

普通高校物联网工程专业规划教材

物联网概论

Introduction to Internet of Things

詹国华 主编

清华大学出版社



普通高校物联网工程专业规划教材

物联网概论

Introduction to Internet of Things

詹国华 主编

陈翔 董文 李阳 副主编

李志华 迟天阳 参编

清华大学出版社

北京

内 容 简 介

本书系统地讲述了物联网背景、概念、体系架构、关键技术、物联网安全以及应用案例,最后通过 RFID 和 ZigBee 两个实验对物联网核心技术进行了直观的演示与分析。全书共 7 章,第 1 章对物联网的背景、关键技术和应用进行了简要概述,并对物联网的发展现状、发展趋势以及未来挑战进行了小结与分析;第 2 章对物联网体系架构进行了简述,并分别对其三个组成层次,即感知层、网络层与应用层进行了叙述;第 3 章分别对物联网核心关键技术进行了详述,包括无线传感器网络、ZigBee 技术、M2M 技术、射频识别技术和云计算技术;第 4 章着重介绍物联网应用案例及分析,包括智能交通、智慧医疗、智能安防、智能家居和智能电网等;第 5 章探讨物联网安全问题,对物联网三个组成层次的安全机制以及物联网安全非技术因素进行了深入分析;第 6 章和第 7 章分别对物联网核心技术 RFID 和 ZigBee 进行了实验设计。本书在编写上力求通俗易懂,既重视基础,又跟踪前沿;既具有教材的系统性和可读性,又有一定的学术深度。

本书可作为理工科类高等院校物联网相关专业的教材,也可作为自动化、电子信息、计算机等专业的教学用书,还可作为物联网相关研究领域的研究人员以及广大对物联网技术感兴趣的工程技术人员的参考书。

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签,无标签者不得销售。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

物联网概论/詹国华主编. —北京:清华大学出版社,2016

普通高校物联网工程专业规划教材

ISBN 978-7-302-42158-0

I. ①物… II. ①詹… III. ①互联网络—应用—高等学校—教材 ②智能技术—应用—高等学校—教材 IV. ①TP393.4 ②TP18

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 267388 号

责任编辑:袁勤勇 薛 阳

封面设计:傅瑞学

责任校对:时翠兰

责任印制:刘海龙

出版发行:清华大学出版社

网 址: <http://www.tup.com.cn>, <http://www.wqbook.com>

地 址:北京清华大学学研大厦 A 座 邮 编:100084

社 总 机:010-62770175 邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质 量 反 馈:010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

课 件 下 载: <http://www.tup.com.cn>, 010-62795954

印 刷 者:三河市君旺印务有限公司

装 订 者:三河市新茂装订有限公司

经 销:全国新华书店

开 本:185mm×260mm

印 张:11.75

字 数:294 千字

版 次:2016 年 1 月第 1 版

印 次:2016 年 1 月第 1 次印刷

印 数:1~2000

定 价:29.00 元

产品编号:063850-01

前言

顾名思义,物联网就是物物相连的互联网,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。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,编者在多年从事物联网相关技术研究的基础上,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,精心编撰了本书。

物联网是新一代信息技术的重要组成部分,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。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。本书涉及传感技术、计算机网络、无线通信和信息安全等领域,因此在编撰时还特别注重对基础知识深入浅出的介绍。读者通过对本书的学习和课后习题的解答,将对物联网技术有较为全面的认识和初步的理解。

本书共分7章。第1章对物联网的背景、关键技术、应用进行了简要概述,并对物联网的发展现状、发展趋势以及未来挑战进行了总结与分析;第2章对物联网体系架构进行了简述,并分别对其三个组成层次,即感知层、网络层与应用层进行了叙述;第3章分别对物联网核心关键技术进行了详述,包括无线传感器网络、ZigBee技术、M2M技术、射频识别技术和云计算技术;第4章着重介绍物联网应用案例及分析,包括智能交通、智慧医疗、智能安防、智能家居和智能电网等;第5章探讨物联网安全问题,对物联网三个组成层次的安全机制以及物联网安全非技术因素进行了深入分析;第6章和第7章分别对物联网核心技术RFID和ZigBee进行了实验设计。

本书为浙江省重点建设教材,由杭州师范大学信息科学与工程学院詹国华教授统一策划。在本书的编写过程中,詹国华教授、陈翔副教授、董文副教授、李阳副教授、李志华博士、迟天阳博士以及硕士研究生何宗见、何炎雯、李秋峦、黄锦文等分别参加了部分章节的编写工作,并为书稿的校对付出了大量辛勤的劳动。另外,何积丰院士、张森教授、虞歌副教授、梁锡坤副教授、于庆丰高工、姜华强讲师和石兴民讲师为本书的形成也给予了很大的帮助,在此一并表示诚挚的谢意。

