



高等学校“十二五”重点规划教材
通信与电子信息工程系列

Wulianwang Jishu Daolun

物联网技术导论

苗凤娟 惠鹏飞 孙艳梅 主编



HEUP 哈尔滨工程大学出版社

物联网技术导论

主编 苗凤娟 惠鹏飞 孙艳梅

图书在版编目 (CIP) 数据

信息技术概论 / 杜根远主编. —— 武汉: 武汉大学出版社, 2013. 9

ISBN 978-7-307-11838-6

I. ①信… II. ①杜… III. 电子计算机—高等学校—教材 IV. ①TP3

中国版本图书馆CIP数据核字 (2013) 第229828号

责任编辑: 林莉 责任校对: 杜悦 封面设计: 祁睿一 版式设计: 杭州金旭广告有限公司

策划: 大春文化 执行: 杭州沃尔德教育信息咨询有限公司

出版发行: 武汉大学出版社 (430072 武昌 珞珈山)

(电子邮件: cbs22@whu.edu.cn 网址: www.wpd.whu.edu.cn)

印刷: 浙江省良渚印刷厂

开本: 710×1000 1/16 印张: 12.25 字数: 203千

版次: 2013年9月第1版 2013年9月第1次印刷

ISBN: 978-7-307-11838-6 定价: 27.00元

版权所有, 不得翻印, 凡购我社的图书, 如有质量问题, 请与当地图书销售部门联系调换
发行电话: 0571-88294389

内 容 简 介

物联网技术是继计算机、互联网之后世界信息产业的第三次浪潮。物联网技术导论是物联网工程专业学生必修的一门专业基础课,旨在使学生掌握物联网的相关概念和基本技术原理,为从事物联网工程的相关工作打下坚实基础。本书深入浅出地阐述了物联网的基本概念和相关技术,全书内容包括物联网的体系结构、传感器技术、自动识别技术与RFID、物联网的中间件、短距离无线通信技术、无线传感器网络、物联网数据处理技术、物联网定位技术、物联网信息安全技术、物联网的应用等。

本书可以作为普通高等学校、高职高专院校物联网工程专业的教材,也可供从事物联网及其相关专业的技术人员阅读。

图书在版编目(CIP)数据

物联网技术导论/苗凤娟,惠鹏飞,孙艳梅主编.
—哈尔滨:哈尔滨工程大学出版社,2013.7
ISBN 978-7-5661-0647-6

I. ①物… II. ①苗…②惠…③孙… III. ①互联网
络-应用②智能技术-应用 IV. ①TP393.4②TP18

中国版本图书馆CIP数据核字(2013)第184388号

出版发行 哈尔滨工程大学出版社
社 址 哈尔滨市南岗区东大直街124号
邮政编码 150001
发行电话 0451-82519328
传 真 0451-82519699
经 销 新华书店
印 刷 黑龙江省地质测绘印制中心
开 本 787mm×1092mm 1/16
印 张 17
字 数 417千字
版 次 2013年7月第1版
印 次 2013年7月第1次印刷
定 价 35.50元

<http://www.hrbeupress.com>

E-mail:heupress@hrbeu.edu.cn

前 言

“物联网”概念最早出现于1995年,至今已经有18年的时间,但是当时并没有引起世人的关注。自从2008年出现金融危机之后,以美国为首的发达国家纷纷抛出新的高科技概念,期望通过新一轮的科技创新引领经济走出低谷。于是物联网作为新一轮经济振兴计划的核心,得到了美国、欧洲、日本和韩国等发达国家和地区的高度重视。我国20世纪末即启动了射频识别的重大工程,从那时到2004年,每年都有相应的重点工程项目组织实施。同时,在《国家中长期科学与技术发展规划(2006—2020年)》和“新一代宽带移动无线通信网”重大专项中均将传感网列入重点研究领域,凸显了我国对物联网的高度重视。2009年温家宝总理视察无锡维纳传感网工程技术研发中心并发表重要讲话,鼓励大力发展传感网(物联网)技术,并建立中国的“感知中心”,“物联网”的概念在国内学术界、企业界乃至政府部门迅速升温。

经教育部批准,国内许多高校也相继设立了物联网相关专业,这就使得物联网技术不能仅仅停留在概念层面上,更应该走向本专科教学和科研实践。鉴于此,编者在从事物联网相关技术多年教学和科研的基础上,结合自身的教学经验以及和企业的合作研发经验,参考了许多高校物联网专业的教学大纲,精心编撰了这本教材。

