



制造物联技术

廖文和 郭宇 著



科学出版社

制造物联技术

廖文和 郭宇 著

科学出版社

北京

内 容 简 介

物联网技术被看作是机械化、电力和信息化革命之后又一次全球革命性浪潮的核心技术,为实现物体的智能化识别、定位、跟踪、监控和管理提供了很好的解决方案。本书共由五部分构成:第一篇介绍了物联网技术的基本概念以及涉及的技术体系;第二篇结合离散制造业的生产运行模式,系统介绍了制造物联技术体系;第三篇对制造物联的关键技术进行分析,包括智能标识技术、编码技术、中间件技术、无线传感网技术、实时定位技术、大数据融合技术和安全隐私保护技术等;第四篇通过相关案例分析制造物联技术的应用;第五篇通过不同企业的实际应用案例分析了制造物联的实施前景和发展趋势。

本书可供机械工程、工业工程、企业管理等领域的研究人员和工程技术人员阅读,也可作为上述专业研究生的选修课教材。

图书在版编目(CIP)数据

制造物联技术/廖文和,郭宇著. —北京:科学出版社,2017.5

ISBN 978-7-03-052720-2

I. ①制… II. ①廖…②郭… III. ①互联网络-应用-制造业-研究
②智能技术-应用-制造业-研究 IV. ①TP393.4②TP18③F416.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2017) 第 091786 号

责任编辑:惠 雪 王 希/责任校对:赵桂芬
责任印制:张 倩/封面设计:许 瑞

科学出版社出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

文林印务有限公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2017年6月第 一 版 开本:720×1000 1/16

2017年6月第一次印刷 印张:21 3/4

字数:438 000

定价:99.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换)



廖文和，男、教授、博士生导师，南京理工大学副校长。中国宇航学会常务理事、中国航空学会常务理事、中国增材制造产业联盟专家委员会委员，江苏省高端制造装备与技术工程实验室主任、南京理工大学中德增材制造技术联合实验室主任。长期从事航空航天产品数字化设计制造技术基础与重大型号工程应用、增材制造技术、微纳卫星等领域的研究。先后主持和完成了国家奖 / 省部级重大科研项目 10 余项，获国家科技进步二等奖、三等奖各 1 项，省部级科技进步奖一等奖、二等奖 9 项。先后获得全国优秀科技工作者、国家“万人计划”领军人才、江苏省劳动模范、江苏省有突出贡献中青年专家、江苏省“333 人才工程”中青年首席科学家等荣誉称号。



郭宇，男、教授、博士生导师，南京航空航天大学机电学院副院长，江苏省数字化设计制造工程技术研究中心副主任。江苏省青蓝工程骨干教师、江苏省 333 高层次人才培养对象。中国机械工程学会高级会员、江苏省智能制造服务联盟副理事长、江苏省企业技术改造协会智能制造工作委员会副主任委员、南京市数字化设计制造学会理事。《Journal of Engineering and Technology Research》《计算机辅助设计与图形学学报》《计算机集成制造系统》等国内外期刊审稿专家。长期从事数字化 / 智能制造技术、制造过程仿真技术等方向研究。承担和完成了包括国家重大科技专项、国家 863 项目、国家自然科学基金、国防基础科研重大 / 重点项目等各类国家级、省部级科技项目 20 余项，获得国家级、省部级等各类成果奖励十余项。发表论文 80 余篇，获得软件著作权和专利 20 余项，指导博（硕）士研究生 40 余名。



前言

随着新一代网络信息技术的快速发展,制造业面临的市场环境和社会环境发生了重大改变,传统的制造模式难以满足制造产品的复杂性和用户需求的多样性对研制周期提出的高效性需求,因此建立智能化、透明化、柔性化的新型制造系统十分迫切,基于物联感知的制造过程可视化和智能化成为解决上述问题的关键途径。

物联网是在互联网的基础上延伸和扩展的一种网络,是“物与物相连的互联网”,制造物联是物联网与先进制造技术的深度融合,是未来制造业发展的重要趋势之一,也是实现智能制造以及数字化工厂的关键技术。制造物联是将嵌入式技术、网络技术、自动识别技术等电子信息技术与制造技术相融合,实现对制造资源、制造信息与制造活动的全面感知、精准控制和透明化管理的一种新型制造模式,是推动制造系统向服务化、智能化、绿色化方向发展的重要力量。

