

■ 周岳斌 著

物联网关键技术 及其应用研究



WULIANWANG GUANJIAN JISHU
JIQI YINGYONG YANJIU

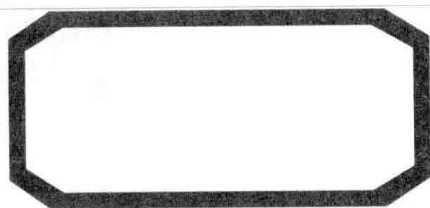


中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

2015年度湖北省自然科学基金项目“面向制造的无线传感网多传感信息解耦与动态预测补偿方法研究”(2015CFC802)

2018年度“机电汽车”湖北省优势特色学科群开放基金项目“WMSN红外图像彩色化与目标融合方法研究”(XKQ2018080)

湖北文理学院博士科研基金资助项目“物联网感知层多传感协同测量与快速调度研究”(2013B005)



物联网关键技术 及其应用研究

周岳斌 著



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

· 北京 ·

内 容 提 要

近几年,物联网从诞生到迅速发展,受到了产业界及学术界的广泛重视,并上升到国家战略性新兴产业的高度。

本书对物联网中的关键技术及其在众多生产与生活领域中的应用进行了研究,主要内容涵盖了 RFID 技术、智能传感器与无线传感器网络技术、物联网通信与传输技术等。

本书结构合理,条理清晰,内容丰富新颖,可供从事物联网相关工作的研究人员、工程技术人员参考使用。

图书在版编目(CIP)数据

物联网关键技术及其应用研究/周岳斌著. —北京:

中国水利水电出版社, 2019. 1

ISBN 978-7-5170-7338-3

I. ①物… II. ①周… III. ①互联网络—应用—研究
②智能技术—应用—研究 IV. ①TP393.4②TP18

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2019)第 009818 号

书 名	物联网关键技术及其应用研究 WULIANWANG GUANJIAN JISHU JI QI YINGYONG YANJIU
作 者	周岳斌 著
出版发行	中国水利水电出版社 (北京市海淀区玉渊潭南路 1 号 D 座 100038) 网址:www. waterpub. com. cn E-mail:sales@waterpub. com. cn 电话:(010)68367658(营销中心)
经 售	北京科水图书销售中心(零售) 电话:(010)88383994、63202643、68545874 全国各地新华书店和相关出版物销售网点
排 版	北京亚吉飞数码科技有限公司
印 刷	三河市元兴印务有限公司
规 格	170mm×240mm 16 开本 13.5 印张 242 千字
版 次	2019 年 4 月第 1 版 2019 年 4 月第 1 次印刷
印 数	0001—2000 册
定 价	65.00 元

凡购买我社图书,如有缺页、倒页、脱页的,本社营销中心负责调换

版权所有·侵权必究

前 言

对于物联网目前最普遍的解释是,将感应器装备到电网、铁路、桥梁、隧道、公路、建筑、供水系统等各种物体中并组成物联网,然后将物联网与互联网结合起来,实现了人与物的整合。

在这个整合系统中,存在着能力超级强大的中心计算机群,它能够将整合网络内的所有人员、机器、设备以及基础设施进行实时的管控,从此人类可以更加精细和动态地管理生产和生活,实现智慧管理,从而提高了资源利用率和生活水平,改善了人与自然的关系。

物联网让生活中的任何物品都可以变得“有感觉、有思想”,因此物联网技术是未来信息技术浪潮和新经济的引擎。我国已经将物联网制定为国家发展战略,并且已经明确了未来的发展方向和重点领域,一些财政措施、金融政策也正在逐步落实。

