

巍巍交大 百年书香  
www.jiaodapress.com.cn  
bookinfo@sjtu.edu.cn



策划编辑 张云鹏  
责任编辑 胡思佳 柳卫清  
封面设计 黄燕美

# 物联网 导论

WULIANWANG  
DAOLUN



中等职业学校电气系列教材  
中等职业教育新形态一体化教材

中等职业学校电气系列教材  
中等职业教育新形态一体化教材

# 物联网 导论

● 主编 贾利霞 肖彦臣  
● 主审 朱 强

物联网导论

主编 贾利霞 肖彦臣



上海交通大学出版社  
SHANGHAI JIAO TONG UNIVERSITY PRESS

免费提供

★★★ 精品教学资料包

服务热线: 400-615-1233  
www.huatengzy.com



扫描二维码  
关注上海交通大学出版社  
官方微信

ISBN 978-7-313-27270-6



9 787313 272706 >

定价:45.00元



上海交通大学出版社  
SHANGHAI JIAO TONG UNIVERSITY PRESS

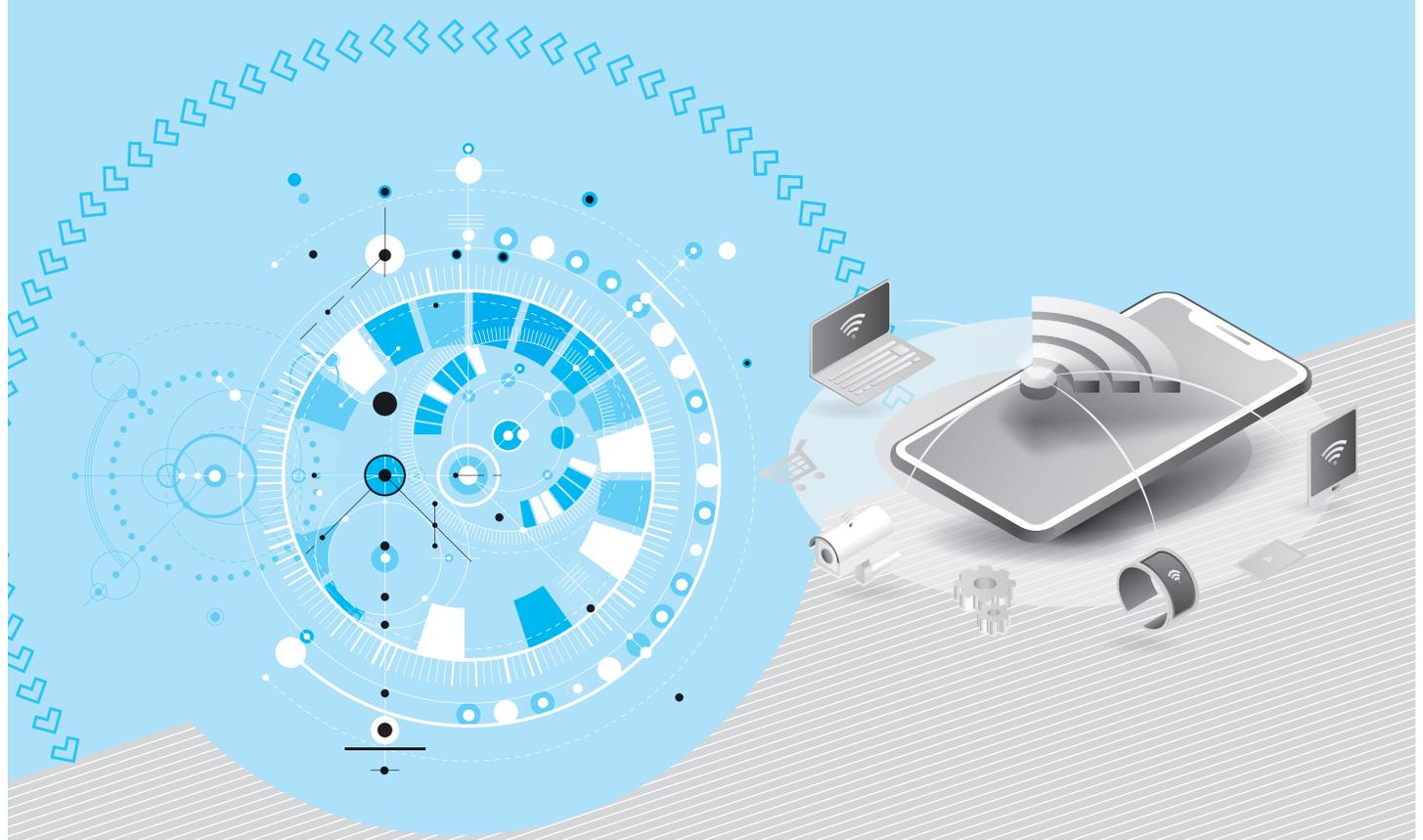


中等职业学校电气系列教材  
中等职业教育新形态一体化教材

# 物联网

## 导论

- 主 编 贾利霞 肖彦臣
- 副主编 程 洁 张世勇
- 主 审 朱 强



上海交通大学出版社  
SHANGHAI JIAO TONG UNIVERSITY PRESS

## 内容提要

本书共有八个单元,主要包括物联网概述、自动识别技术、无线传感器网络、移动通信技术、云计算、物联网应用、物联网安全和智慧地球。

本书既可作为中等职业学校物联网技术应用专业学生的教材,也可作为其他专业的学生或相关领域的工程人员的参考资料。

## 图书在版编目(CIP)数据

物联网导论 / 贾利霞,肖彦臣主编. — 上海:上海交通大学出版社,2022.8

ISBN 978-7-313-27270-6

I. ①物… II. ①贾… ②肖… III. ①物联网—中等专业学校—教材 IV. ①TP393.4 ②TP18

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2022)第 148140 号

### 物联网导论

WULIANWANG DAOLUN

主 编:贾利霞 肖彦臣

出版发行:上海交通大学出版社

邮政编码:200030

印 制:三河市骏杰印刷有限公司

开 本:787 mm×1 092 mm 1/16

字 数:208 千字

版 次:2022 年 8 月第 1 版

书 号:ISBN 978-7-313-27270-6

定 价:45.00 元

地 址:上海市番禺路 951 号

电 话:021-64071208

经 销:全国新华书店

印 张:14.5

印 次:2022 年 8 月第 1 次印刷

版权所有 侵权必究

告读者:如您发现本书有印装质量问题请与印刷厂质量科联系

联系电话:0316-3662258



物联网(Internet of things, IoT)是一个基于互联网、传统电信网等信息承载体,使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。简单来说,物联网就是物物相连的互联网。物联网的核心技术依然是互联网,它只是在互联网基础上的延伸和扩展,其用户端延伸和扩展到很多物品与物品之间,非常有利于信息交换和通信。物联网技术可追溯到 20 世纪 90 年代,经过多年的成长与发展,已经与互联网形成了密不可分的关系。