由于编写时间仓促,加上作者水平有限,书中难免有不妥之处,恳请读者批评指正。

编者

2015年6月于杭州

第 1 章 物联网概述	1
1.1 物联网背景	1
1.1.1 物联网概念	1
1.1.2 物联网特点	2
1.1.3 物联网与其他网络	5
1.2 物联网关键技术	8
1.3 物联网应用	13
1.4 物联网发展现状	15
1.4.1 国外物联网发展现状	15
1.4.2 国内物联网发展现状	16
1.5 物联网发展趋势及未来挑战	19
1.5.1 物联网发展趋势	19
1.5.2 物联网未来挑战	21
思考题	23
第 2 章 物联网体系架构	24
2.1 物联网体系架构概述	24
2.1.1 物联网需求和应用	24
2.1.2 物联网体系架构	26
2.2 感知层	27
2.2.1 感知层功能	27
2.2.2 感知层相关技术	28
2.3 网络层	32
2.3.1 网络层功能	32
2.3.2 网络层相关技术	32
2.4 应用层	35
思考题	38
第 3 章 物联网关键技术	39
3.1 无线传感器网络	39
3.1.1 无线传感器网络概述	39
3.1.2 无线传感网络结构	47

3.1.3	无线传感网络协议	49
3.1.4	无线传感器网络典型应用	51
3.2	ZigBee 技术	52
3.2.1	ZigBee 设备	53
3.2.2	ZigBee 网络拓扑	54
3.2.3	ZigBee 协议架构	54
3.2.4	服务原语	54
3.2.5	ZigBee 协议栈结构和原理	55
3.2.6	IEEE 802.15.4 通信层	55
3.2.7	ZigBee 网络层	57
3.2.8	ZigBee 应用层	64
3.2.9	ZigBee 应用实例——无线点餐系统	67
3.3	M2M 技术	68
3.3.1	M2M 概述	68
3.3.2	M2M 系统架构和通信协议	69
3.3.3	M2M 支撑技术及应用模式	72
3.3.4	M2M 业务应用与发展现状	74
3.4	射频识别技术	76
3.4.1	射频识别技术概述	76
3.4.2	RFID 系统组成和工作原理	77
3.4.3	RFID 标准体系结构	86
3.4.4	RFID 电子标签	89
3.4.5	RFID 阅读器	95
3.4.6	RFID 应用	99
3.4.7	RFID 面临的问题	104
3.5	云计算技术	105
3.5.1	云计算概述	105
3.5.2	云计算关键技术	112
3.5.3	云计算与物联网的结合	118
	思考题	124

第4章 物联网应用案例及分析

4.1	智能交通	125
4.1.1	智能交通改变市民的出行	125
4.1.2	公共自行车项目	126
4.1.3	RFID 在首都机场线 AFC 系统中的应用案例	128
4.2	智慧医疗	131
4.2.1	医疗纱布的计数和检测	132
4.2.2	手腕上的健康管理	133

4.2.3 联众创新医院供应室系统	133
4.3 智能安防	134
4.3.1 上海世博的高清智能化安防	134
4.3.2 宁波银行远程监控报警联网系统	139
4.4 智能家居	141
4.4.1 海信都市春天智能社区	141
4.4.2 高端商务人士的时尚智能公寓	143
4.5 智能电网	143
4.5.1 金万码电力线路 GPS 巡检管理系统	143
4.5.2 欧洲智能电网	144
思考题	150
第 5 章 物联网安全	151
5.1 物联网安全问题分析	151
5.1.1 物联网安全特点	151
5.1.2 物联网安全挑战	152
5.2 物联网感知层安全机制	155
5.2.1 无线传感器网络安全机制	155
5.2.2 RFID 系统安全机制	157
5.3 物联网网络层安全机制	162
5.4 物联网应用层安全机制	164
5.5 物联网安全非技术因素	165
思考题	166
第 6 章 RFID 实验	167
6.1 JX200 系列教学实验系统	167
6.2 实验一 RFID 系统的编码	170
6.3 实验二 RFID 系统的载波产生	171
6.4 实验三 RFID 系统的信号调制	172
6.5 实验四 RFID 系统的 RF 信号功率放大	173
6.6 实验五 RFID 系统的末级输出调制载波信号	174
思考题	175
第 7 章 ZigBee 实验	176
7.1 实验一 IEEE 802.15.4 协议通信实验	176
7.2 实验二 ZigBee 协议组网通信实验	178
思考题	180

第 1 章 物联网概述

国际电信联盟 2005 年的一份报告曾描述了“物联网”时代的景象：当司机出现操作失误时汽车会自动报警；公文包会提醒主人忘带了什么东西；衣服会“告诉”洗衣机对水温的要求等。物联网把新一代 IT 技术充分运用在各行各业之中。具体地说，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当中，并与现有的互联网整合起来，实现人类社会与物理世界的融合。在这个整合的网络当中，存在能力超强的中心计算机群，能够对整合网络内的人员、机器、设备和基础设施进行实时的管理和控制。在此基础上，人类可以以一种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水平，改善人与自然间的关系。