物联网涉及的技术众多,对于学科而言是一个新型的交叉学科,包括电子通信、物流、计算机、交通、供应链等多项内容。当前,对于物联网的研究已经逐渐走出实验室,面向大众化的物联网应用也开始渗透到人们的日常生活中。

本书重点针对物联网的基本技术进行全面阐述和总结,全书共分为11个章节,内容包括:物联网的体系结构、传感器技术、自动识别技术与RFID、物联网的中间件、短距离无线通信技术、无线传感器网络、物联网数据处理技术、物联网定位技术、物联网信息安全技术、物联网的应用等。

本书对物联网的概念、体系结构和关键技术进行了较为完整和宏观的探讨,在编写上力求通俗易懂和简单明了,适用于初识物联网的电子信息技术类专业的大学生和工程技术人员学习使用。在内容描述上,做到理论先行,技术与应用相结合。在阐述理论和方法时,重点突出概念性和框架性的介绍。本书涉及计算机网络、无线通信、嵌入式系统开发、信息安全和自动控制等领域,因此在编撰时还特别注重对基础知识深入浅出地介绍。读者通过对本书的学习,将对物联网技术有较为全面的认识和初步的理解。

本书由齐齐哈尔大学通信与电子工程学院的苗凤娟、惠鹏飞和孙艳梅主编,陶佰睿教授主审。其中第3,6,7章由苗凤娟编写;第2,4,5,8章由惠鹏飞编写;第1,9,10,11章由孙

艳梅编写。本书参考了大量国内外文献,这里对有关作者表示衷心感谢。在本书的排版和校对过程中,哈尔滨工程大学出版社的编辑付出了辛勤的劳动,在此表示深深的谢意。

在本书的编写过程中,编者尽可能做到把握物联网的新方向、新进展,争取将最新、最准确的信息传递给读者。由于时间仓促,书中难免存在错误和不足之处,欢迎广大读者批评指正。

编 者

2013年5月10日

目 录

第 1 章 物联网概述	1
1.1 物联网的基本概念	1
1.2 物联网的特点与演进	9
1.3 物联网与下一代网络	12
1.4 物联网发展概述	15
1.5 本章小结	19
第 2 章 物联网体系结构	20
2.1 物联网体系结构概述	20
2.2 物联网体系结构	23
2.3 已有的物联网相关应用架构	34
2.4 物联网的反馈和控制	39
2.5 本章小结	48
第 3 章 传感器技术	49
3.1 传感器概述	49
3.2 应变式传感器	52
3.3 电感式传感器	57
3.4 电容式传感器	64
3.5 本章小结	70
第 4 章 自动识别技术与 RFID	71
4.1 自动识别技术	71
4.2 RFID 技术的历史和现状	77
4.3 RFID 技术分析	79
4.4 RFID 数据传送和数据校验	83
4.5 RFID 和物联网	85
4.6 本章小结	85
第 5 章 物联网的中间件	86
5.1 物联网中间件基本概念	86
5.2 物联网中间件关键技术	91
5.3 中间件结构	96
5.4 中间件标准和中间件产品	100
5.5 本章小结	107

第6章 短距离无线通信技术	108
6.1 短距离无线通信及无线局域网技术	108
6.2 蓝牙技术	109
6.3 Wi-Fi 技术	113
6.4 ZigBee 技术	117
6.5 本章小结	124
第7章 无线传感器网络	125
7.1 传感器网络体系结构	125
7.2 传感器网络的特征	128
7.3 传感器网络的研究和应用	131
7.4 无线传感器网络的路由技术	134
7.5 无线传感网络的链路层技术	141
7.6 本章小结	150
第8章 物联网数据处理技术	151
8.1 物联网数据处理技术的基本概念	151
8.2 海量数据存储技术	154
8.3 物联网海量数据存储和云计算	160
8.4 物联网数据融合技术	169
8.5 物联网中的智能决策	176
8.6 本章小结	179
第9章 物联网的定位技术	180
9.1 定位的概念与发展历史	180
9.2 物联网中定位技术的具体应用	182
9.3 卫星导航系统	186
9.4 蜂窝系统定位技术	191
9.5 RFID 定位技术	194
9.6 无线传感器网络定位技术	196
9.7 定位技术的前景	198
9.8 本章小结	199
第10章 物联网信息安全技术	200
10.1 物联网的信息安全体系介绍	200
10.2 物联网中信息传递的安全问题及解决方案	203
10.3 物联网中信息的隐私权与保护	209
10.4 业务认证与加密技术	213
10.5 设备安全问题及相应策略	218
10.6 移动互联网安全漏洞与防范技术	223

