



普通高等教育“十一五”规划教材

物联网概论

WULIANWANG GAILUN

主编 廖同庆



合肥工业大学出版社
HEFEI UNIVERSITY OF TECHNOLOGY PRESS

物联网概论

主 编 廖同庆

副主编 陈 振

参 编 吴 昇

合肥工业大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

物联网概论/廖同庆主编. —合肥:合肥工业大学出版社,2015.8
ISBN 978-7-5650-2339-2

I. ①物… II. ①廖… III. ①互联网—应用—高等学校—教材②智能技术—应用—高等学校—教材 IV. ①TP393.4②TP18

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 177072 号

物 联 网 概 论

廖同庆 主编

责任编辑 马成勋

出 版	合肥工业大学出版社	版 次	2015 年 8 月第 1 版
地 址	合肥市屯溪路 193 号	印 次	2015 年 8 月第 1 次印刷
邮 编	230009	开 本	787 毫米×1092 毫米 1/16
电 话	总 编 室:0551—62903038	印 张	17.75
	市场营销部:0551—62903198	字 数	410 千字
网 址	www.hfutpress.com.cn	印 刷	安徽昶颀包装印务有限责任公司
E-mail	hfutpress@163.com	发 行	全国新华书店

ISBN 978-7-5650-2339-2

定价: 36.00 元

如果有影响阅读的印装质量问题,请与出版社发行部联系调换。

序

物联网工程专业是国家战略型新兴产业急需的指定大力发展的电子信息类专业,未来有着巨大的需求。它是将虚拟网络空间和实际物理世界相结合研究的一门交叉学科。物联网涉及的领域非常广泛,从技术角度,主要涉及的现有高校院系与专业有:计算机科学与工程,电子信息与通讯,电子与电气工程,自动控制,遥感与遥测,精密仪器,电子商务等等。

因而,一本合适的物联网概论引导广大学子了解物联网的起源与发展、知道物联网的核心技术有哪些、明白物联网的主要特点和应用前景、认识物联网的体系结构十分重要。

正是因为这个原因,廖同庆博士在课题组的支持下编写出版了这本《物联网概论》。该书为有志于攀登物联网技术高峰的年轻人提供了一架入门的云梯,时刻昭示掌握基础理论才是发展和创新的根本,值得庆幸!

吴先良

2015年8月于安徽大学

前 言

物联网(Internet of things, IoT),顾名思义就是利用局部网络或互联网等通信技术把传感器、控制器、机器、人员和物等通过新的方式联在一起,形成人与物、物与物相联,实现信息化、远程管理控制和智能化的网络。物联网通过智能感知、识别技术与普适计算等通信感知技术,广泛应用于网络的融合中。“在现实物理世界与虚拟计算机世界之间实现信息交互”突破了以往信息网络技术发展的固有模式和思路,也因此被称为继计算机、互联网之后世界信息产业发展的第三次浪潮。

然而我们不能不看到,伴随物联网的成长,一些疑问和负面评价慢慢出现。例如,到底什么是物联网、物联网是怎样定义的、物联网的核心技术到底是什么。每每遇到一些学子追问这些看似简单的问题,却又无法言简意赅地精确回答时,我深深地体会到需要一本合适的《物联网概论》教材循循善诱这些莘莘学子进入物联网世界、搭建属于自己的物联网知识体系。

在高等学校博士学科点专项科研基金“基于 SAW 技术的新型 RFID 系统研究”(项目号:20123401120008)、安徽大学与安徽朗坤物联网有限公司合作研发项目“物联网智能感知技术与农业信息感知系统的研发”(项目号:Y06100401)的资助下,在课题组同仁的支持下,撰写了《物联网概论》一书。

本书力争兼顾理论与实际,既全面介绍了物联网领域的基础知识,又广泛吸收了各国最新的发展成果。在时刻凸显基础理论的同时,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。

