



大数据、云计算、人工智能、信息安全人才培养丛书 “互联网+”新形态一体化教材

大数据

大数据基础
数据可视化
数据清洗与治理
Hadoop应用与开发
数据挖掘基础
SEO搜索引擎优化
MySQL数据库
R语言程序设计
Go语言程序设计

云计算

云计算基础
虚拟化与容器
云安全运维
网络工程与组网技术
现代通信技术
路由交换技术
无线网络技术
现代网络SDN技术
数据网组建与维护
局域网组建与维护
云数据中心架构与SDN技术

人工智能

人工智能基础

物联网基础

深度学习
机器学习

信息安全

信息安全基础
Linux服务器安全高级运维
Web安全与防御
防火墙技术与应用
计算机病毒与防范
数据存储与恢复
密码学基础
计算机网络安全运维
网络设备配置与综合实战
无线网络安全技术
VPN虚拟专用网安全
终端数据存储与恢复
工控安全
渗透测试
恶意代码分析
网络空间安全态势感知
数据库安全技术
网络安全协议
企业级数据安全与灾备管理
信息安全法律法规
终端数据安全及防泄密

专业基础

Linux操作系统基础
计算机网络基础
Ubuntu服务器管理
Windows Server 2016配置与管理
数据结构
Python程序设计
Java程序设计
C语言程序设计
C#程序设计
Android程序设计
XML基础教程
JavaScript基础教程
Web前端开发
OpenStack应用与开发
Spark应用与开发
静态网页设计与制作
HTML5与JavaScript程序设计
数据库设计与应用
数据库应用基础
UML建模与设计模式
ERP原理与应用
综合布线

“互联网+”新形态一体化教材

物联网基础

主编◎邓磊 李鑫 李源彬



上海交通大学出版社
SHANGHAI JIAO TONG UNIVERSITY PRESS

大数据、云计算、人工智能、信息安全人才培养丛书
“互联网+”新形态一体化教材

物联网基础

WULIANWANG JICHU

主编◎邓磊 李鑫 李源彬



扫一扫 学习资源库



扫描二维码
关注上海交通大学出版社
官方微信

ISBN 978-7-313-25492-4



9 787313 254924 >

定价：56.00元



上海交通大学出版社
SHANGHAI JIAO TONG UNIVERSITY PRESS

大数据、云计算、人工智能、信息安全人才培养丛书
“互联网+”新形态一体化教材

物联网基础

WULIANWANG JICHU

主编◎邓磊 李鑫 李源彬



上海交通大学出版社
SHANGHAI JIAO TONG UNIVERSITY PRESS

内容提要

本书通过丰富的实例,从物联网应用的角度出发,讲解了物联网的基本概念、体系架构、关键技术等知识。全书共 11 章,内容包括物联网概述、感知层技术、网络层——汇聚网技术、网络层——网络接入技术、网络层——承载网技术、近距离无线通信技术、视频监控物联网、智能传感器、安全与管理、物联网数据处理技术、物联网应用。

本书可作为高等院校电子信息类、物联网类等专业的教学用书,也可作为物联网相关从业人员的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

物联网基础 / 邓磊, 李鑫, 李源彬主编. —上海:
上海交通大学出版社, 2021.9 (2025.2 重印)

ISBN 978-7-313-25492-4

I. ①物… II. ①邓… ②李… ③李… III. ①物联网
—基本知识 IV. ① TP393.4 ② TP18

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2021) 第 193994 号

物联网基础

WULIANWANG JICHU

主 编: 邓 磊 李 鑫 李源彬

出版发行: 上海交通大学出版社

邮政编码: 200030

印 制: 北京荣玉印刷有限公司

开 本: 889 mm × 1194 mm 1/16

字 数: 356 千字

版 次: 2021 年 9 月第 1 版

书 号: ISBN 978-7-313-25492-4

定 价: 56.00 元

地 址: 上海市番禺路 951 号

电 话: 6407 1208

经 销: 全国新华书店

印 张: 15

印 次: 2025 年 2 月第 3 次印刷

版权所有 侵权必究

告读者: 如发现本书有印装质量问题请与印刷厂质量科联系

联系电话: 010-6020 6144

编写委员会

主 编 邓 磊 李 鑫 李源彬

副主编 杨 娜 罗国相 何 凯 王 伟





前言

互联网连接的是人，让人与人之间的距离变成零。物联网连接了人与物，让人与物、物与物之间的距离忽略不计。互联网颠覆了人们传统的信息体系架构，而物联网融合信息、物质、能量，将会再次猛烈冲击和改变世界信息物理体系架构。物联网是继计算机、互联网之后的第三次信息产业革命浪潮，它将会形成一个更强大的产业，变成新经济时代具有极大开发价值的资源。物联网是在通信技术、互联网、传感等新技术的推动下，逐步形成的人与人、人与物、物与物之间沟通的网络构架，是一个综合技术系统，未来还可以融合区块链、人工智能、可穿戴设备、增强现实、机器人、自动驾驶、无人机等技术，实现“物联网+”。

本书以介绍当代物联网技术知识为主，兼顾新技术知识的介绍。在章节安排上，本书按照物联网领域现实业务的应用状况展开，以期能够让各行各业的读者在有限的时间内，初步掌握物联网技术的基本内容，了解当代物联网的总体发展趋势，建立起一个关于物联网的概念框架。全书共 11 章，内容包括物联网概述、感知层技术、网络层——汇聚网技术、网络层——网络接入技术、网络层——承载网技术、近距离无线通信技术、视频监控物联网、智能传感器、安全与管理、物联网数据处理技术、物联网应用。

在编写上，本书具有如下特点：

(1) 通过章前的“学习目标”“知识导图”“本章导入”明确本章要学习的内容，使学生做好学习的准备；通过文中的“说明”“提示”“注意”“知识拓展”“知识链接”等模块，丰富知识内容，提高学生的学习兴趣。

(2) 在语言简炼的基础上，充分利用图、表尽量形象地描述知识点，帮助学生更好地理解所学内容。本书内容由浅及深，循序渐进，凸显学习者的认知规律。

(3) 计算机技术发展很快，本书着重当前最新知识和主流技术的讲解，保证学生所学知识和技术都与行业联系密切，使学生能够学以致用。

此外，本书作者还为广大一线教师提供了服务于本书的教学资源库，有需要者可致电 13810412048 或发邮件至 2393867076@qq.com。

本书由从事多年物联网应用的工程师和具有丰富教学经验的任课教师共同编写而成，既可作为高等院校电子信息类、物联网类等专业的教学用书，也可作为物联网相关从业人员的参考用书。由于编写时间仓促，加之网络技术发展迅猛，书中存在的不足和疏漏之处，敬请广大读者批评指正，在此表示衷心的感谢！



第 1 章 物联网概述

1.1 认识物联网	2	1.3.2 物联网标准	9
1.1.1 物联网的定义	2	1.3.3 物联网产业链	10
1.1.2 物联网的起源	3	1.4 物联网的应用	13
1.1.3 物联网的特点	3	1.4.1 百姓身边的物联网	14
1.2 物联网的基本架构	3	1.4.2 各行各业的物联网	15
1.2.1 感知层	4	1.5 物联网的发展与挑战	16
1.2.2 网络层	6	1.5.1 物联网的发展现状	16
1.2.3 应用层	6	1.5.2 物联网新进展	18
1.3 物联网技术、标准及产业链	7	1.5.3 物联网发展面临的挑战	19
1.3.1 物联网技术	7		



第 2 章 感知层技术

2.1 资源寻址与 EPC 技术	22	2.5 传感器技术	28
2.1.1 EPC 技术的发展背景	22	2.5.1 传感器技术概述	28
2.1.2 EPC 编码	22	2.5.2 常用的传感器定义	30
2.2 自动识别技术	23	2.5.3 智能传感器	31
2.2.1 光学字符识别技术	23	2.5.4 MEMS 传感器	33
2.2.2 生物识别技术	24	2.6 定位技术	34
2.2.3 磁卡识别技术	25	2.6.1 卫星定位系统	34
2.2.4 IC 卡识别技术	26	2.6.2 蜂窝定位技术	37
2.3 条形码技术	26	2.6.3 室内无线定位技术	37
2.4 射频识别技术	27	2.6.4 传感器网络节点定位技术	38
2.4.1 RFID 系统的分类	27	2.7 无线传感器网络技术	39
2.4.2 RFID 系统的组成	28	2.7.1 无线传感器网络的组成	40
2.4.3 RFID 的工作原理	28	2.7.2 无线传感器网络的通信协议	41
		2.7.3 无线传感器网络的特点	41



第 3 章 网络层——汇聚网技术

3.1 ZigBee	44	3.2 蓝牙	51
3.1.1 ZigBee 概述	44	3.2.1 蓝牙概述	51
3.1.2 ZigBee 网络的拓扑结构	45	3.2.2 蓝牙架构及研究现状	52
3.1.3 ZigBee 的协议栈	47	3.2.3 蓝牙的功能模块	55
3.1.4 ZigBee 在物联网中的应用前景	51	3.3 UWB	56
		3.3.1 UWB 概述	56
		3.3.2 UWB 的架构	58



第 4 章 网络层——网络接入技术

4.1 6LoWPAN	60	4.2 M2M 的接入方法	65
4.1.1 无线嵌入式设备网络对网络协议的挑战	60	4.2.1 M2M 概述	65
4.1.2 6LoWPAN 的技术优势	60	4.2.2 M2M 对蜂窝系统的优化需求	67
4.1.3 6LoWPAN 的历史和标准	62	4.2.3 M2M 模型及系统架构	67
4.1.4 6LoWPAN 架构	63	4.2.4 核心网针对 M2M 的优化	69
4.1.5 6LoWPAN 协议栈	63	4.2.5 WMMP 通信协议概述	70
4.1.6 6LoWPAN 适配层	64	4.3 全 IP 融合与 IPv6 以及 IPv9	71



第 5 章 网络层——承载网技术

5.1 承载网的发展阶段	74	5.4 物联网与光接入技术	83
5.2 物联网的混同承载	74	5.4.1 宽带光接入技术概述	83
5.2.1 物联网业务对承载网的要求	75	5.4.2 EPON 技术	89
5.2.2 WLAN 与物联网	75	5.4.3 GPON 技术	92
5.2.3 LTE 与物联网	76	5.5 物联网与 TCP/IP 网络技术	94
5.3 物联网的区别承载	79	5.5.1 初识 OSI 参考模型	94
5.3.1 NB-IoT 为物联网发展加速	79	5.5.2 TCP/IP 协议簇探究	99
5.3.2 LTE-A 与物联网	80		



第 6 章 近距离无线通信技术

6.1 无线通信系统概述	110	6.3 微波通信	117
6.1.1 无线与移动通信的概念	110	6.4 近距离无线通信技术概览	118
6.1.2 无线与移动通信的发展历程	112	6.5 NFC	119
6.1.3 宽带无线接入技术	113	6.5.1 NFC 的发展概述	120
6.2 射频通信	114	6.5.2 NFC 的工作原理	120
6.2.1 射频的概念	114	6.5.3 NFC 技术标准	121
6.2.2 频谱的划分	115	6.5.4 NFC 技术的特点	121
6.2.3 RFID 使用的频段	116	6.5.5 NFC 技术的应用	121



第 7 章 视频监控物联网

7.1 视频监控与物联网	124	7.2.3 多摄像机协同工作技术	129
7.1.1 视频监控是物联网的重要组成部分	124	7.2.4 高速 DSP 嵌入式处理技术	130
7.1.2 基于物联网的智能安防应用	125	7.2.5 视频流的自适应流化和传输技术	131
7.2 视频监控关键技术	126	7.3 视频监控技术的发展现状与趋势分析	132
7.2.1 视频信号压缩编码技术	126	7.3.1 当前亟待解决的问题	132
7.2.2 智能视频行为分析技术	127	7.3.2 视频监控技术的发展趋势	132



第 8 章 智能传感器

8.1 智能传感器的构成、功能与特点	134	8.2.2 软件化	140
8.1.1 智能传感器的结构	135	8.2.3 多传感器信息融合	155
8.1.2 智能传感器的功能	136	8.2.4 网络化	167
8.2 智能传感器的实现途径	138	8.3 典型的智能传感器简介	170
8.2.1 集成化	138		



第9章 安全与管理

9.1 物联网的安全体系结构	174	9.3.2 网络层的安全策略	179
9.2 感知层安全需求和安全策略	175	9.4 应用层的安全需求和安全策略	180
9.2.1 感知层的安全挑战和安全需求	175	9.4.1 应用层的安全挑战和安全需求	180
9.2.2 感知层的安全策略	176	9.4.2 应用层的安全策略	182
9.3 网络层的安全需求和安全策略	178	9.4.3 应用层安全问题举例——云计算安全问题	183
9.3.1 网络层的安全挑战和安全需求	178		



第10章 物联网数据处理技术

10.1 物联网大数据概述	188	10.2.3 阿里云云计算技术	194
10.1.1 大数据的概念及发展	188	10.2.4 Hadoop 大数据处理技术	196
10.1.2 物联网大数据的分类	189	10.2.5 Spark 内存计算技术	198
10.1.3 物联网大数据的特点和面临的技术挑战	190	10.2.6 Storm 实时流数据处理技术	198
10.1.4 物联网大数据的存储和处理需求	192	10.3 物联网大数据挖掘	201
10.1.5 物联网大数据的应对策略	192	10.3.1 数据挖掘概述	201
10.2 物联网大数据处理的核心技术	193	10.3.2 物联网大数据挖掘的主要技术及面临的挑战	202
10.2.1 物联网大数据与云计算的关系	193	10.3.3 大数据挖掘算法	203
10.2.2 物联网大数据处理的研究现状	193		



第11章 物联网应用

11.1 人体感知网	208	11.5.5 智慧型资源共享的应用	217
11.2 智能家居	209	11.6 智慧农业	217
11.2.1 室内智能控制	210	11.6.1 物联网与农业生产	218
11.2.2 家居智能新模式	211	11.6.2 物联网技术在大规模温室等农业设施中的应用	219
11.2.3 亟待解决的问题	212	11.6.3 物联网技术在节水灌溉中的应用	219
11.3 智能物流	212	11.6.4 物联网技术在水产养殖中的应用	220
11.3.1 简介	212	11.6.5 物联网技术在畜牧业中的应用	220
11.3.2 主要技术	213	11.6.6 物联网技术在农产品质量安全溯源中的应用	220
11.4 智能医疗	214	11.7 智慧工业	222
11.5 智慧教育	215	11.7.1 智慧工厂计划及其愿景	222
11.5.1 智能教学中的应用	216	11.7.2 智慧工厂的内核——物联工厂	223
11.5.2 智慧型图书管理中的应用	216	11.8 智慧城市	224
11.5.3 智慧型学生及教职工的统一管理应用	216		
11.5.4 智慧型安全管理中的应用	216		