10.7 本章小结.....	229
第 11 章 物联网的应用	230
11.1 物联网在智慧城市中的应用.....	230
11.2 物联网在智慧校园中的应用.....	238
11.3 物联网在智能电网中的应用.....	242
11.4 物联网在智能家居中的应用.....	247
11.5 物联网在智能交通中的应用.....	250
11.6 物联网在物流行业中的应用.....	255
11.7 本章小结.....	258
参考文献	259

物联网概述

1.1 物联网的基本概念

物质世界的三大支柱为物质、能量和信息,它们是当今人类社会赖以生存和发展的重要条件。在新经济时代,21 世纪是人类进入信息化的世纪,信息已经是人类不可或缺的一种开发资源,社会信息化和信息时代化已经成为新经济时代的基本标志。目前,在通信、互联网、射频识别等新技术的推动下,一种能够实现人与人、人与机器、人与物乃至物与物之间直接沟通的全新网络构架——“物联网”(Internet of Things)正在日渐清晰。互联网时代,人与人之间的距离变小了;而继互联网之后的物联网时代,则是物与物之间的距离变小了。互联网改变了人们的世界观,而“物联网”的出现将再次改变人们对世界的认识。

1.1.1 物联网骤热的原因

目前,“物联网”已成为备受推崇的热点词汇,从一般性的网站、技术报刊、行业报刊,到机上读物、广告宣传,以及技术论坛、行业评估、股票等,“物联网”无处不在。事实上,物联网并不是最近才出现的新概念。早在 1995 年比尔·盖茨出版《未来之路》一书时,在书中已经提及“物联网”,只是当时受限于无线网络、硬件及传感设备而并未引起人们的重视。美国麻省理工学院(Massachusetts Institute of Technology, MIT)在 1998 年创造性地提出了当时被称为 EPC(Electronic Product Code, 电子产品编码)系统的物联网的构想,1999 年在美国召开的移动计算和网络国际会议上就有人提出“传感网是下一个世纪人类面临的又一个发展机遇”。同年,中科院启动了“传感网”研究,并已经建立了一些实用的传感网。1999 年美国麻省理工学院成立 Auto-ID 研究中心,进行射频识别(Radio Frequency Identification, RFID)技术研发,在美国统一代码委员会(Uniform Code Council, UCC)的支持下,将 RFID 与互联网结合,提出了 EPC 解决方案,即物联网主要建立在物品编码、射频识别(RFID)技术和互联网的基础上,最初定义为“把所有物品通过射频识别等信息传感设备与互联网连接起来,实现智能化识别和管理”。

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 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(International Telecommunications Union, ITU)发布了《ITU 互联网报告 2005:物联网》,正式提出了物联网

的概念,包括所有物品的联网和应用。例如,危险品运输中为了保证物品在运送过程中的安全,可以利用物联网实施对物品状态的全程监控,通过分布在危险品周围的温度、振动、湿度、气压等传感器探头和 GPS(Global Positioning System,全球定位系统)定位模块等,定期或不定期地采集危险品温度、振动、湿度、气压和位置等信息,然后将信息通过通信网络发送到远程的集中监控处理系统,由该系统进行信息处理,根据处理结果执行相应的控制处理。再比如,公文包可以提醒主人忘了带什么东西,衣服能够告诉洗衣机对水温的要求,当司机出现操作失误时汽车能够自动报警等,这些都是物联网所能实现的基本功能。

物联网思想可以看作对普适计算(Ubiquitous Computing)思想的扩展,其中,“Ubiquitous”源自拉丁语,意思为存在于任何地方。1991年 Xerox 实验室的计算机科学家 Mark Weiser 首次提出此概念,描述了任何一个人无论何时何地都可通过合适的终端设备以小而可见的方式获取计算能力的全新信息社会。在此基础上,日韩衍生出了泛在网络(Ubiquitous Network),欧盟提出了环境感知智能(Ambient Intelligence),虽然这些概念与物联网不尽相同,但是其理念都是一致的。物联网概念从开始产生到如今成为众人眼中的热点并非一朝一夕。银河基金管理公司市场总监吴磊博士对《上海国资》编辑说:“每一次经济或金融危机后经济发展总在寻找新的出路,其中科技进步被寄予厚望,物联网有可能成为经济发展新的动力源之一。”近年来,全球主要发达国家和地区纷纷抛出与物联网相关的信息化战略,期望借助物联网寻求金融危机解决之道,从而刺激经济增长。2008年底 IBM(International Business Machines Corporation)向美国政府提出的“智慧地球”战略,2009年6月欧盟的“物联网行动计划”,以及2009年8月日本的“i-Japan”计划等,都是利用各种信息技术来突破互联网的物理限制,以实现无处不在的物联网。美国的战略强调传感器及其网络等感知技术的应用,提出建设智慧型基础设施;欧盟的计划具体而务实,强调 RFID 的广泛应用,注重信息安全;日本的计划强调电子政务和社会信息服务等信息化的应用。但其共同点是:融合各种信息技术,突破互联网的限制,将物体接入信息网络,实现“物联网”;在泛在网络的基础上,将信息技术应用到各个领域,从而影响国民经济和社会生活的方方面面。