物联网技术是一个跨学科的专业,是计算机网络的延伸拓展应用,主要结合了计算机网络、传感器、自动识别、无线通信、云计算等各领域的重要技术。

近年来,随着物联网技术的快速发展,人们逐渐意识到中等职业学校物联网技术应用专业的特殊性,并且随着该专业的不断完善,很有必要开设一门物联网技术的导论课程,使刚刚进入物联网技术应用专业的学生对物联网有一个基本的认知。由于初学者还没有进行过专业的训练,因此导论课程涉及的技术应该以科普的形式出现,既有利于教师授课,也有利于学生学习。

本书共有八个单元,主要内容包括物联网概述、自动识别技术、无线传感器网络、移动通信技术、云计算、物联网应用、物联网安全和智慧地球。

本书具有以下特点:

(1)科普性质。本书以翔实的素材为基础,讲述了物联网的产生及发展,对物联网的支撑技术进行科普性的介绍。

(2)知识面广。本书以大量的应用实例为依托,说明了物联网技



术在工农业生产中的重要作用及在生产生活中的广泛应用。

(3)浅显易懂。本书适当减少了对专业知识的讲解,增加了大量的应用实例,着重体现了物联网的广泛性和实用性。

本书由安阳市中等职业技术学校贾利霞、肖彦臣任主编,由安阳市中等职业技术学校程洁、张世勇任副主编,安阳市中等职业技术学校张锰、张军、原旺周、崔红参与了编写工作。本书由安阳市中等职业技术学校朱强主审。本书的具体编写分工为:单元一由贾利霞、肖彦臣编写,单元二、单元三和单元七由贾利霞、程洁编写,单元四由张锰、张军编写,单元五由肖彦臣、张世勇编写,单元六由程洁、原旺周编写,单元八由贾利霞、崔红编写。

由于编者的水平有限,书中难免存在不足之处,敬请广大读者积极提出宝贵的意见,以便再版时修订。

编者



# 目录 Contents

<b>单元一</b>	<b>物联网概述</b>	<b>1</b>
	模块一 初识物联网	2
	模块二 物联网的相关知识	7
	模块三 物联网的发展	16
	模块四 物联网相关的产业体系和物联网技术的应用领域	25
	思考与练习	33
<b>单元二</b>	<b>自动识别技术</b>	<b>34</b>
	模块一 自动识别技术概述	35
	模块二 条形码技术	36
	模块三 射频识别技术	47
	模块四 机器视觉技术	56
	模块五 生物识别技术	57
	思考与练习	71
<b>单元三</b>	<b>无线传感器网络</b>	<b>72</b>
	模块一 传感器技术	73
	模块二 无线传感器网络概述	79
	模块三 无线通信技术	83
	思考与练习	102



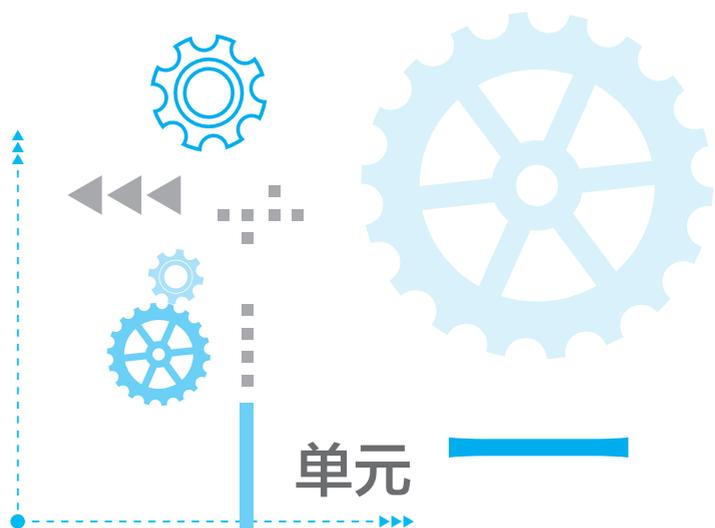
<b>单元四</b>	<b>移动通信技术</b>	<b>103</b>
	模块一 移动通信技术的发展历程	104
	模块二 移动通信技术的类型	106
	模块三 移动互联网	120
	思考与练习	125
<b>单元五</b>	<b>云计算</b>	<b>127</b>
	模块一 云计算概述	128
	模块二 云计算的发展	131
	模块三 云计算的技术	134
	模块四 云计算的价值及应用	140
	模块五 云安全	144
	思考与练习	151
<b>单元六</b>	<b>物联网应用</b>	<b>152</b>
	模块一 智能交通	153
	模块二 智能家居	164
	模块三 智能物流	171
	模块四 智慧医疗	177
	模块五 智慧农业	183
	思考与练习	194
<b>单元七</b>	<b>物联网安全</b>	<b>195</b>
	模块一 物联网安全概述	196
	模块二 保障物联网安全的关键技术	200
	模块三 物联网安全管理	207
	思考与练习	210
<b>单元八</b>	<b>智慧地球</b>	<b>211</b>
	模块一 “智慧地球”概述	212
	模块二 “智慧地球”的特征	214



模块三 “智慧地球”的架构	215
模块四 “智慧地球”的重要作用	216
模块五 “智慧地球”的实际应用价值	219
思考与练习	222
<b>参考文献</b>	<b>223</b>







单元

## 物联网概述

物联网是现代信息技术发展到一定阶段后出现的一种聚合性应用与技术提升,是将各种感知技术、现代网络技术和各种人工智能、自动化技术聚合与集成的应用,其目的是使人与物能够智慧通话,创造一个智慧的世界。

近几年来,物联网技术受到了人们的广泛关注。随着全球经济一体化进程的快速推进和电子技术、网络技术的快速发展,物联网作为新一代信息技术的重要组成部分,具有十分广阔的应用前景。



## 一、物联网的定义

物联网的概念早在 1999 年就被提出来了。国际电信联盟(International Telecommunication Union , ITU)在 2005 年将其定义为:通过射频识别(radio frequency identification,RFID)装置、红外感应器、全球定位系统(global positioning system,GPS)、激光扫描器等传感设备,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。

物联网是以计算机科学为基础,集网络、电子、射频、感应、无线、人工智能、条码、云计算、自动化、嵌入式等技术为一体的综合性技术及应用。它将孤立的物品(如冰箱、汽车、电子设备、家具等)接入网络世界,使它们之间相互交流,使人们可以通过软件系统操纵它们,让它们变得“鲜活”起来。物联网与人们的生活紧密相关,并将推动人类生活方式的变革。

物联网被视为互联网的应用扩展。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。在现阶段,物联网是借助各种信息传感技术、信息传输和处理技术使管理对象的状态能够被感知、被识别而形成的局部应用网络。在不远的将来,物联网是将这些局部应用网络通过互联网和通信网连接在一起而形成的人与物、物与物相联系的一个巨大网络,是感知地球、感知世界万物的基础设施。

## 二、物联网的起源和演进

物联网的提出、应用和发展经历了多次变革和演进,历年来的主要大事简单介绍如下:

1990 年,施乐公司推出了网络可乐贩售机,这是物联网实践的最早案例。

1995 年,比尔·盖茨在《未来之路》一书中提及“物联网”。

1999 年,美国麻省理工学院的教授凯文·阿什顿(Kevin Ashton)首次提出了物联网的概念,美国麻省理工学院建立了自动识别中心(Auto-ID Center),提出“万物皆可通过网络互联”,阐明了物联网的基本含义。在美国召开的移动计算和网络