参考文献	227
------------	-----

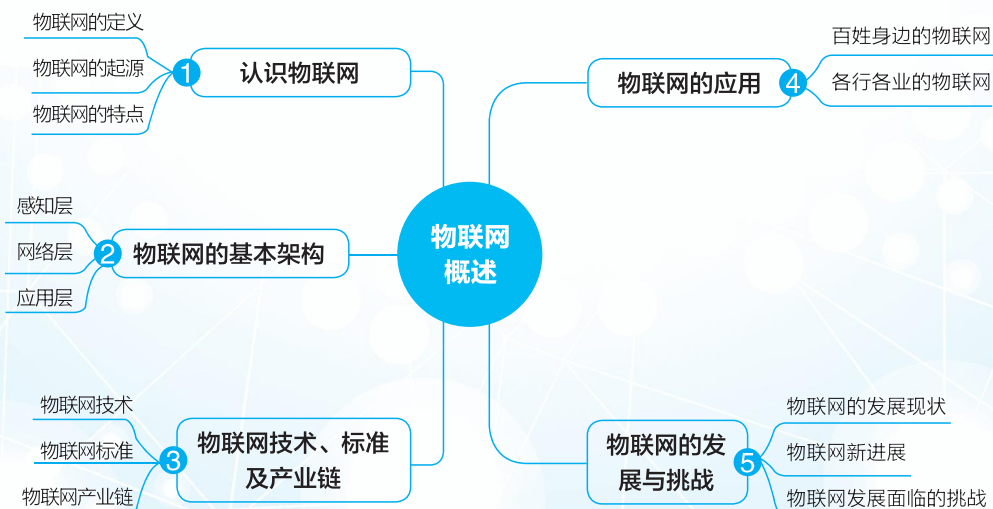
第 1 章

物联网概述

学习目标

- ① 了解物联网的概念和背景。
- ② 掌握物联网的基本架构。
- ③ 了解物联网技术和标准。
- ④ 了解物联网的发展和面临的挑战。

知识导图



“物联网”这一概念是在 1999 年提出的，指的是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。国际电信联盟 2005 年的一份报告曾描绘“物联网”时代的图景：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什么东西；衣服会“告诉”洗衣机对颜色和水温的要求，等等。

计算机技术、通信与微电子技术的高速发展，促进互联网技术、射频识别（RFID）技术、全球定位系统（GPS）与数字地球技术的广泛应用，以及无线网络与无线传感器网络（WSN）研究的快速发展，互联网应用产生的巨大经济与社会效益加深了人们对信息化作用的认识，而互联网技术、RFID 技术、GPS 技术与 WSN 技术为实现全球商品货物快速流通的跟踪识别与信息利用，进而实现现代管理打下了坚实的技术基础。

互联网已经覆盖世界的各个角落，深入世界各国的经济、政治与社会生活，改变了几十亿网民的生活方式和工作方式。但是，现在互联网上对人类社会、文化、科技与经济信息的采集还必须由人输入和管理。为了适应经济全球化的需求，人们设想如果从物流角度将 RFID 技术、GPS 技术与 WSN 技术与“物品”信息的采集、处理结合起来，从信息流通的角度将 RFID 技术、WSN 技术、GPS 技术、数字地球技术与互联网结合起来，就能够将互联网的覆盖范围从“人”扩大到“物”，就能够通过 RFID 技术、WSN 技术与 GPS 技术采集和获取有关物流的信息，通过互联网实现对世界范围内的物流信息的快速、准确识别与全程跟踪，这种技术就是物联网技术。

1.1 认识物联网

1.1.1 物联网的定义

“物联网”（internet of things），指的是将各种信息传感设备，如射频识别装置、红外感应器、全球定位系统、激光扫描器等装置与互联网结合起来而形成的一个巨大网络。其目的是让所有的物品都与网络连接在一起，方便识别和管理。物联网是利用无所不在的网络技术建立起来的。其中非常重要的技术是 RFID 电子标签技术。

以简单 RFID 系统为基础，结合已有的网络技术、数据库技术、中间件技术等，构筑一个由大量联网的读取器和无数移动的标签组成的，比 Internet 更为庞大的物联网成为 RFID 技术发展的趋势。在这个网络中，系统可以自动地、实时地对物体进行识别、定位、追踪、监控并触发相应事件。

物联网又称“传感网”，以互联网为代表的计算机网络技术是 20 世纪计算机科学的一项伟大成果，它给我们的生活带来了深刻的变化，然而，目前网络功能再强大，网络世界再丰富，也终究是虚拟的，它与我们所生活的现实世界还是相隔的，在网络世界中很难感知现实世界，很多事情还是不可能的，时代呼唤着新的网络技术。无线传感网络正是在这样的背景下应运而生的全新网络技术，它综合了传感器、低功耗、通信以及微机电等技术，可以预见，在不久的将来，无线传感网络将给我们的生活方式带来革命性的变化。

1.1.2 物联网的起源



20 世纪末至今，全球经济持续低迷，急需一种新兴技术的出现促进生产力的变革，成为经济增长的新引擎。通过对原有科学技术的融合，人们发现了一种新的技术模式。

20 世纪 80 年代，美、欧已有智能建筑、智能家居等概念在悄悄萌芽；1995 年，比尔·盖茨的《未来之路》一书将物联网技术在家居场景方面的应用做了详细的阐述，使得人们对物联网应用有了初步的认识；到了 1999 年，麻省理工学院的 Auto-ID 实验室又提出一套依托产品电子代码标准构建物联网的解决方案，将物联网技术的可行性具体化了；然而，说到“物联网”这一称呼的来源，却是在 2005 年国际电信联盟（ITU）发布了“The Internet of Things”报告之后才有的；再后来，到了 2009 年，IBM 公司的物联网三步走战略更是在全球产业界、学术界引起了广泛的响应，这里要提到的是，中国正是在 2009 年开始对物联网技术高度重视。

1.1.3 物联网的特点

物联网的三个关键特征：各类终端实现“全面感知”；电信网、因特网等融合实现“可靠传输”；云计算等技术对海量数据进行“智能处理”。

1. 全面感知

全面感知是指利用无线 RFID、传感器、定位器和二维码等手段随时随地对物体进行信息采集和获取。感知包括传感器的信息采集、协同处理、智能组网，甚至信息服务，以达到控制、指挥的目的。

2. 可靠传输

可靠传输是指通过各种电信网络和因特网融合，对接收到的感知信息进行实时远程传送，实现信息的交互和共享，并进行各种有效的处理。在这一过程中，通常需要用到现有的电信运行网络，包括无线和有线网络。由于传感器网络是一个局部的无线网，因而无线移动通信网、3G 网络是承载物联网的一个有力的支撑。

3. 智能处理

智能处理是指利用云计算、模糊识别等各种智能计算技术，对随时接收到的跨地域、跨行业、跨部门的海量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。

1.2 物联网的基本架构

物联网是在互联网和移动通信网等网络通信基础上，针对不同领域的需求，利用具有感知、通信和计算的智能物体自动获取现实世界的信息，将这些对象互联，实现全面感知、可靠传输、智能处理，构建人与物、物与物互联的智能信息服务系统。

物联网体系结构主要由三个层次组成：感知层（感知控制层）、网络层和应用层。物联网基本架构如图 1-1 所示。

笔记

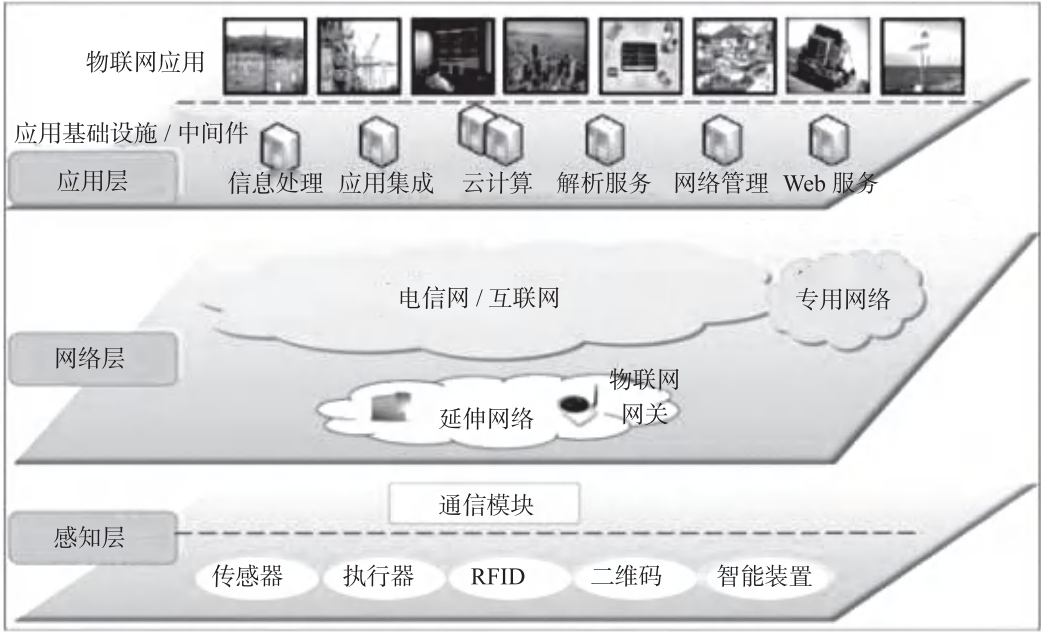


图 1-1 物联网基本架构

1.2.1 感知层

感知层实现对物理世界的智能感知识别、信息采集处理和自动控制，包括传感器，执行器、RFID、二维码和智能装置。

1. 传感器、执行器

自动化控制系统包括传感器、控制器和执行器；而物联网的架构在底层包括传感器、执行器，控制器的功能是在更大的范围内实现的，例如在应用层的应用+智能是在更大的范围内实现控制闭环。

传感器是一种检测装置，能够感受到被测量的信息，并能将感受到的信息按一定规律变换成电信号或者其他所需的信息形式输出，以满足信息的传输、处理、存储、显示、记录和控制等要求。

传感器主要是感知环境的状态。按照传感器的原理，有半导体传感器、激光传感器、机械传感器、视觉传感器、液位传感器、磁传感器等不同类型的传感器。

但是，随着物联网行业的发展，需要更多的设备使用传感器。而随着使用量的增加，对传感器的尺寸、功耗有更高的要求，所以微机电系统（micro-electro-mechanical system, MEMS）的使用越来越多，逐渐成为物联网时代传感器的主流产品。

MEMS 是在微电子技术（半导体制造技术）基础上发展起来的，融合了光刻、腐蚀、薄膜、LIGA、硅微加工、非硅微加工和精密机械加工等技术制作的高科技电子机械器件。

MEMS 是集微传感器、微执行器、微机械结构、微能源、信号处理和控制电路、高性能电子集成器件、接口、通信等于一体的微型器件或系统。

MEMS 侧重于超精密机械加工，涉及微电子、材料、力学、化学、机械学诸多学科领域。它的学科面涵盖微尺度下的力、电、光、磁、声、表面等物理、化学、机械学的各分支。

MEMS 是一个独立的智能系统，可大批量生产，其系统尺寸在几毫米乃至更小，其



内部结构一般在微米甚至纳米量级。常见的产品包括 MEMS 加速度计、MEMS 麦克风、微马达、微泵、微振子、MEMS 光学传感器、MEMS 压力传感器、MEMS 陀螺仪、MEMS 湿度传感器、MEMS 气体传感器等以及它们的集成产品。

另外，很多非接触式的传感方式也逐渐流行，例如通过图像分析、视频分析的方法，也可以实现传感。以前监测汽车是否闯红灯，是否压线，通过磁钉作为传感器，而现在可以通过图像，利用图像处理方法将摄像机作为传感器。

执行器是根据指令改变物体的状态，电机、开关、阀门等都属于执行器。

2. RFID

物联网，不言而喻就是要物物相连。既然万物互联了，那么如何识别一个物体？对于有计算处理能力的设备，一般用 IP 识别。例如，联网的设备都有 IP，可以通过 IP 地址找到并识别设备。

宇宙万物中，没有处理能力的物体占绝大多数，那么如何识别这些物品呢？对这些物品的识别通常用的方法是赋予 ID，通过 ID 识别。超市中，每个物品都有一个条形码（barcode），超市就是通过条形码识别商品的。

但是条形码的问题是识别效率低，所以我们去超市的时候发现在收银台经常排很长的队，收银员大部分时间浪费在扫条形码上，首先需要找到条形码，如果条形码有污渍，识别不出来，还要再通过手工输入条形码的 ID，十分影响效率。

而 RFID 实际上是另外一种区别于条形码的 ID 系统，英文名叫 radio frequency identification，中文翻译为射频识别。

假想一个场景，如果我们在超市采购很多商品之后，推着购物车通过出口时，一个设备可以识别所有商品的信息，并直接记入结账系统，那么超市的收银台将不需要再排队。

能够完成以上场景的技术，就是 RFID 技术。2005 年，沃尔玛曾经要求所有供应商提供给沃尔玛的商品都含有 RFID 标签，其目的就是为了解决这个问题。

所以，RFID 最流行是在 2005 年，2006 年之后，物联网的起源之一也是因为 RFID 技术，但因为十年前 RFID 的技术不成熟，一方面成本高，另一方面识别率低，导致 RFID 的普及程度不高。

随着 RFID 技术的发展，工艺改变之后成本降低，识别率提升，应用开始越来越广泛。现在基本上服装行业已经普遍使用 RFID。我们熟悉的公交卡、电子收费（ETC）使用的都是 RFID。

3. 二维码

沃尔玛曾经对 RFID 寄予了很高的期望，实际生活中，需要对 ID 进行识别，而条形码识别率低，早期 RFID 识别率低，成本高。这个时候二维码作为中间过渡技术，有了很多的应用，所以二维码也是传感技术之一。随着移动互联网的发展，手机输入链接非常麻烦，二维码作为链接的一个输入工具，有非常广泛的应用。另外，RFID 在有液体或者金属的环境里识别率会降低，因而在一些金属产品或者液体容器上也会应用二维码。

4. 智能装置

智能装置也称为智能设备，是一种高度自动化的机电一体化设备。智能设备主要包括两方面的关键内容：自我检测和自我诊断。自我检测是智能设备的基础；自我诊断是智能设备的核心。随着物联网的发展，无人机、网络摄像头、智能汽车、智能家居产品等设备

开始走入人们的生活，在给人们带来便利的同时也增加了安全风险。智能设备的安全也是物联网的一个研究热点。

在物联网的感知层，主要解决了识别物体、感知物体状态，并控制物体状态等方面的问题。

1.2.2 网络层

物联网是万物互联，如果物体要连接，一定需要网络层。而物联网需要各种通信技术融合。

物联网时代，需要联网的设备种类差异非常大，有需要快速连接，数据传输量大的连接设备，例如电脑、视频设备的连接，就需要高速、高可靠性的通信方式。

也有很多数据量不大，及时响应性要求不高的设备，这些设备通常需要连接便捷且无线。这些设备未来可能连接的量非常大，需要自动连接，无线，非常低的功耗，所以通信的要求非常不一致。

在物联网发展的早期，针对物的连接，有针对高端设备的自动化总线。而更多的通信协议是为了传输计算机、手机等大数据量设备的。所以，物联网发展早期，物联网通信协议更多的是借用针对这些设备的通信，例如 WiFi 是最不适合做智能家居的通信协议，功耗高，连接数量多了之后，稳定性差。但因为 WiFi 网络的普及度高，所以智能家居最开始时使用 WiFi 协议的通信占据了主流。从技术角度讲，ZigBee 可能比 WiFi 更适合智能家居，但除了 ZigBee 协议本身并不兼容是瓶颈之外，WiFi 不需要组网就可直接使用是最根本的原因。

所以，高端设备需要高速、稳定的连接，通信的速率、稳定性、可靠性是关键；而低端设备，连接的便捷性、低成本、低功耗是关键。不同的目的需要不同的连接方式。

1.2.3 应用层

应用层确定物联网系统的功能、服务要求，是物联网系统构建时确定的任务与目标。应用层也是物联网架构的最终实现环节，主要是对感知层采集通过网络层传输到云服务器的数据的计算、处理和知识挖掘，从而达到对物理世界实时控制、精确管理和科学决策的目的。

