



物联网核心技术丛书

物联网 技术应用

主 编 刘海涛

副主编 马 建 熊永平



- ❑ **第一本**全方位阐述物联网技术在**行业级和消费级应用**的书籍
- ❑ 全书大纲由**近20位**来自工业界和学术界的专家共同完成
- ❑ **以各领域应用需求为主线**，介绍物联网前沿技术和应用案例
- ❑ 为重点领域应用示范推进和物联网技术产业化提供参考
- ❑ 本书编写得到了“**感知中国**”**物联网联盟**的大力推动和支持



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

物联网核心技术丛书

物联网技术应用

主 编 刘海涛

副主编 马 建 熊永平



机械工业出版社

本书全面介绍了物联网技术的理论及其在各重点领域的应用。第1章介绍了物联网的基本概念、发展过程、相关技术和应用前景;第2~9章依次介绍了物联网在电力、交通、物流、农业、公共安全、医疗、环保和家居等领域的应用;第10章介绍了普适计算环境中物联网技术及其应用;第11章专门介绍了我国物联网产业的摇篮——无锡中国传感信息中心。

本书可作为政府机关人员、学生和普通大众了解物联网技术的读物,也可以作为对物联网感兴趣的读者的参考材料。

图书在版编目(CIP)数据

物联网技术应用/刘海涛主编. —北京:机械工业出版社,2011.4

(物联网核心技术丛书)

ISBN 978-7-111-34168-0

I. ①物… II. ①刘… 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(2011)第067733号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)

责任编辑:郝建伟 张淑谦

责任印制:杨 曦

保定市中国画美凯印刷有限公司印刷

2011年5月第1版·第1次印刷

184mm×260mm·16.25印张·401千字

0001-4000册

标准书号:ISBN 978-7-111-34168-0

定价:36.00元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

网络服务

社服务中心:(010)88361066

门户网:<http://www.cmpbook.com>

销售一部:(010)68326294

教材网:<http://www.cmpedu.com>

销售二部:(010)88379649

读者购书热线:(010)88379203

封面无防伪标均为盗版

物联网核心技术丛书

编审委员会

(以姓氏笔画为序)

名誉主任	刘海涛				
主 任	马 建				
副 主 任	牛志升	杨志强	张宏科	周立军	
委 员	马晓东	马华东	牛建伟	王文东	王双全
	孙利民	刘 越	刘 军	任 勇	任丰原
	朱珍民	吴健康	陈益强	陈灿峰	张宝贤
	张 林	郑 军	罗海勇	赵立君	隆克平
	钱跃良	徐勇军	梁久楨	彭 力	阚志刚
秘 书 长	胡毓坚				

出版说明

随着信息技术的发展，智能化管理和服务已进入快速发展的阶段，物联网正是在这样的背景下发展起来的新兴产业。物联网的发展，将促进传统生产、生活方式向现代方式转变，大大提高生产力和人们的生活质量。物联网技术极大地拓展了信息网络和信息技术的应用空间，并将成为国家未来经济发展的重要引擎。

为了适应物联网技术发展的新趋势和新特点，以及新时期对物联网专业技术人才培养工作的需要，机械工业出版社邀请了我国从事物联网研究和教学工作的知名单位和专家，如无锡物联网产业研究院、中国科学院、北京邮电大学、清华大学、东南大学、电子科技大学、北京航空航天大学、江南大学等，以及中国移动、国家电网、诺基亚等知名企业的科学家、校长、院长、资深研究员、教授、高工及研究与教学团队，成立了“物联网核心技术丛书”编委会，共同策划了这套涵盖物联网核心技术的丛书。这套丛书的出版将对物联网产业的发展具有一定的指导意义，有助于促进物联网知识的普及和物联网产业的健康有序发展，从而推动物联网技术及产业在中国的发展。在编写过程中，得到了无锡市新区管委会、国家传感信息中心管委会等政府机构的支持和指导，特别是得到了“感知中国”物联网联盟的大力推动和支持。