本书以国防基础科研“十二五”重点科研专项项目为依托,结合上海航天某院生产的实际情况,分析了离散制造车间物联网技术的应用场景,建立了制造物联网系统架构,以 RFID 技术为主要标识技术,研究了制造物联网相关关键技术。所涉及内容均来自作者及课题组成员自 2011 年以来的研究成果。全书共 5 篇 18 章。其中,第一篇(第 1~2 章)介绍了物联网技术的基本概念以及涉及的技术体系,并在此基础上分析了物联网技术在制造业的应用现状和发展趋势,阐明了制造物联技术对于国防建设和发展的重要意义;第二篇(第 3~5 章)结合离散制造业的生产运行模式,提出了面向离散制造业的制造物联体系结构、功能框架、网络层次以及数据管理模型,系统介绍了制造物联技术体系;第三篇(第 6~12 章)分析了制造物联的关键技术,包括智能标识技术、编码技术、中间件技术、无线传感网技术、实时定位技术、大数据融合技术和安全隐私保护技术等;第四篇(第 13~17 章)通过相关案例分析制造物联技术的应用,包括:基于 RFID 的离散制造过程动态调度、基于 UWB 定位的配送车辆动态调度、基于 RFID 的生产要素实时定位与跟踪追溯、离散制造过程实时监控等;第五篇(第 18 章)通过不同企业的实际应用案例分析了制造物联的实施前景和发展趋势。

全书章节结构规划、统稿工作由廖文和教授和郭宇教授完成,其中第 1~5 章由郭宇、谢欣平编写,第 6~9 章由郭宇、谢欣平、黄少华等编写,第 10、14、15 章由谢欣平、姜佳俊、年丽云等编写,第 11~13 章由黄少华、孙庆义、年丽云等编写,第 16~18 章由谢欣平、年丽云、袁柳阴、胡勇金等编写。与本书内容相关

的研究工作得到了国防基础科研重点项目 (A2520110003)、国家自然科学基金项目 (51575274) 的支持,感谢孙晓东、闫振强、蒋磊、张小瑞、陆坤、李思国、吴旗在参与上述项目研究工作中所作出的贡献。

制造物联技术的发展十分迅速,且限于作者的学术水平和专业范围,书中疏漏和不妥之处在所难免,敬请读者批评指正。

廖文和 郭 宇

2017 年 1 月

目 录

前言

第一篇 物联网概论

第 1 章 物联网简介	3
1.1 物联网的定义	3
1.2 物联网的特点	4
1.3 物联网的体系结构	6
1.4 物联网的关键技术	7
1.5 物联网的发展趋势	10
第 2 章 制造物联发展与应用	12
2.1 制造企业信息化现状	12
2.2 制造物联国内外发展现状	14

第二篇 制造物联技术体系

第 3 章 离散制造业运行模式	19
3.1 离散制造业特点	19
3.2 离散制造业生产模式	21
3.3 制造业与物联网融合的必要性的	24
第 4 章 制造物联系统结构	29
4.1 制造物联生产目的	29
4.2 制造物联体系结构	31
4.3 制造物联功能框架	35
4.4 制造物联生产网络	38
4.5 制造物联数据运行模式	40
第 5 章 制造物联技术体系	42
5.1 制造车间物联组网技术	42
5.2 车间实时信息采集技术	44
5.3 现场物料定位技术	46

5.4 现场实时数据分析与管理方法	47
5.5 现场制造数据管理平台	50
5.6 移动式智能数据终端开发技术	51
5.7 基于紧密集成模式的应用集成接口技术	52

第三篇 制造物联关键技术

第 6 章 基于 RFID 的电子标识技术	57
6.1 制造行业常用自动识别技术	57
6.2 RFID 的基本原理及数据结构	59
6.3 RFID 在制造应用中存在的问题分析	60
第 7 章 制造物联数据编码技术	65
7.1 制造物联网编码概述	65
7.2 制造物联网编码技术	66
第 8 章 面向离散制造业的中间件技术	70
8.1 RFID 中间件概述	71
8.2 面向制造业的 RFID 中间件的结构	76
8.3 中间件硬件集成技术	83
8.4 制造业 RFID 中间件与企业系统的集成技术	86
第 9 章 面向制造业的无线传感网技术	89
9.1 无线传感网技术概述	89
9.2 WSN 在制造业的应用分析	101
第 10 章 实时定位技术	111
10.1 实时定位技术概述	111
10.2 实时定位技术常用定位方法	119
10.3 制造业与实时定位技术	130
第 11 章 制造业过程状态大数据融合技术	136
11.1 制造过程技术状态概述	136
11.2 制造过程技术状态数据管理模型	143
11.3 制造过程技术状态大数据融合实施方法	158
第 12 章 制造物联安全技术	175
12.1 制造业的安全要求	175
12.2 物联网安全特点与面临的安全威胁	176
12.3 物联网安全机制	179

