



物联网工程设计与实施

© 许楠 徐勇 冯贺平 著

 吉林大学出版社



物联网工程设计与实施

© 许楠 徐勇 冯贺平 著

RFID

 吉林大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

物联网工程设计与实施 / 许楠, 徐勇, 冯贺平著

. 一—长春: 吉林大学出版社, 2019. 3

ISBN 978-7-5692-4382-6

I. ①物… II. ①许… ②徐… ③冯… III. ①互联网
络—应用②智能技术—应用 IV. ①TP393.4 ②TP18

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2019) 第 040297 号

书 名 物联网工程设计与实施

作 者 许楠 徐勇 冯贺平 著

策划编辑 魏丹丹

责任编辑 魏丹丹

责任校对 王瑞金

装帧设计 凯祥文化

出版发行 吉林大学出版社

社 址 长春市人民大街 4059 号

邮政编码 130021

发行电话 0431-89580028/29/21

网 址 <http://www.jlup.com.cn>

电子邮箱 jdcbs@jlu.edu.cn

印 刷 河北纪元数字印刷有限公司

开 本 787mm×1092mm 1/16

印 张 15

字 数 261 千字

版 次 2019 年 3 月 第 1 版

印 次 2019 年 3 月 第 1 次

书 号 ISBN 978-7-5692-4382-6

定 价 59.00 元

前 言

物联网的出现预示着“世上万物凡存在，皆互联；凡互联，皆计算；凡计算，皆智能”的发展前景。笔者认为，物联网是一个协同创新的平台，它一方面支撑着大数据、云计算、智能、移动计算、下一代网络等新技术，另一方面又支撑着智能工业、智能农业、智能医疗、智能交通等各行各业的应用。目前，发展迅速的云计算、大数据、人工智能、深度学习、虚拟现实与增强现实、可穿戴计算、智能机器人技术在物联网应用中展现出了迷人的魅力。物联网为多学科、跨行业的科技创新与产业发展提供了千载难逢的机遇。

物联网虽然是在互联网的基础上发展起来的，但是它并不是简单的互联网应用功能的延伸和接入规模的扩展。物联网融入了普适计算与信息物理融合系统（CPS）的“人一机一物”融合理念以及环境智能理念，将催生大量具有“计算、通信、控制、协同、自治”特征的智能设备与智能系统，推动社会经济发展模式转变，促进产业快速发展。

本书共分为八章。在第一章中，笔者对物联网概念进行了简要的概述，其中包括当前物联网发展的背景、在物联网方面发展迅速的国家的当前规划、物联网的特征、物联网与互联网的区别、产业结构链；第二章的内容包括物联网工程设计的内容、注意事项、目标、方法以及具体的实施；第三章详细研究了支撑物联网设计的各种技术，包括感知类技术、网络通信类技术、数据处理类技术；在第四章中，笔者从逻辑网络和物理网络两个方面对物联网工程设计进行了详细的探究；第五章从物联网工程数据设计中心的角度切入，展开阐述了高性能计算机、服务器配置、存储设备、云计算服务、服务器机房工程五个方面的数据设计；在第六章中，笔者阐述了物联网工程安全方面的内容，包括系统安全和隐私保护、网络系统安全设计、物联网数据安全、物联网信息安全；第七章是对具体实施物联网工程的研究，包括实施过程、工程招投标、设备采



购, 工程验收; 在第八章中, 笔者对典型的物联网工程系统设计与实施做了全面的阐述。

本书由许楠、徐勇、冯贺平共同编写完成, 具体分工如下: 许楠负责第一章、第三章、第四章、第五章内容的编写和全书的统稿工作, 徐勇负责第二章和第六章内容的编写工作, 冯贺平负责第七章和第八章内容的编写工作。