这套丛书的选题是开放式的。随着物联网技术日新月异的发展，我们将不断更新和补充选题，使这套丛书及时反馈物联网领域的新发展和新技术。我们也欢迎在科研、生产和教学第一线有丰富经验的科技人员和教师积极参与这项工作。

物联网技术发展迅速而且涉及领域非常宽，这套丛书的选题和编审如有缺点和不足之处，诚恳希望广大读者提出宝贵意见，以利于今后的改进。

机械工业出版社

序

物联网是以感知为核心的物物互联的综合信息系统，是继计算机、互联网之后信息产业的第三次浪潮。据 Forrester 等机构预测，到 2020 年，物物互联业务将是人人互联业务的 30 倍，有望成为一个具有万亿级产值规模的新兴产业。物联网可以连接现实物理空间和虚拟信息空间，渗透到人类社会的各行各业和日常生活的各个方面，并与国家安全、经济安全息息相关，成为各国综合国力竞争的重要因素，欧、美、日、韩等主要发达国家和地区均将物联网纳入国家战略性计划。我国也高度重视物联网技术和产业发展，2009 年下半年，已将物联网定位于国家战略性新兴产业之一。

与错失前两次信息产业浪潮机遇不同，当前我国在物联网国际标准制定、自主知识产权、产业应用和生产制造等方面具有一定优势。从 2009 年 9 月我国成立的第一个与物联网相关的标准化工作组——国家传感网标准工作组，到 2010 年底成立的国家物联网基础标准化组，均由刘海涛博士担任组长。经过各成员单位协作攻关，我国已掌握了一批物联网的核心技术，我国制定的产业架构、演进路线和技术体系等提案，已被 ISO/IEC JTC1 国际标准组织采纳。

随着信息采集、信息传输及信息处理技术的迅速发展和互联网、移动通信网的广泛应用，物联网及相关产业的大规模发展时机日趋成熟。虽然我国开展物联网研究起步较早，但在物联网技术与产品研发、系统集成、标准制定、商业模式创新等方面，与发达国家相比仍有较大差距，机遇与挑战并存。

为普及物联网知识，促进物联网技术的应用和推广，《物联网技术应用》一书的出版是非常适时的。本书较为清晰地阐述了物联网的概念、内涵以及战略意义，介绍了物联网的典型应用，描述了物联网的体系架构、关键技术及其标准化工作，预测了物联网发展前景。全书内容丰富，深入浅出，对每一位从事或关注物联网事业的读者来说，是一部不可多得的参考书籍。

本书主编刘海涛博士长期从事信息科技领域一线的科研工作，对信息产业的发展有十分深刻的认识和理解，参与本书编写的其他专家目前均从事物联网的研发工作，有较为丰富的实践经验。相信本书的出版有助于读者全面、正确地认识和了解物联网相关知识，进而投身到物联网研究与应用的队伍中，为推动物联网技术及产业在我国的发展做出更大的贡献！

戴法院士

2011 年 4 月于北京

前 言

物联网是我国培育战略性新兴产业的重要组成部分，它有望成为继计算机、互联网之后，世界信息产业的第三次革命。自物联网概念提出以来，政府、高校、科研院所和大批企业在标准制定、技术研发、市场环境营造方面开展了大量工作，但它在目前也面临着与互联网发展初期相似的问题，即缺乏应用需求规模和商业运营模式。物联网产业发展的当务之急是以应用为先导，扩大应用规模和领域，并同时挖掘新应用潜力。毋庸置疑，物联网将对未来社会的生产和生活方式带来巨大的影响，但对普通百姓而言，到目前为止仍然无法通过具体的应用实例去有效感知和体验这种影响。为此，我们编写了这本几乎涵盖物联网所有重点领域应用的书籍。

全书以应用需求为出发点，引入前沿技术和研究成果，佐以行业实际案例，详细讲解了物联网技术在电力、交通、物流、农业、公共安全、医疗、环保和家居等行业的应用。在介绍每个行业的应用时，首先分析行业的应用背景，然后按照物联网三层架构分别描述了该领域应用所涉及的感知、传输和应用技术，最后介绍该行业的物联网应用典型案例。由于不同应用可能会用到相同的技术，本书采取了只在重点应用领域介绍此技术，其他领域用到该技术时只是简单引用。

