可见,物联网相关专业人才的培养达到了高潮。物联网专业的教学目标是培养面向现代信息处理技术,从事物联网领域的系统设计、分析与科技开发及研究方面的工程技术人才。需要学生及相关科研人员具备扎实的电子技术、现代传感器、有线和无线网络通信理论、信息处理、计算机技术、系统工程等基础理论知识,掌握物联网系统的感知、识别与控制层,网络传输层与综合服务应用层关键设计等专门知识和技能,并且建立在本专业领域对新理论、新知识、新技术的跟踪能力以及较强的创新实践能力。

目前在国内的院校中,物联网工程专业下设置的具体专业课程一般为通信、网络、传感器、计算机等传统学科所开设的课程,这些课程之间的衔接缺少各科知识的系统性、针对性和连续性,没有突出物联网的专业特色。物联网专业教学大纲按照物联网三层结构规划了如下培养目标。

(1) 感知、识别与控制层:掌握传感器与 RFID 无源有源标签设计技术,无线节点硬件和核心协议栈软件设计,低功耗系统设计以及智能装置、设备的控制技术。

(2) 网络传输层:掌握多种网络网关设计,主流无线和无线网络标准,主要路由算法和网络监视、网络安全和加密原理等方面的设计。

(3) 综合管理服务应用层:掌握应用系统设计技术关键,物联网应用软件开发,应用数据结构,数据流和数据库的设计,能够独立设计不同需要的物联网管理服务应用。

其中,感知、识别与控制层作为物联网的神经末梢,是联系物理世界和信息世界的纽带。随着物联网的发展,大量的智能传感器件、物体识别设备及智能控制装置也将获得更广泛的应用。

针对上述培养目标,本书结合当前我国新设立的物联网工程专业建设和发展的需要编写,重点介绍在物联网感知、识别与控制层中涉及的设计和应用等相关技术。本书以培养会设计、能发展、具有创新精神和实践能力的人才为目的,以提高学生及相关科研人员的分析问题和解决实际问题的能力为出发点,全面、系统地介绍了物联网系统中感知、识别与控制层次的相关概念、关键技术以及基本组成、结构与设计方法和应用实例。

本书第 1 版已经发行 4 年时间,感谢国内数十所院校同行将此书作为物联网专业课程教材。由于物联网工程应用技术发展较快,许多知识和内容有了更新。本书第 2 版做了如下方面的优化和调整。

在第 1 章中,重新进行了规划,增加了 1.2 节物联网关键技术的介绍;在第 2 章中,细化了 RFID 工作原理及应用的介绍,增加了智能传感器方面的内容;在第 3 章中,调整了 3.3 节的内容,增添了数字滤波知识的介绍;在第 4 章中,增添了红外触摸屏相关内容;第 5 章中,增添了 CAN 总线、Wi-Fi、4G/5G 通信和北斗卫星导航系统方面的内容。另外,对第 6~8 章内容重新进行了调整和优化。同时,对各章之后的习题与思考题进行了适当调

整,增添了选择题方面的内容。

本书作为专业课程教材,建议全部内容讲授 32~48 学时。其中,6.3 节计算机控制技术简介为选学内容。建议本课程实践教学环节设为 24~36 学时。

在本书的编写过程中,得到了谭国真、陈志奎和王雷教授的指导,在此表示感谢。还要感谢清华大学出版社的支持,使本书很快地出版发行。另外,本书在编写过程中参考和引用了国内外的相关著作、论文和网上资料,编者对所有被参考和引用论著的作者表示感谢。如果有的资料因没有查到出处或疏忽而未列出,请原作者原谅。

由于本书作者的经验与水平有限,书中如出现不准确、不适宜或疏漏的内容,希望读者给予批评指正,在此表示感谢。同时也欢迎读者,尤其是使用本书的教师和学生,共同探讨相关教学内容、教学方法等问题。敬请通过电子信箱(mhl@dlut.edu.cn)与编者联系。