国际会议上,“传感网(全称为传感器网络)是 21 世纪人类面临的又一个发展机遇”被正式提出。

2003 年,美国《技术评论》杂志提出传感网技术将是未来改变人们生活的十大技术之首。

2004 年,日本总务省提出了 U-Japan 计划,力求实现人与人、物与物、人与物之间的连接,要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上,国际电信联盟发布了《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。

2006 年,韩国确立了 U-Korea 计划,旨在建立无所不在的网络社会,在民众的社会生活环境中建设智能型网络(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。

2008 年 11 月,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。创新 2.0 形态的形成又进一步推动了新一代信息技术的健康发展。

2009 年 1 月 28 日,国际商业机器公司(International Business Machines Corporation, IBM)首席执行官彭明盛首次提出了“智慧地球”(smarter planet)的概念,建议新政府投资新一代智慧型基础设施。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,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,如图 1-1 所示。



图 1-1 IBM“智慧地球”

2009年8月,“感知中国”的概念被提出,物联网被正式列为国家五大新兴战略性新兴产业之一,被写入《政府工作报告》。物联网在我国受到了全社会极大的关注。

2011年,工业和信息化部印发了《物联网“十二五”发展规划》。

2012年3月,由我国提交的“物联网概述”标准草案经国际电信联盟审议通过,成为全球第一个物联网总体标准,我国在国际物联网领域的话语权进一步增强。

2013年,我国物联网产业规模突破6000亿元,在芯片、通信协议、网络管理等领域取得了一系列创新成果,形成了包括芯片和元器件厂商、设备商、系统集成商等较多门类的产业。

2014年6月,工业和信息化部发布了2014年物联网工作要点,要求重点突破核心关键技术,推进传感器及芯片技术、信息处理技术的研发。2014年9月,国际标准化组织(International Standards Organization, ISO)正式通过了由我国技术专家牵头提交的物联网参考架构国际标准项目。2014年11月,由全国信息分类与编码标准化技术委员会归口,中国标准化研究院等单位负责起草的国家标准《传感器分类与代码》发布。

2015年5月,国际标准化组织新成立的WG10物联网标准工作组正式确认,将同步转移原中国主导的物联网体系架构国际标准项目。

2015年8月,微软(Microsoft)公司正式发布了其基于Windows 10开发的、专门用于物联网设备的操作系统Windows 10 IoT Core。与电脑版系统相比,这一版本在系统功能、代码方面进行了大量的精简和优化,主要面向小体积的物联网设备。2015年9月,由中国物品编码中心主导完成的物联网编码国际标准《物联网标识体系 物品编码 Ecode》正式发布。

2016年10月21日,黑客利用网络摄像头、路由器和视频录像机等消费者连接设备攻击了网络域名服务提供商Dyn公司的服务器,导致超过1200个网站服务中断。这次分布式拒绝服务(distributed denial of service, DDoS)攻击暴露了很多物联网设备安全漏洞背后的风险,很多解决方案提供商呼吁制造商加强连接产品的安全保护措施。

2017年7月27日,英特尔(Intel)公司在北京举办了主题为“驾驭数据的力量,英特尔变革物联网”的2017金融物联网高峰论坛。此次论坛中,英特尔公司提出了互联网与金融深度跨界融合的整体解决方案与相关产品,助推传统金融向互联网金融全面发展,为中国金融行业注入了一股革命性力量。

2019年,物联网开发变得更便宜、更容易,也更被广泛接受,从而导致整个行



业掀起了一股创新浪潮。自动驾驶汽车不断改进,区块链和人工智能开始融入物联网平台,智能手机、宽带普及率的提高继续使物联网成为未来一个吸引人的价值主张。

2021年12月,LoRaWAN标准被国际电信联盟正式认可为全球物联网标准。

2021年9月,工业和信息化部办公厅印发《物联网基础安全标准体系建设指南(2021版)》。根据该指南,到2025年,推动形成较为完善的物联网基础安全标准体系。

### 三、物联网、互联网的区别与融合

尽管从某种意义上看,物联网就是互联网从人向物的延伸,但物联网和互联网还是有本质的区别的。想要通过互联网了解一个物体,必须先收集这一物体的相关信息,将其数字化后再放到互联网(服务器)上供人们浏览,人在这一过程中要做很多的工作,且难以动态了解物体的变化。物联网则让物体自己“说话”,通过在物体上植入各种微型感应芯片,借助无线通信网络,使其与现在的互联网相互连接,让其“开口”。不仅人可以与物体“对话”,物体与物体之间也能“交流”。

互联网是广域网、局域网及单机按照一定的通信协议组成的国际计算机网络。物联网是通过各种信息传感设备,针对任何需要监控、连接、互动的物体或过程,采集其声、光、热、电、力学、化学、生物、位置等各种需要的信息,与互联网结合形成的一个巨大网络。其作用是实现物与物、物与人、所有的物品与网络的连接,方便识别、管理和控制。物联网连接的是物理的、真实的世界,而互联网连接的是虚拟世界。未来物联网将与互联网充分互联、无缝整合,并与通信网一起,组成一个更加庞大、复杂的网络,实现物理世界与人类社会系统的全面互联互通。

物联网是互联网技术发展的结果。从大的范围来看,没有互联网,就没有物联网。物联网中物与物之间通过互联网的通信信道相互协调、控制、分析等。物联网的核心和基础仍然是互联网,物联网与互联网技术的发展和支撑关系如图1-2所示。其中,eMTC是指基于长期演进(long term evolution,LTE)的物联网技术,ZigBee是指基于IEEE802.15.4(IEEE即电气和电子工程师协会,详见后文)标准的低功耗局域网协议,PSTN是指公共交换电话网络,NB-IoT是指窄带物联网。



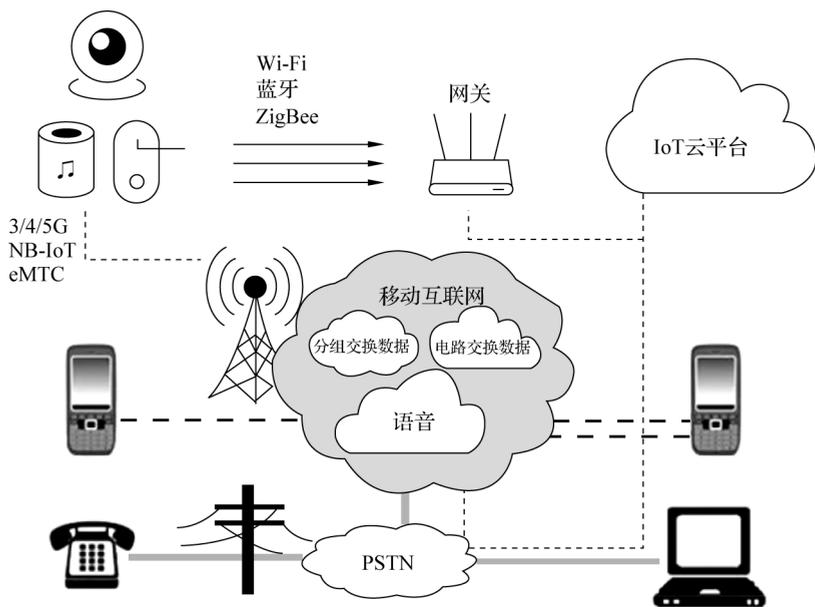


图 1-2 物联网与互联网技术的发展和支撑关系

#### 四、物联网对人们生活的影响

科技创新改变生活,物联网及人工智能必将为人们带来便利美好的生活。以前,物理基础设施和信息化基础设施是分开的,物理基础设施包括机场、公路、建筑物等,信息化基础设施包括数据中心、个人计算机、宽带等。现在,物联网把钢筋混凝土、电缆与芯片、宽带整合为统一的基础设施,世界在其上运转,具体包括社会管理、经济管理、生产运行乃至个人生活,人们将重新认识和思考自己所处的世界。