本书共分7章,第1章为物联网的基础知识,从物联网的发展背景出发对物联网做了定义,对物联网的未来发展做了展望。物联网在实现物与物、人与人之间的信息传递与控制过程中,涉及的关键技术主要包括RFID技术、传感器技术、物联网通信与传输技术、物联网数据处理技术,这些内容分别在书中的第2章至第5章,物联网的关键技术是支撑整个物联网运转的核心,也是本书的重点内容。第6章为物联网的信息安全技术,物联网的安全体系结构按功能划分,从上至下依次有三个层次,即感知层、传输层和应用层。第7章为物联网的应用部分,分别从智能化住宅小区、智能家居、智能物流配送、智能交通、农业、环保以及其他领域的应用做了翔实说明。作者对物联网的发展前景十分看好,书中内容结构也比较合理,总体来说,《物联网关键技术及其应用研究》还是比较符合物联网的发展脉络的。

本书在写作过程中,得到了很多同行的帮助,在这里表示感谢;同时书中还引入了一些资料和文献的观点,在此对本书的参考文献的作者表示衷心的感谢。

由于作者水平有限,写作过程中难免有疏漏和不足之处,望广大读者见谅,还希望你们能够提出宝贵的意见,谢谢你们!

作 者

2018年6月

目 录

前言

第 1 章 初识物联网	1
1.1 物联网的发展背景	1
1.2 物联网的定义及特点	2
1.3 物联网的基本架构	5
1.4 物联网产业发展	7
1.5 物联网的发展前景	8
第 2 章 RFID 技术	11
2.1 RFID 技术概述	11
2.2 RFID 系统的分类	12
2.3 RFID 系统的组成与基本工作原理	14
2.4 RFID 的关键技术	18
2.5 RFID 的应用	22
2.6 EPC 技术的发展	27
2.7 EPC 编码	28
2.8 EPC 物联网	33
2.9 基于 RFID 技术的 ETC 系统设计	34
第 3 章 智能传感器与无线传感器网络技术	38
3.1 智能传感器的功能、特点及实现	38
3.2 典型的智能技术在传感器中的应用	44
3.3 无线传感器网络的体系结构	65
3.4 无线传感器网络的通信协议	67
3.5 无线传感器网络的关键技术	69
3.6 无线传感器网络的应用实践	73

第 4 章 物联网通信与传输技术	82
4.1 ZigBee 技术	82
4.2 蓝牙技术	94
4.3 Wi-Fi 技术	96
4.4 超宽带通信	99
4.5 移动通信	102
4.6 卫星模式与微波模式	112
第 5 章 物联网数据处理技术	119
5.1 物联网数据处理技术的基本概念	119
5.2 物联网大数据	120
5.3 海量数据存储与云计算技术	125
5.4 数据挖掘	134
5.5 数据融合	140
5.6 数据协同与智能决策技术	145
第 6 章 物联网信息安全技术	150
6.1 物联网安全新特点	150
6.2 物联网安全体系结构	152
6.3 感知层安全需求及安全策略	159
6.4 传输层安全需求及安全策略	165
6.5 应用层安全需求及安全策略	170
第 7 章 物联网综合应用	179
7.1 物联网在智能化住宅小区中的应用	179
7.2 物联网在智能家居中的应用	184
7.3 物联网在智能物流配送中的应用	188
7.4 物联网在智能交通中的应用	190
7.5 物联网在农业中的应用	196
7.6 物联网在环保中的应用	200
7.7 物联网在其他领域的应用	202
参考文献	208

第1章 初识物联网

物联网就是通过智能感知、识别技术与普适计算、泛在网络的融合应用,将人与物、物与物连接起来的一种新的技术综合,被称为是继计算机、互联网和移动通信技术之后世界信息产业最新的革命性发展,已成为当前世界新一轮经济和科技发展的战略制高点之一。作为一个新兴的信息技术领域,物联网已被美国、欧盟、日本、韩国等国家或组织所关注,我国也已将其列为新兴产业规划五大重要领域之一。物联网已经引起了政府、生产厂家、商家、科研机构,甚至普通老百姓的共同关注。

1.1 物联网的发展背景

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 年美国麻省理工学院(MIT)的凯文·艾什顿(Kevin Ash-ton)教授首次提出物联网的概念。