1.1 物联网背景

1.1.1 物联网概念

“物联网”(The Internet of Things, IOT)定义的提出源于 1995 年比尔·盖茨的《未来之路》(The Road Ahead)，在该书中比尔·盖茨首次提出物联网概念，但由于受限于无线网络、硬件及传感器的发展，当时并没引起太多关注。1999 年，美国麻省理工学院(Massachusetts Institute of Technology, MIT)成立了自动识别技术中心(Automatic Identification Center, Auto-ID)，构想了基于 RFID 的物联网概念，提出了产品电子代码(Electronic Product Code, EPC)概念。通过 EPC 系统不仅能够对货品进行实时跟踪，而且能够通过优化整个供应链，从而推动自动识别技术的快速发展并大幅度提高消费者的生活质量。国际物品编码协会(European Article Number International, EANI)和美国统一代码委员会成立 EPC Global 机构，负责 EPC 网络的全球化标准。2004 年日本总务省提出的 u-Japan 构想中，希望在 2010 年将日本建设成一个 Anytime、Anywhere、Anything、Anyone 都可以上网的环境。同年，韩国政府制定了 u-Korea 战略，韩国信通部发布了《数字时代的人本主义：IT839 战略》以具体呼应 u-Korea。

2005 年 11 月，在突尼斯举行的“信息社会全球峰会”上，联合国组织专门机构成员之一的国际电信联盟(The International Telecommunication Union, ITU)就全球电信网络和服务的相关议题发表了名为 *ITU Internet Reports 2005: The Internet of Things* 的报告，报告指出射频识别技术、传感器技术、纳米技术、智能嵌入式技术将得到更加广泛的应用。根据 ITU 的描述，在物联网时代，通过在各种各样的日常用品上嵌入一种短距离的移动收发器，人类在信息与通信世界里将获得一个新的沟通维度，从任何时间任何地点人与人之间的沟通连接扩展到人与物、物与物之间的沟通连接。这一份报告让全世界的领导人被“物联网”的魅力深深折服。

2008 年 11 月，IBM 提出“智慧地球”概念，即“互联网+物联网=智慧地球”，以此作为

经济振兴战略。如果在基础建设的执行中,植入“智慧”的理念,不仅仅能够在短期内有力地刺激经济、促进就业,而且能够在短时间内打造一个成熟的智慧基础设施平台。

2009 年初,美国总统奥巴马就职后,在和工商领袖举行的圆桌会议上也对包括物联网在内的智慧型基础设施给予了积极回应,将“新能源”和“物联网”列为振兴经济的两大武器,使得“物联网”概念又一次走入大家的视线,但是参与报道和谈论的范围有限,还是没能使“物联网”成为热门关键字。

“物联网”在我国迅速升温是在 2009 年 8 月 7 日,温家宝总理在无锡微纳传感网工程技术研发中心视察并发表重要讲话。温总理指出“在传感网发展中,要早一点谋划未来,早一点攻破核心技术”;“在国家重大科技专项中,加快推进传感网发展”;“尽快建立中国的传感信息中心,或者叫‘感知中国’中心”。于是“传感网”、“物联网”一夜之间成为热词。

2009 年 8 月 24 日,中国移动总裁王建宙在中国台湾公开演讲中阐述了其对“物联网”这一概念的理解。通过装置在各类物体上的 RFID 电子标签、传感器、二维码,经过接口与无线网络相连,从而给物体赋予智能,可以实现人与物体的沟通和对话,也可以实现物体与物体互相间的沟通和对话。这种将物体联接起来的网络被称为“物联网”。王建宙在演讲中解释说,在家电上装传感器,就可以用手机通过网络控制。还有诸如远程抄表、物流运输、移动 POS 等应用,而结合云计算,“物联网”将可以有更多元的应用。王建宙又举例说,在羊身上装一个二维条形码,便可以通过手机得知羊从生产到变成羊肉的过程。表 1-1 列举了物联网概念的演进过程。