应用层中，包涵应用基础设施 / 中间件和物联网应用。而在物联网的应用中，包涵传统的一些应用和新兴的应用，在这些应用中更多的是利用数据创造智慧。

早期的物联网架构中，应用、智能都集中在云平台上，智能体现在物联网的 PaaS 平台上。但是最近几年，随着应用的普及，应用、智能在云计算平台上也发生了一些问题。

例如，智能家居所有的智能如果都是通过云平台实现的，家里所有设备的控制都是通过云计算实现，如果网络断了，家里的设备如何控制？这样，智能全部在云平台上实现是有缺陷的。

所以，最近几年，物联网行业的讨论热点逐步从云平台转向边缘计算，需要局部数据就可以智能控制的部分在边缘计算层；而需要多方数据融合形成的智能才在云计算中心。

1.3 物联网技术、标准及产业链



1.3.1 物联网技术

“物联网技术”的核心和基础仍然是“互联网技术”，是在互联网技术基础上的延伸和扩展的一种网络技术；其用户端延伸和扩展到任何物品和物品之间，进行信息交换和通信。因此，物联网技术定义为：通过 RFID、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，将任何物品与互联网相连，进行信息交换和通信，以实现智能化识别、定位、追踪、监控和管理的一种网络技术叫作物联网技术。

物联网的快速发展对无线通信技术提出了更高的要求，专为低带宽、低功耗、远距离、大量连接的物联网应用而设计的低功耗广域网（low-power wide-area network, LPWAN）也快速兴起。NB-IoT 与 LoRa 是其中的典型代表，也是最有发展前景的两个低功耗广域网通信技术。NB-IoT 和 LoRa 两种技术具有不同的技术和商业特性，所以在应用场景方面会有不同。

1. LoRa

LoRa 的诞生比 NB-IoT 早，2013 年 8 月，Semtech 公司向业界发布了一种新型的基于 1GHz 以下的超长距低功耗数据传输技术（long range, LoRa）的芯片。其接收灵敏度达到惊人的 148dBm，与业界其他先进水平的 sub-GHz 芯片相比，最高的接收灵敏度改善了 20dBm 以上，这确保了网络连接的可靠性。

它使用线性调频扩频调制技术，既保持了与频移键控（FSK）调制相同的低功耗特性，又明显地增加了通信距离，同时提高了网络效率并消除了干扰，即不同扩频序列的终端即使使用相同的频率同时发送，也不会相互干扰，因此，在此基础上研发的集中器 / 网关（concentrator/gateway）能够并行接收并处理多个节点的数据，大大扩展了系统容量。LoRa 的技术特点如图 1-2 所示。

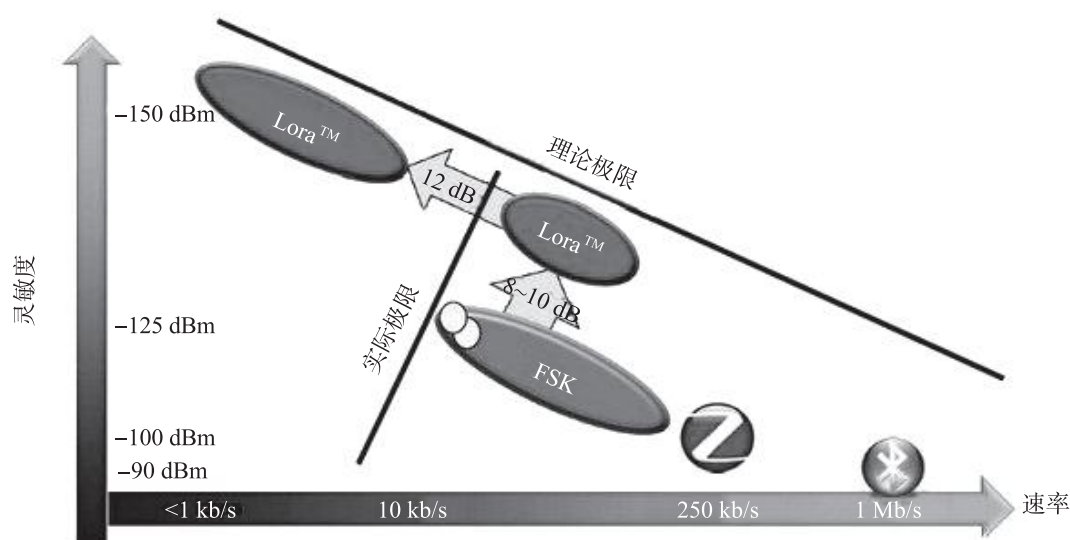


图 1-2 LoRa 的技术特点

笔记

线性扩频已在军事和空间通信领域使用了数十年，因为其可以实现长通信距离和干扰的鲁棒性，而 LoRa 是第一个用于商业用途的低成本实现。随着 LoRa 的引入，嵌入式无线通信领域的局面发生了彻底的改变。这一技术改变了以往关于传输距离与功耗的折中考虑方式，提供一种简单的能实现远距离、长电池寿命、大容量、低成本的通信系统。

LoRa 主要在全球免费频段运行（即非授权频段），包括 433 MHz、868 MHz、915 MHz 等。LoRa 网络主要由终端（内置 LoRa 模块）、网关（或称基站）、服务器和云四部分组成，应用数据可双向传输，如图 1-3 所示。

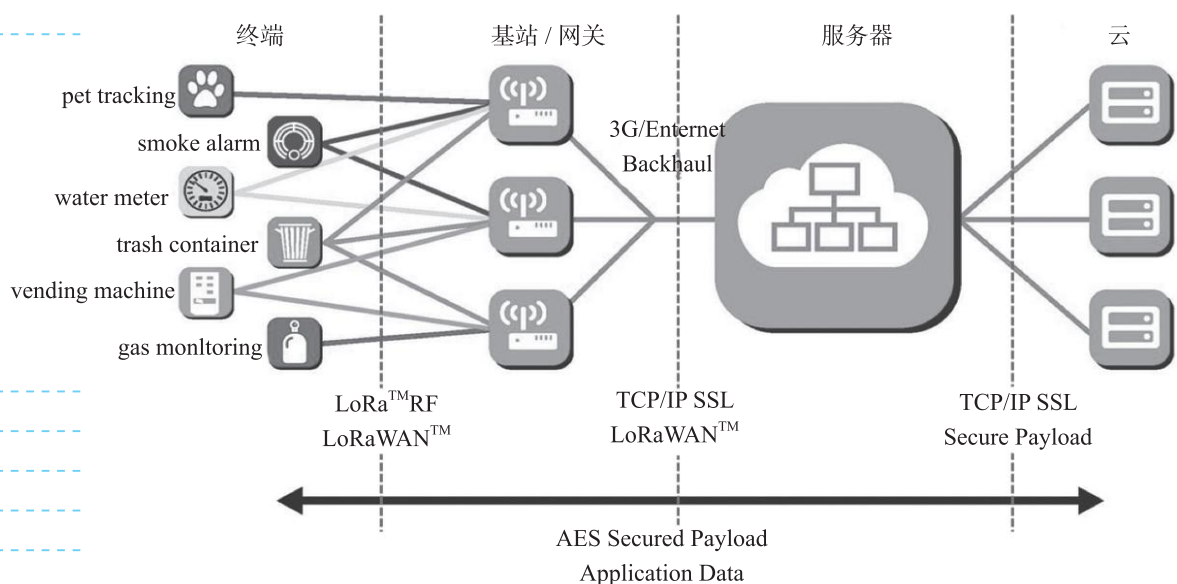


图 1-3 LoRa 网络架构

2.NB-IoT 技术

NB-IoT 是一种 3GPP 标准定义的 LPWA 解决方案，是旨在克服物联网主流蜂窝标准设置中功耗高和距离限制、采用授权频谱的技术之一。NB-IoT 是物联网领域的一种新兴技术，支持低功耗设备在广域网的蜂窝数据连接，也被叫作 LPWA。NB-IoT 支持待机时间长、对网络连接要求较高设备的高效连接。

NB-IoT 具备四大特点：

- (1) 覆盖广，将提供改进的室内覆盖，在同样的频段下，NB-IoT 比现有的网络增益 20dB，覆盖面积扩大 100 倍。
- (2) 具备支撑海量连接的能力，NB-IoT 一个扇区能够支持 10 万个连接，支持低延时敏感度、超低的设备成本、低设备功耗和优化的网络架构。
- (3) 功耗更低，NB-IoT 终端模块的待机时间长达 10 年。
- (4) 模块的成本更低，企业预期的单个接连模块的成本不超过 5 美元。

NB-IoT 与 LoRa 技术参数对比见表 1-1。

表 1-1 NB-IoT 与 LoRa 技术参数对比

类型	NB-IoT	LoRa
技术特点	蜂窝	线性扩频
网络部署	与现有蜂窝基站复用	独立建网

续表

类型	NB-IoT	LoRa
频段	运营商频段	150 MHz~1 GHz
传输距离	远距离	远距离（1~20km）
速率	<100kb/s	0.3~50kb/s
连接数量	200k/cell	200k~300k/hub
终端电池工作时间	约 10 年	约 10 年
成本	模块 5~10\$	模块 5~10\$



任何技术都不能完全占领市场，NB-IoT 将会对整个行业的发展起到促进作用，从某种程度上说，NB-IoT 和 LoRa 属于两个阵营。因为 NB-IoT 主要依赖于运营商的基础设施，进行协议对接，LoRa 是一个更灵活的自主网络，在任何需要的地方都可以进行部署。它们两者在物联网市场中是互补共存的。

1.3.2 物联网标准

2014 年，中国掀起物联网风潮，各家厂商无不努力发掘各种能与物联网扯上关系的机会，然而，碎裂化发展的技术标准与产品 / 服务规格也阻碍了物联网市场的成长脚步。为了能让各家设备彼此沟通并使用共通性的应用软件与服务，物联网需要再继续发展与整合相关标准与协议内容及机制。因此，有必要了解物联网标准化的全球动态及市场需求。欧盟在 2015 年 3 月协同各主要物联网标准组织发起成立了一个名为 The Alliance for the Internet of Things Innovation 的物联网联盟，简称 AIOTI。

AIOTI 进一步将参与其中的物联网标准组织以市场类型及技术类型做了一个分类，如图 1-4 所示。



图 1-4 物联网的分类

由此可观察到，大多数厂商都聚焦在 B2C 市场中提供顾客所需的服务与信息应用，而这些服务与应用的基础就是资通信技术。前述服务与应用的范围包括智能家居（含智能医疗）、智能制造（含产业自动化）、智能车（含交通）、智慧能源、智慧城市（含建筑与各

种应用到特定应用目的自动化系统，如废弃物管理、停车管理或大楼管理等）、智能穿戴设备与智慧农业（含食品）等领域，各应用方向分述如下：

（1）智能家居基本上以解决人类生活问题为其主要目的，将物联网应用到家中各式家电及周遭设备中，使家居生活变得更舒适、安全和有效率。而 AIOTI 尤其关注在老龄化议题上，运用物联网解决老年人口不断增长而衍生的各种问题，希望能让老人活得更健康、更有活力，有更好的生活质量，能够独立自主生活而不必依靠机构，进而减少照护成本。因此，智能家居除了衣食住行娱乐之外，通常也会整合远程医疗或智慧医疗的相关服务。相关标准组织与联盟有 BBF、OMA、OSGi 等。

（2）智能制造则是为了解决制造产业的问题，希望能够透过物联网将智能概念融入制造环节中，将许多可以用来感测、量测、控制、进行能源或资源管理的对象，以无线或有线机制整合连接起来，进而提高整个制造产业的生产效能。相关标准组织与联盟有 ETSI DECT、ITU-T、IEC 等。

（3）在智能移动议题下的智能车包括横跨多个不同市场领域的应用概念的智能交通与联网车的议题，例如自驾车、智能交通系统、车联网，载具范围甚至扩及船运与空运。相关标准组织与联盟有 OSGi、AIOTI、oneM2M 等。

（4）在智能环境议题下的智慧能源的目的是将传感器应用到环境保护领域，除了对电力资源的管理外，空气、水质 / 水量、大气、土壤条件与噪声污染等都是物联网技术可以发展的方向。相关标准组织与联盟有 IEEE 802 LAN/MAN、IETF 6lo、LoRa Alliance 等。

（5）智慧城市的目的是让现代化城市更进步，透过物联网技术让整个城市生态系统中原本各自独立的元素，如能源、交通、建筑、照明、垃圾管理、环境监控等整合起来，使人们的日常生活变得更方便。相关标准组织与联盟有 OASIS MQTT、OMG、DASH7 Alliance 等。

（6）智能穿戴设备是希望能在衣服、织物、贴片、辅助物、手表与其他可挂载在身上的设备中加上一些新功能，以便发掘新的机会与应用，透过纳米电子、有机电子、感测 / 致动、定位与信息通信等技术的整合应用满足人们更多的服务需求。相关标准组织与联盟有 IETF CoRE、AllSeen Alliance、IIC 等。

（7）智慧农业则是将物联网技术应用到整个农业价值链上，以改善其优化与食品上的安全，透过物联网技术协助搜集、处理与分析不同环节产生的数据。相关标准组织与联盟有 IETF XMPP、Z-Wave、OGC 等。

由此可知，物联网的发展方向多元，不同标准的组织与联盟也在各自选择的应用领域中发展所需的技术与标准协议，可能日后的各系统及服务无法兼容，会提高彼此的开发成本。因此，只有加速催化这些标准组织与联盟共构出一个能够跨平台、跨产品协作生态体系的沟通传输机制，才能降低营运成本，促成整个物联网市场自由竞争，这对消费者和物联网厂商来说都皆大欢喜。

1.3.3 物联网产业链

物联网产业链包含芯片供应商、传感器供应商、无线模组（含天线）厂商、网络运营商、平台服务商、系统及软件开发商、物联网智能终端厂商、系统集成及应用服务提供商八大环节，如图 1-5 所示。

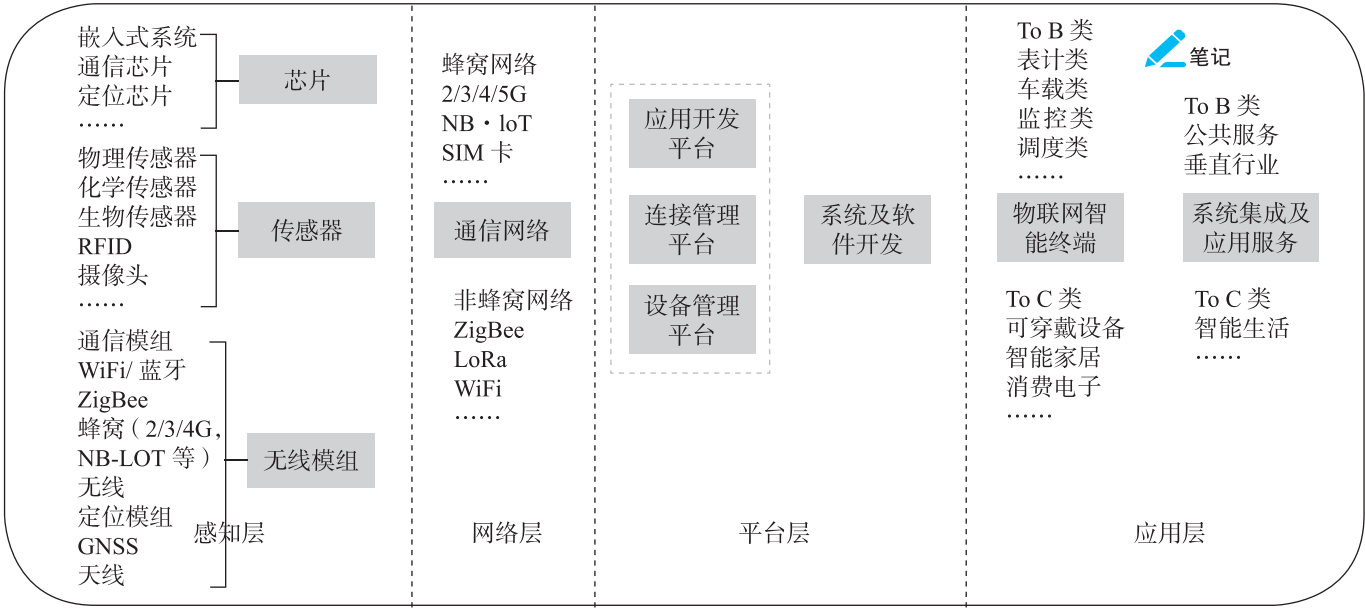


图 1-5 物联网产业链

1. 芯片供应商

芯片是物联网的“大脑”，低功耗、高可靠性的半导体芯片是物联网几乎所有环节都必不可少的关键部件之一。依据芯片功能的不同，物联网产业中所需的芯片既包括集成在传感器、无线模组中，实现特定功能的芯片，也包括嵌入在终端设备中，提供“大脑”功能的系统芯片——嵌入式微处理器，一般是 MCU/SoC 形式。