全书共分 14 章,全面地讲述了物联网基本知识、技术体系以及相关理论,对物联网的关键技术,RFID 技术、传感器技术、无线传感器网络技术、M2M 技术等进行了详细分章讲解,同时对与物联网密切相关的智能技术、安全技术进行了深入的论述和讨论。本书可作为高等院校物联网专业和信息类、通信类、计算机类、工程类等专业的“物联网技术概论”课程的教材。

本书由安徽大学廖同庆副教授任主编、安徽大学陈振博士任副主编。廖同庆老师编写了第 1 章至第 4 章、第 11 至第 14 章;安徽大学的陈振博士编写

了第5章、第6章、第7章、第10章；合肥师范学院的吴昇博士编写了第8章、第9章。

本书在编写过程中，得到了安徽大学孙玉发教授、李民权教授、刘瑜副教授、将铁珍副教授的大力支持和帮助，肖广东老师、魏小龙老师对本书进行了大量的文字编辑和图形整理工作，同时参考了业内许多专家、学者的论著，汲取了多方面的研究成果，向他们表示最诚挚的谢意。

由于编者水平有限，加之时间仓促，书中难免存在错误和不足之处，恳请广大读者批评指正。

廖同庆

2015年5月于合肥

目 录

第一章 物联网概述	(1)
1.1 起源与发展	(1)
1.2 架构体系与关键技术	(4)
1.3 主要特点	(7)
1.4 应用前景	(7)
第二章 射频技术基础与 RFID	(9)
2.1 RFID 的历史和现状	(9)
2.2 RFID 技术分析	(14)
2.3 RFID 标签冲突	(17)
2.4 RFID 和物联网	(21)
第三章 传感器技术	(22)
3.1 传感器概述	(22)
3.2 传感器技术发展史	(24)
3.3 典型应用	(25)
3.4 设计需求	(26)
3.5 硬件平台	(28)
3.6 软件平台	(33)
第四章 定位系统与智能信息设备	(41)
4.1 位置信息	(41)
4.2 定位系统	(42)
4.3 定位技术	(50)

4.4	物联网下定位技术的新挑战	(52)
4.5	智能设备概述	(53)
4.6	智能设备运行平台	(60)
4.7	智能设备发展新趋势	(63)
第五章	互联网	(65)
5.1	互联网概述	(65)
5.2	网络协议及其分层结构	(70)
5.3	应用层	(72)
5.4	传输层	(77)
5.5	网络层	(83)
5.6	互联网与物联网	(90)
第六章	无线宽带网络	(94)
6.1	无线网络	(94)
6.2	Wi-Fi:无线局域网	(102)
6.3	WiMAX:无线城域网	(107)
6.4	展望:无线物联世界	(116)
第七章	无线低速网络	(118)
7.1	低速网络协议需求	(118)
7.2	无线低速网络协议	(119)
7.3	无线传感网协议	(123)
7.4	IPv6 网际互联	(126)
第八章	移动通信网络	(129)
8.1	移动通信发展历史	(129)
8.2	3G 通信技术和标准	(137)
8.3	移动互联网	(148)
8.4	关于 4G	(153)
第九章	数据库系统	(161)
9.1	数据库系统的概述	(161)

9.2	关系数据库	(164)
9.3	关系代数	(168)
9.4	物联网与数据库	(172)
第十章	海量信息存储	(177)
10.1	物联网对海量信息存储的需求	(177)
10.2	网络存储体系结构	(178)
10.3	数据中心	(184)
10.4	Hadoop	(200)
第十一章	搜索引擎	(204)
11.1	搜索引擎简史	(204)
11.2	搜索引擎技术的研究	(208)
11.3	物联网搜索引擎	(214)
第十二章	物联网中的智能决策	(216)
12.1	数据挖掘概述	(216)
12.2	数据挖掘的基本类型和算法	(220)
12.3	智能决策与物联网	(225)
第十三章	物联网中的信息安全与隐私保护	(229)
13.1	物联网信息安全概述	(229)
13.2	RFID 安全与隐私保护	(233)
13.3	RFID 安全与隐私保护机制	(235)
13.4	位置隐私	(240)
第十四章	物联网综合应用	(244)
14.1	智能电网	(244)
14.2	智能交通	(256)
14.3	智能物流	(263)