1995 年比尔·盖茨在《未来之路》一书中提及物联网,受限于当时无线网络、硬件及传感设备的发展,并未引起广泛重视。

1999 年美国麻省理工学院建立了“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。1999 年中国科学院启动传感网项目,开始了中国物联网的研究,以便利用传感器组成的网络采集真实环境中的物体信息。

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。

2005 年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《ITU 互联网报告 2005:物联网》,正式提出了“物联网”的概念,全面而又透彻地分析了物联网的可用技术、市场机会、潜在挑战和美好前景等内容。

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,提出了加强对物联网的管理,完善隐私和个人数据保护、提高物联

网的可信度、推广标准化、建立开放式的创新环境、促进物联网的发展等建议。

2009 年 1 月,IBM 首席执行官彭明盛在美国总统奥巴马参加的美国工商界领袖“圆桌会议”上,提出了“智慧地球”的概念。“智慧地球”就是把感应器嵌入和装备到电网、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,并且被普遍连接,形成所谓“物联网”,并通过超级计算机和云计算等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。

随着全球一体化、工业自动化和信息化进程的不断深入,物联网技术和应用已经悄然诞生,并受到了人们的广泛关注。物联网被认为是继计算机、互联网之后,世界信息产业的第三次浪潮。世界上所有的物体,从轮胎到牙刷、从房屋到纸巾都可以通过互联网主动进行交换,如图 1-1 所示。

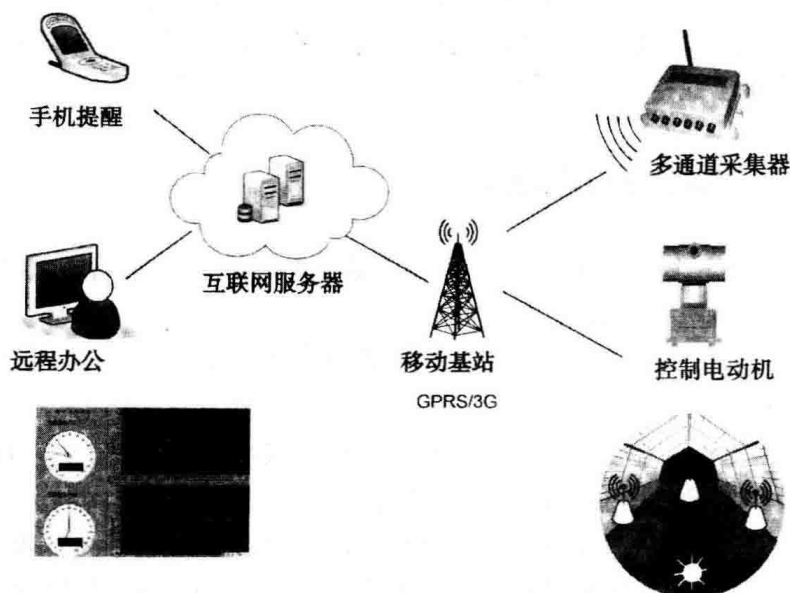


图 1-1 现代农业物联网应用

1.2 物联网的定义及特点

1.2.1 物联网的定义

物联网(Internet of Things)是指通过传感器、射频识别技术、全球定位系统等技术,实时采集任何需要监控、连接、互动的物体或过程,通过网络接入实现物与物、物与人的泛在链接,实现对物品和过程的智能化感知、识别和管理(图 1-2)。