表 1-1 “物联网”概念的演进

时 间	物联网议题
1995 年	比尔·盖茨《未来之路》一书中提及物联网概念
1999 年	美国麻省理工学院(MIT)EPC 系统的物联网构想
	美国 Auto-ID 中心提出基于物品编码、RFID 技术和互联网的物联网概念
2005 年	国际电信联盟(ITU)发布了《ITU 互联网报告 2005:物联网》报告,正式提出了物联网概念
2008 年 11 月	IBM 提出“智慧地球”概念,即“互联网+物联网=智慧地球”,以此作为经济振兴战略
2009 年 1 月	奥巴马总统在和工商领袖举行的圆桌会议上对包括物联网在内的智慧型基础设施给予积极回应,将“新能源”和“物联网”列为振兴经济的两大武器
2009 年	欧盟 <i>Internet of Things-An action plan for Europe</i> 的物联网行动方案
	韩国《物联网基础设施构建基本规划》
	日本《i-Japan 战略 2015》
2009 年 8 月	温家宝总理在无锡提出“感知中国”的战略构想
2010 年 6 月	胡锦涛总书记在两院院士大会上的讲话指出加快发展物联网技术

1.1.2 物联网特点

1. 物联网基本特征

由于物联网是通过各种感知设备和互联网连接物体与物体实现全自动、智能化采集、传

输与处理信息,达到随时随地进行科学管理目的的一种网络。所以,“网络化”、“物联化”、“互联化”、“自动化”、“感知化”、“智能化”是物联网的基本特征。

(1) 网络化:是物联网的基础。无论是 M2M(机器到机器)、专网,还是无线、有线传输信息,感知物体都必须形成网络状态;不管是什么形态的网络,最终都必须与互联网相联接,这样才能形成真正意义上的物联网。目前所谓的物联网,从网络形态来看,多数是专网、局域网,只能算是物联网的雏形。

(2) 物联化:人与物相联、物-物相联是物联网的基本要求之一。计算机和计算机连接成互联网,可以帮助人与人之间交流。而“物联网”就是在物体上安装传感器、植入微型感应芯片,然后借助无线或有线网络,让人们和物体“对话”,让物体和物体之间进行“交流”。可以说,互联网完成了人与人的远程交流,而物联网则完成人与物、物与物的即时交流,进而实现由虚拟网络世界向现实世界的联接转变。

(3) 互联化:物联网是一个多种网络的接入、应用技术的集成,让人与自然界、人与物、物与物进行交流的平台。因此,在一定的协议关系下实行多种网络融合,分布式与协同式并存是物联网的显著特征。与互联网相比,物联网具有很强的开放性,具备随时接纳新器件、提供新服务的能力,即自组织、自适应能力。这既是物联网技术实现的关键,也是其吸引人的魅力所在。

(4) 自动化:物联网具备的“自动化”性能包括通过数字传感设备自动采集数据;根据事先设定的运算逻辑,利用软件自动处理采集到的信息,一般不需人为的干预;按照设定的逻辑条件,如时间、地点、压力、温度、湿度、光照等,可以在系统的各个设备之间自动地进行数据交换或通信;对物体的监控和管理实现自动指令执行。

(5) 感知化:物联网离不开传感设备。射频识别(RFID)装置、红外感应器、全球定位系统、激光扫描器等信息传感设备,就像视觉、听觉和嗅觉器官对于人的重要性一样,它们是物联网不可或缺的关键元器件。有了它们才可以实现近(远)距离、无接触、自动化感应和数据读出、数据发送等。

(6) 智能化:所谓“智能”就是指个体对客观事物进行合理分析、判断及有目的地行动和有效地处理周围环境事宜的综合能力。物联网的产生是微处理技术、传感器技术、计算机网络技术、无线通信技术不断发展融合的结果。从其“自动化”、“感知化”要求来看,它已经能代表人、代替人“对客观事物进行合理分析、判断及有目的地行动和有效地处理周围环境事宜”,智能化是其综合能力的表现。

2. 物联网体系架构

根据上述的特征描述,目前业界普遍认为物联网应具备三个层次:第一层是感知层,即以二维码、RFID、传感器为主,实现“物”的识别;第二层是网络层,即通过现有的互联网、广电网、通信网或者下一代互联网,实现数据的传输和计算;第三层是应用层,即输入输出控制终端,包括手机等终端。物联网的体系架构如图 1-1 所示。

(1) 感知层是物联网的基础,利用传感器采集设备信息,利用射频识别技术在一定距离内实现发射和识别。感知层应由感应节点和接入网关组成,在感应节点处有识别器对物体进行检索识别,但在远端用户需要监控感应节点信息时就需要接入网关了,网关把收集到的信息通过传输层进行后台处理,到最后提供给用户使用。

(2) 网络层是对传感器采集的信息进行安全无误的传输,对收集到的信息进行分析处



图 1-1 物联网体系架构图

理,并将结果提供给应用层。网络层要具备数据库的存储、可靠地传输数据信息以及网络管理等功能。总之,网络层就是对感知数据的管理和处理技术,包括对传感器采集的数据进行存储、查询、分析、比较、挖掘和智能的处理等技术。把物联网比作一个人的话,网络层可以说是整个物联网的“腰”。网络层是物联网中“物-物”相连的重要组成部分,不仅需要识别数据信息,更能智能化地分析处理多功能平台。