第一章 物联网概述

“物联网概念”是在“互联网概念”的基础上,将其用户端延伸和扩展到任何物品与物品之间,进行信息交换和通信的一种网络概念。

虽然目前国内对物联网还没有一个统一的标准定义,但从物联网本质上看,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,将各种感知技术、现代网络技术和人工智能与自动化技术聚合与集成应用,使人与物智慧对话,创造一个智慧的世界。因为物联网技术的发展几乎涉及信息技术的方方面面,是一种聚合性、系统性的创新应用与发展,也因此才被称为是信息产业的第三次革命性创新。

物联网的本质概括起来主要体现在三个方面:(1)互联网特征,即对需要联网的物一定要能够实现互联互通的互联网络;(2)识别与通信特征,即纳入物联网的“物”一定要具备自动识别与物物通信(M2M)的功能;(3)智能化特征,即网络系统应具有自动化、自我反馈与智能控制的特点。

随着物联网的理论体系逐渐完善,对其认识的不断深入以及物联网与传感网、互联网、泛在网等相关网络的密切联系,不同领域的研究者对物联网的定义并未达成共识。目前,比较普遍的认识是物联网是一个基于互联网、传统电信网等信息承载体,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。它具有普遍对象设备化、自治终端互联化和普适服务智能化三个重要特征。物联网是将人与物、物与物联系起来从而提高人们生活水平,改善人们居住环境的一种新的网络。

1.1 起源与发展

物联网概念曾出现于比尔·盖茨 1995 年《未来之路》一书,在《未来之路》中,比尔·盖茨已经提及物联网概念,只是当时受限于无线网络、硬件及传感设备的发展,并未引起重视。

物联网的发展如下:

(1)物联网的概念是在 1999 年提出:Foundation of Auto-ID center of MIT (RFID technology)。

(2)2003 SUN article:Toward a Global “Internet of Things”。

(3)2005 年 11 月 17 日: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》。

(4)2009 年 1 月 23 日:IBM Smart Planet,奥巴马针对 IBM 首席执行官彭明盛首次提出“智慧的地球”这一概念做出回应,物联网技术是美国在 21 世纪保持和夺回竞争优势的方式。

(5)2009 年 8 月 7 日:温家宝总理考察中科院无锡高新微纳传感网工程技术研发中心时强调“在传感网发展中,要早一点谋划未来,早一点攻破核心技术,把传感系统和 3G 中的 TD 技术结合起来”。

(6)2009 年 9 月 21 日:工信部在相关会议上,首次明确提出要进一步研究建设物联网、传感网,加快传感中心建设,推进信息技术在工业领域的广泛应用,提高资源利用率、经济运行效益和投入产出效率等。

(7)2009 年 9 月:Internet of Things-An action plan for Europe 欧盟行动计划。

IBM(International Business Machines Corporation)公司认为,建设智慧地球需要三个步骤:首先各种创新的感应科技开始被嵌入各种物体和设施中,从而使物质世界被极大程度的数据化。其次,随着网络的高度发达,人、数据和各种事物都将以不同方式联入网络。再次,先进的技术和超级计算机则可以对这些堆积如山的数据进行整理、加工和分析,将生硬的数据转化成实实在在的洞察,并帮助人们做出正确的行动决策。

IBM 公司提出将在六大领域建立智慧行动方案,分别是:智慧电力、智慧医疗、智慧城市、智慧交通、智慧供应链、智慧银行。

今天,“智慧地球”战略被不少美国人认为与当年的“信息高速公路”有许多相似之处,同样被他们认为是振兴经济、确立竞争优势的关键战略。该战略能否掀起如当年互联网革命一样的科技和经济浪潮,不仅为美国关注,更为世界所关注,例如:日本 u-Japan 构想、韩国 u-Korea 战略。