我国紧随美、欧、日之后,对物联网有关的技术研究与设施建设提出了一系列可操作的构想,并为物联网技术的研发提供了宽松的环境和人力、物力的支持。2009年8月,国务院总理温家宝视察中科院嘉兴无线传感网工程中心无锡研发分中心时明确指出,要集中力量突破核心技术,着力提升自主创新能力,推动传感网更好地为产业可持续发展服务。温总理提出“在传感网发展中,要早一点谋划未来,早一点攻破核心技术”,并表示至少有三件事可以尽快去做:一是把传感系统和 3G 中的 TD(Time Division,时分)技术结合起来;二是在国家重大科技专项中加快推进传感网的发展;三是尽快建立中国的传感信息中心,或者叫“感知中国”中心。江苏省委省政府落实温总理指示,突出抓好平台建设和应用示范工作,形成“研发安全感”与“产业突破”的“先发优势”。中国移动总裁王建宙 2009年8月24日在台湾公开演讲时提到“物联网”,加快了物联网概念的传播。2009年9月11日,“传感器网络标准工作组成立大会及感知中国高峰论坛”在北京举行,其工作组汇聚了中国科学院、中国移动等国内传感网主要的技术研究和应用单位,积极开展传感网标准制定工作,深度参与国际标准化活动,通过标准化为产业发展奠定坚实的技术基础。当前,我国传感网标准体系已形成初步框架,向国际标准化组织提交的多项标准提案也被采纳。物联网还被列

为《国家中长期科学与技术发展规划(2006—2020年)》和“新一代宽带移动无线通信网”重大专项中的重点研究领域,所有这些都表明了我国对发展物联网的重视。

物联网被称为继计算机、互联网之后,世界信息产业的第三次浪潮。国际电联曾预测,未来世界是无所不在的物联网世界,到2017年将有7万亿传感器为地球上的70亿人口提供服务。物联网一方面可以用于提高经济效益,大大节约成本;另一方面可以为全球经济的复苏提供技术动力。有专家预测,未来10年内物联网在全球有可能大规模普及。目前,美国、欧盟等都在投入巨资,深入研究探索物联网。我国也正在高度关注、重视物联网的研究,工业和信息化部会同有关部门,在新一代信息技术方面正在开展研究,以形成支持新一代信息技术发展的政策措施。

1.1.2 物联网的定义

物联网的概念分为广义和狭义两方面。广义上来说,物联网是一个未来发展的愿景,等同于“未来的互联网”或“泛在网络”,能够实现人在任何时间、任何地点,使用任何网络与任何人和物的信息交换以及物与物之间的信息交换;狭义上来讲,物联网是物品之间通过传感器连接起来的局域网,不论接入互联网与否,都属于物联网的范畴。

物联网的一种定义是:通过射频识别(RFID)、红外感应器、全球定位系统(GPS)、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。显然,物联网的这一概念来自于同互联网的类比。根据物联网与互联网的关系分类,不同的专家学者对物联网给出了各自的定义,归纳起来有以下四种。

1. 物联网是传感网,而不接入互联网

部分专家认为,物联网是传感网,就是给人们生活环境中的物体安装传感器,这些传感器可以更好地帮助我们认识环境,这个传感器网不接入互联网。例如,上海浦东机场的传感器网络,其本身并没有接入互联网,却号称是中国第一个物联网。物联网与互联网是相对独立的两张网。

2. 物联网是互联网的一部分

物联网并不是一张全新的网,实际上早就存在了,它是互联网发展的自然延伸和扩张,属于互联网的一部分。互联网是可以包容一切的网络,将会有更多的物品加入到这张网中。也就是说,物联网包含于互联网之中,互联网包括物联网。