(3) 应用层为用户提供丰富的服务功能。用户通过智能终端在应用层上定制需要的服务信息,如查询信息、监控信息、控制信息等。随着物联网的发展,应用层会大大拓展到各行业,给大家带来实实在在的方便。

如表 1-2 所示,物联网三层(感知层、网络层、应用层)体系架构中每一层所涉及的关键技术都是不一样的。其中,感知层主要涉及二维码技术、RFID 技术等对物体感知识别;网络层主要是基于 ZigBee、GPRS、Wi-Fi、蓝牙等技术构建无线传感网;应用层主要涉及通信技术、计算机技术等。

表 1-2 物联网三层体系架构及关键技术

层 次	技 术 介 绍	层 次	技 术 介 绍
应用层	通信技术、计算机技术等	感知层	二维码、RFID、电子标签
网络层	传感网/ZigBee/GPRS/Wi-Fi/ 蓝牙		

1.1.3 物联网与其他网络

物联网是个新生的事物,其最初的定义很简单: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。之后,也有人认为物联网是通过射频识别装置、红外感应器、全球定位系统、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。

1. 物联网理解

虽然“物联网”定义的提出有10余年,但是由于物联网的实现并不仅仅是一个技术方面的问题,还涉及各个国家配套政策和规范的制定和完善、相关部门和产业的协调和合作等方面,因此到目前为止“物联网”尚没有统一的定义。各个领域和行业对物联网往往基于自身利益进行解读,使得物联网缺乏统一的清晰可辨识的定义。

(1) 国际标准化组织:物联网是在计算机互联网的基础上,利用RFID、无线数据通信等技术,构造一个覆盖世界万事万物的The Internet of Things。在这个网络中,物品(商品)能够彼此进行“交流”,而无须人的干预。其实质是利用射频自动识别技术,通过计算机互联网实现物品(商品)的自动识别和信息的互联与共享。

(2) 维基百科:物联网就是把传感器装备到电网、铁路、桥梁、隧道、公路、建筑、供水系统、大坝、油气管道以及家用电器等各种真实物体上,通过互联网连接起来,进而运行特定的程序,达到远程控制或者实现物与物的直接通信。

(3) IBM:物联网是在计算机互联网的基础上,利用RFID、无线数据通信技术构造一个覆盖世界上万事万物的The Internet of Things。

(4) 欧盟委员会信息化和社会媒体司:物联网是一个动态的全球网络基础设施,它具有基于标准和互操作通信协议的自组织能力。其中物理的和虚拟的“物”具有身份识别、物理属性、虚拟的特性和智能的接口,并与信息网络无缝整合。

(5) 《物联网时代》:物联网理念指的是将无处不在的末端设备和设施,包括具有“内在智能”的传感器、移动终端、工业系统、楼宇控制系统、家庭智能设施、视频监控系统 and “外在使能”的(如贴上RFID)的各种资产,携带无线终端的个人与车辆以及“智能化物件或动物”或“智能尘埃”,通过各种无线和(或)有线的长距离和(或)短距离通信网络实现互联互通、应用大集成以及基于云计算的SaaS运营等模式,在内网、专网和(或)互联网环境下,采用适当的信息安全保障机制,提供安全可控乃至个性化的实时在线监测、定位追溯、报警联动、调度指挥、预案管理、远程控制、安全防范、远程维护、在线升级、统计报表、决策支持、领导桌面等管理和服务功能,实现对“万物”的“高效、节能、安全、环保”的“管、控、营”一体化。

(6) 姚建铨院士:物联网是利用传感器、传感技术以及利用某种物体相互作用而感知物体的特征,按约定的协议实现任何时刻、任何地点人与人、物与物、人与物之间互联互通,进行信息交换和通信,实现智能化识别、定位、跟踪、监控和管理的一种网络。

(7) 刘韵洁院士:物联网就是把传感器、传感器网络等感知技术,通信网、互联网等传输技术,以及智能运算、智能处理技术融为一体的连接物理世界的网络。

(8) 潘云鹤院士:物联网就是像生活中升起的“云”,自动照看着你的工作和生活,而这“云”里面包含了云计算、云识别等各种模式,也就是通过各种数据组合之后,它可以代替人,

或者协助人进行判断和管理。

(9) 中国移动总裁王建宙：物联网时代的冰箱、彩电，都可以用手机控制，就连超市里的一块羊肉，用手机扫描就能报上自家出自哪只绵羊的哪个部位，生前吃过哪些草、喝过哪儿的水。