笔者在写作过程中参考了大量文献, 由于篇幅有限未能在书中一一注明出处, 在此向所有文献的作者表示衷心的感谢。

笔者水平有限, 虽已竭尽心力, 但难免会有不足之处, 希望广大读者、学者能够批评指正。

许楠

2018年10月

目 录

第一章 物联网概述	1
第一节 物联网发展的技术背景及社会背景	1
第二节 物联网及其技术	8
第三节 物联网与互联网的区分	21
第四节 物联网产业的特点及产业链结构	24
第二章 物联网工程设计与实施概述	27
第一节 物联网工程的内容与组织	27
第二节 物联网工程设计的目标与约束条件	30
第三节 物联网工程设计原则	33
第四节 物联网工程设计方法	34
第五节 物联网工程设计的主要步骤	43
第三章 物联网工程设计支撑技术	44
第一节 感知识别技术	44
第二节 网络通信技术	59
第三节 数据处理技术	71
第四章 物联网工程网络设计.....	92
第一节 物联网工程逻辑网络设计	92
第二节 物联网工程物理网络设计	98
第五章 物联网工程数据中心设计	115
第一节 物联网工程数据中心设计要点	115
第二节 高性能计算机及其他相关技术	116
第三节 服务器基本配置与选择要求	123



第四节	存储设备及体系结构	126
第五节	云计算服务类型及系统设计	133
第六节	服务器机房工程设计	134
第六章	物联网工程安全设计	142
第一节	系统安全与隐私保护	142
第二节	网络系统安全设计	151
第三节	物联网数据中心安全管理与备份容灾	162
第四节	物联网信息安全管理	178
第七章	物联网工程的实施	183
第一节	物联网工程实施过程	183
第二节	物联网工程招投标与设备采购	186
第三节	物联网工程实施过程管理与监控	190
第四节	物联网工程验收	201
第八章	典型物联网工程系统设计与实施	207
第一节	智能货架系统设计与实施	207
第二节	智能盘点小车设计与实施	212
第三节	仓储管理系统设计与实施	215
第四节	物流运输监控系统设计与实施	220
第五节	智能超市系统设计与实施	223
参考文献		231
后 记		234

第一章

物联网概述

本章将在分析物联网发展的社会背景与技术背景基础上，对物联网的基本概念、定义与技术特征、关键技术、产业特点与产业链，以及物联网应用对我国经济与社会发展的影响等方面进行系统的介绍，希望能够帮助读者更全面地认识物联网。

第一节 物联网发展的技术背景及社会背景

在讨论物联网发展的社会背景时，人们一般会提到四件事：比尔·盖茨与《未来之路》、美国麻省理工学院Auto-ID实验室与产品电子代码（EPC）研究、国际电信联盟（ITU）与研究报告《物联网》（*The Internet of Things*），以及IBM“智慧地球”研究计划。

一、Auto-ID实验室、RFID标签与物联网的概念

条形码早在20世纪40年代就已经诞生了。时至今日，条形码技术无处不在，几乎所有的商品都被打上了条形码。例如，我们正在读的这本书上就印有条形码；收银员用手持扫码机扫描商品条形码，马上就能知道商品的名称与价格。这是人们在生活中再熟悉不过的场景。进入21世纪，商品流通与运输业高度发展，条形码已经不能够满足人们的要求。于是，能够提供更细致、更精确的产品信息，并能够实现物流过程高度自动化的射频识别（Radio Frequency Identification, RFID）技术开始受到人们的重视。当RFID技术与互联网技术结合在一起时，就能构成实时共享全世界物品信息的物联网，一场影响



深远的技术革命随之而来。

在RFID技术与互联网技术结合方面,最具代表性的研究是由美国麻省理工学院(MIT)的Auto-ID实验室完成的。1999年10月,Auto-ID实验室提出依托产品电子代码(Electronic Product Code, EPC)标准的基本概念。

EPC研究的核心思想是:(1)为每一个产品而不是每一类产品分配一个唯一的电子标识符——EPC;(2)EPC可以存储在RFID标签的芯片中;(3)通过无线数据传输技术,RFID读写器可以以非接触的方式自动采集到EPC;(4)连接在互联网中的服务器可以完成与EPC对应的产品相关信息的检索。

RFID的低成本、可重复使用,以及能够快速、方便识别信息的特点,使得该技术被广泛地应用于智能工业、智能农业、智能物流、智能医疗等领域,成为支撑物联网发展的核心技术之一。

二、ITU与物联网研究报告

在讨论物联网概念形成过程时,一定会提到国际电信联盟(ITU)的互联网研究报告。

国际电信联盟(ITU)是电信行业最具影响的国际组织。20世纪90年代,在互联网应用进入快速发展阶段时,ITU的研究人员就前瞻性地意识到互联网的广泛应用必将影响电信业今后的发展方向。于是,他们将互联网应用对电信业发展的影响作为重要课题展开了研究。