本书所阐述的应用既能体现前沿技术研究成果，也能与产业界紧密结合。这是因为本书有来自著名科研机构的诸多物联网专家参与编撰工作，他们从行业发展角度选取了前沿的技术和新颖的研究成果，另一方面在资料收集、文稿修订过程中得到了大量来自行业领域一线专家的帮助，在众多物联网实际应用系统和产业化示范项目的一手资料中精选应用案例，精确把握行业发展现状和方向。

本书除第1章外，其余各章内容都基本独立，并不需要顺序阅读。对物联网概念不熟悉的读者可以先阅读第1章，其他各章可以根据兴趣选择阅读。

本书写作分工如下：第1章由熊永平编写、第2章由陈晰和吴帆编写、第3章由熊永平编写、第4章由徐勇军和龚天法编写、第5章由熊永平和宋峥编写、第6章由田锐编写、第7章由陈益强、王双全和刘军发编写、第8章由程龙编写、第9章由熊永平和刘亚志编写、第10章由田野和熊永平编写、第11章由周立军、马晓东和龚倪铮编写，全书由刘海涛、马建和熊永平统编。

物联网的内涵仍然在不断演进，本书汇集了目前工业界和学术界对物联网技术的最新认识和实践。如果本书能给期望了解物联网的读者带来一些收获，就是对所有编写人员最大的奖励。对于书中存在的不妥之处，请读者原谅，并提出宝贵意见。

编 者

目 录

出版说明

序

前言

第1章 走进物联网	1
1.1 物联网的基本概念	1
1.1.1 什么是物联网	1
1.1.2 物联网概念的比较	2
1.1.3 物联网与信息化革命	3
1.2 物联网的发展过程	4
1.2.1 溯源物联网	4
1.2.2 物联网的发展概况	5
1.2.3 物联网在中国——感知中国	6
1.3 物联网的关键技术	6
1.3.1 感知与识别技术	7
1.3.2 结点软硬件设计技术	8
1.3.3 组网与泛在接入技术	8
1.3.4 大规模的感知信息处理技术	9
1.4 物联网的应用前景	9
1.4.1 物联网的应用领域	9
1.4.2 物联网的产业规模	12
参考文献	14
第2章 坚如磐石的智能电网	15
2.1 背景概述	15
2.1.1 传统电网面临的问题	15
2.1.2 智能电网与物联网	16
2.1.3 电力物联网的市场前景	18
2.2 智能电网中的物联网技术	19
2.2.1 智能电网的信息感知	19
2.2.2 智能电网的信息传输	24
2.2.3 智能电网的信息处理	26
2.3 智能电网中的物联网应用案例	29
2.3.1 发电环节的物联网应用	29

2.3.2	输变电环节的物联网应用	32
2.3.3	配电环节的物联网应用	36
2.3.4	用电环节的物联网应用	37
2.4	总结与展望	41
	参考文献	41
第3章	指挥若定的智能交通	42
3.1	背景概述	42
3.1.1	我国道路交通系统面临的挑战	42
3.1.2	智能交通与物联网技术	43
3.1.3	智能交通的市场前景	44
3.2	智能交通中的物联网技术	45
3.2.1	交通信息采集	45
3.2.2	交通信息传输	49
3.2.3	交通信息处理	51
3.3	智能交通中的物联网应用案例	57
3.3.1	区域交通控制系统	57
3.3.2	动态交通信息服务	58
3.3.3	道路电子收费系统	62
3.3.4	公共交通管理系统	65
3.3.5	智能车辆	66
3.4	总结与展望	67
	参考文献	68
第4章	运筹帷幄的智慧物流	69
4.1	背景概述	69
4.1.1	我国物流系统面临的挑战	70
4.1.2	智慧物流与物联网技术	72
4.1.3	智慧物流的市场前景	73
4.2	智慧物流物联网技术描述	74
4.2.1	智慧物流的信息感知	75
4.2.2	智慧物流的信息传输	82
4.2.3	智慧物流的信息处理	84
4.3	智慧物流的应用案例	87
4.3.1	物流企业中的物联网应用	87
4.3.2	物流信息平台中的物联网应用	92
4.3.3	物流追溯服务中的物联网应用	95
4.4	总结与展望	97
第5章	呼风唤雨的智能农业	98
5.1	背景概述	98