编 者

2016 年 11 月



# 目 录

第 1 章 物联网简介	1
1.1 概述	1
1.1.1 物联网定义及特点	1
1.1.2 物联网的结构组成	2
1.1.3 发展物联网的意义	7
1.2 物联网关键技术	8
1.2.1 感知识别层关键技术	8
1.2.2 网络传输层关键技术	9
1.2.3 综合服务应用层关键技术	10
1.3 物联网应用领域简介	12
习题与思考题	19
第 2 章 物联网感知与识别技术	21
2.1 传感器及应用技术	21
2.1.1 概述	21
2.1.2 传感器的分类	22
2.1.3 传感器的选用原则	23
2.1.4 常用传感器简介	24
2.2 自动识别技术	32
2.2.1 概述	33
2.2.2 自动识别技术的分类与特征	34
2.3 无线射频识别技术	39
2.3.1 RFID 系统的组成	39
2.3.2 RFID 技术的分类方法	42
2.3.3 RFID 系统的基本工作原理	44
2.3.4 RFID 系统的技术参数	48
2.3.5 RFID 系统的运行环境与接口方式	50
2.3.6 RFID 技术的应用	50
2.4 RFID 应用实例	54
2.4.1 汽车防盗系统读写器的设计	54
2.4.2 不停车收费系统应用实例	56
习题与思考题	58



<b>第3章 物联网的数据获取与处理技术</b> .....	62
3.1 模拟信号的检测与数据采集 .....	62
3.1.1 检测系统的特性与性能指标 .....	62
3.1.2 系统的组成结构与工作方式 .....	63
3.1.3 模拟信号的检测方法 .....	64
3.1.4 模拟信号的调理电路 .....	66
3.1.5 模/数转换器原理及应用 .....	69
3.2 数字信号与非电量参数的检测技术 .....	77
3.2.1 开关量信号的检测 .....	77
3.2.2 时间型信号的检测 .....	77
3.2.3 频率及周期型信号的检测 .....	78
3.2.4 非电量参数的检测 .....	79
3.3 信息数据的处理技术 .....	83
3.3.1 数字滤波技术 .....	84
3.3.2 信息数据的标度变换 .....	85
3.4 多传感器信息融合技术 .....	86
3.4.1 概述 .....	86
3.4.2 数据融合的原理与结构 .....	87
3.4.3 数据融合的基本方法 .....	89
习题与思考题 .....	89
<b>第4章 微处理器与人机交互技术</b> .....	91
4.1 嵌入式系统简介 .....	91
4.1.1 概述 .....	92
4.1.2 嵌入式处理器 .....	93
4.1.3 嵌入式软件系统 .....	102
4.2 键盘接口技术 .....	110
4.2.1 概述 .....	110
4.2.2 工作原理与接口技术 .....	111
4.3 显示器接口技术 .....	112
4.3.1 液晶显示器 .....	113
4.3.2 LED显示器 .....	116
4.4 触摸屏接口技术 .....	120
4.4.1 电阻式触摸屏 .....	121
4.4.2 电容式触摸屏 .....	122
4.4.3 红外触摸屏 .....	123
4.4.4 触摸屏接口技术 .....	124
习题与思考题 .....	127