根据国内外机构与专家的物联网定义，简单地归纳总结，从便于理解的角度可以认为：物联网就是“物物相连的智能互联网”。这有三层含义：

(1) 物联网的核心和基础仍然是互联网，它是在互联网基础上进行延伸和扩展的网络；

(2) 其用户端延伸和扩展到了任何物品，使物品之间得以进行信息交换和通信；

(3) 该网络具有智能属性，可进行智能控制、自动监测与自动操作。

更具体一点，一般认为物联网的定义是：通过射频识别、红外感应器、全球定位系统、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。这里的“物”要满足以下条件才能够被纳入“物联网”的范围：

(1) 要有相应信息的接收器；

(2) 要有数据传输通路；

(3) 要有一定的存储功能；

(4) 要有 CPU；

(5) 要有操作系统；

(6) 要有专门的应用程序；

(7) 要有数据发送器；

(8) 遵循物联网的通信协议；

(9) 在世界网络中有可被识别的唯一编号。

当前，业界对物联网的理解主要有两个层次：一是技术本身，二是应用层面。

• 技术本身

物联网是指通过智能感应装置，经过传输网络到达指定的信息处理中心，最终实现物与物、人与物之间的自动化信息交互与处理的智能网络。

• 应用层面

物联网是指把世界上所有的物体连接到一起而形成的网络，然后物联网又与现有的互联网结合，实现人类社会与物理系统的结合，采用更加精细和动态的方式管理生产和生活。

如果从整个产业链来看，电信运营商普遍认为：物联网是基于特定的终端，以有线或无线(IP/CDMA)等为接入手段，为集团和家庭客户提供机器到机器、机器到人的解决方案，满足客户对生产过程、家居生活监控、指挥调度、远程数据采集和测量、远程诊断等方面的信息化需求。

从以上业界对物联网的理解可以看出，物联网具有以下三个重要特征。

(1) 全面感知：利用 RFID、传感器、二维码等随时随地获取物体的信息。

(2) 可靠传递：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。

(3) 智能处理：利用云计算，模糊识别等各种智能计算技术，对海量的数据和信息进行分析 and 处理，对物体实施智能化的控制。

2. 物联网与其他网络

有些学者认为,物联网是一种“泛在网络”。这种泛在网络就是利用互联网将世界上的物体都连接在一起,使世界万物都可以上网。为了更好地定义物联网,描述物联网的特征,将物联网与传感网、互联网、泛在网各自的基本特征比较,如表 1-3 所示。

表 1-3 物联网、传感网、互联网、泛在网的特征比较分析表

名 称	联 接 主 体	信息采集	信息传输	信息处理	网络社会
物联网	人与物、物与物	自动	数字化网络化	智能化	现实
传感网	物与物、人与物	自动	数字化网络化	智能化	现实
互联网	人与人	人工	数字化网络化	交换	虚拟
泛在网	人与人、人与物、物与物	自动、人工	数字化网络化	智能化交换	现实、虚拟

(1) 物联网与互联网

“物联网是完全不同于互联网的一种全新的网络。”，“物联网是互联网的延伸。”，目前众说纷纭,没有统一的说法。物联网在 ITU-T (International Telecommunication Union Telecommunication Standardization Sector, 国际电信联盟-电信标准部)中定义为 Internet of Things,从此定义出发很容易理解成物联网是互联网向物体世界的延伸。目前的互联网中就有大量的“物与物”的通信,如果从这一点出发,物联网只要对互联网作适当的延伸就可以了。但事实上,物联网与互联网在技术需求上又有很大不同。物联网很难从目前的互联网延伸而来,尤其是互联网的承载网(端到端)是单一的,它是 IP 网;而物联网的承载网(端到端)无论如何不可能是单一的。

“互联网”最初指的是通过 TCP/IP 将异机种计算机连接起来,实现计算机之间资源共享的网络技术;互联网包括一个分组数据网(IP 网)和用于进程复用的 TCP(或 UDP)协议,互联网还包括基于 IP 数据分组技术和使用 TCP/IP 的全部业务和应用。从此定义出发,不使用 IP 网和 TCP/IP 协议的网络就不能称为“互联网”。

“物联网”是指在物理世界的实体中部署具有一定感知能力、计算能力和执行能力的嵌入式芯片和软件,使之成为“智能物体”。通过网络设施实现信息传输、协同和处理,从而实现物与物、物与人之间的通信。

总之,“物联网”是基于互联网之上的一种高级网络形态。它们之间最明显的不同点是:物联网的联接主体从“人”向“物”的延伸,网络社会形态从“虚拟”向“现实”的拓展,信息采集与处理从“人工”为主向“智能化”为主的转化。可以说物联网是互联网发展创新的伟大成果,是互联网虚拟社会联接现实社会的伟大变革,是实现泛在网目标的伟大实践。

(2) 物联网与传感网

很多人对于物联网认识的误区之一是把“传感网”等同于“物联网”。事实上传感技术仅仅是信息采集技术之一。除了传感技术外,RFID 技术、GPS、视频识别、红外、激光、扫描等所有能够实现自动识别与“物-物”通信的技术都可以成为物联网的信息采集技术。