5.1.1	我国农业面临的问题	99
5.1.2	精细农业与物联网技术	99
5.1.3	农业领域的物联网应用前景	100
5.2	精细农业中的物联网技术	101
5.2.1	农业信息感知	101
5.2.2	农业信息传输	105
5.2.3	农业信息处理	106
5.3	农业领域的物联网应用案例	109
5.3.1	种植业中的物联网应用	109
5.3.2	畜牧业中的物联网应用	113
5.3.3	渔林业中的物联网应用	116
5.3.4	农产品流通中的物联网应用	119
5.4	总结展望	122
	参考文献	122
第6章	明察秋毫的智能安防	123
6.1	背景概述	123
6.1.1	公共安全防护应用需求	123
6.1.2	物联网技术在公共安全防护领域的应用	124
6.1.3	智能安防的市场前景	125
6.2	智能安防中的物联网技术	125
6.2.1	智能安防信息感知	125
6.2.2	智能安防信息传输	128
6.2.3	智能安防信息处理	131
6.3	智能安防中的物联网应用案例	134
6.3.1	城市公共安全防护	134
6.3.2	特定场所安全防护	137
6.3.3	生产安全防护	141
6.3.4	基础设施安全防护	143
6.3.5	食品安全防护	146
6.4	总结与展望	147
	参考文献	148
第7章	高枕无忧的智慧医疗	149
7.1	背景概述	149
7.1.1	我国医疗卫生面临的挑战	149
7.1.2	物联网技术与智慧医疗	150
7.1.3	智慧医疗市场预测	151
7.2	智慧医疗的相关技术	151
7.2.1	医疗信息感知	151

7.2.2	医疗信息传输	154
7.2.3	医疗信息处理	156
7.3	智慧医疗应用案例	160
7.3.1	智能医疗监护	160
7.3.2	医疗用品智能管理	163
7.3.3	医疗器械智能管理	166
7.3.4	智能医疗服务	167
7.3.5	远程医疗	171
7.4	总结与展望	172
	参考文献	172
第8章	精明强干的智能环卫	174
8.1	背景概述	174
8.1.1	我国环境监测现状	174
8.1.2	物联网技术与环境监测	175
8.1.3	智慧环保的市场前景	176
8.2	智慧环保中的物联网技术	177
8.2.1	环境信息感知	177
8.2.2	环境信息传输	184
8.2.3	环境信息处理	187
8.3	智慧环保中的物联网应用案例	189
8.3.1	水质污染监测	189
8.3.2	工业污染源自动监控	191
8.3.3	城市气候和空气污染物监测	192
8.3.4	地质灾害监测	193
8.4	总结与展望	195
	参考文献	195
第9章	聪明伶俐的智能家居	197
9.1	背景概述	197
9.1.1	当前家居环境亟待改善	197
9.1.2	物联网技术与智能家居	198
9.2	智能家居中的物联网技术	199
9.2.1	智能家居信息感知	200
9.2.2	智能家居信息传输	202
9.2.3	智能家居信息处理	206
9.3	智能家居中的物联网应用案例	209
9.3.1	智能家电	209
9.3.2	家庭节能	211
9.3.3	智能照明	215

9.3.4 家庭安防	217
9.4 总结与展望	219
参考文献	220
第10章 如影随形的智慧助理	221
10.1 背景概述	221
10.1.1 物联网与普适计算	222
10.1.2 普适计算环境的物联网应用市场前景	222
10.2 普适计算环境中的物联网技术	223
10.2.1 情境信息感知	224
10.2.2 情境信息传输	227
10.2.3 情境信息处理	227
10.2.4 人机交互技术	228
10.2.5 物联网中间件技术	229
10.2.6 隐私保护技术	230
10.3 普适计算环境的物联网应用案例	231
10.3.1 个性化信息获取	231
10.3.2 虚实难辨的增强现实	234
10.3.3 物理世界搜索引擎	236
10.3.4 亦真亦幻的情境游戏	238
10.4 总结与展望	239
参考文献	239
第11章 我国物联网产业的摇篮	240
11.1 背景概况	240
11.2 国家传感信息中心	241
11.2.1 传感网创新园	242
11.2.2 传感网产业园	243
11.2.3 传感网信息服务园	243
11.2.4 传感网大学科技园	244
11.2.5 国家物联网应用展示中心	245