第 5 章 物联网通信技术	130
5.1 概述	130
5.2 标准串行通信接口	132
5.2.1 通用异步收发器 UART	132
5.2.2 RS-232C 标准串行通信	134
5.2.3 通用串行总线 USB	136
5.2.4 内部集成电路串行通信	138
5.2.5 串行外围设备接口	143
5.2.6 CAN 总线接口	146
5.3 无线通信技术	149
5.3.1 蓝牙无线通信技术	149
5.3.2 ZigBee 无线通信技术	151
5.3.3 无线保真技术	153
5.3.4 第 2/3/4/5 代移动通信技术简介	155
5.4 无线传感器网络	157
5.4.1 概述	157
5.4.2 无线传感器网络体系结构	158
5.4.3 ZigBee 无线传感器网络及开发应用	160
5.5 定位技术与卫星定位系统	165
5.5.1 概述	165
5.5.2 全球卫星定位系统	165
5.5.3 北斗卫星导航系统	169
习题与思考题	170
第 6 章 外部设备的驱动与控制技术	173
6.1 模拟信号输出通道	173
6.1.1 概述	173
6.1.2 数字/模拟转换器组成与工作原理	174
6.1.3 D/A 转换器的技术参数	176
6.1.4 D/A 转换器接口应用	177
6.1.5 模拟信号的功率驱动	183
6.2 开关量输出与驱动	185
6.3 计算机控制技术	186
6.3.1 系统概述	186
6.3.2 PID 控制技术	189
6.3.3 模糊控制技术	191
6.3.4 神经网络控制技术	195
习题与思考题	199

第7章 系统稳定性设计与低功耗技术	200
7.1 系统的干扰源	200
7.2 系统抗干扰技术	201
7.2.1 系统硬件抗干扰的措施	202
7.2.2 软件抗干扰措施	205
7.3 系统低功耗设计技术	207
7.3.1 硬件低功耗的设计	207
7.3.2 软件低功耗的设计	208
习题与思考题	209
第8章 设计应用实例	210
8.1 感知与检测系统的设计	210
8.1.1 系统的设计要求	210
8.1.2 系统的设计方法	211
8.1.3 系统的设计步骤	211
8.2 智能家居系统	213
8.2.1 系统总体方案设计	214
8.2.2 硬件系统的设计与实现	215
8.2.3 软件系统的设计与实现	217
习题与思考题	222
参考文献	223

# 第 1 章

## 物联网简介

物联网英文名称是“The Internet of things”，含义就是物物相连的互联网。如果说互联网和移动通信实现了人与人之间广泛、便利的通信，物联网则实现了物与物、物与人之间广泛且便利的通信。物联网用途广泛，遍及智能交通、数字医疗、智能电网、环境保护、政府工作、公共安全、平安家居、智能消防、工业监测等多个领域。物联网把物质世界和电子世界有机连接起来，实现了现实世界和虚拟世界的融合。

### 1.1 概述

物联网概念最早可以追溯到比尔·盖茨于 1995 年出版的《未来之路》。在这本书中，他想象用一根别在自己衣服上的“电子别针”与家庭电子服务设施接通，通过电子别针感知来访的位置。但是，由于当时网络技术和传感器应用水平的限制，比尔·盖茨朦胧的物联网理念没有引起重视。

“物联网”概念的问世，打破了传统的思维观念。过去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、建筑物等物理基础设施，而另一方面是个人计算机、宽带通信等数据设施。而在物联网时代，物理基础设施将与芯片、有线和无线通信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。

#### 1.1.1 物联网定义及特点

物联网的概念是在 1999 年正式提出的，顾名思义就是“物与物相连的互联网”。这里有以下两层含义。

- (1) 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；
- (2) 其用户端延伸和扩展到了任何物品与物品之间，人与物之间进行信息交换和通信。

目前国内对物联网的定义是：通过传感器、无线射频识别技术(Radio Frequency Identification, RFID)、红外感应器、全球定位系统、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连接起来，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。物联网以简单 RFID 电子标签和智能传感器为基础，结合已有的网络技术、数据库技术、中间件技术等，构筑一个比 Internet 更为庞大的物-物、物-人、人-物相连的网络。

欧盟定义:物联网是将现有互联的计算机网络扩展到可以互联的物品网络。国际电信联盟(ITU)定义:From anytime, anyplace connectivity for anyone, we will now have connectivity for anything。

因此,物联网是通过各种信息传感设备,按照约定的协议,把任何物品与互联网连接起来,进行信息交换、信息通信和信息处理,以实现智能化识别、定位、跟踪、监控和管理的一种网络。