从广义上说,“物联网”与“传感网”构成要素基本相同,是对同一事物的不同表述。但是,物联网比传感网更贴近“物”的本质属性,强调的是信息技术、设备为“物”提供更高层次的应用服务;而传感网(传感器网)是从技术和设备角度进行的客观描述,设备、技术的元素

比较明显。

从狭义上说,“传感网”特别是传感器网可以看成是“传感模块+组网模块”共同构成的一个网络,它仅仅强调感知信号,而不注重对物体的标识和指示。“物联网”则强调人感知物、标识物的手段:即除传感器外,还有射频识别装备、二维码、一维码等。

因此,“物联网”应该包括传感网(传感器网),但传感网(传感器网)只是物联网的一部分。从本质上来说,“传感网”不能代替物联网,因为物联网包含了传感网所有属性,且指向上更加明确贴切。

(3) 物联网与泛在网

也有人认为物联网就是“物-物”互联的、无所不在的网络,即“泛在网”。所谓“泛在网”就是运用无所不在的智能网络、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,实现在任何时间、任何地点、任何人、任何物都能顺畅地通信。

人与物、物与物之间的通信被认为是泛在网的突出特点,无线、宽带、互联网技术的迅猛发展使得泛在网应用不断深化。多种网络、接入、应用技术的集成,将实现商品生产、传送、交换、消费过程的信息无缝连接。泛在计算系统是一个全功能的数字化、网络化、智能化的自动化系统,系统的设备与设备之间实现全自动的数据、信息处理、全自动的信息交换。

从“泛在网”的内涵来看,最终的泛在网形态上既有互联网的部分,也有物联网的部分,同时还有一部分属于智能系统范畴。“泛在网”包含了物联网、传感网、互联网的所有属性,而物联网则是“泛在网”实现目标之一,是“泛在网”发展过程中的先行者和制高点。

1.2 物联网关键技术

国际电联报告提出物联网有4个关键性的应用技术——RFID、传感器、智能技术(如智能家庭和智能汽车)以及纳米技术。

1. RFID 技术

(1) RFID 基本概念

物联网中非常重要的技术是射频识别技术。RFID是20世纪90年代开始兴起的一种自动识别技术,是目前比较先进的一种非接触识别技术。RFID(Radio Frequency Identification,射频识别)是一项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的技术。

射频识别系统通常由电子标签(射频标签)、阅读器和数据管理系统组成。电子标签内存储一定格式的电子数据,常以此作为待识别物品的标识性信息。应用中,电子标签被附着在待识别物品上,作为待识别物品的“身份证”。阅读器与电子标签可按约定的通信协议互传信息,通常的情况是由阅读器向电子标签发送命令,电子标签根据收到的阅读器命令,将内存的标识性数据回传给阅读器,实现物品(商品)的识别,进而通过开放性的计算机网络实现信息交换和共享,实现对物品的“透明”管理。这种通信是在无接触方式下,利用交变磁场或电磁场的空间耦合及射频信号调制与解调技术实现的。

电子标签具有各种各样的形状,但不是任意形状都能满足阅读距离及工作频率的要求。它必须根据系统的工作原理,即磁场耦合(变压器原理)及电磁场耦合(雷达原理)设计合适

的天线外形及尺寸。电子标签通常由标签天线(或线圈)及标签芯片组成。标签芯片相当于一个具有无线收发功能和存储功能的单片系统。从纯技术的角度来说,射频识别技术的核心在于电子标签,阅读器是根据电子标签而设计的。然而,在射频识别系统中电子标签的价格远比阅读器低。但通常情况下,应用中涉及的电子标签的数量是很多的,尤其是物流应用中,电子标签有可能是海量并且是一次性使用的,而阅读器的数量则相对要少得多。

电子标签主要由标签芯片和天线组成。根据其内部是否需要加装电池以及能量的来源,可以将电子标签分为无源标签(passive)、半无源标签(semi-passive)和有源标签(active)三种类型。无源标签没有内装电池,当它位于阅读器的阅读范围之外时,标签处于无源状态;当它位于阅读器的阅读范围之内时,标签从阅读器发出的射频能量中提取出其工作所需的电能。半无源标签内装有电池,但电池仅对标签内要求供电维持数据的电路或标签芯片工作所需的电压作辅助支持。有源标签的工作电源完全由内部电池供给,同时标签电池的能量部分地转换为标签与阅读器通信所需的射频能量。

数据管理系统主要完成对数据信息的存储、管理以及对射频标签进行读写控制等。

RFID 分类以及相关特性如表 1-4 所示。根据工作频段可以将电子标签划分为低频(125~134kHz)、高频(13.56MHz)、超高频(868~956MHz)和微波(2.45~5.8GHz)等不同种类。不同频段的电子标签工作原理不同:低频和高频段电子标签一般采用电磁耦合原理,而超高频及微波频段的电子标签一般采用电磁发射原理。