第1章 走进物联网

在过去的2010年，全世界都在把目光投向一个新名词——物联网。它原本只是国际电信联盟提出的一个默默无闻的概念，但随着2009年初美国在IBM的倡议下，将物联网正式引入美国国家战略，全球掀起了一阵阵物联网热潮。欧盟、日韩、中国等纷纷跟进，将物联网作为各自信息产业领域的国家级战略，物联网也有望成为继计算机、互联网之后的世界信息产业第三次革命。那么，物联网到底是什么，它是怎么来的，其背后的技术原理又是什么，物联网将给人们的生产生活带来怎样的影响，本章将一一进行解答。

1.1 物联网的基本概念

2010年两会期间，物联网被写入政府工作报告，确立为五大新兴国家战略产业之一。而在2010年10月份出台的《国务院关于加快培育和发展战略性新兴产业的决定》中，也将物联网等新一代信息技术产业列为战略性新兴产业。各级政府的物联网扶持政策密集出台，股市上物联网版块股票全线领跑，媒体上物联网项目报道热火朝天。不到两年的时间里，物联网春风已经吹遍大江南北，成为时下炙手可热的高科技明星。然而，对大多数公众而言，物联网的概念仍然比较陌生。

1.1.1 什么是物联网

“横看成岭侧成峰，远近高低各不同”，这句苏轼当年形容庐山的诗用来比喻物联网的概念再贴切不过。由于物联网概念出现不久，其内涵还在不断地发展和完善，并且学术界和工业界视角各异，至今都没有给出一个公认的统一定义。本文认为感知和识别是物联网的核心功能，是物联网区别其他网络的显著特征，下面给出几个典型的物联网概念。

定义1：把所有物品通过射频识别（Radio Frequency Identification, RFID）和条码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。

以上概念最早是在1999年由麻省理工学院的Auto-ID研究中心提出，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和产品，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）的自动识别和信息的互联与共享。

定义2：由具有标识、虚拟个性的物体或对象所组成的网络，这些标识和个性信息在智能空间使用智能的接口与用户、社会和环境进行通信。

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



定义 3: 物联网是以感知为目的, 实现人与人、人与物、物与物全面互联的网络。其突出特征是通过各种感知方式来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递与交互, 再采用智能计算技术对信息进行分析处理, 从而提升人们对物质世界的感知能力, 实现智能化的决策和控制。

以上概念出自工业和信息化部 and 江苏省联合向国务院上报的《关于支持无锡建设国家传感器创新示范区 (国家传感网信息中心) 情况的报告》。

定义 4: 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”具有身份标识、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。

以上概念来源于欧盟第 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 的物联网项目之间的组网; 协调包括 RFID 的物联网研究活动; 对专业技术平衡, 以使得研究效果最大化; 在项目之间建立协同机制。

定义 1 和 2 主要强调物联网对物体对象识别的特点; 定义 3 强调物联网感知现实物理世界的特点; 定义 4 则说明物联网本身是一个全球性的基础网络设施。

尽管关于物联网的定义众说纷纭, 但人们对物联网应该具备的三大特征却达成了共识, 即全面感知、可靠传送、智能处理。全面感知是指利用 RFID、传感器等手段随时随地获取物体的信息; 可靠传送是指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; 智能处理则是指利用云计算, 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。

从产业角度看, 物联网产业链可以细分为标识、感知、处理和信息传输 4 个环节, 如图 1-1 所示。从图中可以看到, 标识的代表产业为 RFID, 感知的代表产业为传感器, 处理的代表产业为智能芯片, 信息传输的代表产业是商用网络。