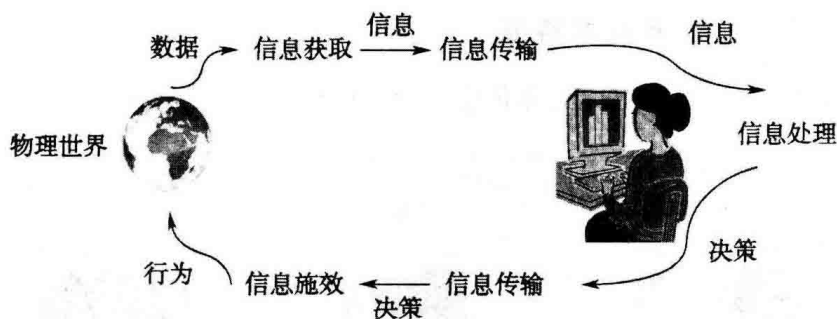


图 1-2 物物相连

物联网中的“物”能够被纳入“物联网”的范围是因为它们具有接收信息的接收器；具有数据传输通路；有的物体需要有一定的存储功能或者相应的操作系统；部分专用物联网中的物体有专门的应用程序；可以发送接收数据；传输数据时遵循物联网的通信协议；物体接入网络中需要具有世界网络中可被识别的唯一编号。