实现这一切的关键技术是射频识别技术。例如,在手机中嵌入 RFID-SIM 卡,手机内的信息传感设备就能与移动网络相连,不仅可以用于确认使用者的身份,还能提供费用支付、预约参观、彩票投注、航空订票等多种服务。可见,物联网在个人健康、智能电网、公共交通等方面的应用极其广泛。只要在特定物体中嵌入射频标签、传感器等设备,与互联网相连后,就能形成一个庞大的系统,借助这一系统,即使远在千里之外,人们也能轻松地获知和掌控物体的信息。

如今,在个人健康、交通控制、环境保护、公共安全、平安家居、智能消防、工业检测、老人护理等几乎所有的领域,物联网都在发挥作用,如图 1-3 所示。



图 1-3 物联网改变生活

物联网的本质是无线传感网。无线传感网是技术,物联网是经济。形象地说,物联网是动脉与静脉,无线传感网是信息化的毛细血管。互联网实现了人与人之间的沟通,改变了人们的生活方式;而物联网实现了物与物之间的沟通,其对于生活的影响几乎无处不在。网络的发展一日千里,互联网、移动通信网、电视网甚至电网的多网融合时代已经来临。物联网是多网融合时代的必然产物,它将人与人之间的沟通和连接扩展到了人与物、物与物的沟通和连接,智能化、网络化将使人们的工作、生活更加便捷和人性化。

## 模块二

# 物联网的相关知识

## 一、物联网的基本特征

物联网的基本特征主要有以下几点:

(1)全面感知。物联网通过射频识别、传感器、二维码、全球定位系统定位等相对成熟的技术感知、采集、测量物体信息。

(2)便利传输。物联网通过无线传感器网络、短距无线网络、移动通信网络等信息网络实现物体信息的分发和共享。

(3)智能处理。物联网通过分析和处理采集到的物体信息,针对具体应用提出新的服务模式,实现智能决策和控制。

## 二、物联网的分类

物联网按服务范围可分为以下几种：

- (1)私有物联网：一般面向单一机构内部提供服务。
- (2)公有物联网：基于互联网向公众或大型用户群体提供服务。
- (3)社区物联网：向一个关联的“社区”或机构群体提供服务。
- (4)混合物联网：上述两种或两种以上物联网的组合，但后台有统一的运维实体。

## 三、物联网的体系结构

依据信息生成、传输、处理和应用的环节不同，物联网的体系结构可由低到高分为4层，即感知识别层（简称感知层）、网络构建层（简称网络层）、平台层和综合应用层（简称应用层），如图 1-4 所示。图中，MCU 表示微控制单元，MEMS 表示微机电系统。

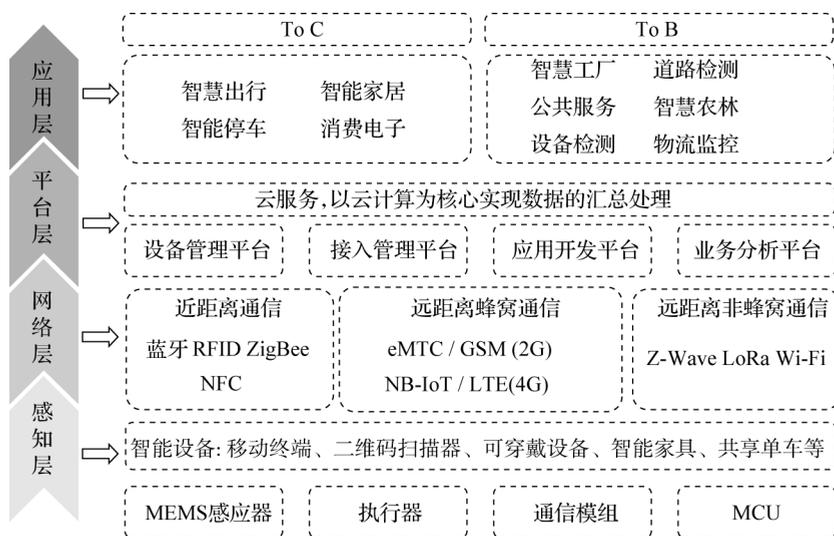


图 1-4 物联网的体系结构

### 1. 感知识别层

感知识别层完成数据采集与感知，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。传感器网络组网和协同信息处理技术实现对传感器、RFID 等数据采集技术所获取数据的短距离传输、自组网，以及多个传感器对数据的协同信息处理过程。图 1-5 所示为 RFID 在智慧交通中的应用场景。

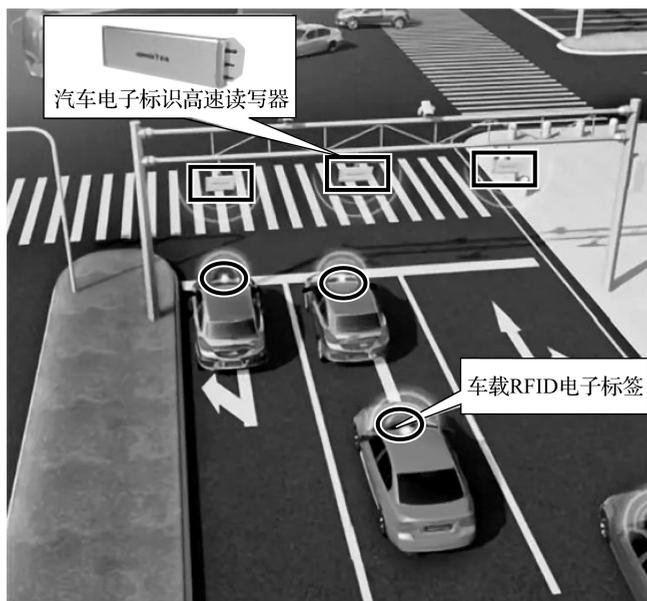


图 1-5 RFID 在智慧交通中的应用场景

## 2. 网络构建层

网络构建层主要用于把感知识别层收集到的信息安全可靠地传输到平台层,然后根据不同的应用需求进行信息处理,实现对客观世界的有效感知及有效控制。它将承担比现有网络更大的数据量和面临更高的服务质量要求。物联网中连接终端感知网络与服务器的桥梁便是各类承载网络,包括互联网、移动通信网、无线低速网和无线宽带网等网络形式。网络构建层要实现更加广泛的互联功能,把感知到的信息无障碍、高可靠性、高安全性地进行传送,需要将传感器网络与移动通信技术、互联网技术相融合。经过十余年的快速发展,移动通信、互联网等已比较成熟,基本能够满足物联网数据传输的需要。物联网网络构建层是在现有网络的基础上建立起来的,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,主要承担数据传输的任务。