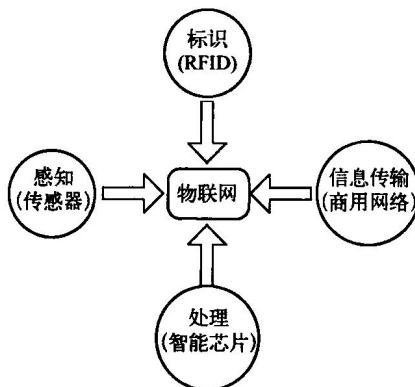


图 1-1 物联网产业链构成

1.1.2 物联网概念的比较

随着物联网概念在媒体的频频出现, 另外一批与物联网相关的概念也不时被提起, 比如传感网和泛在网, 这些概念与物联网概念有着千丝万缕的关系, 下面做一个简单的比较。图 1-2 显示了物联网与传感网、互联网、泛在网 3 个概念的关系。

传感网又称无线传感器网络 (Wireless Sensor Networks, WSN), 它是由一组传感器以自组织方式构成的无线网络, 其目的是协作地感知、采集和处理网络覆盖地理区域中感知对象的信息, 并发布给观察者^[1]。传感网具有感知事物及其变化的功能, 能将虚拟的信息技术与实体经济、社会活动过

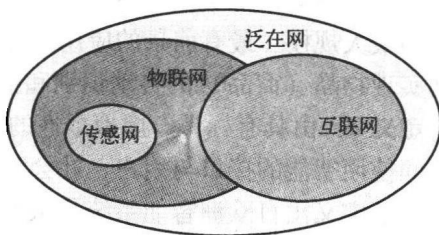


图 1-2 几个相关概念间的关系



程结合起来,极大地提升了人类认知世界和处理复杂问题的能力。毫无疑问,物联网在感知、传输、计算模式等方面都具有比传感网更大的范畴,它不仅包括 RFID、二维码等标识技术,也可以使用除自组织组网之外的多种互联方式,而且也包括人与物、物与物之间感知、标识、测控的手段。

互联网是由多个网络遵循一定的通信协议(Protocol)互联而成的网络,现在特指由美国国防部高级研究计划署资助的 ARPANET 分组交换网演变而来的、采用 TCP/IP 协议的一种互联网络。从概念上来说,互联网主要解决人与人之间的通信,把人们的使用吸引在信息空间(Cyber Space)中,主要依赖桌面型计算获得服务和支持^[2]。物联网则主要实现人与物、物与物之间的通信。物联网的基础设施在一定程度上与互联网重合,但从应用角度看,物联网大大扩展了互联网的应用领域。

另一个经常与物联网同时提起的概念是泛在网(Ubiquitous Networks),该概念最早是由施乐(Xerox)首席科学家 Mark Weiser 1991 年在《21 世纪的计算》一文中提出的。泛在网是指基于个人和社会的需求,实现人与人、人与物、物与物之间按需进行的信息获取、传递、存储、认知、决策、使用等服务,网络具有超强的环境感知、内容感知及智能性,为个人和社会提供泛在的、无所不包的信息服务和应用。物联网、泛在网的概念出发点和侧重点不完全一致,但其目标都是突破人与人通信的模式,建立物与物、物与人之间的通信。由于物联网着重物理世界的应用,因此是走向泛在网的重要一步。

1.1.3 物联网与信息化革命

从 20 世纪 40 年代开始,科学界就开始普遍认同这个观点,即世界是由物质、能量、信息三大要素组成的,而不仅仅是由物质组成的、或者是由物质与能量两种要素组成的。一种富于诗意的说法是:没有物质的世界是虚无的世界,没有能量的世界是死寂的世界,没有信息的世界是混乱的世界^[3]。今天,人们已把信息看做一种重要的资源,甚至把当今时代视为信息革命的时代。因为如果没有信息和信息传递,就不会形成有组织的系统,也不会具备有序的能量转化和物质交换。