第四篇 制造物联网应用举例

第 13 章 基于 RFID 的动态调度	197
13.1 动态调度技术	197
13.2 基于 RFID 的动态调度方案	199
13.3 基于 RFID 的最小时间成本的动态调度算法	206
第 14 章 基于 UWB 的实时定位系统	216
14.1 超宽带技术概述	216
14.2 超宽带实时定位技术研究现状	219
14.3 Ubisense 实时定位系统	220
14.4 基于 UWB 的自动导引小车设计	226
第 15 章 RFID 实时定位系统	234
15.1 离散制造车间 RFID 实时定位系统架构	234
15.2 离散制造车间 RFID 实时定位方法	241
15.3 定位精度的提高和测试	245
15.4 离散制造车间实时定位原型系统开发	263
第 16 章 基于物联网的离散制造过程实时监控	270
16.1 基于物联网的离散制造过程实时监控	270
16.2 基于物联网的离散制造过程实时监控数据模型	274
16.3 基于物联网的离散制造过程事件处理	286
第 17 章 制造物联网应用案例分析	303
17.1 富士通株式会社那须工厂的超高频 RFID 实施方案	303
17.2 汽车相关产业 RFID 应用方案	305
17.3 某企业应用案例	311

第五篇 总结与展望

第 18 章 制造物联的前景与趋势	323
18.1 制造业物联网应用问题分析	323
18.2 西门子的工业 4.0	324
18.3 制造物联的发展趋势	326
参考文献	328
索引	339

第1章 物联网简介

互联网的快速发展使世界各地的人们能够打破时间和空间的限制进行自由的交流,而物联网技术则更进一步将物与物之间进行有效的联系。物联网(Internet of things, IOT)是一个基于互联网、传统网等通信承载体,使所有能够被独立寻址的物体都连接到实现互联互通的网络。物联网和互联网有着本质的区别,互联网是连接现实世界的网络,而物联网是连接物理的、真实世界的网络。物联网是无所不在的网络存在,结合信息技术和射频识别(Radio Frequency Identification, RFID)技术而建立起来的一组物体与事物之间的互联网,是继计算机、互联网与移动通信网之后的又一网络产业浪潮,是一个全新的技术领域。

2015年4月,《中国制造2025》正式发布,物联网正式成为国家战略性新兴产业。项目旨在支持工业转型升级,提升制造业核心竞争力,促进制造业提质增效,推动物联网是这一革命性项目中最为用到的应用技术。

本章主要对物联网的定义、特点、体系结构、相关关键技术进行简要概述,并阐述其未来的发展趋势。

1.1 物联网的定义

随着各种传感网络技术、信息技术、网络技术的发展,物联网技术应运而生。1995年比尔·盖茨在《未来之路》一书中提及物物互联,1998年麻省理工学院(MIT)提出了物联网概念 EPC 系统的物联网构想。1999年,在商品编码(RFID)技术的基础上,Auto-ID 联盟提出了物联网的构想。2005年,11月17日,在荷兰斯举行的未来信息社会峰会上,国际电信联盟发布了《ITU 互联网报告 2005-物联网》,其在报告中将以物联网为重心技术已属这个时代重要标志。

2009年,麻省理工学院的麻省识别实验室首先提出了物联网(Internet of things, IOT)这一概念。物联网是在互联网的基础上,利用 RFID 技术、传感技术、无线通信技术构建一个覆盖过程万物联网的网络,在这个网络中,物体能够相互通信而无需人工干预。物联网让世界上每一个物理对象在网络上相互连接,构造出一个无所不在的网络世界,使世界所有物品都互联。

从技术层面上看,物联网技术主要是通过射频识别(RFID)、传感器、全球定位系统、激光扫描器等组成的信息感知系统,采集各种需要的数据信息,再通过互联网等网络将数据传送到信息中心进行记录,最后来综合分析处理的最终效果。