## 3. 平台层

平台层位于网络构建层与综合应用层之间。当感知识别层产生的大量数据经过网络构建层被传送到综合应用层时,如果不经有效的整合、分析和利用,物联网就不可能发挥应有的作用。在提供数据存储、检索、分析、利用服务功能的同时,平台层还要提供信息安全、隐私保护与网络管理功能,在管理之中体现出服务的目的。物联网平台层的核心功能是完成数据的管理和处理,即通过云计算平台进行信息处理,实现对感知识别层采集数据的计算、处理和知识挖掘,从而实现对物理世界的实

时控制、精确管理和科学决策。

#### 4. 综合应用层

综合应用层主要包含应用支撑平台子层和应用服务子层。其中,应用支撑平台子层用于支撑跨行业、跨应用、跨系统的信息协同、共享、互通功能。应用服务层包括智能交通、智能医疗、智能家居、智能物流、智能电力等行业应用。综合应用层位于物联网体系结构的最顶层,其核心功能是应用,将数据与各行业应用相结合。例如,对于智能电网中的远程电力抄表应用,安置于用户家中的读表器就是感知识别层中的传感器,传感器在收集到用户的用电信息后,将其通过网络发送并汇总到发电厂的处理器上。该处理器及其对应的工作就属于综合应用层,它将完成对用户用电信息的分析,并自动采取相关的措施。

物联网未来的信息技术参考架构如图 1-6 所示。

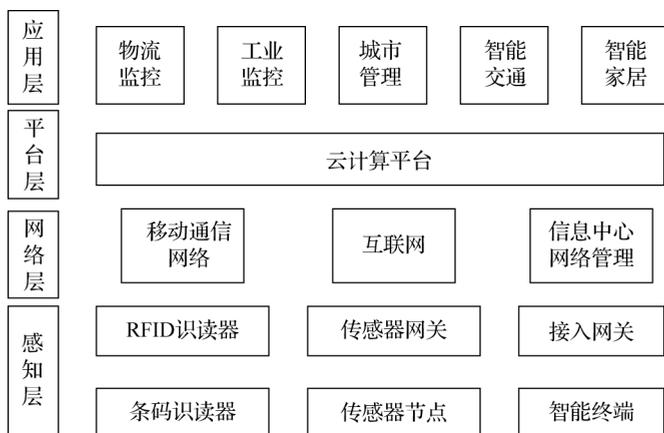


图 1-6 物联网未来的信息技术参考架构

## 四、物联网的主要支撑技术

物联网技术的推广将极大地带动相关产业的兴起和发展,如传感器件、无线通信、数据分析服务等。而随着物联网与互联网的结合及其应用范围的不断扩大,长期来看,交通管理、电力、能源、环保到医疗、教育等几乎各个行业和领域都将受益。目前,主流的物联网技术如图 1-7 所示,后续的主要技术涉及云计

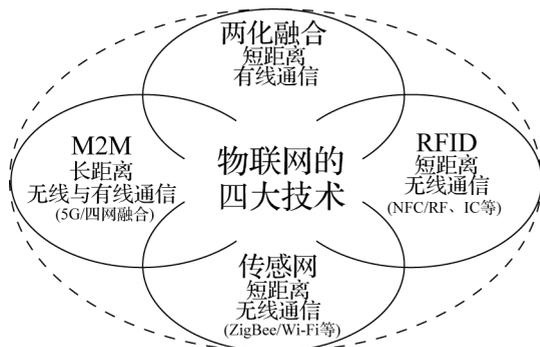


图 1-7 主流的物联网技术



算、大数据、人工智能、生物技术等。其中,M2M(machine to machine)是指将数据从一个终端传送到另一个终端,两化融合是信息化和工业化的高层次的深度结合。

物联网产业链可细分为标识、感知、处理和信息传送 4 个环节,涉及的关键技术包括射频识别技术、传感器技术、传感器网络技术、网络通信技术。

### 1. 射频识别技术

RFID 是一种“使能”技术,可以把常规的“物”变成物联网的连接对象。

射频识别技术是物联网中信息采集的主要源头,在整个物联网体系中十分重要。RFID 是一种非接触式自动识别技术,具有读取距离远(可达数十米)、读取速度快、穿透能力强(可透过包装箱直接读取信息)、无磨损、抗污染、效率高(可同时处理多个标签)、数据储存量大等特点,是唯一可以实现多目标识别的自动识别技术,可工作于各种恶劣的环境。一个典型的 RFID 系统一般由 RFID 电子标签、读写器和信息处理系统组成。当带有电子标签的物品通过特定的信息读写器时,电子标签被读写器激活并通过无线电波将标签中携带的信息传送到读写器及信息处理系统中,完成信息的自动采集工作,而信息处理系统则根据需求承担相应的信息控制和处理工作。现在 RFID 技术已被应用于农畜产品安全生产监控、动物识别与跟踪、农畜精细生产系统、畜产品精细养殖数字化系统、农产品物流与包装等方面,如图 1-8 所示。

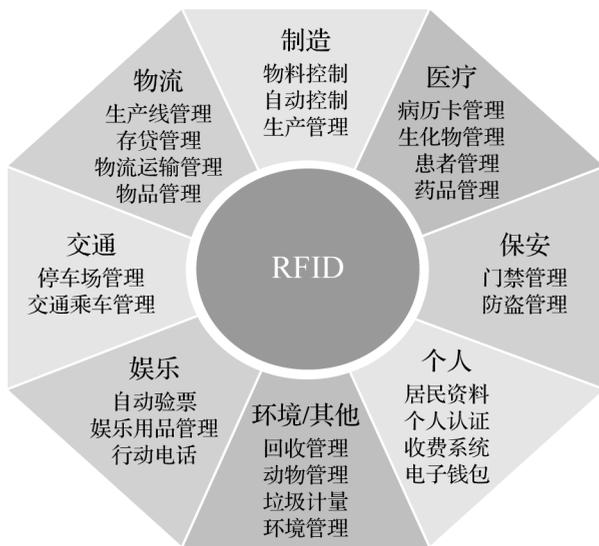


图 1-8 RFID 技术的应用

### 2. 传感器技术

传感器用于物联网信息的采集,是感知现实世界的基础,也是物联网服务和应用的基础。传感器通常由敏感元件和转换元件组成,可通过声、光、电、热、力、位移、

湿度等信号来感知,为互联网的工作采集、分析、反馈最原始的信息。传感器的种类及品种繁多,原理也各种各样。随着技术的发展,新的传感器类型不断产生,应用领域也越来越广泛。传感器主要包括温湿度、光照、红外对射、空气质量等传感器。传感器技术的发展与突破主要体现在两个方面:一是感知信息,二是传感器自身的智能化和网络化。近年来,随着生物学、信息科学和材料科学的发展,传感器技术飞速发展。由于微电子技术和微机械加工技术的快速发展,传感器有向微型化、多功能化、智能化和网络化方向发展的趋势。