相对于已有的各种通信和服务网络,物联网在技术和应用层面具有以下特点。

(1) 感知识别普适化。作为物联网的末梢,自动识别和传感网技术近些年来发展迅猛,应用广泛。仔细观察就会发现,人们的衣食住行都能折射出感知识别技术的发展。无所不在的感知与识别将物理世界信息化,对传统上分离的物理世界和信息世界实现高度融合。

(2) 异构设备互连化。尽管物联网中的硬件和软件平台千差万别,各种异构设备(不同型号和类别的RFID标签、传感器、手机、笔记本等)利用无线通信模块和标准通信协议,构建成自组织网络。在此基础上,运行不同协议的异构网络之间通过“网关”互联互通,实现网际间信息共享及融合。

(3) 联网终端规模化。物联网时代的一个重要特征是“物品联网”,每一件物品均具有通信功能,成为网络终端。

(4) 管理调控智能化。物联网将大规模数据高效、可靠地组织起来,为上层行业应用提供智能的支撑平台,数据存储、组织以及检索成为行业应用的重要基础研究。与此同时,各种决策手段包括运筹学理论、机器学习、数据挖掘、专家系统等广泛应用于各行各业。

(5) 应用服务链条化。链条化是物联网应用的重要特点。以工业生产为例,物联网技术覆盖从原材料引进、生产调度、节能减排、仓储物流,到产品销售、售后服务等各个环节,成为提高企业整体信息化程度的有效途径。

### 1.1.2 物联网的结构组成

物联网形式多样、技术复杂、涉及面广,所涉及的内容横跨多个学科。从物联网本质上看,物联网是将各种传感器技术、网络技术、人工智能和自动化技术集成与融合,使人与物、人与人、物与物智慧对话,为我们创造一个智慧的世界。

物联网网络架构由感知识别(交互、控制)层、网络传输(接入、传输)层、综合服务应用(数据处理、行业应用)层组成,物联网结构组成示意图如图1.1所示。物联网各层次通过相互协同与配合,完成真正意义上的“物物相连”,并提供泛在化的物联网服务。

物联网各层之间既相对独立又联系紧密,同一层次上的不同技术互为补充,适用于不同环境,构成该层次技术的应对策略。而不同层次提供各种技术的配置和组合,根据应用需求,构成完整的解决方案。

#### 1. 感知识别层

感知识别层主要实现智能感知和交互功能,包括信息采集、捕获、物体识别和控制等。在计算机信息处理系统中,数据的采集是信息系统的基础,这些数据通过数据系统的分析和过滤,最终成为影响我们决策的信息。在物联网的信息感知识别层,最重要的功能是对“物”