目前，在物联网领域中，芯片厂商数量众多，芯片种类繁多，个性化差异明显。然而，芯片领域依然为高通、TI、ARM 等国际巨头所主导，国内芯片企业数量虽多，但关键技术大多引进自国外，这就直接导致众多芯片企业的盈利能力不足，难以占领市场份额。

2. 传感器供应商

传感器是物联网的“五官”，本质上是一种检测装置，是用于采集各类信息并转换为特定信号的器件，可以采集身份标识、运动状态、地理位置、姿态、压力、温度、湿度、光线、声音、气味等信息。广义的传感器包括传统意义上的敏感元器件、RFID、条形码、二维码、雷达、摄像头、读卡器、红外感应元件等。

传感器行业由来已久，目前主要由美国、日本、德国的几家龙头公司主导。我国传感器市场中约 70% 的份额被外资企业占据，我国本土企业市场份额较小。

3. 无线模组厂商

无线模组是物联网接入网络和定位的关键设备。无线模组可以分为通信模组和定位模组两大类。常见的局域网技术有 WiFi、蓝牙、ZigBee 等，常见的广域网技术主要有工作于授权频段的 2/3/4G、NB-IoT 和工作于非授权频段的 LoRa、SigFox 等技术，不同的通信对应不同的通信模组。NB-IoT、LoRa、SigFox 属于 LPWA 技术，具有覆盖广、成本低、功耗小等特点，是专门针对物联网的应用场景开发的。

此外，广义上看，与无线模组相关的还有智能终端天线，包括移动终端天线、GNSS 定位天线等。目前，在无线模组方面，国外企业仍占据主导地位。国内厂商也比较成熟，能够提供完整的产品及解决方案。



4. 网络运营商

网络是物联网的通道，也是目前物联网产业链中最成熟的环节。广义上讲，物联网的网络是指各种通信网与互联网形成的融合网络，包括蜂窝网、局域自组网、专网等，因此涉及通信设备、通信网络（接入网、核心网业务）、SIM 制造等。

考虑到物联网很大程度上可以复用现有的电信运营商网络（如有线宽带网、2/3/4/5G 移动网络等），同时国内基础电信运营商具有垄断特征，是目前国内物联网发展的最重要推动者，因此我们在这个环节将聚焦三大电信运营商和与之紧密相关，且会受益蜂窝物联网终端增长的 SIM 卡制造商身上。

5. 平台服务商

平台是实现物联网有效管理的基础。物联网平台作为设备汇聚、应用服务、数据分析的重要环节，既要向下实现对终端的“管、控、营”，还要向上为应用、服务及系统集成提供 PaaS 服务。根据平台功能的不同，可分为以下 3 种类型。

（1）设备管理平台：主要用于对物联网终端设备进行远程监管、系统升级、软件升级、故障排查、生命周期管理等，所有设备的数据均可以存储在云端。

（2）连接管理平台：用于保障终端联网通道的稳定、网络资源用量的管理、资费管理、账单管理、套餐变更、号码 / 地址资源管理。

（3）应用开发平台：主要为 IoT 开发者提供应用开发工具、后台技术支持服务、中间件、业务逻辑引擎、API、交互界面等，此外还提供高扩展的数据库、实时数据处理、智能预测离线数据分析、数据可视化展示应用等，让开发者无须考虑底层的细节问题就可以快速开发、部署和管理，从而缩短时间，降低成本。

就平台层企业而言，国外厂商有 Jasper、Wylessy 等。国内的物联网平台企业主要存在三类厂商：一是三大电信运营商，其主要从搭建连接管理平台方面入手；二是 BAT、京东等互联网巨头，其利用各自的传统优势，主要搭建设备管理和应用开发平台；三是在各自细分领域的平台厂商，如宜通世纪、和而泰、上海庆科。

6. 系统及软件开发商

系统及软件可以让物联网设备有效运行，物联网的系统及软件一般包括操作系统、应用软件等。其中，操作系统（Operating System，OS）是管理和控制物联网硬件和软件资源的程序，类似智能手机的 IOS、Android，是直接运行在“裸机”上的最基本的系统软件，其他应用软件都在操作系统的支持下才能正常运行。

目前，发布物联网操作系统的主要是一些 IT 巨头，如谷歌、微软、苹果、阿里等。由于物联网目前仍处于起步阶段，应用软件开发主要集中在车联网、智能家居、终端安全等通用性较强的领域。

7. 物联网智能终端厂商

智能硬件是物联网的承载终端，是指集成了传感器件和通信功能，可接入物联网并实现特定功能或服务的设备。如果按照面向的购买客户划分，可分为 To B 类和 To C 类。

（1）To B 类：包括表计类（智能水表、智能燃气表、智能电表、工业监控检测仪表等）、车载类（车机）、工业设备及公共服务监测设备等。

（2）To C 类：主要指消费电子，如可穿戴设备、智能家居等。

鉴于物联网极为丰富的应用场景，终端类型多，我们在此仅列举一些 To B 类、市场

需求较大，且该类终端生产企业相对集中的厂商。

8. 系统集成及应用服务提供商



系统集成及应用服务是物联网部署实施与实现应用的重要环节。所谓系统集成，就是根据一个复杂的信息系统或子系统的要求，把多种产品和技术接入形成一个完整的解决方案的过程。目前主流的系统集成做法有设备系统集成和应用系统集成两大类。

我们认为，物联网的系统集成一般面向大型客户或垂直行业，如政府部门、水务公司、燃气公司、热力公司、石油钢铁企业等，往往以提供综合解决方案形式为主。面对物联网的复杂应用环境和众多不同领域的设备，系统集成商可以帮助客户解决各类设备、子系统间的接口、协议、系统平台、应用软件等与子系统、建筑环境、施工配合、组织管理和人员配备相关的问题，确保客户得到最合适的解决方案。

1.4 物联网的应用

如今，物联网经过多年的发展，已经开始从概念走向落地，它的商业价值与应用前景得到越来越多企业的认可，吸引了中外巨头和其他企业在多个领域争相布局。有了物联网技术的加持，人类能够以更加精细的方式管理生产和生活，提高资源利用率和生产力水平，改善人与自然间的关系。

由于受政治、社会等多方面的影响，近些年，全球经济增长乏力，世界各国的经济都面临着严峻的挑战，在这种情况下，物联网应运而生地成为经济发展的新动力。基于此，亿欧智库发布了一份报告——《2018 物联网行业应用研究报告》，报告根据实际情况，对物联网产业的发展进行了梳理，并总结出十大应用领域分别为物流、交通、安防、能源、医疗、建筑、制造、家居、零售和农业，如图 1-6 所示。

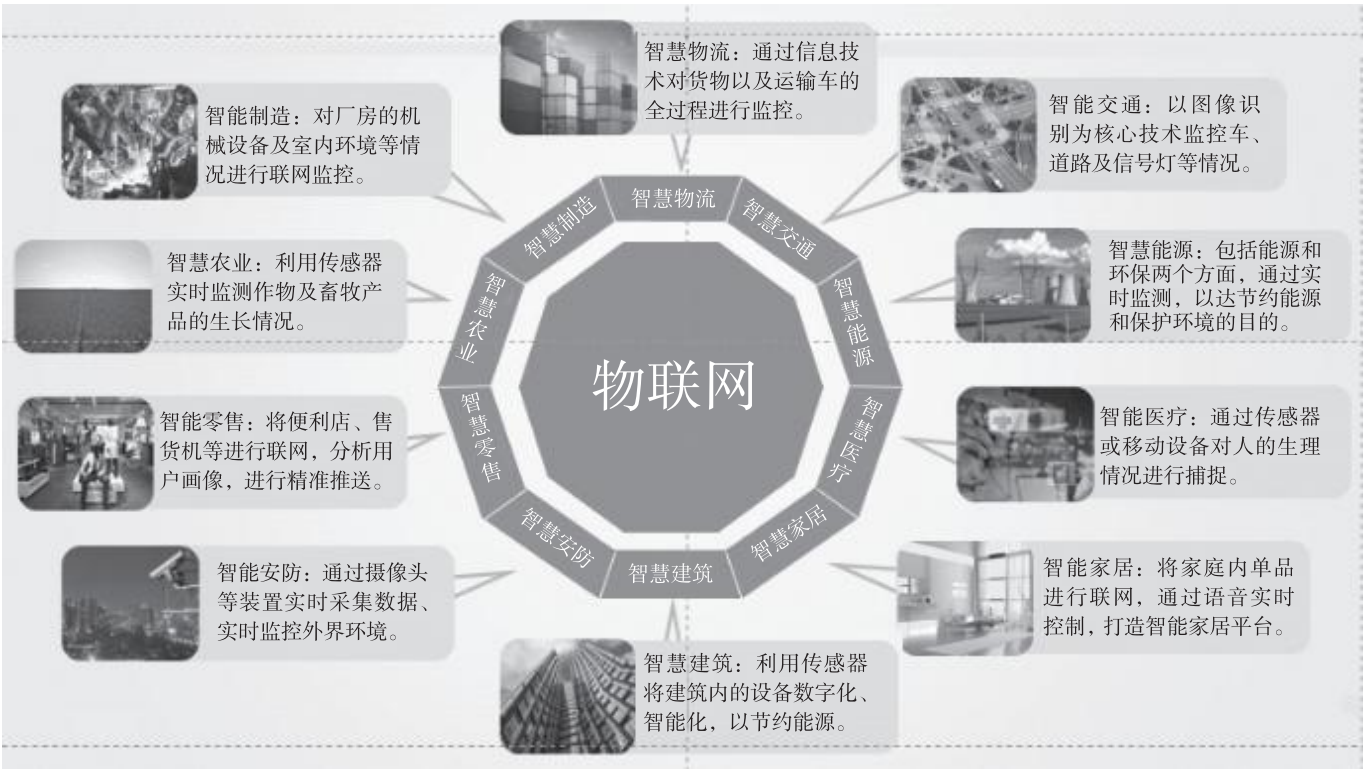


图 1-6 物联网的应用领域



1.4.1 百姓身边的物联网

1. 智慧物流

智慧物流指的是以物联网、大数据、人工智能等信息技术为支撑，在物流的运输、仓储、运输、配送等各个环节实现系统感知、全面分析及处理等功能。当前，应用于物联网领域主要体现在三个方面，仓储、运输监测以及快递终端等，通过物联网技术实现对货物的监测以及对运输车辆的监测，包括货物车辆位置、状态以及货物温湿度、油耗及车速等，物联网技术的使用能提高运输效率，提升整个物流行业的智能化水平。智慧物流如图 1-7 所示。

2. 智能交通

智能交通是物联网的一种重要体现形式，利用信息技术将人、车和路紧密地结合起来，改善交通运输环境、保障交通安全以及提高资源利用率。应用物联网技术的具体领域，包括智能公交车、共享单车、车联网、充电桩监测、智能红绿灯以及智慧停车等。其中，车联网是近些年来各大厂商及互联网企业争相进入的领域。智能交通如图 1-8 所示。



图 1-7 智慧物流



图 1-8 智能交通

3. 智能安防

安防是物联网的一大应用市场，因为安全永远都是人们的一个基本需求。传统安防对人员的依赖性比较大，非常耗费人力，而智能安防能够通过设备实现智能判断。目前，智能安防最核心的部分是智能安防系统，该系统对拍摄的图像进行传输与存储，并对其进行分析、处理。一个完整的智能安防系统主要包括三大部分：门禁、报警和监控，行业中主要以视频监控为主。智能安防如图 1-9 所示。

4. 智能家居

智能家居指的是使用不同的方法和设备提高人们的生活能力，使家庭变得更舒适、安全和高效。物联网应用于智能家居领域，能够对家居类产品的位置、状态、变化进行监测，分析其变化特征，同时根据人的需要在一定程度上进行反馈，如图 1-10 所示。智能家居行业的发展主要分为三个阶段：单品连接、物物联动和平台集成。其发展方向首先是连接智能家居单品，随后走向不同单品之间的联动，最后向智能家居系统平台发展。当前，各个智能家居类企业正处于从单品向物物联动的过渡阶段。

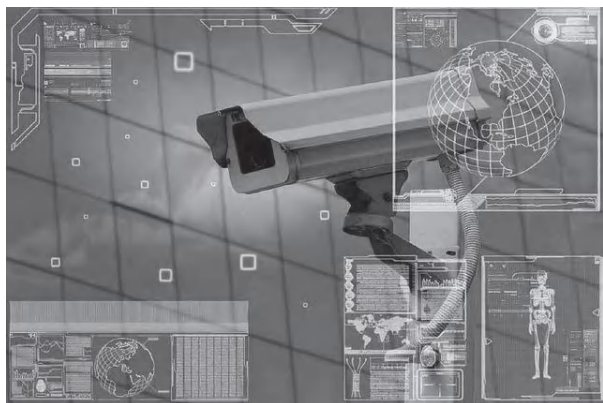


图 1-9 智能安防



图 1-10 智能家居

5. 智能零售

行业内将零售按照距离分为三种不同的形式：远场零售、中场零售、近场零售，三者分别以电商、商场 / 超市和便利店 / 自动售货机为代表。物联网技术可以用于近场和中场零售，且主要应用于近场零售，即无人便利店和自动（无人）售货机。智能零售通过将传统的售货机和便利店进行数字化升级、改造，打造无人零售模式。通过数据分析，并充分运用门店内的客流和活动，为用户提供更好的服务，给商家提供更高的经营效率。

1.4.2 各行各业的物联网

1. 智慧能源

智慧能源属于智慧城市的一个部分，其物联网应用主要集中在水能、电能、燃气、路灯等能源以及井盖、垃圾桶等环保装置，如智慧井盖监测水位以及其状态、智能水电表实现远程抄表、智能垃圾桶自动感应等。将物联网技术应用于传统的水、电、光能设备进行联网，通过监测提升利用效率，减少能源损耗。