第1章 物联网简介

互联网的快速发展使世界各地的人们能够打破时间和空间的限制进行自由的交流,而物联网技术顾名思义是将物与物之间进行有效的联系。物联网(internet of things, IOT)是一个基于互联网、传感网等信息承载体,让所有能够被独立寻址的普通物理对象实现互联互通的网络。物联网和互联网有着本质的区别,互联网是连接虚拟世界的网络,而物联网是连接物理的、真实世界的网络。物联网是利用无所不在的网络技术,整合传感技术和射频识别(radio frequency identification, RFID)技术而建立起来的物理对象之间的互联网,是继计算机、互联网与移动通信网之后的又一次信息产业浪潮,是一个全新的技术领域。

2013年4月,“工业4.0”项目在德国汉诺威工业博览会上被正式推出^[1],这一项目旨在支持工业领域新一代革命性技术的研发与创新,以此引发第四次工业革命。物联网正是这一革命性项目中必须用到的应用技术。

本章主要对物联网的定义、特点、体系结构、相关关键技术进行简要概述,并指出其未来的发展趋势。

1.1 物联网的定义

随着各种传感器技术、信息技术、网络技术的发展,物联网技术应运而生。1995年比尔·盖茨在《未来之路》一书中提及物物互联。1998年麻省理工学院(MIT)提出了当时被称作EPC系统的物联网构想。1999年,在物品编码RFID技术的基础上,Auto-ID公司提出了物联网的概念。2005年11月17日,在突尼斯举行的信息社会世界峰会上,国际电信联盟发布了《ITU 互联网报告 2005: 物联网》,其在报告中称以物联网为核心技术的通信时代就要来临。

1999年,麻省理工学院的自动识别实验室首先提出了物联网(internet of things, IOT)这一概念^[2]。物联网是在互联网的基础上,利用RFID技术、传感技术、无线通信技术构建一个涵盖世界万物的网络。在这个网络中,物体能够相互通信而无需人工干预。物联网让世界上每一个物理对象在网络中相互连接,描绘出一个互联网延伸到现实世界、囊括所有物品的愿景。

从技术层面上讲,物联网技术就是通过射频识别(RFID)、传感器、全球定位系统、激光扫描器等前端的信息采集系统,采集各种需要的数据信息,再通过互联网等网络技术将数据传输到云计算中心进行处理,最后根据分析处理的最终结果

对前端进行智能化的控制。从应用层面上讲,物联网是指世界上所有的物体都连接到一个网络中,形成“物联网”,然后“物联网”与现有的互联网结合,实现人类社会与管理系统的整合,更加精细和生动地管理生产和生活。

物联网的英文名称为 internet of things, 由该名称可见,物联网就是“物与物相连的互联网”。这有两层意思:第一,物联网仍然以互联网作为基础和支撑,可以说物联网是在互联网的基础之上延伸和扩展的一种网络;第二,物联网将联系的范围扩展到了物与物之间,在很大程度上扩展了互联网之间的联系。在物联网当中存在大量的传感器以及监控设备等,通过这些设备进行信息的收集,将收集的信息通过互联网进行传输,同时对各种设备、物体进行智能化的控制。

物联网已经成为一个全球性关注的词语,因为物联网技术涉及信息技术的各个方面,所以称物联网技术是信息技术的第三次革命性创新。现如今,各国政府重视新一代技术的规划,纷纷将物联网作为信息技术发展的重点。2008年11月,题为《智慧地球:下一代领导人议程》的讲话由美国IBM公司总裁在纽约对外关系理事会上发表,他正式提出了“智慧地球”(smarter planet)的最新策略,并且希望在基础建设的执行中,植入“智慧”的理念,从而带动经济的发展和社会的进步,希望以此掀起“互联网”浪潮之后的又一次科技产业革命。2009年1月,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”,将“智慧地球”确认为美国的国家级发展战略。2009年,在欧盟委员会的资助下,《物联网战略研究路线图》和《RFID与物联网模型》等对物联网概念有重要推广作用的意见书由欧洲物联网研究项目工作组(CERP-IOT)制订。同年,日本针对物联网发展趋势也制订了i-Japan计划。2009年8月,温家宝同志来到江苏省无锡市,对中国科学院所属的高新传感网工程技术研发中心进行了考察,在认真参观了解后,提出了“感知中国”的想法,针对中国现状提出了要尽早策划未来发展,尽早掌握关键技术,并且指示尽早构建中国的传感信息技术中心;并提出“要尽全力掌握物联网、传感网的核心技术,提早对后IP时代相关的技术研发工作进行详细部署,借助信息网络产业的动力加快产业升级步伐,快速迈向信息社会”。随着中美两国领导人的表态,物联网作为“智慧地球”的核心技术之一,被各方提到空前的高度,备受关注,成为目前研究的热点。