表 1-4 RFID 分类以及相关特性

	低 频	高 频	超 高 频	微 波
频率	125~134kHz	13.56MHz	868~915MHz	2.45~5.8GHz
通信方式	电磁耦合方式(靠磁场变化传送)		电磁发射方式(靠电波传送)	
读取距离	1.2m	1.2m	3~10m	15m(美国)
读取速度	慢	中等	快	很快
方向性	无	无	部分	有
适用范围	全球	全球	部分(欧盟、美国)	部分(非欧盟国家)
潮湿环境	无影响	无影响	影响较大	影响较大
现有标准	11784/85,14223	18000-3.1/14443	EPC C0,C1,C2,G2	18000-4
市场比率	74%	17%	6%	3%
主要用途	动物识别,门禁,固定设备	IC卡,产品跟踪,货架运输,图书馆	货架、卡车、拖车跟踪	收费站、集装箱

射频识别系统的另一主要性能指标是阅读距离(也称为作用距离)。它表示在最远为多远的距离上,阅读器能够可靠地与电子标签交换信息,即阅读器能读取标签中的数据。实际系统中这一指标相差很大,一般在0~100m的范围。这主要取决于标签及阅读器系统的设计、成本的要求、应用的需求等。典型的情况是:在低频125kHz、高频13.56MHz频点上一一般采用无源标签,其作用距离在10~30cm。在超高频UHF频段,无源标签的作用距离为3~10m。更高频段的系统一般采用有源标签。有报道称采用有源标签的系统甚至可以达到100m左右的作用距离。

(2) RFID 发展史

从信息传递的基本原理来说,射频识别技术在低频段基于变压器耦合模型(初级与次级之间的能量传递及信号传递),在高频段基于雷达探测目标的空间耦合模型(雷达发射电磁波信号碰到目标后携带目标信息返回雷达接收机)。1948年,哈里·斯托克曼发表的《利用反射功率的通信》奠定了射频识别技术的理论基础。

射频识别技术的发展可按十年期划分如下。

1940—1949年:雷达的改进和应用催生了射频识别技术,1948年奠定了射频识别技术的理论基础。

1950—1959年:早期射频识别技术的探索阶段,主要处于实验室研究阶段。

1960—1969年:射频识别技术的理论得到了发展,开始了一些应用尝试。

1970—1979年:射频识别技术与产品研发处于一个大发展时期,各种射频识别技术测试得到加速,出现了一些最早的射频识别应用。

1980—1989年:射频识别技术及产品进入商业应用阶段,各种规模应用开始出现。

1990—1999年:射频识别技术标准化问题日趋得到重视,射频识别产品得到广泛采用,并逐渐成为人们生活中的一部分。

2000年后:标准化问题日趋为人们所重视,射频识别产品种类更加丰富,有源电子标签、无源电子标签及半无源电子标签均得到了发展,电子标签成本不断降低,规模应用行业扩大。

至今,射频识别技术的理论得到丰富和完善。单芯片电子标签,多标签识读,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射频识别技术与产品正在成为现实并走向应用。

(3) RFID 应用发展

随着技术的不断进步,射频识别产品的种类将越来越丰富,应用也将越来越广泛。可以预计,在未来的几年中,射频识别技术将持续保持高速发展的势头。射频识别技术将会在电子标签(射频标签)、阅读器、系统种类等方面取得新进展。

在电子标签方面,电子标签芯片所需的功耗更低,无源标签、半无源标签技术更趋成熟。其作用距离将更远,无线可读写性能也将更加完善,并且能够适应高速移动物品的识别,识别速度也将更快,并具有快速多标签读写功能。与此同时,在强场下的自保护功能也会更加完善,智能性更强,成本更低。在阅读器方面,多功能阅读器,包括与条码识别集成、无线数据传输、脱机工作等功能将被更多应用。同时,多种数据接口包括RS232、RS422/485、USB、红外、以太网口等也将得到应用。而阅读器将实现多制式、多频段兼容,能够兼容读写多种标签类型和多个频段标签。阅读器会朝着小型化、便携化、嵌入式、模块化方向发展,成本将更加低廉,应用范围更加广泛。在系统方面,低频短距离系统将具有更高的智能和安全特性;高频远距离系统性能将更加完善,成本更低。而2.45GHz和5.8GHz系统将更加完善。同时,无芯片系统也将逐渐得到应用。

2. 传感器技术

传感技术、计算机技术与通信技术一起被称为信息技术的“三大支柱”。从仿生学观点看,如果把计算机看成处理和识别信息的“大脑”,把通信系统看成传递信息的“神经系统”的话,那么传感器就是“感觉器官”。