2. 智能医疗

在智能医疗领域，新技术的应用必须以人为中心。物联网技术是数据获取的主要途径，能有效帮助医院实现对人的智能化管理和对物的智能化管理。对人的智能化管理指的是通过传感器对人的生理状态（如心跳频率、体力消耗、血压高低等）进行监测，主要指的是医疗可穿戴设备，将获取的数据记录到电子健康文件中，方便个人或医生查阅。除此之外，通过 RFID 技术还能对医疗设备、物品进行监控与管理，实现医疗设备、用品可视化，主要表现为数字化医院，如图 1-11 所示。

3. 智慧建筑

建筑是城市的基石，技术的进步促进了建筑的智能化发展，以物联网等新技术为主的智慧建筑越来越受到人们的关注。当前的智慧建筑主要体现在节能方面，将设备进行感知、传输并实现远程监控，不仅能够节约能源，同时也能减少楼宇人员的运维。亿欧智库根据调查，了解到目前智慧建筑主要体现在用电照明、消防监测、智慧电梯、楼宇监测以及运用于古建筑领域的白蚁监测，如图 1-12 所示。

笔记



图 1-11 智能医疗

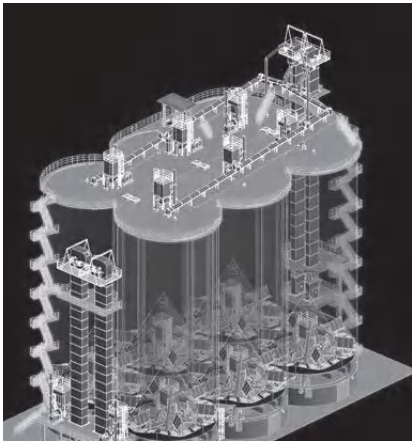


图 1-12 智慧建筑

4. 智能制造

智能制造细分概念范围很广，涉及很多行业。制造领域的市场体量巨大，是物联网的一个重要应用领域，主要体现在数字化以及智能化的工厂改造上，包括工厂机械设备监控和工厂的环境监控。通过在设备上加装相应的传感器，使设备厂商可以远程随时随地对设备进行监控、升级和维护等操作，更好地了解产品的使用状况，完成产品全生命周期的信息收集，指导产品设计和售后服务；而厂房的环境主要是采集温湿度、烟感等信息，如图 1-13 所示。

5. 智慧农业

智慧农业指的是利用物联网、人工智能、大数据等现代信息技术与农业进行深度融合，实现农业生产全过程的信息感知、精准管理和智能控制的一种全新的农业生产方式，可实现农业可视化诊断、远程控制以及灾害预警等功能。物联网应用于农业主要体现在两个方面：农业种植和畜牧养殖。

农业种植通过传感器、摄像头和卫星等收集数据，实现农作物数字化和机械装备数字化（主要指的是农机车联网）发展。畜牧养殖指的是利用传统的耳标、可穿戴设备以及摄像头等收集畜禽产品的数据，通过对收集到的数据进行分析，运用算法判断畜禽产品健康状况、喂养情况、位置信息以及发情期预测等，对其进行精准管理，如图 1-14 所示。



图 1-13 智能制造



图 1-14 智慧农业

1.5 物联网的发展与挑战

1.5.1 物联网的发展现状

物联网作为全球战略性新兴产业已经受到国家和社会的高度重视。基于互联网的产业



化应用和智慧化服务将成为下一代互联网的重要时代特征。物联网技术通过发挥新一代信息通信技术的优势,与传统产业服务深度融合,促进传统产业的革命性转型,设计满足国家产业发展需求的信息化解决方案,将推动信息服务产业的发展与建设,实现战略信息服务产业的智慧化。

1. 国外物联网的发展现状

(1) 全球物联网发展进入新阶段,当前正处于产业爆发前的战略机遇期。随着大数据整体技术体系的基本形成,信息提取、知识表现、机器学习等人工智能研究方法和应用技术发展迅速。产业生态构建所需的关键能力加速成熟。云计算、开源软件等有效降低了企业构建生态的门槛,推动全球范围内水平化物联网平台的兴起和物联网操作系统的进步。

(2) 全球抢抓物联网产业机遇意向突出,物联网发展处于产业生态的关键布局期。在政府层面,各国高度重视物联网新一轮发展带来的产业机遇。其中,美国以物联网应用为核心的“智慧地球计划”、日本的“U-Japan 计划”、韩国的“IT839 战略”和“u-Korea 战略”、新加坡的“下一代 I-Hub 计划”等都将物联网作为当前发展的重要战略目标。

(3) 传统产业智能化升级和规模化消费市场的兴起推动物联网创新突破和应用加深。以 2018 年为例,工业/制造业成为物联网领域支出占比最大的产业,达到 24.47%;运输业和车联网、智能建筑等跨产业物联网的支出占比达到 11.91%;消费者物联网支出占比达到 8.03%,位居第 5 大产业类别。目前,车联网、智慧城市(社会公共事业、公共管理)、智能家居、智能硬件、智能安防等成为当前物联网发展的热点领域。

2. 国内物联网的发展现状

在我国,物联网概念的前身是传感网。中国科学院早在 1999 年就启动了传感网技术的研究,并取得了一系列的科研成果。2009 年以后,国内出现了对物联网技术进行集中研究的浪潮;2010 年物联网被写入政府工作报告,发展物联网提升到发展战略高度。“十二五”时期,我国在物联网发展政策环境、技术研发、标准研制、产业培育以及行业应用方面取得了显著成绩,物联网应用推广进入实质阶段,示范效应明显;“十三五”规划纲要明确提出“发展物联网开环应用”,将致力加强通用协议和标准的研究,推动物联网不同行业不同领域应用间的互联互通、资源共享和应用协同。近年来,在“中国制造 2025”“互联网+”等战略带动下,物联网产业呈现蓬勃生机。

(1) 生态体系逐步完善。随着技术、标准、网络的不断成熟,物联网产业正在进入快速发展阶段,形成了完整的产业链条,涌现出诸多优秀的芯片、终端、设备生产商以及解决方案提供商。从我国物联网产业链中各层级发展成熟度看,设备层当前已进入成熟期。其中 M2M 服务、中高频 RFID、二维码等产业环节具有一定优势,但基础芯片设计、高端传感器制造及智能信息处理等高端产品仍依赖进口。

(2) 市场规模迅速增长。我国物联网产业规模从 2013 年的 4 896 亿元跃升至 2017 年的 11 860 亿元,年复合增长率超过 25%。预计到 2022 年,中国物联网整体市场规模在 3.1 万亿元,年复合增长率在 22% 左右,并将在智能穿戴设备、无人机等领域出现龙头企业。

(3) 行业应用领域加速突进。现阶段,国家物联网正广泛应用于电力、交通、环保、物流、工业、医疗、水利、安防、电力等领域,并形成了包含芯片和元器件、设备、软件、系统集成、电信运营、物联网服务在内的较为完善的产业链体系,为诸多行业实现精细化管理提供了有力的支撑,大大提升了管理能力和水平,改变了行业运行模式。在这些领域涌现出一批较强实力的物联网领军企业,初步建成一批共性技术研发、检验检测、投融资、标识解析、成果转化、人才培养、信息服务等公共服务平台。

(4) 标准体系局部取得突破。近年来,我国在物联网国际化中的影响力不断提升,国内越来越多的企业开始积极参与国际标准的制定工作,我国已经成为ITU相应物联网工作组的主导国之一,并牵头制定了首个国际物联网总体标准——《物联网概览》。我国相关企业和单位一直深入参与3GPP MTC相关标准的制定工作。在标准体系方面,制定了物联网综合标准化体系指南,梳理标准项目共计900余项。在国内标准研制方面,我国对传感器网络、传感器网络与通信网融合、RFID、M2M、物联网体系架构等共性标准的研制不断深化。

(5) 创新成果不断涌现。目前,国内在物联网领域已经建成一批重点实验室,汇聚整合多行业、多领域的创新资源,基本覆盖了物联网技术创新各环节,物联网专利申请数量逐年增加,2016年达到7872件。2017年,中华人民共和国工业和信息化部确定正式组建组网方案及推广计划,国内三大基础电信企业均已启动窄带物联网(NB-IoT)网络建设,将逐步实现全国范围广泛覆盖,NB-IoT发展在国际话语中的主导权不断提高。

(6) 产业集群优势突显。目前,我国物联网产业发展逐渐呈现集群性、区域性的分布特征,已初步形成环渤海、长三角、泛珠三角以及中西部地区四大区域集聚发展的空间格局,并建立起无锡、重庆、杭州、福州四个国家级物联网产业发展示范基地和多个物联网产业基地,围绕北京、上海、无锡、杭州、广州、深圳、武汉、重庆八大城市建立产业联盟和研发中心。

1.5.2 物联网新进展

进入2018年,越来越多的人开始习惯于让家里的天猫精灵、小度、谷歌助手之类的智能音箱完成列购物清单、服务预约、开灯、关灯之类的工作。相比于几年前已经走入普通人家,且如今看来已不再新鲜的扫地机器人来说,这些新兴的智能设备将加速促进生产生活和社会管理方式向智能化、精细化、网络化方向转变。

1. 物联网技术

以ARM、Intel、博通、高通、TI等为代表的半导体厂家纷纷推出面向物联网的低功耗专用芯片产品,并且针对特殊应用环境进行优化。Intel发布爱迪生(Edison)适应可穿戴及物联网设备微型系统级芯片之后,继续发布居里(Curie)芯片,为开发者提供底层芯片及开发工具。微型化、低功耗、低成本的光线、距离、温度、气压等微机电系统(MEMS)传感器、陀螺仪在物联网终端被广泛内置,识别、增强现实、3D显示等技术被应用于认证识别。

国内外各大公司相继推出各种物联网操作系统——谷歌推出了物联网软件BrilloOS和物联网协议Weave,微软在发布Windows 10的同时发布了Windows 10 IoT Core,华为发布开拓物联网领域的“敏捷网络3.0”战略,庆科发布了最新的Mico 2.0。物联网技术的快速发展为物联网大规模应用创造了良好的条件。

2. 物联网产业

当前,以移动互联网、物联网、云计算、大数据等为代表的新一代信息通信技术(ICT)创新活跃、发展迅猛,正在全球范围内掀起新一轮科技革命和产业变革。面对新一轮技术革命可能带来的历史机遇,各国政府纷纷部署物联网的发展战略,瞄准重大融合创新技术的研发与应用,以寻找新一轮经济增长的动力,以期把握未来国际经济科技竞争的主动权。

(1) 物联网产业布局进一步加强。经过近几年的发展和培育,全球物联网已经从单个



应用为主的初级阶段步入“融合应用、集成创新”的新阶段，已全面渗透各个领域，产业布局正在逐步完善。

(2) 物联网产业发展加速。经过几年的发展，物联网逐步从概念论证走向技术攻关及标准制定，并且已具备了大规模应用的基础条件。目前，物联网及相关产业的整体规模逐年扩大，应用领域不断拓宽，产业链结构逐渐趋向完整。

(3) 全球物联网标准持续推进。为加速推进全球物联网产业的发展，各标准组织都在根据本领域的需求努力开展物联网标准的研制工作。各标准化组织虽在标准制定方面各有侧重，但总体来看，国际上各个标准组织的物联网标准制定的热点和重点为物联网架构标准的研究。

1.5.3 物联网发展面临的挑战

全球物联网技术体系、商业模式、产业生态仍在不断演变和探索中，物联网发展呈现出平台化、云化、开源化的特征，并与移动互联网、云计算、大数据融为一体，成为 ICT 生态中重要的一环。物联网系统将逐步具备开放应用接口能力，在统一架构和开放平台下支持多种应用的分发和部署，支持各类人与物的接入，实现信息共享和融合协同。同时，物联网发展也面临来自诸多方面的挑战。

1. 安全问题

物联网的优势是自动化和智能化，这种实时在线的数据连接为黑客提供了便利条件。物联网发展过程中有一个问题是大家都关心的，那就是如此大量使用互连的设备，物联网是否会导致严重的安全问题。因为即使是在现在，网络攻击也相当频繁，所以在实施现实生活中的所有创新计划之前，首先要考虑可能存在的安全漏洞，确保数据安全。

随着物联网在我们生活中的不断渗透，几乎每天都有新漏洞出现，这将会全方位地威胁我们的人身财产安全。例如，家里的智能锁和安全系统可能被一个窃贼禁用；车子可能会被迫开启车门并启动发动机；植入式心脏起搏器和胰岛素泵也容易受到黑客攻击。

2. 技术标准与关键技术

标准化可能是全球物联网创新发展面临的一大挑战。我们需要等待不同地区的频带分配，等待技术获得使用认可，以及等待许可分配，这些因素都可能延迟新应用的推出。面向物联网 (IoT) 的移动电话技术运用就是明证。虽然我们设立了中心标准机构 3GPP，但面向物联网的最新窄带 LTE (LTE-NB) 技术发展一直缓慢。5G 的发展甚至面临更大的挑战，因为 4G 与 WiFi 共同占用了高速通道。加上相应标准机构 (WiFi 的标准机构为 IEEE 802.11, ZigBee 和 L4PAN 的标准机构为 IEEE 802.15.4, 蓝牙的标准机构为蓝牙技术联盟) 之间的协作有限，这也向我们提出了挑战。

因此，制定开放的、自愿性的、协调一致的全球性标准，是发展强健而有竞争力的物联网市场的主要推动力。标准对物联网尤其重要，因为标准提供了互操作性的基础，而我们需要互操作性确保新物联网系统和传统技术系统的高效协作。

低功耗远程通信的挑战。在物联网领域中，许多联网器件都是配备有采集数据节点的低微控制器 (MCU)、传感器、无线设备和制动器。在通常情况下，这些节点将由电池供电运行，或者根本就没有电池，而是通过能量采集获得电能，特别是在工业装置中，这些节点往往被放置在很难接近或者无法接近的区域。这意味着它们必须在单个纽扣电池供电的情况下实现长达数年的运作和数据传输。电池的安装、养护和维修不仅难度很高，同时也

会带来高昂的开销。而在某些车间或厂房内，这些操作甚至非常危险。另外，由于物联网设备没有足够的计算能力处理收集到的数据，因此将它们发送回服务器。然而，目前它耗费了太多的通信能量，而物联网设备并不总是能够上网。

数据的存储和处理的挑战。物联网带来的数据量增长是指数级的，先不说像谷歌、Facebook 这样拥有超大规模数据中心的公司是少数，要让这些数据实时可用，并且能存储相当长的时间也是难事。前后端的远程数据调取对信道也是考验，而管理者更要对访问权限进行鉴别。为此，不少厂商提出了边缘计算的概念，可以在一定程度上缓解数据处理的压力。

3. 商业模式与支撑平台

物联网分为感知、网络、应用三个层次，在每一个层面上都将有多种选择开拓市场。这样，在未来生态环境的建设过程中，商业模式变得异常关键。对于任何一次信息产业的革命来说，出现一种新型而能成熟发展的商业盈利模式是必然的结果，可是这一点至今还没有在物联网的发展中体现出来，也没有任何产业可以在这一点上统一引领物联网的发展浪潮。

物联网行业存在碎片化、缺乏规模效益的特点。应用的孵化需要与每个行业、企业的生产、业务流程深度集成，物联网行业需要大量垂直行业的专业知识和专家人才，才能成为值得信赖的使能者。然而，如何选择行业、如何将个性化的需求抽象为共性的行业需求，都是物联网开启大规模行业应用待解的难题。