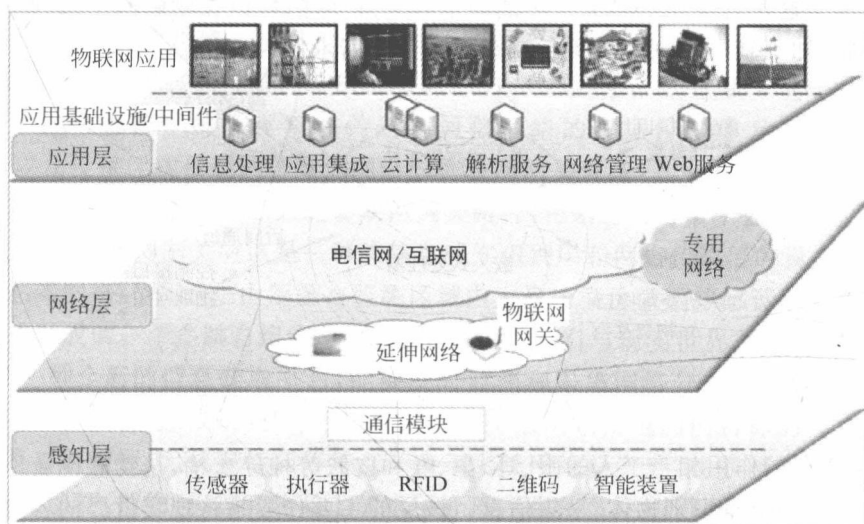


图 1.1 物联网结构组成示意图

的感知、识别和控制。

感知、识别作为物联网的神经末梢,也是联系物理世界和信息世界的纽带。感知识别层上部署了数量巨大、类型繁多的传感器,每个传感器都是一个信息源。不同类别的传感器所捕获的信息内容和信息格式不同。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,不断更新数据。感知与识别层既包括 RFID、传感器等信息自动生成设备,也包括各种智能电子产品用来人工生成信息。随着物联网的发展,大量的智能传感器件及物体识别设备也将获得更快的发展。下面简单介绍传感器技术、物体识别技术和智能检测与控制设备。

### 1) 传感器技术

传感器是一种检测装置,能感知到被测的信息,并能将检测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。传感器是构成物联网的基础单元,是物联网获取相关信息的来源。具体来说,传感器是一种能够对当前状态进行识别的元器件,当特定的状态发生变化时,传感器能够立即察觉出来,并且能够向其他的元器件发出相应的信号,用来告知状态的变化。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。

### 2) 物体标识技术

传感器仅能够感知信号,并无法对物体进行标识。例如,可以让温度传感器感知森林的温度,但并不能标识具体的树木。要实现对特定物体的标识和信息获取,更多地要通过信息识别与认证技术。自动识别技术在物联网时代,扮演的的是一个信息载体和载体认识的角色,也就是物联网的感应技术的部分,它的成熟与发展决定着互联网和物联网能否有机融合。

### 3) 智能检测与控制设备

由嵌入式系统构成的各类智能仪器仪表和智能控制设备完成了物联网所需的测量、控

制等功能,由于这些智能设备具有一定的通信和处理功能,所以在物联网中起到了源头的作  
用。物联网感知识别与控制的源头示意图如图 1.2 所示。

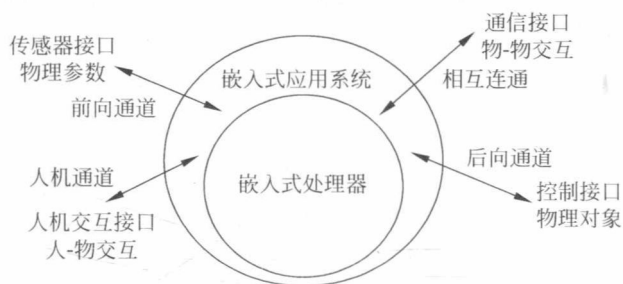


图 1.2 物联网感知识别与控制的源头示意图

信息感知层的作用相当于人的眼、耳、鼻、喉和皮肤等神经末梢,是物联网获取物体信息的来源,其主要功能是识别物体,采集信息。该层的主要任务是将现实世界的各种物体的信息通过各种手段,实时并自动地转化为虚拟世界可处理的数字化信息或者数据。信息感知层是物联网发展和应用的基础,RFID 技术、传感和控制技术、短距离无线通信技术是信息感知层涉及的主要技术。物联网所采集的信息主要有如下几种。

- (1) 传感信息:如温度、湿度、压力、气体浓度、生命体征等。
- (2) 物品属性信息:如物品名称、型号、特性、价格等。
- (3) 工作状态信息:如仪器、设备的工作参数等。
- (4) 地理位置信息:如物品所处的地理位置等。

## 2. 网络传输层

从网络的角度来观察,物联网具有以下几个特点:在网络终端层面呈现联网终端规模化(即物品触网)、感知识别普适化(无所不在),在通信层面呈现异构设备互连化,在综合应用层面呈现管理智能化和应用服务链条化的特点。