### 3. 传感器网络技术

传感器网络主要包括无线传感器网络(wireless sensor network, WSN)、人体传感器网络(body sensor network, BSN)和光交换网络(optical switching network, OSN)。WSN、OSN、BSN 等是物联网技术的末端神经系统,主要用于解决“最后100米”的连接问题。传感网末端一般是指比 M2M 末端更小的微型传感系统,如 Mote。传感器网络综合了传感器技术、嵌入式计算技术、现代网络及无线通信技术、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,并通过各种方式将所感知的信息传送到用户终端,从而真正实现“无处不在的计算”的理念。一个典型的传感器网络结构通常由传感器节点、接收发送器、Internet 或通信卫星、任务管理节点等部分构成。目前,应用最广泛的传感器网络是无线传感器网络。

无线传感器网络是一种分布式传感网络,它的末梢是可以感知和检查外部世界的传感器。WSN 中的传感器通过无线方式通信,因此网络设置灵活,设备位置可以随时更改,还可以与互联网进行有线或无线方式的连接。WSN 的发展得益于微机电系统(micro-electro-mechanism system, MEMS)、片上系统(system on chip, SoC)、无线通信和低功耗嵌入式技术的飞速发展。WSN 广泛应用于军事、智能交通、环境监控、医疗卫生等多个领域。

### 4. 网络通信技术

无论物联网的概念如何扩展和延伸,最基础的物物之间的感知和通信都是不可替代的关键技术。传感器的网络通信技术为物联网数据提供传送通道,而如何在现有网络上进行增强,适应物联网的业务需求(低数据率、低移动性等),是现在物联网研究的重点。传感器的网络通信技术可分为近距离通信技术和广域网络通信技术两类,常见的有蓝牙(Bluetooth)、IrDA、Wi-Fi、ZigBee、RFID、UWB、NFC 等。不同通信技术之间的发展和联系如图 1-9 所示。

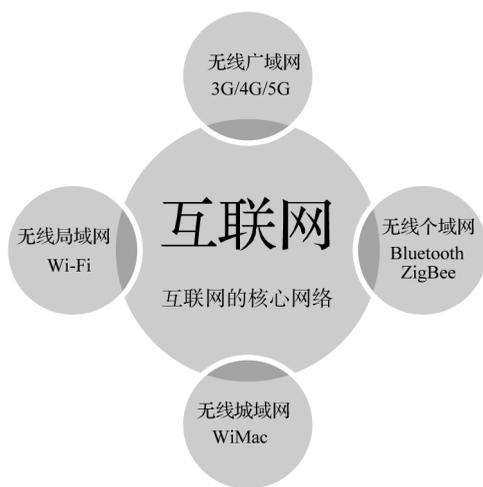


图 1-9 不同通信技术之间的发展和联系

(1) 蓝牙技术。蓝牙是一种无线技术标准,可实现固定设备、移动设备和楼宇个域网之间的短距离数据交换。它使用 2.4~2.485 GHz 工科医(industrial scientific medical, ISM)频段的特高频(ultra high frequency, UHF)无线电波。蓝牙技术最初由爱立信公司于 1994 年创制,当时将其作为 RS-232 数据线的替代方案。蓝牙解决了数据同步的难题,可连接多个设备。如今蓝牙由蓝牙技术联盟(Bluetooth Special Interest Group, Bluetooth SIG)管理。蓝牙技术联盟在全球拥有超过 25 000 家成员公司,它们分布在电信、计算机、网络和消费电子等多个领域。蓝牙技术联盟负责监督蓝牙规范的开发、管理认证项目和维护商标权益。制造商的设备必须符合蓝牙技术联盟的标准才能以“蓝牙设备”的名义进入市场。蓝牙技术拥有一套专利网络,可发放给符合标准的设备。

蓝牙技术的应用主要如下:

- ① 移动电话和免提耳机之间的无线控制和通信。
- ② 移动电话与兼容蓝牙的汽车音响系统之间的无线控制和通信。
- ③ 搭载 iOS 或 Android 系统的平板电脑和音响等设备的无线控制和通信。
- ④ 无线蓝牙耳机和对讲机。
- ⑤ 计算机与输入/输出设备间的无线连接,常见的输入/输出设备有鼠标、键盘、打印机等。
- ⑥ 个人计算机或掌上电脑(personal digital assistant, PDA)拨号上网,使用有数据交换能力的移动电话作为无线调制解调器。

(2) ZigBee 技术。ZigBee 被译为紫蜂,与蓝牙相类似,是一种新型的短距离、低

功耗的无线通信技术,用于传感控制应用。ZigBee 由 IEEE 802.15.4 工作组提出,并由其 TG4 工作组制定规范。ZigBee 名称源于蜜蜂的八字舞。其特点是近距离、低复杂度、自组织、低功耗、高数据传输速率。它主要用于自动控制 and 远程控制领域,可以嵌入各种设备。

(3) Wi-Fi 技术。Wi-Fi 的全称为无线保真(wireless fidelity),基于 IEEE 802.11b 标准。IEEE 802.11b 标准是 IEEE 802.11a 标准的变种,最高宽带为 11 Mb/s,在信号较弱或有干扰的情况下,带宽可被调整为 5.5 Mb/s、2 Mb/s 和 1 Mb/s,带宽的自动调整有效地保障了网络的稳定性和可靠性。Wi-Fi 是一种允许电子设备连接到一个无线局域网(wireless local network, WLAN)的技术,通常使用 2.4 GHz UHF 或 5 GHz 超高频 ISM 射频频段。连接到无线局域网通常是有密码保护的,也可以是开放的。Wi-Fi 是一个无线网络通信技术的品牌,由 Wi-Fi 联盟所持有。几乎所有的智能手机、平板电脑和笔记本电脑都支持 Wi-Fi 上网,它是当今使用最广的一种无线网络传输技术。其作用实际上就是把有线网络信号转换成无线信号,使用无线路由器供支持其技术的相关计算机、手机、平板电脑等接收。手机如果有 Wi-Fi 功能,在有 Wi-Fi 信号时就可以不通过手机的网络上网,从而节省流量费。

虽然 Wi-Fi 技术的无线通信质量不是很好,数据安全性比蓝牙技术差一些,传输质量也有待改进,但其数据传输速率非常高,可以达到 54 Mb/s,符合个人和社会信息化的需求。Wi-Fi 最主要的优势在于不需要布线,因此能满足移动办公用户的需要,并且因为发射信号的功率低于 100 mW,低于手机发射功率,所以 Wi-Fi 上网相对而言也是安全、健康的。但是,Wi-Fi 信号也是由有线网提供的,如家中的非对称数字用户环路线(asymmetric digital subscriber line, ADSL)、小区宽带等,只要一台无线路由器,就可以把有线信号转换成 Wi-Fi 信号。很多发达国家的城市中到处覆盖着由政府或大公司提供的 Wi-Fi 信号供居民使用,我国也有许多地方实施“无线城市”工程,使这项技术得到推广。