产业生态的竞争将加速物联网平台市场的整合。随着各方对物联网平台的重视程度不断加深，围绕物联网平台的竞争将激化，物联网平台市场走向整合是大势所趋。一方面，巨头企业均已布局物联网平台，中小和初创企业建设物联网平台热潮开始降温，物联网平台数量增长将趋于稳定。另一方面，物联网平台成为产业界兼并热点，大型平台企业积极兼并小型平台企业以增强实力，反映平台市场整合已经开始。与互联网平台相似，物联网平台的成长表现出“网络外部性”特征，随着平台聚合的上下游企业、应用开发者等资源增加，平台价值不断提升，对其进一步吸引资源产生正反馈促进作用，形成强者更强的发展格局。以平台化服务为核心的产业生态很可能走向类似移动互联网的发展路径，形成少数几家物联网平台为核心的产业生态主导产业发展方向的格局。在此趋势下，物联网平台市场整合将加速，竞争将更加激烈。

我国物联网平台处于发展初期，与国际相比存在一定差距。当前，以阿里巴巴、腾讯、百度为代表的互联网企业基于自身传统优势构建开放平台，电信运营商基于 M2M 运营经验加速构建物联网平台，行业巨头开始平台化转型，部分初创企业发展势头迅猛。但总体看来，我国物联网平台仍处于发展初期，在聚合资源以及带动技术产品、组织管理、经营模式创新方面的潜力远未充分释放，相对国际领先物联网平台的竞争优势不明显。在国内物联网平台企业尚未有效“走出去”的情况下，国外物联网平台已加速进入国内市场，如 GE 公司已宣布 Predix 平台向全球企业开放。未来几年，国内物联网平台及围绕平台构建产业生态将面临更严峻的竞争格局。

物联网生态的操作系统环节基础相对薄弱，创新发展存在困难。由于在移动互联网时代，国产操作系统处于弱势地位，发展物联网重量级操作系统无法直接将移动互联网操作系统优势转移，相比于国外基础尚显不足。同时，考虑到物联网 OS 架构趋于一致性，在原来 PC 和移动互联网时代的 OS 专利问题可能转移到物联网上，为我国操作系统发展带来新的挑战。此外，生态和标准仍未健全，主要话语权掌握在国外企业手中。与国外相比，我国操作系统、应用与服务暂未形成良好生态，大部分产品仍然仅停留在应用层面，海量数据汇集之后并没有提供相应的数据分析等进一步应用，造成数据浪费。

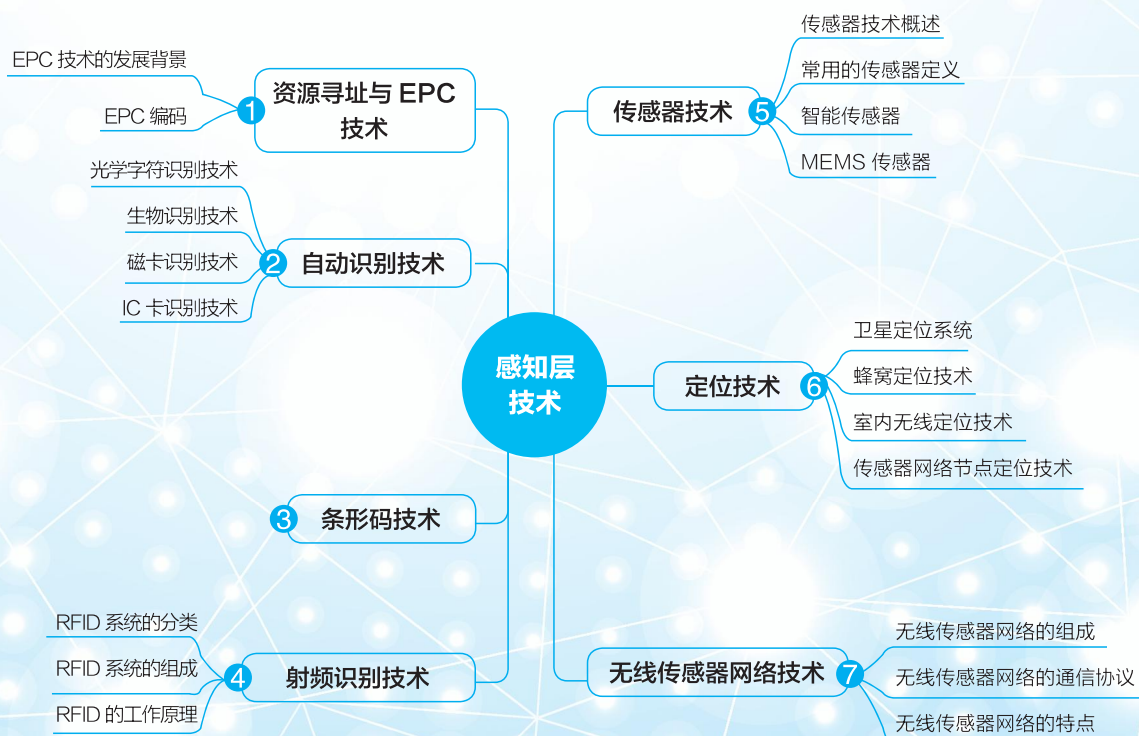
第 2 章

感知层技术

学习目标

- 1 掌握 EPC 技术的背景和编码方法。
- 2 掌握光学字符识别技术和生物识别技术。
- 3 了解条形码技术。
- 4 掌握射频识别技术的组成和工作原理。
- 5 了解智能传感器和 MEMS 传感器。
- 6 了解定位技术和无线传感器网络技术。

知识导图



本章导入

感知层是物联网的皮肤和五官——用于识别物体，采集信息。感知层包括二维码标签和识读器、RFID 标签和读写器、摄像头、GPS、传感器、M2M 终端、传感器网关等，主要功能是识别物体、采集信息，与人体结构中皮肤和五官的作用类似。感知层解决的是人类世界和物理世界的获取数据问题。它首先通过传感器、数码相机等设备，采集外部物理世界的的数据，然后通过 RFID、条码、工业现场总线、蓝牙、红外等短距离传输技术传递数据。感知层所需要的关键技术包括资源寻址与 EPC 技术、自动识别技术、条形码技术、射频识别技术、传感器技术、定位技术、无线传感器网络技术。

2.1 资源寻址与 EPC 技术

我们都知道物联网是将各种信息传感设备与互联网结合而成的新型网络，与互联网有类似的资源寻址需求，以确保物联网中物品的相关信息能够高效、及时、准确和安全地寻址、定位以及查询。但物联网以自身的特殊性从根本上决定了其资源寻址具有与互联网资源寻址的相异性。

资源寻址系统一般包含五个关键的要素：资源名称、资源地址、寻址机制、更新机制以及安全机制。EPC 技术就是在此基础上发展起来的。

2.1.1 EPC 技术的发展背景

1999 年，美国麻省理工学院（MIT）成立了自动识别技术中心（Auto ID Center），提出电子产品代码（electronic product code，EPC）概念，其后四个世界著名的研究性大学——英国剑桥大学、澳大利亚的阿德莱德大学、日本 Keio 大学、上海复旦大学相继加入参与研发 EPC，并得到 100 多个国际大公司的支持，其研究成果已在一些公司中试用，如宝洁公司、Tesco 公共股份有限公司等。

关于编码方案，目前已有 EPC-96 I 型、EPC-64 I 型、II 型、III 型等。

自 2001 年以来，国际上不仅已经有许多大公司实施 EPC 方案，而且已向市场推出商用硬件和软件，以便各公司尽早部署配置 AUTO-ID 中心制定的开放式 RFID 系统。

到 2005 年，EPC 标签的成本已降到 1 美分，而 2005—2010 年全球已开始大规模采用 EPC。

2.1.2 EPC 编码

EPC 的目标是为每个物理实体提供唯一标识，它是由一个头字段和另外三段数据（依次为 EPC 管理者、对象分类、序列号）组成的一组数字。

头字段标识 EPC 的版本号，它使得以后的 EPC 可有不同的长度或类型。

EPC 管理者描述与此 EPC 相关的生产厂商的信息，例如“可口可乐公司”。

对象分类记录产品精确类型的信息，例如“美国生产的 330mL 罐装减肥可乐（可口可乐的一种新产品）”。

序列号唯一标识货品，它会精确指明所说的究竟是哪一罐 330mL 罐装减肥可乐。

目前，EPC 的位数有 64 位、96 位或者更多位，如图 2-1 所示。为了保证所有物品都有一个 EPC 并使其载体——标签成本尽可能降低，建议采用 96 位，这样它可以为 2.68 亿个

公司提供唯一标识，每个生产厂商可以有 1600 万个对象分类并且每个对象分类可有 680 亿个序列号，这对未来世界所有产品已经够用了。

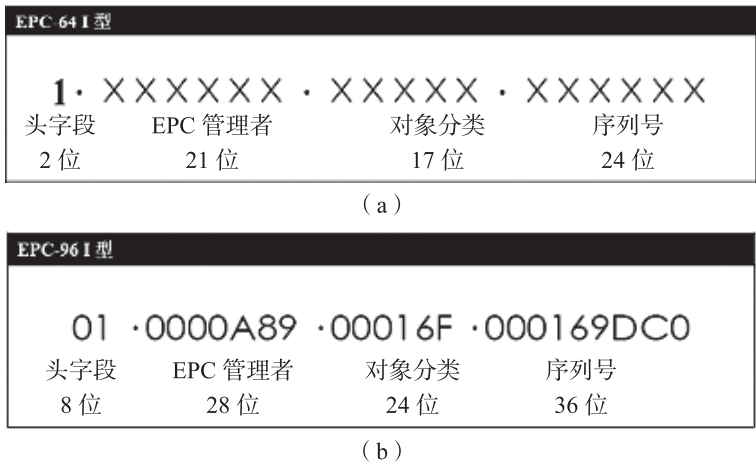


图 2-1 EPC-64 I 型编码与 EPC-96 I 型编码结构
(a) EPC-64 I 型编码；(b) EPC-96 I 型编码

2.2 自动识别技术

物联网把世界上的物体通过网络连接起来，实现一个智能化的世界。而实现物体的信息上网首先需要解决物体自动识别能力。自动识别技术主要实现如识别物体本身的存在，定位物体的位置、物体移动的情况等，常用的技术有二维码技术、RFID 技术、GPS 定位技术、红外传感技术、声音和视觉识别技术、生物特征识别技术等。

自动识别技术主要通过物体上或是物体周围嵌入各种类型的传感器，识别物体或环境的各种物理或化学变化等，常用的技术有传感网技术。

2.2.1 光学字符识别技术

光学字符识别（optical character recognition，OCR）技术，是指电子设备（如扫描仪或数码相机）检查纸上打印的字符，通过检测暗、亮的模式确定其形状，然后用字符识别方法将形状翻译成计算机文字的过程，即对文本资料进行扫描，然后对图像文件进行分析处理，获取文字及版面信息的过程。

一个 OCR 系统，从影像到结果输出，须经过影像输入、影像前处理、文字特征抽取、比对识别，最后经人工校正更正认错的文字，将结果输出。OCR 系统的工作流程如图 2-2 所示。

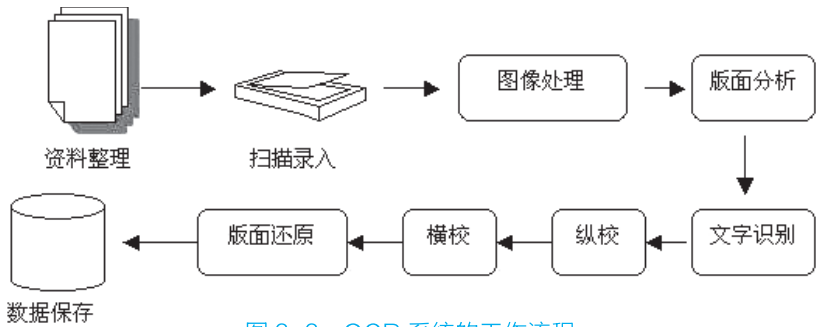


图 2-2 OCR 系统的工作流程

2.2.2 生物识别技术

生物识别技术就是通过计算机与光学、声学、生物传感器和生物统计学原理等高科技手段密切结合,利用人体固有的生理特性(如指纹、面部、虹膜等)和行为特征(如笔迹、声音、步态等)进行个人身份的鉴定。

生物识别技术比传统的身份鉴定方法更具安全、保密和方便性。

1. 基于生理特征的生物识别技术

(1) 指纹识别。指纹识别技术是通过取像设备读取指纹图像,然后用计算机识别软件分析指纹的全局特征和指纹的局部特征,可以非常可靠地通过指纹确认一个人的身份。

(2) 虹膜识别。虹膜识别技术是利用虹膜终身不变性和差异性的特点识别身份的,虹膜是一种在眼睛中瞳孔内的织物状的各色环状物,每个虹膜都包含一个独一无二的基于水晶体、细丝、斑点、凹点、皱纹和条纹等特征的结构。

(3) 视网膜识别。人体的血管纹路也是具有独特性的,人的视网膜上面血管的图样可以利用光学方法透过人眼晶体测定。与虹膜识别技术一样,视网膜扫描可能具有最可靠、最值得信赖的生物识别技术,但它运用起来的难度较大。

(4) 面部识别。面部识别技术通过对面部特征和它们之间的关系(眼睛、鼻子和嘴的位置以及它们之间的相对位置)进行识别,用于捕捉面部图像的两项技术为标准视频和热成像技术。

(5) 掌纹识别。掌纹与指纹一样也具有稳定性和唯一性,利用掌纹的线特征、点特征、纹理特征、几何特征等完全可以确定一个人的身份,因此掌纹识别是基于生物特征身份认证技术的重要内容。目前采用的掌纹图像主要分脱机掌纹和在线掌纹两大类。

(6) 手形识别。手形指的是手的外部轮廓所构成的几何图形。手形识别技术中可利用的手形几何信息包括手指不同部位的宽度、手掌宽度和厚度、手指的长度等。

(7) 红外温谱图。人的身体各个部位都在向外散发热量,而这种散发热量的模式就是一种每人都不同的生物特征。通过红外设备可以获得反映身体各个部位的发热强度的图像,这种图像称为温谱图。温谱图的数据采集方式决定了利用温谱图的方法可以用于隐藏的身份鉴定。

(8) 人耳识别。一套完整的人耳自动识别系统一般包括以下几个过程:人耳图像采集、图像的预处理、人耳图像的边缘检测与分割、特征提取、人耳图像的识别。

(9) 味纹识别。人的身体是一种味源,人类的气味虽然会受到饮食、情绪、环境、时间等因素的影响和干扰,其成分和含量会发生一定的变化,但作为由基因决定的那一部分气味——味纹却始终存在,而且终身不变,可以作为识别任何一个人的标记。可以利用训练有素的警犬或电子鼻识别不同的气味。

(10) DNA 识别。DNA(脱氧核糖核酸)存在于一切有核的动(植)物中,生物的全部遗传信息都存储在 DNA 分子里。DNA 识别利用的是人体细胞中具不同的 DNA 分子结构。人体内的 DNA 在整个人类范围内具有唯一性和永久性。因此,除了对双胞胎个体的鉴别可能失去它应有的功能外,这种方法具有绝对的权威性和准确性。这种方法的准确性优于其他任何生物特征识别方法,广泛应用于识别罪犯。

2. 基于行为特征的生物识别技术

(1) 步态识别。步态识别主要提取的特征是人体每个关节的运动。它也提供了充足的

说明

与常用的指纹识别相比,虹膜识别技术操作更简便,检验的精确度也更高。统计表明,到目前为止,虹膜识别的错误率是各种生物特征识别中最低的,并且具有很强的实用性。

提示

用于生物识别的血管分布在神经视网膜周围。如果视网膜没有损伤,从三岁起就会终身不变。

说明

手形识别是速度最快的一种生物特征识别技术,它对设备的要求较低,图像处理简单,且可接受程度较高。由于手形特征不像指纹和掌纹特征那样具有高度的唯一性,因此手形特征只用于认证,满足中/低级的安全要求。