3. 物联网是互联网的补充网络

通常所说的互联网是指人与人之间通过计算机结成的全球性网络,服务于人与人之间的信息交换。而物联网的主体则是各种各样的物品,通过物品间的信息传递从而达到最终为人类服务的目的,两张网的主体不同,所以物联网是互联网的扩展和补充。如果把互联网比作是人类信息交换的动脉,那么物联网就好比是毛细血管,两者相互联通,或者说物联网是互联网的有益补充。

4. 物联网是未来的互联网

从宏观概念上来讲,未来的物联网将使人置身于无所不在的网络之中,在不知不觉中,人可以随时随地与周围的人或物进行信息的交换,这时物联网也就等同于泛在网络,或者未来的互联网。物联网、泛在网络、未来的互联网,它们的名字虽然不同,但表达的都是同

一个愿景,那就是人类可以随时、随地、使用任何网络、联系任何人或物,达到自由交换信息的目的。

综上所述,不论是哪一种类型的概念,物联网都需要对物体具有全面的感知能力,对信息具有可靠传送和智能处理的能力,从而形成一个连接物体与物体的信息网络。也就是说,全面感知、可靠传送、智能处理是物联网的基本特征。“全面感知”是指利用 RFID、二维码、GPS、摄像头、传感器、传感器网络等感知、捕获、测量的技术手段,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与互联网的融合,将物体接入信息网络,随时随地进行可靠的信息交互和共享;“智能处理”是指利用云计算、模糊识别等各种智能计算技术,对海量的跨地域、跨行业、跨部门的数据和信息进行分析处理,提升对物理世界、经济社会各种活动和变化的洞察力,实现智能化的决策和控制。因此,“物联网”概念的问世,打破了之前的传统思维。过去的思路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,而另一方面是数据中心、个人电脑、宽带等。在“物联网”时代,钢筋混凝土、电缆将与芯片、宽带整合为统一的基础设施,换句话说,基础设施可比作地球上的一块工地,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。具体地说,就是把感应器嵌入并装配到电网、铁路、公路、桥梁、隧道、建筑、供水系统、大坝、油气管道等各种物体中,通过现有的互联网整合起来,实现人类社会与物理系统的整合。在这个整合的网络中,存在着能力强大的中心计算机群,能够对整个网络内的人员、机器、设备和基础设施进行实时的管理和控制。在此基础上,人类可以用更加精细和动态的方式管理生产和生活,达到“智慧”状态,提高资源利用率和生产力水平,改善人与自然间的关系。

1.1.3 物联网的本质

物联网作为新兴的物品信息网络,它的应用领域相当广泛,一个重要的应用领域就是为实现供应链中物品自动化的跟踪和追溯提供基础平台。物联网可以在全球范围内对每个物品实施跟踪监控,从根本上提高物品生产、配送、仓储、销售等环节的监控水平,成为继条码技术之后,再次变革商品零售、物流配送及物品跟踪管理模式的一项新技术。从根本上改变供应链流程和管理手段,对于实现高效的物流管理和商业运作具有非常重要的意义;对物品相关历史信息的分析有助于库存管理、销售计划以及生产控制的有效决策;通过分布于世界各地的销售商可以实时获取其商品的销售和使用情况,生产商则可及时调整其产量和供应量。由此,所有商品的生产、仓储、采购、运输、销售以及消费的全过程将发生根本性的变革,全球供应链的性能将获得极大的提升。

物联网的关键不在于“物”,而在于“网”。实际上,早在物联网这个概念正式提出之前,网络就已经将触角伸到了“物”的层面,如交通警察可以利用摄像头对车辆进行监控,利用雷达对行驶中的车辆进行速度的测量等,这些都是互联网范畴之内的一些具体应用。此外,多年前人们就已经实现了对物的局域性联网处理,比如自动化生产线等。实际上,物联网指的是在网络的范围之内,实现人对人、人对物以及物对物的互联互通,可以是点对点,也可以是点对面或面对点的方式,它们经由互联网,通过适当的平台,可以获取或传递相应的资讯或指令。比如,通过搜索引擎来获取资讯或指令,当某一数字化的物体需要补充电能时,可以通过网络搜索到自己的供应商,并发出需求信号,当收到供应商的回应时,能够

从中寻找到一个优选方案来满足自我需求。而这个供应商,既可以由人控制,也可以由物控制。这样的情形类似于人们现在利用搜索引擎进行查询,得到结果后再进行处理一样。具备了数据处理能力的传感器,可以根据当前的状况作出判断,从而发出供给或需求信号,而在网络上对这些信号的处理,成为物联网的关键所在。仅仅将物连接到网络,还远远没有发挥出它的最大威力。网的意义不仅是连接,更重要的是交互,以及通过互动衍生出来的种种可利用的特性。