(1) 1997年,《挑战网络:电信和互联网》(*Challenges to the Network: Telecoms and the Internet*)

1997年9月,ITU发布了第一个研究报告——*Challenges to the Network: Telecoms and the Internet*,论述了互联网的发展对电信业的挑战,同时指出互联网给电信业带来了重大的发展机遇。

(2) 1999年,《互联网发展》(*Internet for Development*)

1999年,ITU发布了第二个研究报告——*Internet for Development*。该报告描述了互联网应用对未来社会发展的影响,展望了互联网对促进人与人之间交流的作用,并就如何利用互联网帮助发展中国家发展通信事业进行了讨论。

(3) 2001年,《IP电话》(*IP Telephony*)

2001年,ITU发布了第三个研究报告——*IP Telephony*。该报告描述了IP电



话的技术标准、服务质量、带宽、编码与网络结构等问题，并对IP电话的应用领域、IP电话对电信运营商传统电话业务的影响，以及IP电话监管问题进行了系统的讨论。

(4) 2002年，《移动互联网时代》(*Internet for a Mobile Generation*)

2001年9月，ITU发布了第四个研究报告——*Internet for a Mobile Generation*。该报告讨论了移动互联网发展的背景、技术与市场需求，以及手机上网与移动互联网服务。同时，该报告给出了世界不同国家与地区的移动通信/互联网发展指数排名，指出单就一项技术而言，移动通信和互联网在过去的10年中都是推动电信业发展的主要力量，而由两者结合形成的移动互联网将成为21世纪推动信息产业发展的主要动力；移动通信同互联网的融合与3G服务的实现，将构筑移动互联网美好的未来。移动互联网的发展，将带领我们进入一个移动的信息社会。

(5) 2003年，《宽带的诞生》(*Birth of Broadband*)

2003年10月，ITU发布了第五个研究报告——*Birth of Broadband*。这份报告是为专门在日内瓦举办的2003年世界电信展示会和论坛准备的。作为2003年电信产业的“热点”之一，宽带成为展示会上的一大亮点。该报告系统地介绍了宽带技术的发展过程以及宽带技术对全世界电信业发展的影响。同时，报告展望了宽带技术对未来信息社会的影响，讨论了计算机、通信和广播电视网络的三网融合，以及未来宽带网络的发展方向与新的应用问题。

(6) 2004年，《便携式互联网》(*The Portable Internet*)

2004年9月，ITU发布了第六个研究报告——*The Portable Internet*。这份报告是为专门在2004年ITU在韩国釜山召开的ITU亚洲电信展准备的。它系统地讨论了应用于移动互联网的便携式高速无线上网设备的市场潜力、商业模式、发展战略与市场监管，还讨论了移动互联网技术与市场的发展趋势，以及未来移动互联网技术的发展对信息社会的影响等问题。

(7) 2005年，《物联网》(*The Internet of Things*)

ITU于2005年11月在突尼斯举行的“信息社会峰会”上发布了第七个研究报告——*The Internet of Things*。术语“物联网”(Internet of Things)随之广为流传。该报告描述了世界上的万事万物，小到钥匙、手表、手机，大到汽车、楼房，只要嵌入一个微型的RFID芯片或传感器芯片，就能够通过互联网实现物



与物之间的信息交互，从而形成一个无所不在的“物联网”。世界上所有的人和物在任何时间、任何地点，都可以方便地实现人与人、人与物、物与物之间的信息交互。该报告还预见RFID、传感器技术、智能嵌入式技术、智能技术以及纳米技术会被广泛应用。

在研究了ITU的互联网报告《物联网》之后，我们可以清晰地看到：①物联网是互联网的自然延伸和拓展；②物联网的目标是实现物理世界与信息世界的深度融合；③物联网将引领新一代信息技术的应用集成创新。

综上所述，从这七份研究报告讨论的主题与内容中可以得出两点结论：第一，ITU从互联网发展对电信业影响的角度开展了对互联网发展趋势的研究，总结出计算机网络正在从互联网、移动互联网向物联网方向发展的趋势；第二，ITU在跟踪互联网、移动互联网发展的过程中，逐步认识到物联网发展的必然性，并前瞻性地提出物联网的概念、技术特征，系统地研究了物联网技术的发展趋势及其对未来社会发展的影响。