提示

除了用来进行身份鉴别外,温谱图的另一个应用是吸毒检测,因为人体服用某种毒品后,其温谱图会显示特定的结构。

信息来识别人的身份。步态识别的输入是一段行走的视频图像序列，因此其数据采集与脸相识别类似，具有非侵犯性和可接受性。

(2) 击键识别。这是基于人击键时的特性（如击键的持续时间、击不同键之间的时间、出错的频率以及力度大小等）而达到进行身份识别的目的。击键方式是一种可以被识别的动态特征。

(3) 签名识别。将签名数字化是这样一个过程：测量图像本身以及整个签名的动作——在每个字母以及字母之间的不同的速度、顺序和压力。签名识别易被大众接受，是一种公认的身份识别的技术。

3. 兼具生理特征和行为特征的声纹识别

识别时需要说话人讲一句或几句试验短句，对它们进行某些测量，然后计算量度矢量与存储的参考矢量之间的一个（或多个）距离函数。语音信号获取方便，并且可以通过电话进行鉴别。语音识别系统对人们在感冒时变得嘶哑的声音比较敏感；另外，同一个人的磁带录音也能欺骗语音识别系统。

2.2.3 磁卡识别技术

磁卡（magnetic card）：一种卡片状的磁性记录介质，利用磁性载体记录字符与数字信息，用于识别身份或其他用途。

按照使用基材的不同，磁卡可分为 PET 卡、PVC 卡和纸卡三种；视磁层构造的不同，又可分为磁条卡和全涂磁卡两种，如图 2-3 所示。

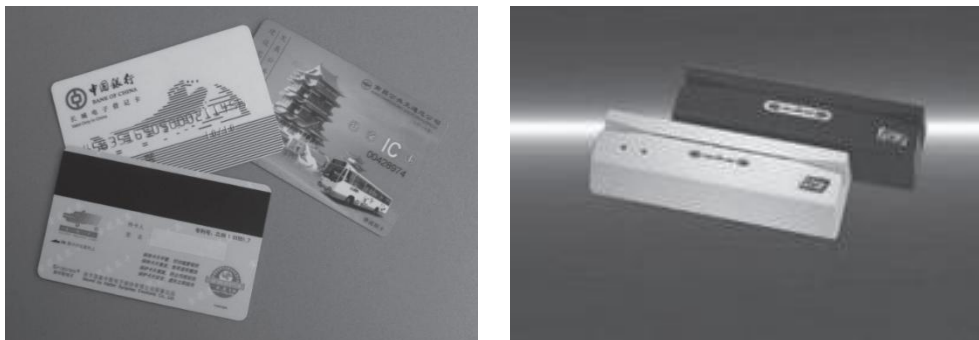


图 2-3 磁卡和读卡器

通常，磁卡的一面印刷有说明提示性信息，如插卡方向；另一面则有磁层或磁条，具有 2~3 个磁道，以记录有关信息数据。

磁条是一层薄薄的由排列定向的铁性氧化粒子组成的材料（也称为颜料），用树脂黏合剂严密地黏合在一起，并黏合在诸如纸或塑料这样的非磁基片媒介上。

磁条从本质意义上讲与计算机用的磁带或磁盘一样，它可以用来记载字母、字符及数字信息。

通过黏合或热合与塑料或纸牢固地整合在一起形成磁卡。磁条中包含的信息一般比条形码大。

磁条内可分为三个独立的磁道，称为 TK1、TK2、TK3。

TK1 最多可写 79 个字母或字符。

TK2 最多可写 40 个字符。

笔记

TK3 最多可写 107 个字符。

2.2.4 IC 卡识别技术

集成电路卡（integrated circuit card，IC 卡）也叫作智能卡（smart card），它是通过在集成电路芯片上写的数据进行识别的，如图 2-4 所示。



图 2-4 IC 智能卡和非接触式 IC 卡

IC 卡与 IC 卡读写器，以及后台计算机管理系统组成了 IC 卡应用系统。

IC 卡是将一个微电子芯片嵌入符合 ISO 7816 标准的卡基中，做成卡片形式。

IC 卡读写器是 IC 卡与应用系统间的桥梁，在 ISO 国际标准中称为接口设备（Interface Device，IFD）。

IFD 内 CPU 通过一个接口电路与 IC 卡相连并进行通信。

IC 卡接口电路是 IC 卡读写器中至关重要的部分，根据实际应用系统的不同，可选择并行通信、半双工串行通信和 I²C 通信等不同的 IC 卡读写芯片。

非接触式 IC 卡又称射频卡，采用射频技术与 IC 卡的读卡器进行通信，成功地解决了无源（卡中无电源）和免接触这一难题，是电子器件领域的一大突破。

射频卡主要用于公交、轮渡、地铁的自动收费系统，也应用于门禁管理、身份证明和电子钱包。

IC 卡工作的基本原理是：射频读写器向 IC 卡发一组固定频率的电磁波，卡片内有一个 IC 串联谐振电路，其频率与读写器发射的频率相同，这样，在电磁波激励下，LC 谐振电路产生共振，从而使电容内有了电荷；在这个电荷的另一端接有一个单向导通的电子泵，将电容内的电荷送到另一个电容内存储，当所积累的电荷达到 2V 时，此电容可作为电源为其他电路提供工作电压，将卡内数据发射出去或接收读写器的数据。

2.3 条形码技术

条形码是一种信息图形化表示方法，可以把信息制作成条形码，然后用相应的扫描设备把其中的信息输入计算机中。

条形码分为一维条形码和二维条形码。

（1）一维条形码是将宽度不等的多个黑条和空白按一定的编码规则排列，用以表达一组信息的图形标识符。常见的一维条形码由黑条（简称条）和白条（简称空）排成平行线图案，可以标出物品的生产国、制造厂家、商品名称、生产日期以及图书分类号、邮件起

止地点、类别、日期等信息。

(2) 二维条形码(二维码)是在二维空间水平和竖直方向存储信息的条形码。它的优点是信息容量大,译码可靠性高,纠错能力强,制作成本低,保密与防伪性能好。以常用的二维条形码 PDF417 码为例,可以表示字母、数字、ASCII 字符与二进制数;该编码可以表示 1850 个字符/数字,1108 个字节的二进制数,2710 个压缩的数字;PDF417 码还具有纠错能力。

条形码和二维码示例如图 2-5 所示。



图 2-5 条形码和二维码示例

2.4 射频识别技术

射频识别,俗称电子标签,全称为 radio frequency identification,即 RFID。RFID 是一种非接触式的自动识别技术,主要用来为各种物品建立唯一的身份标识,是物联网的重要支持技术。

2.4.1 RFID 系统的分类

根据 RFID 系统的特征,可以将 RFID 系统进行多种分类。

RFID 系统按照工作方式的不同可以分为全双工系统、半双工系统和时序系统三大类。

根据标签内是否有电池为其供电,可将其分为有源系统和无源系统两大类。

根据读取电子标签数据的技术实现手段,又可将其分为广播发射式、倍频式和反射调制式三大类。

1. 按照工作方式进行分类

(1) 全双工系统。在全双工系统中,数据在读写器和电子标签之间的双向传输是同时进行的,并且从读写器到电子标签的能量传输是连续的,与传输的方向无关。其中,电子标签发送数据的频率是读写器频率的几分之一,即采用分谐波或一种完全独立的非谐波频率。

(2) 半双工系统。从读写器到电子标签的数据传输和从电子标签到读写器的数据传输是交替进行的,并且从读写器到电子标签的能量传输是连续的,与数据传输的方向无关。

(3) 时序系统。在时序系统中,从电子标签到读写器的数据传输是在电子标签的能量供应间歇时进行的,而从读写器到电子标签的能量传输总是在限定的时间间隔内进行。

2. 按照电子标签的数据量进行分类

(1) 1 比特系统。1 比特系统的数据量为 1b,该系统中读写器能够发送 0、1 两种状态的信号,针对在电磁场中有电子标签和在电磁场中没有电子标签两种情况。

(2) 多比特系统。与 1 比特系统对应,该系统中电子标签的数据量通常在几个字节到

说明

通常,一维条形码所能表示的字符集不过 10 个数字、26 个英文字母及一些特殊字符,条码字符集最大能表示的字符个数为 128 个 ASCII 字符,信息量非常有限,因此二维条形码诞生了。

提示

这种时序系统的缺点是在读写器发送间歇时,电子标签的能量供应中断,这就要求系统必须有足够大容量的辅助电容器或辅助电池对电子标签进行能量补偿。

提示

这种系统对于实现简单的监控或者信号发送功能是足够的。因为生产 1 比特电子标签不需要电子芯片,所以价格比较便宜,主要应用在商品防盗系统中。



几千个字节之间，主要由具体应用决定。

3. 按照读取信息手段进行分类

(1) 广播发射式 RFID 系统。广播发射式 RFID 系统实现起来最简单。电子标签必须采用有源方式工作，并实时将其存储的标识信息向外广播，读写器相当于一个只收不发的接收机。这种系统的缺点是标签必须不停地向外发射信息，造成能量浪费和电磁污染。

(2) 倍频式 RFID 系统。读写器发出射频查询信号，电子标签返回的信号载频为读写器发出的射频的倍频。对于无源电子标签，电子标签将接收的射频能量转换为倍频回波载频时，其能量转换效率较低。提高转换效率需要较高的微波技巧，电子标签成本更高；且系统工作需占用两个工作频点。

(3) 反射调制式 RFID 系统。实现反射调制式 RFID 系统首先要解决同频收发问题。在系统工作时，读写器发出微波查询信号，电子标签（无源）将部分接收到的微波能量信号整流为直流电，以供电子标签内的电路工作，另一部分微波能量信号将电子标签内保存的数据信息进行振幅键控（ASK）调制后发射回读写器。读写器接收到发射回的调幅调制信号后，从中解出电子标签所发送的数据信息。

说明

在系统工作过程中，读写器发出微波信号与接收反射回的幅度调制信号是同时进行的，发射回的信号强度较发射信号弱得多，因此技术实现上的难点是同频收发。

2.4.2 RFID 系统的组成

RFID 的系统组成包括电子标签，读写器（阅读器），以及作为服务器的计算机。其中，电子标签中包含 RFID 芯片和天线。

2.4.3 RFID 的工作原理

RFID 的基本原理是利用射频信号和空间耦合（电感或电磁耦合）或雷达反射的传输特性，实现对被识别物体的自动识别。

RFID 是一种简单的无线系统，从前端器件级方面来说，只有两个基本器件，用于控制、检测和跟踪物体。

系统由一个询问器（阅读器）和很多应答器（标签）组成，如图 2-6 所示。

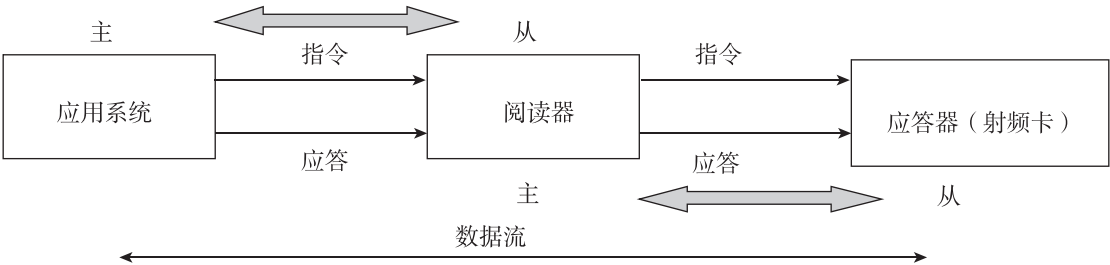


图 2-6 RFID 技术的基本原理

提示

与条形码、磁卡、IC 卡相比，RFID 卡在信息量、读写性能、读取方式、智能化、抗干扰能力、使用寿命方面都具备不可替代的优势，但制造成本比条形码和 IC 卡稍高。

2.5 传感器技术

2.5.1 传感器技术概述

传感器是各种信息处理系统获取信息的一个重要途径。在物联网中传感器的作用尤为突出，是物联网中获得信息的主要设备。

传感器的种类繁多,往往同一种物理量可以用不同类型的传感器来测量,而同一原理的传感器又可测量多种物理量,因此传感器有许多种分类方法。



1. 按被测量分类

被测量的类型主要有以下几种:

- (1) 机械量,如位移、力、速度、加速度等。
- (2) 热工量,如温度、热量、流量(速)、压力(差)、液位等。
- (3) 物性参量,如浓度、黏度、比重、酸碱度等。
- (4) 状态参量,如裂纹、缺陷、泄露、磨损等。

2. 按测量原理分类

按传感器的工作原理划分可分为电阻式、电感式、电容式、压电式、光电式、磁电式、光纤、激光、超声波等传感器。

现有传感器的测量原理都基于物理、化学和生物等各种效应和定律,这种分类方法便于从原理上认识输入与输出之间的变换关系,有利于专业人员从原理、设计及应用上做归纳性的分析与研究。

3. 按信号变换特征分类

(1) 结构型:主要通过传感器结构参数的变化实现信号变换。例如,电容式传感器依靠极板间距离的变化引起电容量的改变。

(2) 物性型:利用敏感元件材料本身物理属性的变化实现信号的变换。例如,水银温度计是利用水银热胀冷缩现象测量温度;压电式传感器是利用石英晶体的压电效应实现测量等。

4. 按能量关系分类

(1) 能量转换型:传感器直接由被测对象输入能量使其工作,如热电偶、光电池等,这种类型的传感器又称为有源传感器。

(2) 能量控制型:传感器从外部获得能量使其工作,由被测量的变化控制外部供给能量的变化。例如,电阻式、电感式等传感器,这种类型的传感器必须由外部提供激励源(电源等),因此又称为无源传感器。

(3) 光电式传感器:光电式传感器在非电量电测及自动控制技术中占有重要的地位。它是利用光电器件的光电效应和光学原理制成的,主要用于光强、光通量、位移、浓度等参数的测量。

(4) 电势型传感器:电势型传感器利用热电效应、光电效应、霍尔效应等原理制成,主要用于温度、磁通、电流、速度、光强、热辐射等参数的测量。

(5) 电荷传感器:电荷传感器是利用压电效应原理制成的,主要用于力及加速度的测量。

(6) 半导体传感器:半导体传感器是利用半导体的压阻效应、内光电效应、磁电效应、半导体与气体接触产生物质变化等原理制成的,主要用于温度、湿度、压力、加速度、磁场和有害气体的测量。

(7) 谐振式传感器:谐振式传感器是利用改变电或机械的固有参数改变谐振频率的原理制成的,主要用于测量压力。

(8) 电化学式传感器:电化学式传感器是以离子导电为基础制成的,根据其电特性的形成不同,电化学传感器可分为电位式传感器、电导式传感器、电量式传感器、极谱式传



传感器和电解式传感器等。

另外，根据传感器对信号的检测转换过程，传感器可划分为直接转换型传感器和间接转换型传感器两大类，如图 2-7 所示。

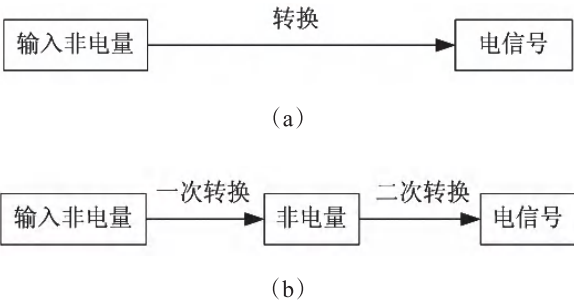


图 2-7 传感器的转换框图

(a) 直接转换型；(b) 间接转换型

前者是把输入给传感器的非电量一次性变换为电信号输出，如光敏电阻受到光照射时，电阻值会发生变化，直接把光信号转换成电信号输出。

后者则是把输入给传感器的非电量先转换成另外一种非电量，然后再转换成电信号输出，如采用弹簧管敏感元件制成的压力传感器就属于这一类，当有压力作用到弹簧管时，弹簧管发生形变，传感器再把变形量转换为电信号输出。