(4) M2M 技术。M2M 技术是机器对机器的通信技术,与产品构成物联网网络层的重要组成部分。

M2M 是物联网重要的组成部分,M2M 是一个点或者一条线,只有当 M2M 规模化、普及化,并且彼此之间通过网络来实现智能融合和通信时,才能形成物联网。所以星星点点、彼此孤立的 M2M 并不是物联网。但 M2M 的终极目标是物联网。M2M 模式的核心就是商家、企业对大众提供私人定制且移动的服务。这一核心有两个重点:一是私人定制的服务,这是高品质服务的体现,商家、企业可以根据用户



的各种需求提供服务,这些服务是个性化的,不是规模生产所能提供的;二是该服务是移动的。移动是双方面的,用户通过手机移动端获取服务,商家、企业通过手机移动端提供服务,服务的获取和提供以手机移动端为载体,即 mobile to mobile。

(5)现场总线(fieldbus)技术。现场总线是20世纪80年代末90年代初国际上发展形成的,用于过程自动化、制造自动化、楼宇自动化等领域的现场智能设备互连通信网络。它作为工厂数字通信网络的基础,建立了生产过程现场与控制设备之间及其与更高控制管理层次之间的联系。它不仅是一个基层网络,还是一种开放式、新型全分布控制系统。

现场总线设备的工作环境处于过程设备的底层,作为工厂设备级基础通信网络,要求具有协议简单、容错能力强、安全性好、成本低的特点,以及一定的时间确定性和较高的实时性。由于上述特点,现场总线系统从网络结构到通信技术都具有不同于上层高速数据通信网的特色。现场总线产品主要是低速总线产品,应用于运行速率较低的领域,对网络的性能要求不是很高。高速现场总线主要应用于控制网内的互连,连接控制计算机、可编程逻辑控制器(programmable logic controller, PLC)等智能程度较高、处理速度快的设备,以及实现低速现场总线网桥间的连接。它是充分实现系统的全分布控制结构所必备的设备。

RS-485是现场总线的“鼻祖”,目前还有许多设备沿用这种通信协议。采用RS-485通信具有设备简单、成本低等优势。控制器局域网(controller area network, CAN)最早由德国博世(Bosch)公司推出,用于汽车内部测量与执行部件之间的数据通信。其总线规范被国际标准化组织确定为国际标准,得到了摩托罗拉(Motorola)、英特尔(Intel)、飞利浦(Philips)、西门子(Siemens)、日本电气(NEC)等公司的支持,已广泛应用在离散控制领域。CAN的信号传输采用短帧结构,每一帧的有效字节数为8个,因而传输时间短,受干扰的概率低。当节点出现严重错误时,自动关闭功能并切断该节点与总线的联系,使总线上的其他节点及其通信不受影响,具有较强的抗干扰能力。CAN支持多种工作方式,网络上任何节点均在任意时刻主动向其他节点发送短信,支持点对点、一点对多点 and 全局广播方式接收/发送数据。CAN采用总线仲裁技术,如果有几个节点同时在网络上传输信息,优先级高的节点可继续传输,而优先级低的节点则主动停止发送,从而避免了总线冲突。

已有多家公司开发生产了符合CAN协议的通信芯片,如英特尔公司的82527、摩托罗拉公司的MC68HC05X4、飞利浦公司的82C250等。还有插在个人计算机上的CAN总线接口卡,其具有接口简单、编程方便、开发系统价格便宜等优点。

## 一、物联网的现状和未来

### 1. 物联网的现状

物联网使商业系统、社会系统与物理系统融合,形成一个个全新的、智慧的基础设施和设备网络群,应用遍及工业监测、交通管理、物流管理、电力管理、环境保护、军事、公共安全、平安家居、老人护理、个人健康等领域。物联网的发展将对世界经济、政治、文化、军事等各个方面产生无比巨大的影响,并使人们的生活方式发生翻天覆地的变化。

尽管目前物联网尚处于初级阶段,在成本、标准及规模化方面还有待完善,但仍有国内专家乐观预计:三到五年之内,物联网的应用就可能在中国有突破性发展;十多年以后,物联网就会像现在的互联网一样高度普及。在政策、经济、社会、技术等因素的驱动下,2020年中国物联网行业市场规模已达1.7万亿元,“十三五”规划的目标已超预期完成;按照目前物联网行业的发展态势,预计到2025年,中国物联网行业市场规模将超过2.7万亿元,如图1-10所示。

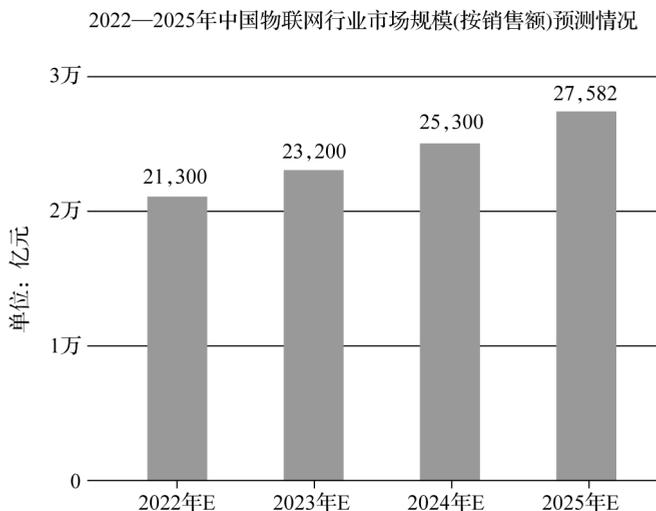


图 1-10 我国物联网行业市场规模预测



## 2. 物联网的未来

根据 M2M 战略数据分析、麦肯锡及纽约时报提供的数据,到 2025 年,全球物联网产业总值将达到 6.2 万亿美元,其中医疗健康领域 2.5 万亿美元,工业生产领域 2.3 万亿美元,其他领域分别为零售、安保和交通。

最小的物联网设备——智能灰尘将出现。比灰尘还要小的超微型计算机将有可能出现,并且通过各种方式散布到世界各地。智能灰尘的用途将非常广泛,包括且不仅限于地理调查、空气污染分析,甚至小到每个人的身体状况分析。

最大的物联网设备——智慧城市。部分城市将很多用于各种用途的监测器分布到全城各个角落,以此绘制出了一张实时的智能城市地图。任何地方发生任何事情,当局都能够进行快速反应,避免和延迟危机的发生,如图 1-11 所示。



图 1-11 智慧城市

尽管物联网设备已经能够从人的身体中提取部分关键的信息,但目前使用人的思想、心灵来控制机械设备还是一个无法实现的伟大构想。假若这样美好的事情真正地发生,将会给全人类的生活带来巨大的变革。或许在未来的某天,连接到中枢网络的机器人将能够通过向人学习、彼此之间互相学习,依靠自我或集体意识解决科学难题。

物联网的用途广泛,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、老人护理、个人健康等多个领域。预计相关技术将会发展成为一个数万亿元规模的高科技市场,物联网将来肯定会成为一个全球性的支柱产业,如图 1-12 所示。