1.2 物联网的特点

物联网源于对物品识别的需求,但在当前技术背景下,物联网所能够或者应该实现的功能目标,已经远远超过了简单的物品识别,其与传统网络相比具有的特点,需要从系统的角度去研究和思考。物联网的网络由诸多异构网络和多样化的终端设备组成,这种异构的特点决定了物联网与传统网络的诸多不同之处。

第一,物联网是各种感知技术的广泛应用。全面感知就是对物体的生存状态和环境信息的实时感知,包括近距离感知(通过传感器感知物理量)、远距离感知(通过网络传递感知信息)和双向感知。在物联网中,存在大量不同类型以及功能的传感器,每个传感器都是一个信息源,这些传感器为物联网提供大量的信息。由于传感器功能的差异,不同类别的传感器所捕获的信息内容和信息格式不同。而且传感器获得的数据具有实时性,需要按一定的频率周期性地采集环境信息,不断更新数据。

第二,物联网是一种建立在互联网上的泛在网络。可靠传输就是以互联网为基础,对需要联网的物体提供互联互通的网络,随时随地进行可靠的信息交互、信息反馈、自动化控制和智能自治管理。物联网技术的重要基础和核心依旧是互联网,通过各种有线和无线网络与互联网融合,将物体的信息实时准确地传递出去。在物联网上的传感器定时采集的信息需要通过网络传输,由于其数量极其庞大,形成了海量信息。这些设备搜集的大量信息需要由互联网进行传输,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。

第三,物联网不仅仅提供了传感器的连接,其本身也具有智能处理的能力,能够对物体实施智能控制。智能处理利用云计算技术,对感知数据和信息进行分析处理,评估物体的生存状态和环境改变,对物体实施相应的控制策略,进行信息施救,并对信息施救效果进行评估。物联网将传感器和智能处理相结合,利用云计算、模式识别等各种智能技术,使自动化的智能控制技术深入到各个领域。从传感器获得的海量信息中分析、加工和处理出有意义的信息,以适应不同用户的信息需求,发现新的应用领域和应用模式。

异构网络首先要解决的是不同网络与设备之间的协同能力和协同效率问题,这是决定物联网现实应用中的实用性和效率的最基本因素,也是其与传统的单一网络最大的不同。往往,对于具有一定智能特点的信息系统,其知识来源之一是用户的基本信息。用户的基本信息涉及内容很广,从用户的性别、年龄、职业,到用户接受服务时所处的服务环境(情境),再到用户的历史服务记录,这些都是进行有效的服务发现和挖掘的基础数据。而物联网这种异构网络的集合,完全可以从诸多不同的角度获取上述数据。以智能楼宇为例,一个完善的物联网系统完全可以通过全球定位系统确定用户所在大楼的地理位置,通过无线传感器网络获取用户所处位置(比如楼内设施位置),甚至使用无线射频技术获得用户在楼内活动的路径信息。以此为基本信息,结合以往对该用户的服务记录,可以更精确地确定此次服务的服务内容,如消息推送的内容。

物联网由于异构特点,无法使用统一的网络标准来衡量其物理性能。因此,有必要研究适用于物联网的网络服务质量评估方法,来评估物联网在实际运行过程中的性能表现。对其性能的量化评估,可以实现对物联网系统的反馈调节,提升服

务器效率和整体性能,还可以结合传统网络的物理性能,有效寻找特定物联网系统在性能方面的瓶颈因素。

在安全方面,物联网也面临着比传统网络更严峻的考验。诸多异构网络,任何一个环节出现信息安全问题,整个物联网都会面临安全威胁。而且异构网络的协同过程更是增加了潜在的信息安全风险。

1.3 物联网的体系结构

目前,物联网还没有一个被广泛认同的体系结构,但是,我们可以根据物联网对信息感知、传输、处理的过程将其划分为三层结构,即感知层、网络层和应用层,具体体系结构如图 1.1 所示。