一个新的维度已经建立，如图 1-3 所示，在任意时间、任意地点、任意人都可以与任意物体建立连接。

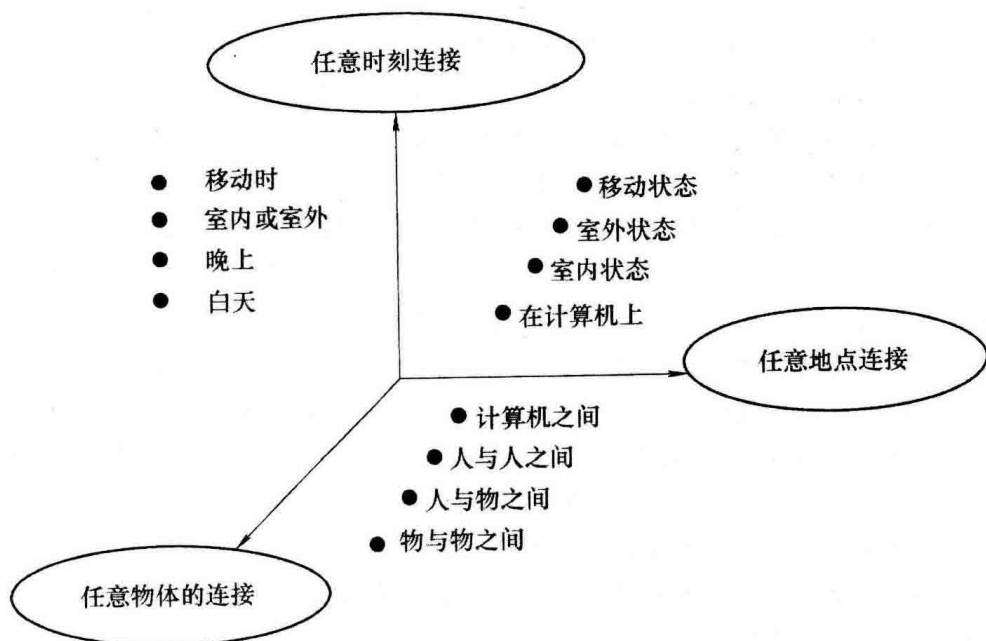


图 1-3 物联网的新维度

1.2.2 物联网技术特征

物联网具有全面感知、可靠传输、智能处理三大特点,如图 1-4 所示。

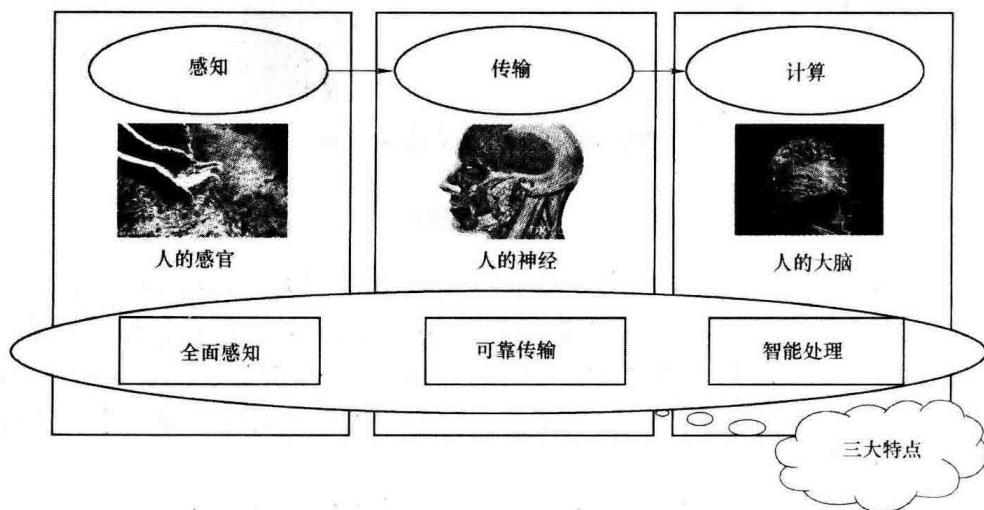


图 1-4 物联网的三大特点

物联网要将大量物体接入网络并进行通信活动,对各物体的全面感知是十分重要的。全面感知是指物联网随时随地获取物体的信息。要获取物体所处环境的温度、湿度、位置、运动速度等信息,就需要物联网能够全面感知物体的各种需要考虑的状态。全面感知就像人身体系统中的感觉器官,眼睛收集各种图像信息,耳朵收集各种音频信息,皮肤感觉外界温度等。所有器官共同工作,才能够对人所处的环境条件进行准确的感知。物联网中各种不同的传感器如同人体的各种器官,对外界环境进行感知。物联网通过 RFID、传感器、二维码等感知设备对物体各种信息进行感知获取。

可靠传输对整个网络的高效正确运行起到了很重要的作用,是物联网的一项重要特征。可靠传输是指物联网通过对无线网络与互联网的融合,将物体的信息实时准确地传递给用户。获取信息是为了对信息进行分析处理从而进行相应的操作控制,将获取的信息可靠地传输给信息处理方。可靠传输在人体系统中相当于神经系统,把各器官收集到的各种不同信息进行传输,传输到大脑中方便人脑做出正确的指示。同样也将大脑做出的指示传递给各个部位进行相应的改变和动作。

在物联网系统中,智能处理部分将收集来的数据进行处理运算,然后做出相应的决策,来指导系统进行相应的改变,它是物联网应用实施的核心。智能

处理指利用各种人工智能、云计算等技术对海量的数据和信息进行分析 and 处理,对物体实施智能化监测与控制。智能处理相当于人的大脑,根据神经系统传递来的各种信号做出决策,指导相应器官进行活动。