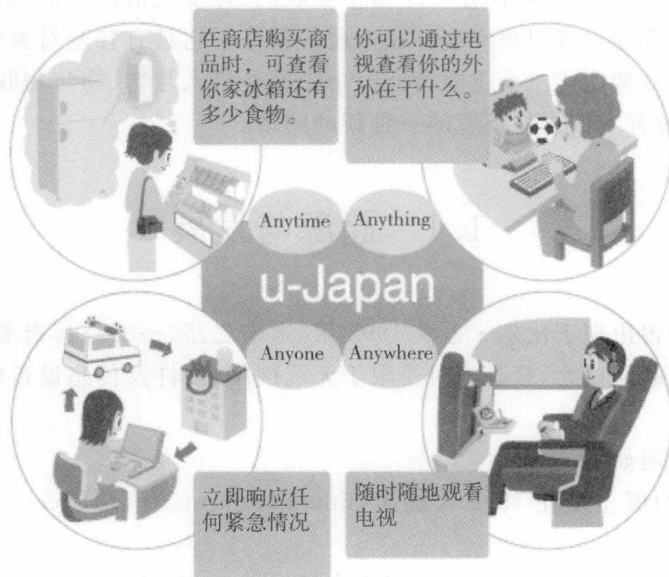


图 1-1 日本 u-Japan 构想

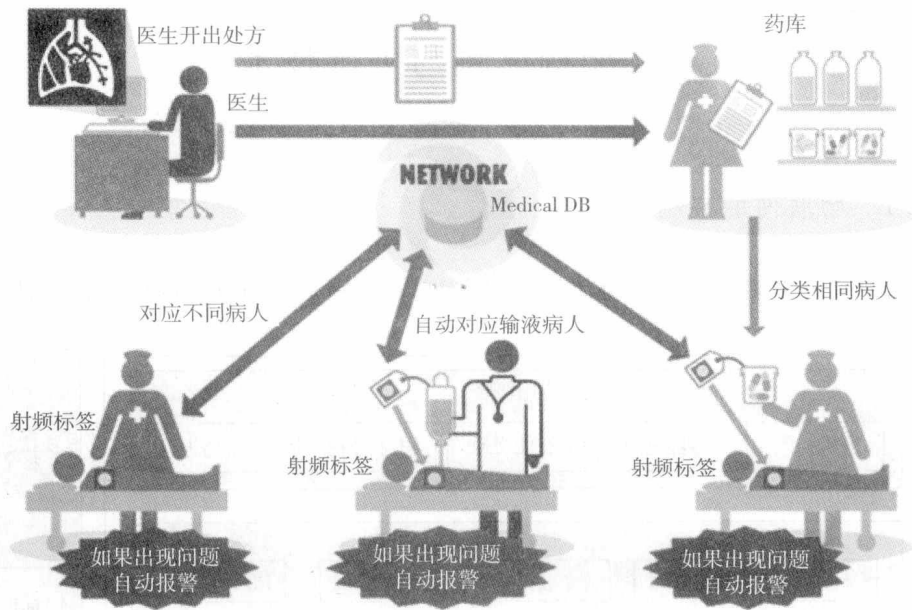


图 1-2 韩国 u-Korea 战略

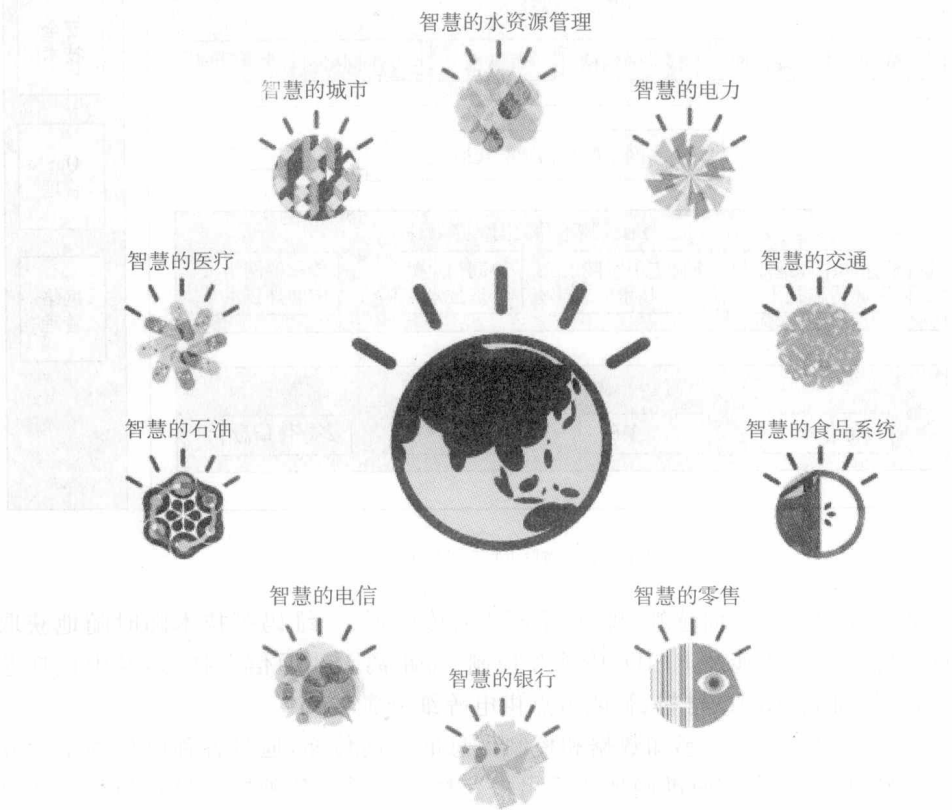


图 1-3 IBM 智慧地球示意图

1.2 架构体系与关键技术

1.2.1 物联网的架构体系

学术界通常将物联网系统划分为三个层次,它们分别是:感知层、网络层、应用层。



图 1-4 物联网三层结构

感知层的主要功能是全面感知,即利用 RFID、传感器、二维码等技术随时随地获取物体的信息。感知层主要涉及 RFID、传感和控制、短距离无线通信等技术,其中包括芯片研发、通信协议研究、RFID 材料、智能节点供电等细分领域。

网络层的主要功能是实现感知数据和控制信息的双向传递,通过各种电信网络与互联网的融合,将物体的信息实时准确地传递出去。物联网通过各种接入设备与移动通讯网和互联网相连,如手机付费系统中由刷卡设备将内置于手机的 RFID 信息采集上传到

互联网,网络层完成后台鉴权认证并从银行网络划账。网络层还具有信息存储查询、网络管理等功能。

应用层主要是利用经过分析处理的感知数据,为用户提供丰富的特定服务。云计算平台作为海量感知数据的存储、分析平台,既是物联网网络层的重要组成部分,也是应用层众多应用的基础。物联网的应用可分为监控型(物流监控、污染监控)、查询型(智能检索、远程抄表)、控制型(智能交通、智能家居、路灯控制)、扫描型(手机钱包、高速公路不停车收费)等。应用层是物联网发展的目的,软件开发、智能控制技术将会为用户提供丰富多彩的物联网应用。

由上可知,感知层是物联网发展和应用的基础,网络层是物联网发展和应用的可靠保证,没有感知层和传输层提供的基础,应用层也就成了无源之水、无本之木,但未来的物联网发展将更加关注应用层。只有当物联网接入互联网、普及应用、数据量越来越大、应用需求日趋广泛、强烈之后,物联网才会迎来大发展,人类才能真正迈入智慧地球时代。