因此，我们在讨论物联网发展的社会背景和出现的必然性时，不能不提到ITU关于互联网的系列研究报告。

三、智慧地球与物联网

（一）“智慧地球”研究计划的主要内容

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”。IBM公司首席执行官彭明盛首次提出“智慧地球”这一概念，建议政府投资新一代的智慧型基础设施。“智慧地球=互联网+物联网”这一概念，描述了将大量的传感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，并通过超级计算机和云计算组成物联网，实现“人一机一物”的深度融合。

“智慧地球”研究计划试图通过在基础设施和制造业中大量嵌入传感器，捕捉运行过程中的各种信息，然后通过无线网络接入互联网，再通过计算机分析、处理并发出指令，反馈给控制器，由控制器远程执行指令。控制的对象小到一个电源开关、一个可编程控制器、一个机器人，大到一个地区的智能交通系统，甚至是国家级的智能电网。“智慧地球”技术的实施，使人类可以用更



加精细和动态的方式管理生产与生活,提高资源利用率和生产能力,改善环境,促进社会的可持续发展。

IBM提出,要在六大领域开展“智慧地球”的行动方案。这六大领域分别是: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。

(二) “智慧地球”研究的目标

“智慧地球”不是简单地实现“鼠标+水泥”的数字化与信息化,而是需要进行更高层次的整合,实行“透彻地感知、广泛地互联互通、智慧地处理”,提高信息交互的明确性、灵活性、效率与响应速度,实现“人一机一物”与信息基础设施的完美结合。利用网络的信息传输能力,以及超级计算机、云计算的数据存储、处理与控制的能力,实现信息世界与物理世界的融合,达到“智慧”的状态,如图1-1所示。

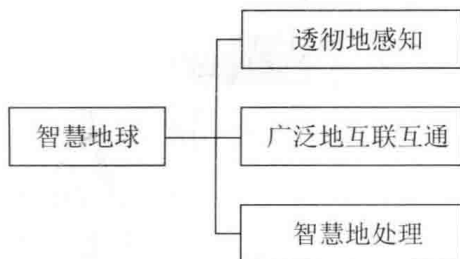


图1-1 “智慧地球”研究的目标

(三) 智慧地球、物联网、互联网与云计算的关系

IBM的学者认为:云计算作为一种新兴的计算模式,可以使物联网中海量数据的实时动态管理与智能分析变为可能,促进物联网与互联网的智慧融合,从而构成智慧地球。这种深层次的融合需要高效、动态、可扩展的计算资源与计算能力的支持,而云计算模式能够适应这种需求。^①云计算的服务交互模式可以实现商业模式的快速创新,促进物联网与互联网的融合。按照这个观点,智慧地球、物联网、互联网与云计算之间的关系如图1-2所示。

^① 蔡德聪. 智慧地球、物联网、云计算及其他 [J]. 秘书工作, 2010 (8): 47-48.

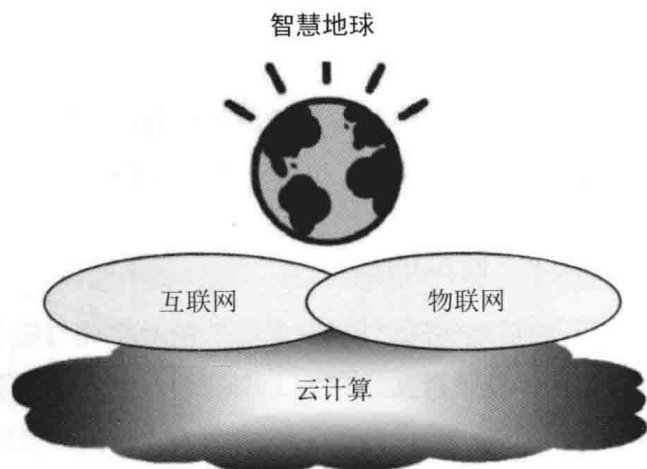


图1-2 智慧地球、物联网、互联网与云计算的关系

四、各国政府发展物联网产业的规划

（一）欧盟关于物联网的发展规划

2006年9月，欧盟召开了主题为“i2010——创建一个无处不在的欧洲信息社会”的大会。从2007年至2013年，欧盟共投入532亿欧元作为研发经费来推动欧洲最重要的EU-FP7研究计划，信息技术是其中最大的一个研究领域。为了推动物联网的发展，欧盟电信标准化协会下的欧洲RFID研究项目组更名为欧洲物联网研究项目组，致力于研究和制定物联网标准。