网络传输层的主要作用是把下层(感知识别层)设备接入物联网,供上层服务使用。互联网是物联网的核心网络,处于边缘的各种无线网络则是提供随时随地的网络接入服务。无线广域网包括现有的移动通信网络以及演进技术(包括 3G、4G、5G 通信技术),提供广阔范围内连续的网络接入服务。无线城域网包括现有的 WIMAX 技术(802.16 系列标准),提供城域范围(约 100km)高速数据传输服务。无线局域网包括现在流行的 Wi-Fi(802.11 系列标准),作为一定的区域(家庭、校园、机场等)的用户提供网络访问服务。无线个体网包括蓝牙(802.15.1 标准)、ZigBee(802.15.4 标准)、进场通信(NFC)等通信协议、短距离(约 10m),一般用作个人电子产品互连、工业设备控制等领域。各种不同类型的无线网络适用于不同的环境,合力提供便捷的网络接入,是实现物物互连的重要基础设施。

传感器采集的信息通过各种有线网络和无线网络与互联网融合,并通过互联网将信息实时而准确地传递出去,实现了信息的接入、传输和通信。网络传输层的主要作用是把物联网中感知与被识别的数据接入到综合服务应用层,供其应用。而互联网作为物联网技术的重要传输层,再将数据通过各种网络传输形式传送到数据中心、用户终端等。在传输过程中为了保障数据的正确性和及时性,必须适应各种异构网络和协议。



网络接入功能是将信息感知层采集到的信息,通过各种网络技术进行汇总,将大范围内的信息整合到一起,以供处理。该层重点强调各类接入方式,涉及的典型技术如:Ad-hoc(多跳移动无线网络)、传感器网络,Wi-Fi、3G/4G/5G、Mesh网络、有线或卫星等方式。

接入单元包括将传感器数据直接传送到通信网络的数据传输单元(Data Transfer Unit,DTU)以及连接无线传感网和通信网络的物联网网关设备,其中物联网网关根据使用环境的不同,有行业物联网网关和家庭物联网网关两种,将来还会有用于公共节点的共享式网关。严格来说,物联网网关应该是一种跨信息感知识别层和网络传输层的设备。

无线传感器网络(WSN)是由部署在监测区域内大量的廉价微型传感器节点组成,通过无线通信方式形成的一个多跳自组织网络,从而扩展了人们与现实世界进行远程交互的能力。WSN是一种全新的信息获取平台,能够实时监测和采集网络分布区域内的各种检测对象的信息,并将这些信息发送到网关节点,以实现复杂的指定范围内目标的检测与跟踪。所以,WSN具有快速展开、抗毁性强等特点。由于无线网络是实现“物联网”必不可少的基础设施,安置在动物、植物、机器和物品上的电子介质产生的数字信号可随时随地通过无处不在的无线网络传送出去。

网络传输层的核心处理功能是利用互联网、移动通信网、传感器网络及其融合技术等,将感知到的信息无障碍、高可靠性、高安全性地传输。为实现“物物相连”的需求,物联网网络传输层将综合使用IPv6、3G/4G/5G、Wi-Fi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。

### 3. 综合服务应用层

综合服务应用层也称为数据处理及行业应用层,数据处理主要实现信息的处理与决策,通过中间件实现网络层与物联网应用服务间的接口和功能调用,包括对业务的分析整合、共享、智能处理、管理等,具体体现为一系列业务支撑平台、管理平台、信息处理平台、智能计算平台、中间件平台等。

数据处理是在高性能计算、普适计算与云计算的支撑下,将网络内海量的信息资源通过计算分析,整合成一个可以互连互通的大型智能网络,为上层服务管理和大规模行业应用建立起一个高效、可靠和可信的技术支撑平台。如通过能力超级强大的中心计算及存储机群和智能信息处理技术,对网络内的海量信息进行实时高速处理,对数据进行智能化挖掘、管理、控制与存储。

在智能处理的同时,网络传输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。在高性能计算和海量存储技术的支撑下,管理服务层将大规模数据高效、可靠地组织起来,为上层行业应用提供智能的支撑平台。数据库系统以及其后发展起来的各种海量存储技术已经广泛应用于IT、金融、电信、商业等行业。面对海量信息,如何有效地组织和查询数据是核心问题。近两年来,“大数据”成为炙手可热的明星词汇,学术界和工业界都在探索和实现对超大规模数据的利用。