1.2.2 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射频识别技术、传感器技术、网络通信技术和云计算(传输数据计算)等。

(1) 射频识别技术

射频识别(RFID)技术,是物联网中非常重要的技术,是实现物联网的基础与核心。射频技术是一项利用射频信号通过空间耦合实现无接触信息传递并通过所传递的信息达到识别目的的技术。这一技术由三个部分构成:①阅读器(Reader),用来读取(有时还可以写入)标签信息,既可以是固定的也可以是移动的;②标签(Tag),附着在物体上以标识目标对象;③天线(Antenna),其作用是在标签和读取器之间传递射频信号。当然,在实际应用中还需要其他硬件和软件的支持。

该项技术的基本思想是,通过先进的技术手段,实现人们对各类物体或设备(人员、物品)在不同状态(移动、静止或恶劣环境)下的自动识别和管理。由于射频识别无须人工干扰,可使用于各种恶劣环境,可用来追踪和管理几乎所有物理对象,所以零售商和制造商非常关心和支持这项技术的发展和应用。比如,沃尔玛公司就成功地将射频技术应用于供应链管理中,高速公路的自动收费系统更是这项技术最成功应用之一。

射频技术发展面临的主要问题和难点是:①射频识别的碰撞防冲突问题;②射频天线研究;③工作频率的选择;④安全与隐私问题。

(2) 传感器技术

要产生真正有价值的信息,仅有射频识别技术是不够的,还需要传感技术。由于物联网通常处于自然环境中,传感器要长期经受恶劣环境的考验,因此物联网对传感器技术提出了更高的要求。

作为获取信息的关键器件,传感器是指那些对被测对象的某一确定的信息具有感受(或响应)与检出功能,并使之按照一定规律转换成与之对应的可输出信号的元器件

或装置。如果把计算机看作处理和识别信息的大脑,把通信系统看作是传递信息的“神经”系统的话,则传感器就是感觉器官。离开了传感器对被测的原始信息进行准确可靠的捕获和转换,一切准确的测试与控制都将无法实现,即使是最现代化的电子计算机,假如没有准确的信息(或转换可靠的数据)和不失真的输入,也将无法充分发挥其应有的作用。

传感器技术的发展与突破主要体现在两个方面:(1)感知信息方面。(2)传感器自身的智能化和网络化。未来传感器技术的发展趋势大致分为如下几个方面:向检测范围挑战;集成化,多功能化;向未开发的领域挑战——生物传感器、智能传感器(Smart sensor);发现和利用新材料。

传感器技术是一门综合的高新技术,它集光、机、电、生物医学于一身,可以毫不夸张地说,传感器技术的水平从一个侧面反映了微电子技术、MEMS、纳米技术、光电子技术、生物技术等高新技术的水平。

(3)网络通信技术

无论物联网的概念如何扩展和延伸,其最基础的物物之间的感知和通信是不可替代的关键技术。网络通信技术包括各种有线和无线传输技术、交换技术、组网技术、网关技术等。其中 M2M 技术则是物联网实现的关键。M2M 技术是机器对机器(Machine-To-Machine)通信的简称,指所有实现人、机器、系统之间建立通信连接的技术和手段,同时也可代表人对机器(Man To Machine)、机器对人(Machine To Man)、移动网络对机器(Mobile To Machine)之间的连接与通信。M2M 技术适用范围广泛,可以结合 GSM/GPRS/UMTS 等远距离连接技术,也可以结合 Wifi、BlueTooth、Zigbee、RFID 和 UWB 等近距离连接技术,此外还可以结合 XML 和 Corba,以及基于 GPS、无线终端和网络的位置服务技术等,用于安全监测、自动售货机、货物跟踪领域。目前,M2M 技术的重点在于机器对机器的无线通信,而将来的应用则将遍及军事、金融、交通、气象、电力、水利、石油、煤矿、工控、零售、医疗、公共事业管理等各个行业。短距离无线通信技术的发展和完善,使得物联网前端的信息通信有了技术上的可靠保证。