物联网的精髓不仅是对物实现连接和操控,它通过技术手段的扩张,赋予网络新的含义,实现人与物、物与物之间的相融与互动,甚至是交流与沟通。物联网并不是互联网的翻版,也不是互联网的一个接口,而是互联网的一种延伸。作为互联网的扩展,物联网具备互联网的特性,但也具有互联网当前所不具有的特征。物联网不但能实现由人找物,而且还能实现以物找人,并能作出方案性的选择。

另一方面,合作性与开放性以及长尾理论的适用性,是互联网在应用中的重要特征,引发了互联网经济的蓬勃发展。对物联网来说,通过人物一体化,就能够在性能上对人和物的能力都进行进一步的扩展,就犹如一把宝剑能够极大地增加人类的攻击能力与防御能力一样;在网络上可以增加人与人之间的接触,从中获得更多的商机,就好像通信工具的出现,可以增加人们之间的交流与互动,而伴随着这些交流与互动的增加,产生了更多的商机;如同在人物交汇处建立起新的节点平台,使得长尾在节点处显示出最高的效用,如在互联网时代,各式各样的大型网站由于汇聚了大量的人气,从而形成了一个节点,通过对这些节点进行利用,使得长尾理论的效应得到了大幅的提高,就好像亚马逊作为一个节点在图书销售中所起到的作用一样。

合作性与开放性指的不仅仅是物与物之间,还发生在人与物之间。互联网之所以有现在的繁荣,与它的合作性和开放性这两大特征是分不开的,开放性使得无数英雄通过互联网实现了他们的梦想,可以说没有开放性所带来的创新激励机制,就不可能有互联网今天的多姿多彩;合作性使得互联网的效用得到了倍增,使得其运作更加符合经济原则,并且给它带来了竞争上的先天优势,没有合作性,互联网就不可能大面积地取代传统行业成为主流。这样一来,在“物联”之后,不仅能够产生新的需求,而且还能够产生新的供给,更可以让整个网络在理论上获得进一步的扩展和提高,从而创造出更多的机会。正是由于这些特性,将使物联网在功能上得到更大的扩展,而并不仅仅局限于传感功能。

需要强调的是,如果认为物联网等同于传感网的概念,则会使得物联网的外延缩小。如1999年所提出的物联网的概念,是把所有物品通过RFID等信息传感设备与互联网连接起来,以实现智能化识别和管理。其中,没有人和物之间的相联、沟通与互动。如果仅仅作为传感网,联网后的物体则只需服从控制中心的指令,而各系统的控制中心是互相分离的。如果是作为互联网的延伸,则可以将所有在网络内的系统与点有机地联成一个整体,起到互帮互助的作用。换句话说,传感网完全可以包容在作为互联网扩展形式的物联网的概念之内。

1.1.4 物联网概念辨析

由于物联网概念出现的时间较短,其内涵还在不断的发展、完善。有人认为,物联网是基于互联网和RFID技术发展的网络,是在计算机互联网的基础上,利用RFID、无线数据通

信等技术,构造一个覆盖世界上万事万物的网络。物联网的实质就是利用 RFID 技术,通过计算机互联网以实现全球物品的自动识别,达到信息的互联与实时共享。由此可见,物联网主要涉及 RFID 和传感器两项技术。RFID 技术用于标识物品,给每个物品一个“身份证”;传感器技术用于感知物品,包括采集实时数据(如温度、湿度、压强和速度等)、执行与控制(打开空调、关上电视)等。因此,可以进行如下划分:

- (1)从 RFID 技术出发,在 RFID 网络的基础上,构建基于 RFID 的物联网;
- (2)从传感器技术出发,在传感网络的基础上,构建基于传感器的物联网;
- (3)将 RFID 技术和传感器技术相融合,构建更广义的物联网,即泛在网。

目前,对于物物互联的网络这一概念的准确定义,业界一直没有达成统一的共识,存在着以下几种相关概念:物联网、无线传感器网络(Wireless Sensor Network, WSN)以及泛在网(Ubiquitous Network)(也称为 U 网络)。