图 1-12 物联网的未来

## 二、物联网的发展趋势

物联网是一项科技革命,目标在于将短距离移动资料的收发器嵌入日常生活的小工具或事物中,为通信技术领域带来新的发展机遇。弗若斯特沙利文(Frost&Sullivan)咨询公司的研究报告提出物联网有以下八大发展趋势。

### 1. 物联网将演变为认知工具

随着技术的发展,物联网将从联机装置演变成使用认知运算及预测运算的工具。“物联网”的概念从提出到发展,从实践到创新,物联网从 1.0 时代悄然迈入 2.0 时代。

物联网 1.0 从等同于 RFID 传感器技术的物联网应用已经演变成初期集传感器、网络、应用平台于一身的物联网,物联网设备依靠传感器设备来接收用户指令,然后执行相应的任务。所有的装置必须通过以智能手机为中心的控制端进行互动操作,以智能家居、智慧城市为代表的物联网慢慢地走出自己的应用孤岛。

物联网 2.0 可以理解为万物互联(Internet of everything, IoE),而物联网 1.0 是 IoT,显然前者的范围比后者更大,囊括的范围也更加广泛。IoE 强调的万物互联概念是任何设备、事物都能通过网络连接起来,并在网络中彼此之间进行通信。在万物互联的时代,所有的物将会获得语境感知能力、增强的处理能力和更好的感应能力。如今,依靠发达的互联网发展起来的人工智能、大数据、云计算等技术使物联网有了真正的用武之地,这将是新科技革命到来的标志。



未来物联网 2.0 将通过人工智能、大数据、云计算、5G 等技术的完善不断提升人工智能的水平,完善语言助手,加强物联网的安全性与信任感,其外在体现是操控方式的迭代升级。通过人们的一个动作、一个眼神、一个表情,物联网就可以了解人们的想法。物联网 2.0 的理想化状态是物联网比用户更“了解”自己。

## 2. 人工智能挑战人类智商

物联网正在快速地转向运用人工智能来改变智能装置,在没有人为干预的情况下能直接对环境的变化做出反应。2017 年,云端服务与人工智能 (artificial intelligence, AI) 的整合解决方案能够整合 App、机器学习及人工智能,提供完善的情境认知、预测及规范功能,并有助于组织实现物联网的价值。

“人工智能”这一概念是人机大战最终的“受益者”。围棋人机大战是人类顶尖围棋手与计算机顶级围棋程序之间的围棋比赛,特指韩国围棋九段棋手李世石、中国围棋九段棋手柯洁分别与人工智能围棋程序阿尔法围棋 (AlphaGo) 之间的两场比赛,如图 1-13 所示。第一场为 2016 年 3 月 9 日至 3 月 15 日在韩国首尔进行的五番棋比赛,阿尔法围棋以总比分 4 : 1 战胜李世石;第二场为 2017 年 5 月 23 日至 5 月 27 日在中国嘉兴乌镇进行的三番棋比赛,阿尔法围棋以总比分 3 : 0 战胜世界排名第一的柯洁。在围棋人机大战中,阿尔法围棋最大的胜利是为人工智能打造了一场全球性的科普,也代表了高科技企业对人工智能技术充满野心的宣告。过去的人工智能知识存在于实验室的智慧探索,而在未来的科学技术中人工智能将是基础,是推动商业与社会发展的强大动力。人工智能已经渗透到每个人的工作和生活中。智能化服务将会快速地接入餐饮、出行、旅游、电影、教育、医疗等生活服务领域,覆盖用户吃、住、行、玩,人工智能在未来可媲美人类的专职秘书。



图 1-13 人机大战



### 3. 物联网平台商品化

大型企业将持续致力建设生态系统,并以最低的成本提供各种组件(building blocks),借以促进创新和发展新物联网相关的解决方案与能力。物联网平台的战争早已开始,包括亚马逊(Amazon)网络服务、微软 Azure 的物联网、IBM Watson 云端计算、爱思普(SAP)的 HANA 以及美国参数技术(PTC)公司的 ThingWorx 等。拥有自己的物联网生态系统的美国电话电报公司(American Telephone & Telegraph, AT&T)、威瑞森(Verizon)和思科(Cisco)等公司将继续向更大型的平台供货商提供组件,并开始将自己的生态系统转移至更大的物联网生态系统中。

### 4. 无人机物流

与人力配送相比,无人机具有智能化、信息化、无人化的特点,配送效率更高,深受快递、电商等企业的关注,如图 1-14 所示。作为物流业的新业态,无人机发展也成为政府关注的重点。工业和信息化部于 2017 年联合国家有关部门发布了《无人驾驶航空器系统标准体系建设指南(2017 年—2018 年版)》。同时,民航局也制定了无人机运行的相关政策与标准,对驾驶员从业条件和无人机运行标准等做出了明确规定。随着无人机安全性与智能化水平的不断提高,以及更加智慧高效的空中立体交通体系的构建,无人机将拥有更强的自主决策能力、感知与避让能力、抗干扰能力,无人机物流在高楼耸立、人流密集的大城市中运行将不再是幻想。



图 1-14 无人机运输服务

### 5. 物联网蕴含国家网络安全危机

不安全的装置和恶意软件成为物联网的安全隐患。例如,2016 年 10 月黑客通过 DDoS 攻击成功入侵无人监控的摄影机。目前,有数十亿台网络设备正在运行,类似的黑客攻击会入侵电网基础设施、联网汽车、交通监视器、核电厂等,将成为国家网络安全的危机。

### 6. 智能汽车和智能家居的融合已经实现

物联网使移动装置和智能家居得以融合,有助于消费者实现集中管理数字生活



的梦想,具体包括共享汽车、整合火车与飞机的行程、汽车租赁、响应需求的运输(出租车、快速公交)、都市内的大众交通、汽车能源管理、App、旅程规划、大数据、动态停车、私人管家等。部分智能产品如图 1-15 所示。



图 1-15 部分智能产品

### 7. 争取竞争优势的 AI 个人助理

目前,亚马逊(Amazon)、谷歌(Google)、苹果(Apple)、微软(Microsoft)等公司都在努力抢占 AI 个人助理的市场占有率,目的是争取家庭、消费者物联网和人工智能的市场。在 2017 年 AI 个人助理的发展中,首先是将现有服务和具备智能家居解决方案的 AI 个人助理进行整合;其次是与车联网进行整合;再次是与自动驾驶进行整合;最后是小公司大量引进 AI 个人助理,这将会增加市场领导者的竞争压力,如图 1-16 所示。



图 1-16 AI 个人助理

### 8. 云计算向雾计算发展

雾计算在 2011 年被提出,2012 年对其进行了详细的定义。雾计算是介于云计算和个人计算之间的半虚拟化的服务计算架构模型。雾计算是以个人云、私有云、企业云等小型云为主,以量制胜,强调数量,单个计算节点能力不论强弱都要发挥作用。云计算是以信息化运营商服务、社会共有云为主体,强调整体计算能力,一般由很多集中的高性能计算设备完成计算。

雾计算扩大了云计算的网络计算模式,将网络计算从网络中心扩展到了网络边