1.3 物联网的基本架构

目前在业界物联网体系架构大致被公认为有3个层次,底层是用来感知数据的感知层,第二层是数据传输的网络层,最上面则是应用层,如图1-5所示。

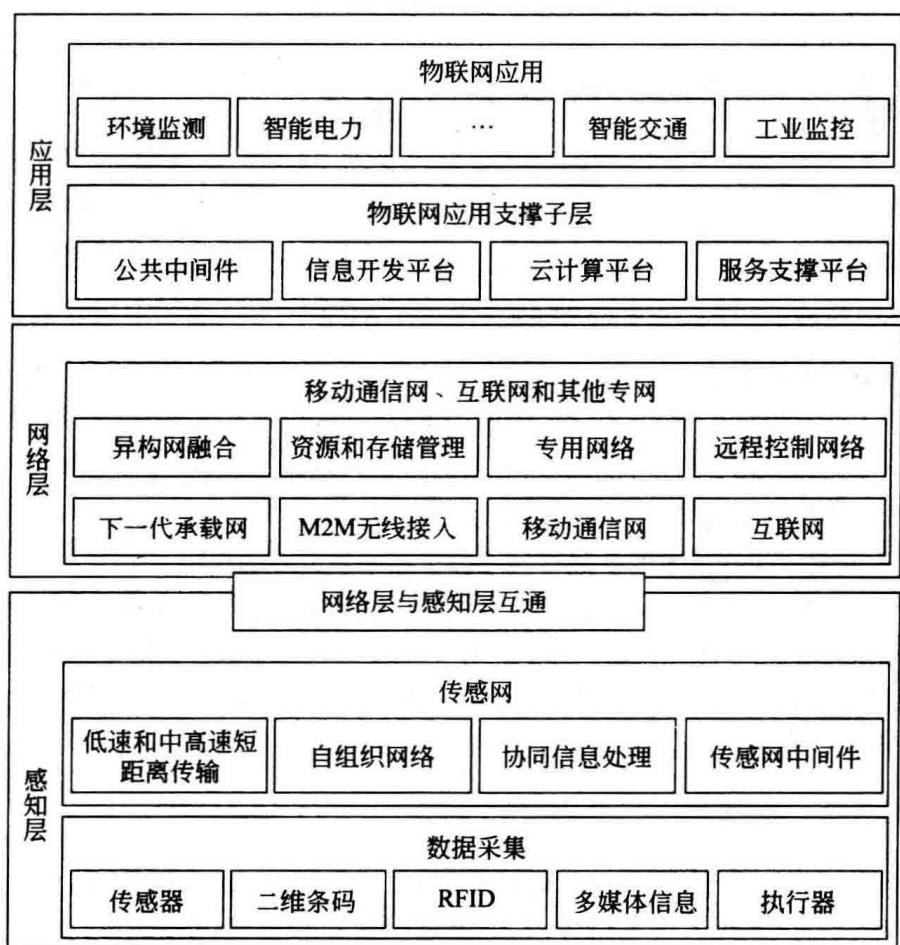


图 1-5 物联网的体系结构

1.3.1 感知层

感知层在物联网中,如同人的感觉器官对人体系统的作用,用来感知外界环境的温度、湿度、压强、光照、气压、受力情况等信息,通过采集这些信息来识别物体。作为物联网应用和发展的基础,感知层涉及的主要技术包括RFID技术、传感和控制技术、短距离无线通信技术以及对应的RFID天线阅读器研究、传感器材料技术、短距离无线通信协议、芯片开发和智能传感器节点等(图1-6)。

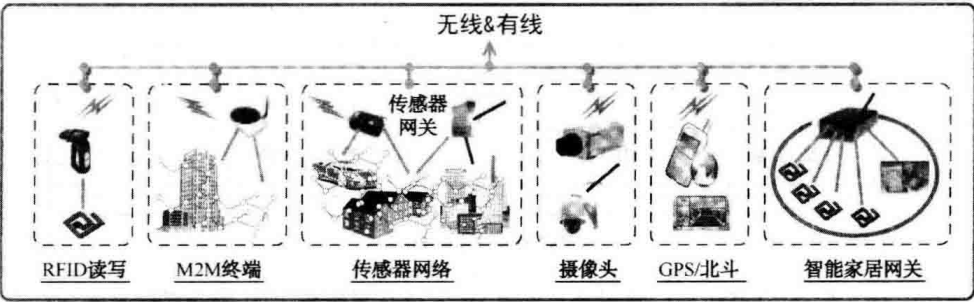


图 1-6 物联网感知层技术

作为一种比较廉价实用的技术,一维条码和二维条码在今后一段时间还会在各个行业中得到一定应用。然而,条形码表示的信息是有限的,而且在使用过程中需要用扫描器以一定的方向近距离地进行扫描,这对于未来物联网中动态、快读、大数据量以及有一定距离要求的数据采集、自动身份识别等有很大的限制,因此基于无线技术的射频标签发挥了越来越重要的作用。

传感器作为一种有效的数据采集设备,在物联网感知层中扮演了重要角色。现在传感器的种类不断增多,出现了智能化传感器、小型化传感器、多功能传感器等新技术传感器。基于传感器而建的传感器网络也是目前物联网发展的一个大方向。