1. 物联网

定义 1 通过 RFID 和条码等信息,传感设备把所有物品与互联网连接起来,实现智能化识别和管理。

该定义由麻省理工学院 Auto-ID 研究中心于 1999 年提出,实质上等于 RFID 技术和互联网的结合应用。RFID 标签可谓是早期物联网最为关键的技术与产品环节,当时认为物联网最大规模、最有前景的应用就是在零售和物流领域。利用 RFID 技术,通过计算机互联网实现物品/商品的自动识别与信息的互联和共享。

定义 2 2005 年,ITU(International Telecommunication Union)在 *The Internet of Things* 这一报告中对物联网的概念进行扩展,提出任何时间、任何地点、任意物体之间的互联,无所不在的网络和无所不在计算的发展愿景,除 RFID 技术外,传感器技术、纳米技术、智能终端等技术将得到更加广泛的应用。

定义 3 由具有标识、虚拟个性的物体/对象所组成的网络,这些标识和个性等信息在智能空间使用智慧的接口与用户、社会和环境进行通信。

该定义出自欧洲智能系统集成技术平台在 2008 年 5 月 27 日发布的报告 *Internet of Things in 2020*。该报告分析预测了未来物联网的发展,认为 RFID 技术和相关的识别技术是未来物联网的基石,因此更加侧重于 RFID 的应用及物体的智能化。

定义 4 物联网是未来互联网的一个组成部分,可以被定义为基于标准的和可互操作的通信协议,且具有自配置能力的、动态的全球网络基础架构。物联网中的“物”都具有标识、物理属性和实质上的个性,使用智能接口实现与信息网络的无缝整合。

这个定义来源于欧盟第 7 框架下 RFID 和物联网研究项目组在 2009 年 9 月 15 日发布的研究报告。该项目组的主要研究目的是便于欧洲内部不同 RFID 和物联网项目之间的组网,协调 RFID 的物联网研究活动、专业技术平衡与研究效果最大化,以及项目之间建立协同机制等。

从上述 4 种定义不难看出,物联网的内涵起源于由 RFID 对客观物体进行标识并利用网络进行数据交换这一概念,并不断扩充、延展、完善而逐步形成。这种物联网主要由 RFID 标签、读写器、信息处理系统、编码解析与寻址系统、信息服务系统和互联网组成。通过对拥有全球唯一编码的物品的自动识别和信息共享,实现开环环境下对物品的跟踪、溯源、防伪、定位、监控以及自动化管理等功能。通常在生产和流通(供应链)领域,为了实现对物品

的跟踪、防伪等功能,需要给每一个物品一个全球唯一的标识。在这种情形下,RFID 技术发挥了重要作用,基于 RFID 技术的物联网能够满足这种需求。此外,冷链物流、危险品物流等特殊物流,对仓库、运输工具/容器的温度等有特殊要求,可将传感器技术融入进来,将传感器采集的信息与仓库、车辆、集装箱的 RFID 信息融合(例如,在厢式冷藏货车内安装温度传感器,将温度信息、GPS 信息等通过车载终端采用短信息方式发送到企业监控中心),构建带传感器的基于 RFID 的物联网。目前,基于 RFID 的物联网的典型解决方案是美国的 EPC。

2. 无线传感器网络

定义 5 无线传感器网络是由若干具有无线通信能力的传感器节点自组织构成的网络。

此定义最早由美国军方提出,起源于 1978 年美国国防部高级研究计划局资助 Carnegie Mellon University 进行分布式传感器网络的研究项目。在当时缺乏互联网技术、多种接入网络以及智能计算技术的条件下,该定义局限于由节点组成的自组织网络。

定义 6 泛在传感器网络(Ubiquitous Sensor Network, USN)是由智能传感器节点组成的网络,可以以“任何地点、任何时间、任何人、任何物”的形式被部署。该技术具有巨大的潜力,可以用于在广泛领域内推动新的应用和服务,从安全保卫、环境监控到推动个人生产力和增强国家竞争力。

此定义出自 2008 年 2 月国际电信联盟远程通信标准化部门的研究报告 *Ubiquitous Sensor Networks*。该报告中提出了泛在传感器网络体系架构,自下而上分为底层传感器网络、接入网络、基础骨干网络、中间件、应用平台等 5 个层次。底层传感器网络由传感器、RFID、执行器等各种信息设备组成,负责对物理世界的感知与反馈;接入网络实现底层传感器网络与上层基础骨干网络的连接,由网关、sink 节点等组成;基础骨干网络基于互联网、NGN(Next Generation Network)构建;中间件处理、存储传感数据并以服务的形式提供对各类传感数据的访问;应用平台实现各类传感器网络应用的技术支撑。