放眼人类文明史可以发现,农业文明以物质为基础,工业文明以能量为基础,信息文明以信息为基础,它们分别体现为物质化、能量化和信息化 3 次革命。经过农业文明和工业文明,人类已经能够创造出各种复杂的物理基础设施和物品,如汽车、公路、建筑物等。这些物品,无论是固定的还是流动的,都有相应的信息属性,这些信息对于企业、政府、社会、个人等都有特定的价值。千百年来,物品与其相关信息通常都是分离的,通过不同的渠道和方式进行传输和处理。这些物品实体本身的流动,构成了人们生存所处的物理世界,而相关信息的产生、记录、传输、处理与应用,则常常通过人与人之间的信息交换方式处理。

在当前的信息化浪潮中,电子技术、计算机技术和通信技术获得了历史性的大发展,计算机、互联网、移动通信网等信息通信技术的不断涌现,使得对物品相关信息的处理和服务达到了前所未有的水平,并彻底地改变了全世界人们的生活和工作方式。然而,现有的信息技术基本模拟了人类之间的信息交流方式,它是通过各种 IT 基础设施,如计算机、宽带网络等实现的,对于人们生活所处的物理世界的运行方式并没有太大影响。

物联网通过将各类信息感知设备嵌入到物体中,实时获取物体状态信息,然后将这些物体传感器通过通信网络互联起来,并通过对获取的感知信息进行智能处理,实现对物体的管



理和控制。它能够将现有的物理基础设施和 IT 基础设施，如钢筋混凝土、电缆，与芯片、宽带整合为统一的基础设施，从而使得人类可以更加精细和智慧地控制物理世界的运行。

物联网被称为继计算机、互联网之后，世界信息产业的第 3 次革命，它体现了信息通信技术在人类生活领域不断拓展和深化的需求。与前两次信息革命停留在信息世界不同，物联网强调建立依托物质的信息生命形态的信息虚拟世界，把虚拟世界和物理世界结合起来，并采用智能计算的技术对信息进行分析和处理，通过对虚拟世界的管理来实现对物理世界的管理、协调和控制，从而实现人类社会与物理世界的有机结合。

1.2 物联网的发展过程

与其他技术的发展历程一样，物联网的概念也是在无数的探索和实践孕育出来的。本节简单介绍物联网的起源和它在全球的发展概况，以及物联网在中国的发展。

1.2.1 溯源物联网

感知是物联网的核心特征之一，传感器是感知物理世界的重要手段，人类社会使用传感器的历史可以追溯到很久以前。早在东汉时期，张衡就发明了地动仪，这是世界上可考证的最早利用惯性原理发明的地震传感器；而王充在《论衡》中所载的“司南勺”可能是最早的磁性方向指示器（方向传感器）^[4]。随着科学技术的发展，品类繁多的传感器被逐步发明出来，并应用到人们的生活中。例如，17 世纪初伽利略发明了温度计；1821 年德国物理学家赛贝发明了把温度变成电信号的温度传感器；1969 年美国贝尔实验室的博伊尔和史密斯发明了 CCD（Charge-Coupled Device）图像传感器，随后，人们按此原理制造出了基于 CCD 传感器的数码相机。

通信技术的发展使得人们逐渐开发出来具有通信能力的传感器节点。1968 年的越南战场，由于卫星与航空侦察手段在热带雨林效果很差，美国军方在胡志明小道上投放了数十万个具有音频和振动感知功能的无线传感器，并通过侦察机收集传感器信息，以建立电子屏障来切断越军的补给线。但是这些传感器仍然是基于单一传感器结点的简单的信息传递方式，并没有形成网络化、智能化的应用。

随着通信和网络技术的进一步发展，人们在生产生活实践过程中开始通过网络将传感器互联起来，甚至实现了对物体进行控制。例如，通过专用网络将遍布城市主要路口和高速公路的摄像头互联起来，监控交通流量和违章车辆；通过在运输车辆上安装 RFID 和 GPS，实现港口物流的货物调度和物流运输的实时追踪等。在 1995 年，比尔盖茨就在其著作《未来之路》中设想了一部分物联网时代的生活场景，只是未明确表达或提出这一概念。到了 1999 年，麻省理工学院研究 RFID 技术的 Auto-ID 中心主任 Ashton 教授提出了早期的物联网概念，定义它是依托 RFID 技术和互联网实现物品的识别、跟踪和管理的物流网络。然而此时的物联网概念仅限于物流追踪和优化物流供应链。