通信网络技术为物联网数据提供传送通道,如何在现有网络上进行增强,适应物联网业务的需求(低数据率、低移动性等),是该技术研究的重点。物联网的发展离不开通信网络,更宽、更快、更优的下一代宽带网络将为物联网发展提供更有力的支撑,也将为物联网应用带来更多的可能。

(4)云计算

云计算(Cloud Computing)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、负载均衡等传统计算机技术和网络技术发展融合的产物。云计算的基本原理是通过使计算分布在大量的分布式计算机上,而非本地计算机或远程服务器中,企业数据中心的运行将更与互联网相似。这使得企业能够将资源切换到需要的应用上,根据需求访问计算机和存储系统。它旨在通过网络把多个成本相对较低的计算实体整合成一个具有强大计算能力的完美系统,并借助 SaaS、PaaS、IaaS、MSP 等先进的商业模式把这强大的计算能力分布到终端用户手中。云计算的一个核心理念就是通过不断提高“云”的处理能力,减少用户终端的处理负担,最终使用户终端简化成一个单纯的输入输

出设备,并能按需享受“云”的强大计算处理能力。Google 搜索引擎是云计算的成功应用之一。

1.3 主要特点

物联网和传统的互联网相比具有鲜明的特征:

(1)物联网是各种感知技术的广泛应用。物联网上部署了海量的多种类型传感器,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。

(2)物联网是一种建立在互联网上的泛在网络。物联网技术的重要基础和核心仍旧是互联网,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,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。

(3)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。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,扩充其应用领域。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,以适应不同用户的需求,发现新的应用领域和应用模式。

1.4 应用前景

物联网被视为继计算机、互联网和移动通信网络之后的第三次信息产业浪潮,因其广阔的行业应用前景而受到了各国政府的重视。

物联网是对当今各种新技术、新理念的高度融合,它打通了电子技术、自动化技术、通信技术、生物技术、机械技术、材料技术等以往关联不大的技术之间的通道,使得这些技术真正融合为一个整体,从而实现了通信从人与人向人与物、物与物的拓展。物联网行业应用需求广泛,潜在市场规模巨大。正如美国独立市场研究机构 Forrester 预测,到 2020 年,物联网将成为全球下一个万亿元级规模的新兴产业。世界各国政府都看好物联网的产业前景,把发展物联网纳入国家整体信息化战略,将其提升到国家发展战略层面。

2010 年 3 月 5 日,温家宝总理在《政府工作报告》中也提出:“加快物联网的研发应用。加大对战略性新兴产业的投入和政策支持。”目前,物联网技术发展已被列入我国国家级重大科技专项。可以肯定,代表了下一代信息技术发展方向的物联网,将会像互联网一样成为全球经济发展的又一个驱动器,带领全球经济迈向更广阔的天地。

参考文献

- [1] Crossbow Technology. MPR-MIB users manual revision B[EB/OL]. [2007-01-26]. <http://www.xbow.com/Support/Support-pdf-files/MPR-MIB-Series-Users-Manual.pdf>.
- [2] Moteiv Corporation. Tmote Sky datasheet[EB/OL]. (2006-11-01)[2007-01-26]. <http://www.moteiv.com/products/docs/tmote-sky-datasheet.pdf>.
- [3] MeshNetics Corporation. MeshBean datasheet[EB/OL]. (2006-01-01)[2007-01-26]. <http://www.meshnetics.com/net-cat-files/286-6.pdf>.
- [4] Sung P, Ivo L, Mani S. Design of a wearable sensor badge for smart kindergarten[C]//6th International Symposium on Wearable Computers (ISWC2002). Seattle: WA, 2002: 231-238.
- [5] 李晓维. 无线传感器网络技术[M]. 北京: 北京理工大学出版社, 2007.
- [6] 刘云浩. 物联网导论[M]. 北京: 科学出版社, 2010.