定义 7 传感器网络的主要任务是对物理世界的数据进行采集和对信息进行处理,信息传递载体为网络,以实现物与物、物与人间的信息交互,它是提供信息服务的智能网络信息系统。

该定义出自我国信息技术标准化技术委员会所属传感器网络标准工作组 2009 年 9 月的工作文件,该文件认为传感器网络具体表现为:“它综合了微型传感器、分布式信号处理、无线通信网络和嵌入式计算等多种先进信息技术,能对物理世界进行信息采集、传输和处理,并将处理结果以服务的形式发布给用户”。

定义 8 传感网是以感知为目的,实现人与人、人与物、物与物全面互联的网络。其突出特征是通过传感器等方式获取物理世界的各种信息,结合互联网、移动通信网等进行信息的传送与交互,采用智能计算技术对信息进行分析处理,从而提升对物质世界的感知能力,实现智能化的决策和控制。

此定义出自工业和信息化部、江苏省联合向国务院上报的《关于支持无锡建设国家传感网创新示范区(国家传感信息中心)情况的报告》。此外,“传感网”这一名词最早出自业界专家对于无线传感器网络的简称,即定义 5 的中文简称。随着对物物互联相关概念的关注度不断提升,传感器网络逐渐演进为定义 8 所描述的内容。

比较传感器网络的4种定义,同样可以发现传感器网络的内涵起源于“由传感器组成通信网络,对所采集到的客观物体信息进行交换”这一概念。定义6提出了相对完整的体系架构,并且描述了各个层次在体系架构中的位置及功能。定义7,8尽管与定义6文字描述不同,但其内涵基本一致,并未对定义6进行实质性的突破与完善。定义6,7,8都是将定义5所定义的“网络”作为底层的、对于客观物质世界信息获取交互的技术手段之一,并对其进行了更为精确的文字描述。

显然,由传感器、通信网络和信息处理系统构成的传感网,具有数据实时采集、监督控制和信息共享与存储管理等功能,它使目前网络技术的功能得到了极大拓展,使通过网络实时监控各种环境、设施及内部运行机理等成为了可能。也就是说,原来与网络相距甚远的家电、交通管理、农业生产、建筑物安全、旱涝预警等都能够得到有效的监测,有的甚至能够通过网络进行远程控制。目前,无线传感网络仍旧处在闭环环境下应用的阶段,比如,用无线传感器监控金门大桥在强风环境下的摆幅。而基于传感技术的物联网主要采用嵌入式技术(嵌入式Web传感器),给每个传感器赋予一个IP地址,可应用于远程防盗、基础设施监控与管理、环境监测等领域。

3. 泛在网络

定义9 泛在网络是指无所不在的网络。

最早提出U战略的日本和韩国给出的定义为:无所不在的网络社会将是由智能网络、最先进的计算技术以及其他领先的数字技术基础设施武装而成的技术社会形态。根据这样的构想,U网络将以“无所不在”“无所不包”“无所不能”为基本特征,帮助人类实现4A化通信,即在任何时间(Anytime)、任何地点(Anywhere)、任何人(Anyone)、任何物(Anything)都能顺畅地通信。

4. 各概念之间的关系

目前,对于支持人与物、物与物广泛互联,实现人与客观世界的全面信息交互的全新网络的命名,一直存在着物联网、传感网、泛在网这3个概念之争。这3个概念间的关系如图1-1所示。

不妨将传感器的概念进行扩展,认为RFID、二维条码等信息的读取设备和音频、视频录入设备等数据采集设备都是特殊的传感器,那么范围得到扩展后的传感器网络简称为与物联网概念并列的“传感网”。从ITU-T、ISO/IEC/JTC1 SC6等国际标准组织对传感器网络、物联网定义和标准化范围来看,传感器网络和物联网其实是一个概念的两种不同表述,它们的实质都是依托于各种信息设备实现物理世界和信息世界的无缝融合。由此可见,无论从哪个角度看,都可以认为目前为人们所熟知的“物联网”和“传感网”都是以传感器、RFID等客观世界标识和感知技术,借助于无线传感器网络、互联网、移动网等实现人与物理世界的信息交互。泛在网是面向泛在应用的各种异构网络的集合,也被称为“网络的网络”,更强调跨网之间的互联互通和信息的聚合与应用。另外,泛在化、智能化是物联网的两大特征。所谓泛在化,是指传感器网络部署和移动通信网络覆盖的泛在化以及各类物联网业务与应用的泛在化。各种信息的协同处理以及基于数据挖掘、专家系统、商业智能的决策支持是智能化的集中体现。