1.3.2 网络层

物联网真正的价值在于网,而不在于物。感知只是第一步,但是感知的信息,如果没有一个庞大的网络体系,不能进行管理和整合,那这个网络就没有意义。

网络层的主要功能是利用现有的网络通信技术,实现感知数据和控制信息的快速、可靠、安全地双向传递,包括互联网、移动通信网、卫星通信网、广电

网、行业专网以及形成的融合网络等。各种不同类型的网络适用于不同的环境,共同提供便捷的网络接入,是实现物物互联的重要基础设施。

1.3.3 应用层

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。

应用层包括物联网应用支撑子层和物联网应用两部分。其中,物联网应用支撑子层对感知层通过传输层传输的信息进行动态汇集、存储、分解、合并、数据分析、数据挖掘等智能处理,并为上面的物联网应用提供物理世界所对应的动态呈现等。物联网具有广泛的行业结合的特点,根据某一种具体的行业应用,依赖感知层和网络层共同完成应用层所需要的具体服务。

1.4 物联网产业发展

1.4.1 日本的“U-Japan”计划

日本的“U-Japan”计划通过发展“无所不在的网络”(U网络)技术催生新一代信息科技革命。日本“U-Japan”战略的理念是以人为本,实现所有人与人、物与物、人与物之间的连接,即所谓4U(Ubiquitous:无所不在,Universal:普及,User-oriented:用户导向,Unique:独特)。

2009年8月,日本又将“U-Japan”升级为“I-Japan”战略,提出“智慧泛在”构想,将传感网列为其国家重点战略之一,致力于构建一个个性化的物联网智能服务体系,充分调动日本电子信息企业积极性,确保日本在信息时代的国家竞争力始终位于全球第一阵营。

1.4.2 韩国的“U-Korea”战略

韩国成立了国家信息化指挥、决策和监督机构——“信息化战略会议”及“信息化促进委员会”,为“U-Korea”信息化建设保驾护航。韩国信息和通信部则具体落实并负责推动“U-Korea”项目的建设,重点支持“无所不在的网络”相关的技术研发及科技应用,希望通过“U-Korea”计划的实施带动国家信息产业的整体发展。

1.4.3 美国“智慧的地球”

2008年,IBM提出了“智慧地球(Smarter Planet)”(图1-7)发展战略。

2009 年 IBM 首席执行官彭明盛在美国总统奥巴马与美国工商业领袖“圆桌会议”上,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。



图 1-7 “智慧地球”

“智慧地球”是以一种更智慧的方法通过利用新一代信息技术来改变政府、公司和人们相互交互的方式,以便提高交互的明确性、效率、灵活性和响应速度。智慧方法具有以下三个方面特征:更透彻的感知、更全面的互联互通、更深入的智能化。

1.4.4 欧盟的物联网行动计划

2009 年 6 月 18 日,欧盟委员会向欧盟议会、理事会、欧洲经济和社会委员会和地区委员会递交了《欧盟物联网行动计划》(Internet of Things-An action plan for Europe)(以下简称《行动计划》),希望通过构建新型物联网管理框架,让欧洲来引领世界物联网发展。《行动计划》的制定,标志着欧盟已经将物联网的实现提上日程。

1.4.5 中国的“感知中国”

实现“感知中国”,智能改变生活。自 2009 年 8 月以来,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的。

1.5 物联网的发展前景

根据欧洲智能系统集成技术平台(European Technology Platform on Smart

Systems Integration,EPOSS)研究机构在 *Internet of things in 2020* 报告中的分析预测,未来物联网的发展将经历4个阶段,如表1-1所示。