行业应用则主要包含各类应用服务,如监控服务、智能电网、工业监控、绿色农业、智能家居、环境监控、公共安全等。在高性能计算和海量存储技术的支撑下,综合服务将大规模数据高效、可靠地组织起来,为行业应用提供智能的支撑平台。

综合服务应用层的主要功能是信息处理、应用集成、云计算、解析服务、网络管理、智能控制和 Web 服务等。例如采用了“云计算”技术的运用,可以对数以亿计的各类物品进行实时动态管理。云计算平台相当于物联网的“大脑”,如图 1.3 所示。

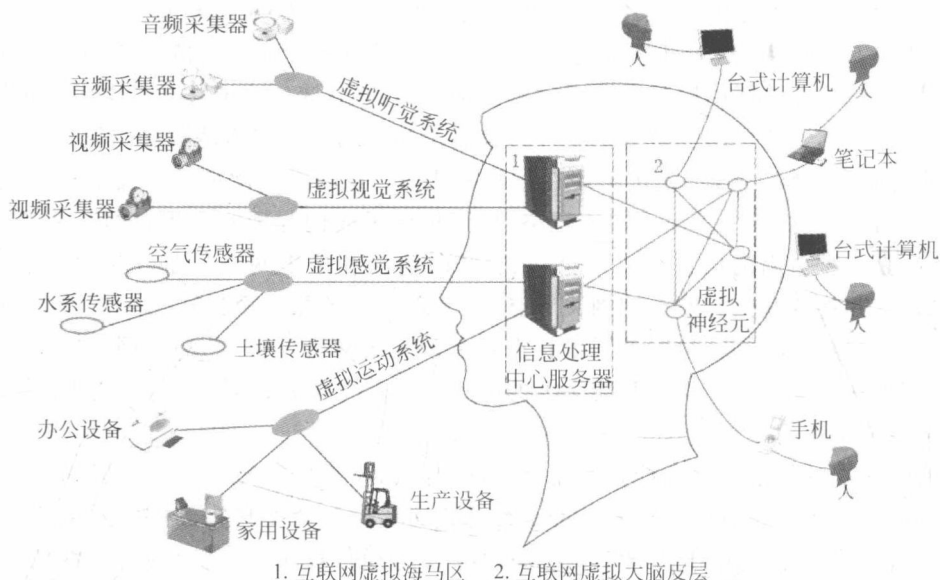


图 1.3 云计算平台相当于物联网的“大脑”

云计算的核心思想,是将大量用网络连接的计算资源统一管理和调度,构成一个计算资源池向用户按需服务。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。云计算是网格计算、分布式计算、并行计算、效用计算、网络存储、虚拟化和负载均衡等传统计算机和网络技术发展融合的产物。

云计算平台作为海量感知数据的存储、分析平台,将是物联网网络传输层的重要组成部分,也是技术支撑层和应用接口层的基础。在产业链中,通信网络运营商将在物联网网络层占据重要的地位。而正在高速发展的云计算平台将是物联网发展的又一助力。

行业应用是综合服务应用层根据用户的需求,构建面向各类行业实际应用的管理平台和运行平台,并根据各种应用的特点集成相关的内容服务。为了更好地提供准确的信息服务,必须结合不同行业的专业知识和业务模型,以完成更加精细和准确的智能化信息管理。如对自然灾害、环境污染等进行预测预警时,需要相关生态、环保等多学科领域的专门知识和行业专家的经验。行业应用是物联网和用户(包括人、组织和其他系统)的接口,与行业需求结合,实现物联网的智能应用。

物联网各层之间既相对独立又联系紧密。同一层次上的不同技术互为补充,以便适用于不同应用环境。而不同层次间需要提供各种技术的配置和组合,根据应用需求,构成完整的解决方案。总而言之,物联网设计方案与技术的选择应该以实际应用为导向,根据具体的需求和环境,选择合适的感知、识别与控制技术、联网技术和信息处理技术。