2008年5月，欧洲智能系统集成技术平台（EPoSS）在《物联网2020》（*Internet of Things in 2020*）中给出了他们对物联网的定义，并对物联网的发展阶段进行了预测。

2009年6月，欧盟委员会提出了“欧盟物联网行动计划”，将物联网及其核心技术纳入正在实施的、预算高达500多亿欧元的欧盟第七科技框架计划（FP7）。欧盟基于区域性发展的思路对物联网应用进行系统规划与建设。2013年4月，欧盟的重要成员国——德国提出了高科技战略计划“工业4.0”。该战略得到德国科研机构 and 产业界的广泛认同，并引起世界各国的高度重视，项目投资达2亿欧元。物联网技术是该战略的主要技术基础之一。



（二）韩国政府关于物联网的发展规划

2009年10月，韩国政府通信委员会发布了《基于IP的泛在传感网基础设施建设规划》，提出到2012年实现构建出世界上最先进的物联网基础设施、打造未来无线通信融合领域的超一流信息通信技术强国的目标。韩国政府提出了泛在感知网络（Ubiquitous Sensor Network, USN）的概念，希望通过在各种物品中嵌入传感器，实现自主传输和采集环境信息，并通过网络实现对外部环境的监控。

韩国政府确定了物联网重点发展的四大领域与计划：U-City计划旨在推动韩国政府与产业龙头携手建设智能城市；Telematics示范应用发展计划旨在发展车用信息通信服务；U-IT产业集群计划旨在通过各地的产业分工，带动地方经济发展，推进新兴科技服务业的发展；U-Home计划旨在推动智能家庭应用发展。

（三）日本政府关于物联网的发展规划

2009年7月，日本政府IT战略本部制定了新一代的信息化战略——“i-Japan战略2015”。该战略规划提出让信息技术如同水和空气一样融入每一个角落，并针对电子政务、医疗保健、教育与人才三大核心公共事业领域，提出了智能电网、灾难应急处置、智能家居、智能交通与智能医疗保健等项目。

泛在网（Ubiquitous Network, UN）是日本政府提出的一个无处不在的未来网络概念，其核心是通过IPv6协议将个人计算机、智能手机、数字电视、信息家电、汽车导航系统、RFID标签、传感器互联起来，实现泛在个人服务、泛在商业服务、泛在公共服务与泛在行政服务。



第二节 物联网及其技术

一、物联网的定义和特征

(一) 物联网的定义

1. 什么是物联网

在讨论了物联网发展的社会背景与技术背景之后，还需要进一步了解物联网涵盖的内容与主要的技术特征。

物联网概念的兴起，在很大程度上得益于ITU在2005年发布的互联网研究报告《物联网》，但是ITU的研究报告并没有给出清晰的物联网的定义。

所有参与物联网研究的技术人员都有一个美好的愿景：将传感器或射频标签嵌入电网、建筑物、桥梁、公路、铁路，以及周围的环境和各种物体中，并且将这些物体互联成网，形成物联网，实现信息世界与物理世界的融合，使人类对客观世界具有更加全面的感知能力、更加透彻的认知能力、更加智慧的处理能力。如果说互联网、移动互联网的应用主要是关注人与信息世界的融合，那么物联网将实现物理世界与信息世界的深度融合。

我们可以看到多种关于物联网的不同定义，但是至今仍然没有形成一个公认的定义。在比较了各种物联网定义的基础上，根据目前对物联网技术特点的认知水平，总结提出的物联网定义是：按照约定的协议，将具有“感知、通信、计算”功能的智能物体、系统、信息资源互联起来，实现对物理世界“泛在感知、可靠传输、智慧处理”的智能服务系统。

2. 什么是物联网中的“物”

物联网中的“智能物体”或者“智能对象”指的是现实物理世界的人或物，只是我们给它增加了“感知”“通信”与“计算”能力。例如，我们可以给商场中出售的微波炉贴上RFID标签。当这台微波炉经过结算柜台时，RFID读写器就会通过无线信道直接读取RFID标签的信息，知道微波炉的型