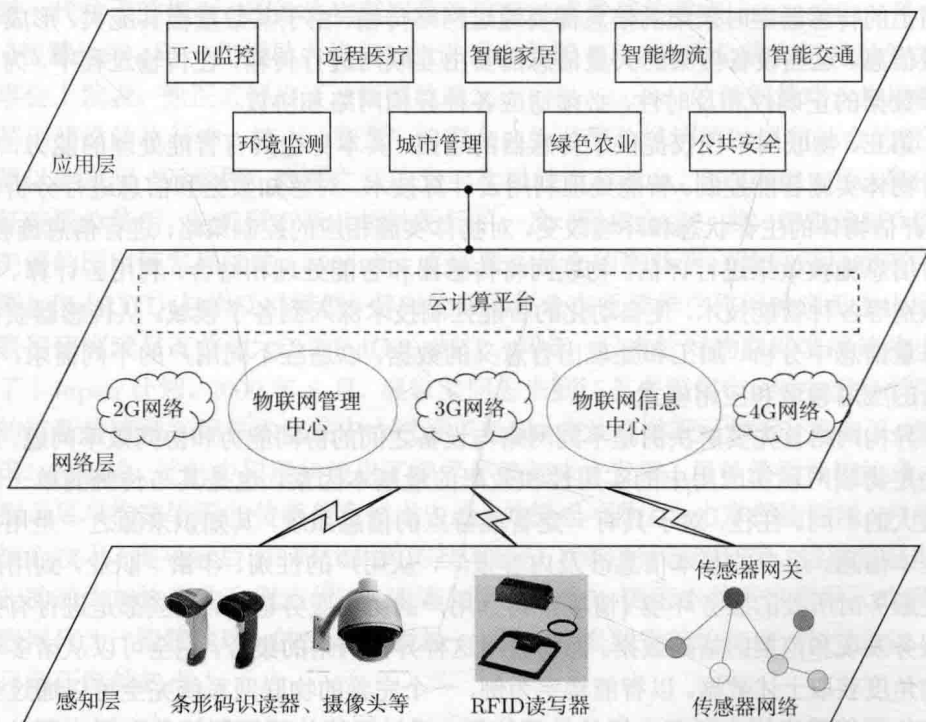


图 1.1 物联网体系结构

1.3.1 感知层

物联网中由于要实现物与物和人与物的通信,感知层是必需的。感知层在物联网中属于信息搜集的主要部分,主要用于对物理世界中的各类物理量、标识、音频、视频等数据的采集与感知。数据采集主要由各种型号以及功能不同的传感器、RFID

读写器、条形码识读器等组成,这些传感器相当于人体的感觉器官,负责感知外界的信息,对各种信息进行分析识别,收集有用信息,为后续工作的开展奠定基础。感知层的关键技术包括传感器、RFID、GPS、自组织网络、传感器网络、短距离无线通信等。感知层必须解决低功耗、低成本和小型化的问题,并向更高的灵敏度、更全面的感知能力方向发展。

1.3.2 网络层

物联网的网络层主要进行信息的传送。网络层主要是依靠传统的互联网,同时结合广电网、移动通信网等,能够在第一时间将各种传感器搜集的信息进行传输,并由云计算平台对传输过来的信息进行分析和计算,从而做出相应的判断。主要用于实现更广泛、更快速的网络互连,从而把感知到的数据信息可靠、安全地进行传送。目前能够用于物联网的通信网络主要有互联网、无线通信网、卫星通信网与有线电视网。物联网中有许多设备需要接入,因此物联网必须是异构泛在的。由于物体可能是移动的,因此物联网的网络层必须支持移动性,从而实现无缝透明的接入。

1.3.3 应用层

应用层主要包括应用支撑平台子层和应用服务子层。应用支撑平台子层用于支撑跨行业、跨应用、跨系统之间的信息协同、共享和互通。应用服务子层包括智能交通、智能家居、智能物流、智能医疗、智能电力、数字环保、数字农业、数字林业等领域。通过各种终端设备能够及时地获取物联网传递的信息。人们可以通过应用层的接入终端及时地获取物联网中丰富的信息。当前,物联网技术不断发展,相应的控制领域也在不断扩大,对于人们生活和生产的作用也越来越大。

物联网是新一代信息技术的重要组成部分,其关键环节可以归纳为全面感知、可靠传送、智能处理。全面感知是指利用射频识别(RFID)、GPS、摄像头、传感器、传感器网络等技术手段,随时随地对物体进行信息采集和获取。可靠传送是指通过各种通信网络、互联网随时随地进行可靠的信息交互和共享。智能处理是指对海量的跨部门、跨行业、跨地域的数据和信息进行分析处理,提升对物理世界、经济社会各种活动的洞察力,实现智能化的决策和控制。相比互联网具有的全球互联互通的特征,物联网具有局限性和行业性特征。

1.4 物联网的关键技术

物联网涉及的新技术很多,其中的关键技术主要有RFID技术、传感器技术、网络通信技术和云计算等。