2005 年的信息社会世界峰会上，国际电信联盟（International Telecommunication Union, ITU）发表的年度报告中对物联网的内涵进行了扩展，指出信息与通信技术发展的目标已经从任何时间、任何地点连接任何人，发展到连接任何物品的阶段，人与物和物与物之间的连接形成了物联网^[5]，人类在信息与通信世界里将获得一个新的沟通维度，



同时该联盟还提出了任何时刻、任何地点、任意物体之间互联（“Any Time、Any Place、Any Things Connection”）的发展远景。

至此，物联网仍然还是一个默默无闻的名词，缺乏清晰的定义和可操作的计划。直到后金融危机时代的2009年1月，在美国总统与工商业领袖举行的圆桌会议上，IBM 总裁提出了“智慧地球”的构想，即把IT技术充分运用在各行各业之中，把传感器嵌入和装备到全球每一个角落的电网、铁路、桥梁、隧道、公路等各种基础设施中，并将它们连接成“物联网”。指出“物联网”与“互联网”的全面融合，将把商业系统和社会系统与物理系统融合起来，形成一个新的智慧基础设施。

奥巴马对“智慧地球”构想作出了积极回应，认为智慧地球是继互联网之后国家发展的核心领域，并将物联网作为振兴经济、确立优势的关键战略。2009年8月温家宝总理在考察中科院无锡高新微纳传感网工程技术研发中心时提出，要尽快建立中国的“感知中国”中心，并明确指出要早一点谋划未来，早一点攻破核心技术。中美两国领导人相继对物联网的战略定位，使得物联网概念一举成为炙手可热的高科技明星。

1.2.2 物联网的发展概况

作为物联网技术的全球主要推动者，美国非常重视物联网的战略地位，其国家情报委员会发表的《2025年对美国利益潜在影响的关键技术》报告中，把物联网列为6种关键技术之一，并将以物联网技术为核心的“智慧地球”计划上升至国家战略层面。《2009年美国恢复和再投资法案》提出在智能电网、卫生医疗信息技术应用、教育信息技术等领域投入巨资，这都与物联网技术直接相关。全球几个重要国家和地区，也将物联网的发展确定为国家战略重点，开展了物联网领域的规划布局。

2009年6月，欧盟委员会发布《欧盟物联网行动计划》（Internet of Things-an Action Plan for Europe），描绘了物联网技术应用的前景，并提出要加强欧盟政府对物联网的管理，消除物联网发展的障碍。该计划提出了物联网管理、安全性保证、标准化、研究开发等14点行动内容，以确保欧洲在构建基于互联网的智能基础设施发展上领先全球。同年12月，欧洲物联网项目总体协调组发布了欧盟2010年、2015年、2020年三个阶段的《物联网战略研究路线图》，并系统地提出了物联网在汽车、航空航天、医药、能源等18个主要应用领域和感知、物联网架构、通信和组网以及数据处理等12个方面需要突破的关键技术^[6]。

2004年，日本政府提出了以发展泛在网络社会为目标的U-Japan计划，将传感网列为4项重点战略之一，并在2009年将该战略上升为I-Japan战略，强化了物联网在交通、医疗、教育、环境监测等领域的应用。

2004年，韩国提出为期10年的U-Korea战略，目标是在全球最优的泛在基础设施上，将韩国建设成全球第一个泛在社会。2006年韩国推出U-IT839计划，提出将泛在的传感器网（Universal Sensor Networks, USN）列入发展重点，并在此后推出一系列相关实施计划。2009年10月，韩国颁布了《物联网基础设施构建基本规划》，将物联网市场确定为新增长动力。该规划提出到2012年实现“通过构建世界最先进的物联网基础实施，打造未来广播通信融合领域超一流信息通信技术强国”的目标，并确定了构建物联网基础设施、发展物联网服务、研发物联网技术、营造物联网扩散环境等四大领域和12项详细课题。