表1-1 物联网发展的4个阶段

	2010 年之前	2010 年至 2015 年	2015 年至 2020 年	2020 年之后
技术前景	单个物体间互联;低功耗、低成本	物与物之间联网;无所不在的标签和传感器网络	半智能化;标签、物品可执行命令	全智能化
标准化	RFID 安全及隐私标准确定无线频带;分布式控制处理协议	针对特定产业的标准;交互式协议和交互频率;电源和容错协议	网络交互标准;智能器件之间互联标准化	智能响应行为标准;健康安全
产业化应用	RFID 在物流、零售、医药产业应用;建立不同系统间交互的框架(协议和频带)	增强互操作性;分布式控制及分布式数据库;特定融合网络;恶劣环境下应用	分布式代码执行;全球化应用;自适应系统;分布式存储、分布式处理	人、物、服务网络的融合;产业整合;异质系统间应用
器件	更小、更廉价的标签、传感器、主动系统;智能多波段射频天线;高频标签;小型化、嵌入式读取终端	提高信息容量、感知能力;拓展标签、读取设备、高频;传输速率;芯片上集成射频;与其他材料整合	超高速传输;具有执行能力标签;智能标签;自主标签;协同标签;新材料	更廉价材料;新物理效应;可生物降解器件;纳米功率处理组件
功耗	低功耗芯片组;降低能源消耗;超薄电池;电源优化系统(能源管理)	改善能量管理;提高电池性能;能量捕获(储能、光伏);印刷电池;超低功耗芯片组	可再生能源;多种能量来源;能量捕获(生物、化学、电磁感应);恶劣环境下发电;能量循环利用	能量捕获;生物降解电池;无线电力传输

主要包括:

(1)2010 年之前,RFID 技术被广泛应用于物流、零售和制药领域,主要是行业内的闭环应用。

(2)2010 年至 2015 年有大规模人们感兴趣的物体被连接的物联网。

(3)2015 年至 2020 年,连接到网上的物体进入半智能化阶段,实现物联网和互联网的融合。

(4)2020 年之后,被物联网连接的物体进入智能化阶段,无线传感器网将得到广泛应用。

21 世纪的物联网技术革命是信息化与智能化融合的结果,其将在全球产业化、城市化和传统产业的升级改造过程中发挥极其重要的作用,称为新一轮全球经济和社会发展的主导力量。

第2章 RFID 技术

射频识别技术(Radio Frequency Identification, RFID)是物联网的关键技术之一,是一种非接触式的自动识别技术。通过 RFID 技术能够快速识别物体,并获取其属性信息。

2.1 RFID 技术概述

射频识别技术是利用射频信号通过空间耦合(交变磁场或电磁场)实现无接触信息传递并通过所传递的信息达到识别目的,对静止或移动物体实现自动识别。RFID 较其他技术明显的优点是电子标签和阅读器无须接触便可完成识别。RFID 技术可识别高速运动物体并可同时识别多个标签,操作快捷方便。RFID 系统通常由电子标签、阅读器和天线组成。在物联网系统中,利用标签技术实现的无接触信息传递的技术无疑成为物联网领域最热门的技术之一。

第二次世界大战极大地促进了雷达技术的发展。20 世纪 40 年代,通过对雷达进行改进和应用有力地推动了 RFID 技术的产生。50 年代通过在实验室进行相关研究实现了对 RFID 技术的早期探索。60 年代开始将 RFID 技术应用到一些具体场景中,从而进一步发展了 RFID 技术的理论基础。70 年代不同的技术测试得到了迅猛发展,产生了一批新的 RFID 应用,使 RFID 的技术进步与产品研发迎来了高速发展时期。80 年代大量的 RFID 技术得到了规模应用,标志着 RFID 技术及产品正式进入商业应用时期。90 年代 RFID 产品在生产生活中的应用逐步扩大,从而使 RFID 技术的标准化问题逐渐得到人们的关注。

2000 年以后,RFID 技术和理论得到了进一步的发展和完善。单芯片电子标签、多电子标签识读、无线可读可写、无源电子标签的远距离识别、适应高速移动物体的 RFID 技术与产品已成为现实并走向应用。

RFID 系统的应用领域很广,包括物流业、零售业、制造业、医疗业等。例如,物流过程中的货物追踪,信息自动采集,仓储应用,港口应用,邮政,快递;