号、生产公司、价格等信息。这时，这台贴有RFID标签的微波炉就是物联网中的一个具有“感知”“通信”与“计算”能力的智能物体（Smart Thing）或称智能对象（Smart Object）。在不同的物联网应用系统中，智能物体的差异可以很大：可以是小到你用肉眼看不见的物体，也可以是一个大的建筑物；可以是固定的，也可以是移动的；可以是有生命的，也可以是无生命的；可以是人，也可以是动物。“智能物体”是对连接到物联网中的人与物的一种抽象。

（二）从信息技术发展的角度认识物联网的技术特征

支撑信息技术的三个支柱是传感器技术、通信技术与计算机技术，它们分别对应于电子科学与技术、信息与通信工程以及计算机科学与技术这三个重要的工科学科。电子科学与技术、信息与通信工程以及计算机科学与技术这三门学科的高度发展和交叉融合，为物联网技术的产生与发展奠定了重要的基础，形成了物联网多学科交叉的特征。^①

我们还可以从网络技术发展历程的角度来认识物联网的技术特征。20世纪60年代之前，计算机技术与通信技术独立发展。当计算机技术与通信技术发展到一定的程度，并且社会产生了将这两项技术交叉融合的需求时，计算机网络就应运而生。20世纪90年代，计算机网络最成功的应用——互联网出现在人们的视野中。随着应用的发展，互联网“由表及里”地渗透到社会的各个方面，潜移默化地改变了人们的生活方式、工作方式与思维方式。随后，移动通信技术出现了突破性的发展，智能手机接入互联网促进了移动互联网的发展。在互联网、移动互联网应用快速发展的同时，感知技术、智能技术与控制技术的研究实现了重大突破，很多具有较高应用价值的技术，如云计算、大数据、嵌入式系统、机器智能、智能人机交互、智能机器人、可穿戴计算等开始进入应用阶段，进一步促进了物联网的发展。

回顾物联网的发展过程，我们可以看到物联网与云计算、大数据、智能技术之间有着密不可分的关系。云计算促进了物联网的发展；物联网应用中产生与积累的数据是大数据的主要组成部分，为大数据研究的发展提供了重要的推动力；物联网与大数据研究又进一步对智能技术提出强烈的应用需求，加速了

^① 马溪源. 物联网技术特征及运用 [J]. 山东工业技术, 2015 (11): 129.



智能技术应用的发展。互联网与移动互联网、物联网的关系，以及物联网与云计算、大数据、智能技术的关系如图1-3所示。

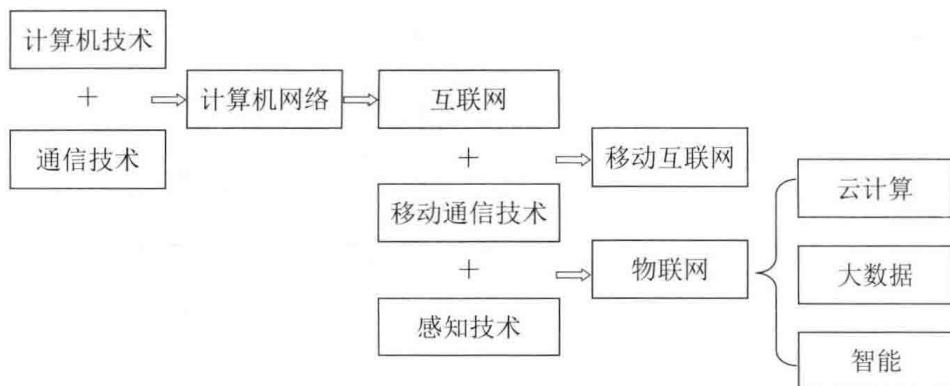


图1-3 互联网与移动互联网、物联网的关系以及物联网与云计算、大数据、智能技术的关系

（三）从物联网功能的角认识物联网的结构特征

在研究物联网的技术特征时，我们有必要将物联网的工作过程与人对外部客观物理世界的感知及处理过程做一个比较。我们的感知器官，如眼、耳、鼻、舌头、皮肤各司其职，眼睛能够看到外部世界，耳朵能够听到声音，鼻子能够嗅到气味，舌头可以尝到味道，皮肤能够感知温度。感知器官所感知的信息由神经系统传递给大脑，再由大脑根据综合感知的信息和存储的知识做出判断，从而选择处理问题的最佳方案。将人对外部客观物理世界的感知与处理过程同物联网工作过程做比较，不难看出两者之间有惊人的相似之处。因此，物联网可以分为三层：感知层、网络层与应用层。物联网的三层结构模型如图1-4所示。