2.5.2 常用的传感器定义

作为物联网中的信息采集设备，传感器利用各种机制把被观测量转换为一定形式的电信号，然后由相应的信号处理装置处理，并产生相应的动作。

常见的传感器包括温度、压力、湿度、光电、霍尔（磁性）传感器等。

1. 温度传感器

常见的温度传感器包括热敏电阻、半导体温度传感器以及温差电偶。

热敏电阻主要利用各种材料电阻率的温度敏感性，可用于设备的过热保护以及温控报警等。

半导体温度传感器利用半导体器件的温度敏感性测量温度，具有成本低廉，线性度好等优点。

温差电偶则是利用温差电现象，把被测端的温度转化为电压和电流的变化；温差电偶能够在比较大的范围内测量温度，如 $-200 \sim 2000^{\circ}\text{C}$ 。

2. 压力传感器

常见的压力传感器在受到外部压力时会产生一定的内部结构的变形或位移，进而转化为电特性的改变，产生相应的电信号。

3. 湿度传感器

湿度传感器主要包括电阻式和电容式两个类别。

电阻式湿度传感器也称为湿敏电阻，利用氯化锂、碳、陶瓷等材料的电阻率的湿度敏感性探测湿度。

电容式湿度传感器也称为湿敏电容，利用材料的介电系数的湿度敏感性探测湿度。

4. 光电传感器

光传感器可以分为光敏电阻以及光电传感器两大类。

光敏电阻主要利用各种材料的电阻率的光敏感性进行光探测。
光电传感器主要包括光敏二极管和光敏三极管，这两种器件利用的都是半导体器件对光照的敏感性。



5. 霍尔（磁性）传感器

霍尔传感器是利用霍尔效应制成的一种磁性传感器。
霍尔效应是指把一个金属或者半导体材料薄片置于磁场中，当有电流流过时，由于形成电流的电子在磁场中运动而收到磁场的作用力，会使得材料中产生与电流方向垂直的电压差。
可以通过测量霍尔传感器产生的电压的大小计算磁场的强度。
霍尔传感器结合不同的结构，能够间接测量电流、振动、位移、速度、加速度、转速等，具有广泛的应用。

2.5.3 智能传感器

智能传感器（smart sensor）是一种具有一定信息处理能力的传感器，目前多采用把传统的传感器与微处理器结合的方式制造。
在传统的传感器构成的应用系统中，传感器所采集的信号要传输到系统中的主机中进行分析处理；而由智能传感器构成的应用系统中，其包含的微处理器能够对采集的信号进行分析处理，然后把处理结果发送给系统中的主机，如图 2-8 所示。

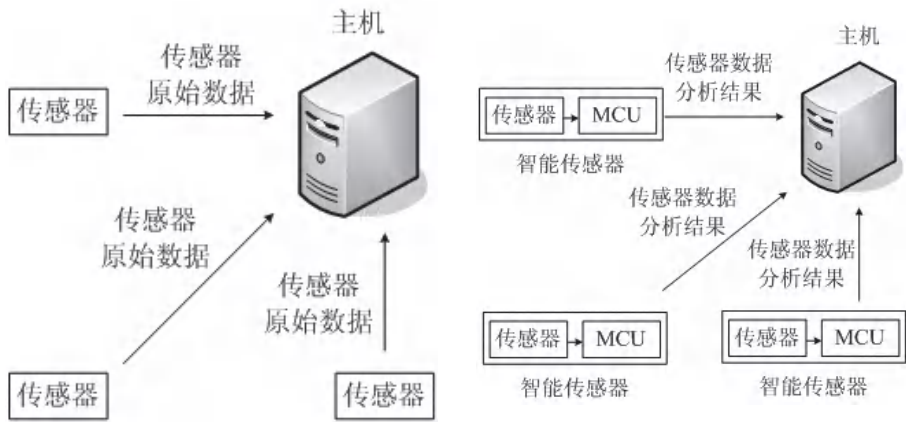


图 2-8 传统传感器构成的应用系统与智能传感器构成的应用系统的对比

1. 智能压力传感器

Honeywell 公司开发的 PPT 系列智能压力传感器的外形以及内部结构如图 2-9 所示。

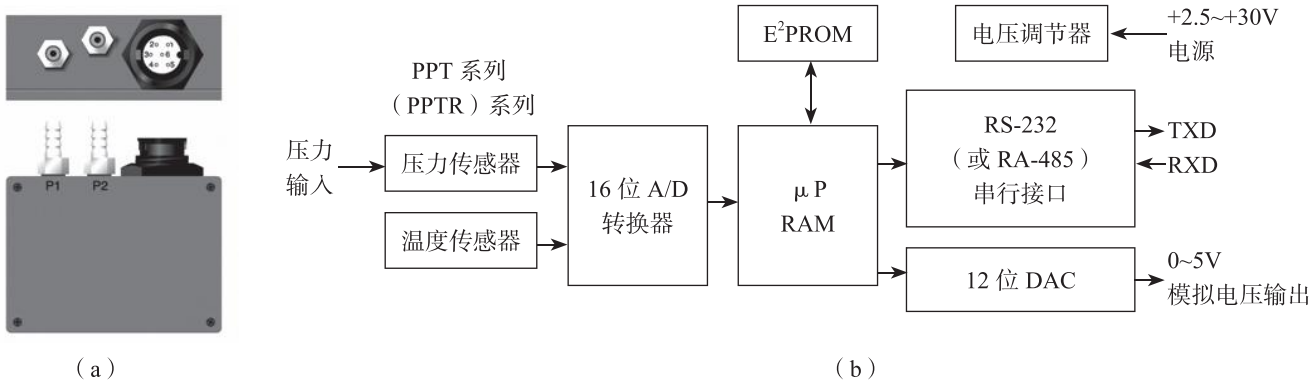


图 2-9 PPT 系列智能压力传感器及其内部结构

(a) 外形；(b) 内部结构

笔记

2. 智能温湿度传感器

Sensirion 公司推出的 SHT11/15 温湿度智能传感器的外形、引脚，以及内部框图如图 2-10 所示。

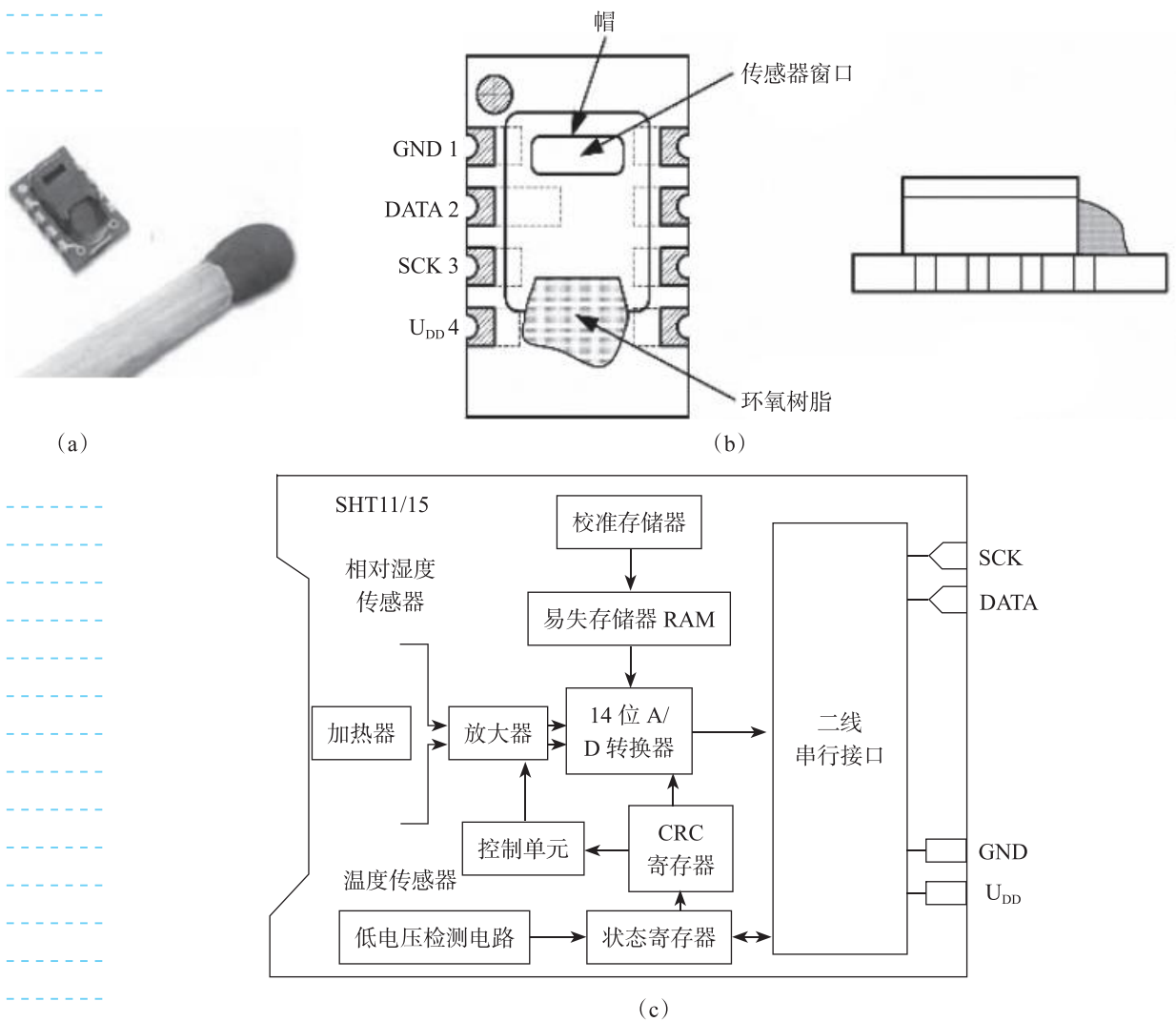
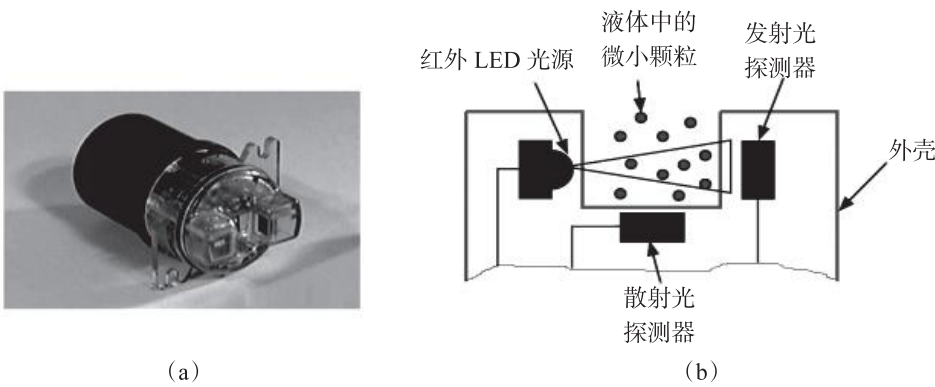


图 2-10 温湿度智能传感器的外形、引脚，以及内部框图

(a) 温湿度智能传感器的外形；(b) 温湿度智能传感器的引脚；(c) 温湿度智能传感器的内部框图

3. 智能液体浑浊度传感器

Honeywell 公司推出的 AMPS-10G 型智能液体浑浊度传感器的外形、测量原理，以及内部框图如图 2-11 所示。



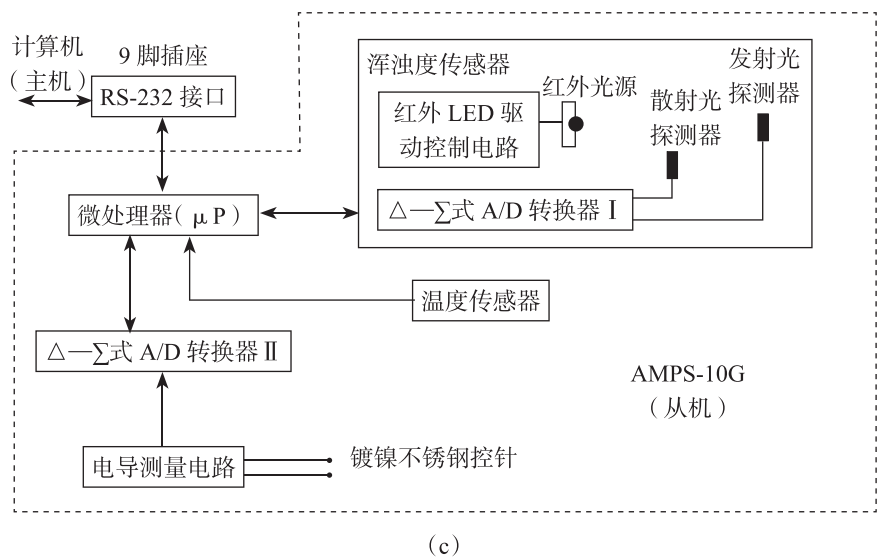


图 2-11 智能液体浑浊度传感器的外形、测量原理，以及内部框图

(a) 智能液体浑浊度传感器的外形；(b) 智能液体浑浊度传感器的测量原理；
(c) 智能液体浑浊度传感器的内部框图

2.5.4 MEMS 传感器

微机电系统（micro-electro-mechanical systems，MEMS）是一种由微电子、微机械部件构成的微型器件，多采用半导体工艺加工。

目前已有的微机电器件包括压力传感器、加速度传感器、微陀螺仪、墨水喷嘴和硬盘驱动头等。

微机电系统的出现体现了当前的器件微型化的发展趋势。

1. 微机电压力传感器

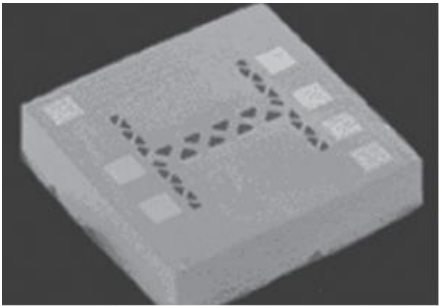
微机电压力传感器利用传感器中的硅应变电阻在压力作用下发生形变而改变电阻来测量压力；测试时使用了传感器内部集成的测量电桥。

2. 微机电加速度传感器

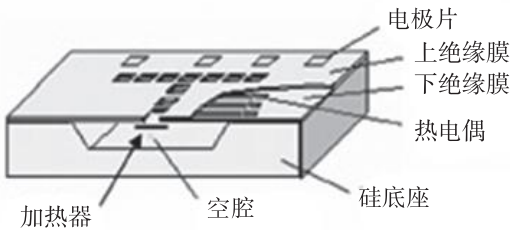
微机电加速度传感器主要通过半导体工艺在硅片中加工出可以在加速运动中发生形变的结构，并且能够引起电特性的改变，如变化的电阻和电容。

3. 微机电气体流速传感器

气体流速传感器可以用于空调等设备的监测与控制，如图 2-12 所示。



(a)



(b)