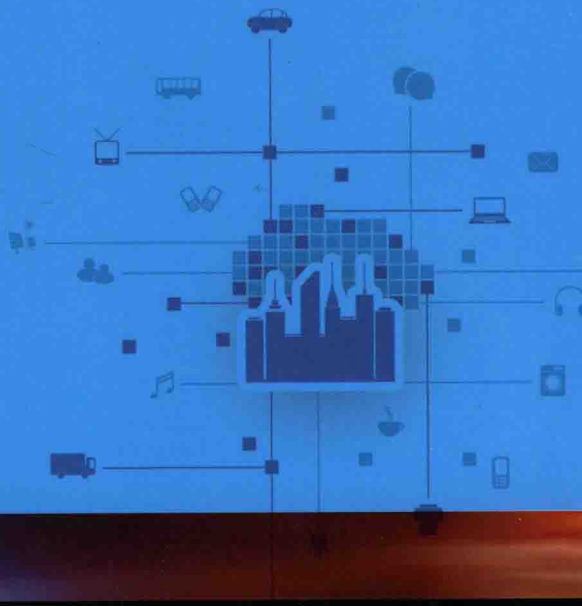
普通高等教育“十三五”规划教材
国家新闻出版改革发展项目库入库项目



物联网基础与应用

彭木根　刘雅琼
闫　实　赵中原　编著

The Foundation and Application of Internet of Things

北京邮电大学出版社
www.buptpress.com

需要全本请访问 www.ertongbook.com

普通高等教育“十三五”规划教材
国家新闻出版改革发展项目库入库项目

物联网基础与应用

彭木根　刘雅琼
闫　实　赵中原　编著

北京邮电大学出版社
www.buptpress.com

内 容 简 介

本教材全面深入地介绍了物联网的感知层、网络层、应用层和具体典型应用，突出了物联网主要技术形态、原理、性能、优缺点及未来发展演进等内容。

本教材内容翔实丰富、深入浅出，可作为高等院校的通信工程、电子信息工程和计算机应用等专业的研究生和高年级本科生相关课程的教材或者理论科研参考书，也可作为相关工程技术人员的理论指导手册。

图书在版编目(CIP)数据

物联网基础与应用 / 彭木根等编著. -- 北京：北京邮电大学出版社，2019.8

ISBN 978-7-5635-5847-6

Ⅰ. ①物… Ⅱ. ①彭… Ⅲ. ①互联网络—应用②智能技术—应用 Ⅳ. ①TP393.4②TP18

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2019）第 178375 号

书　　名：物联网基础与应用

著作责任者：彭木根　刘雅琼　闫　实　赵中原　编著

责 任 编 辑：刘　颖

出 版 发 行：北京邮电大学出版社

社　　址：北京市海淀区西土城路 10 号(100876)

发 行 部：电话：010-62282185　传真：010-62283578

E-mail：publish@bupt.edu.cn

经　　销：各地新华书店

印　　刷：北京玺诚印务有限公司

开　　本：787 mm×1 092 mm　1/16

印　　张：18.25

字　　数：476 千字

版　　次：2019 年 8 月第 1 版　2019 年 8 月第 1 次印刷

ISBN 978-7-5635-5847-6　　定价：48.00 元

·如有印装质量问题，请与北京邮电大学出版社发行部联系·

前　言

物联网是新一代信息技术的重要组成，是感知中国、感知地球的基础设施。物联网产业目前尚处于初创阶段，其应用前景广阔，未来将成为我国新型战略产业。迄今为止，教育部审批设置的高等学校战略性新兴产业本科专业中已经有“物联网工程”、“传感网技术”和“智能电网信息工程”三个与物联网技术相关的专业。为了适应物联网的发展，特别是随着 4G 和 5G 的规模应用，已有物联网课程讲授还没有突出和强调 5G、大数据、人工智能、区块链等先进理论和技术对物联网的影响。为了培养更多的相关专业人才，亟须编著有关物联网基础理论和相关知识的专业书籍，以弥补此领域的空白。

本教材从物联网的感知层、网络层、应用层分别进行讲授，每层又从技术原理、主要技术形态、性能、优缺点、未来发展演进等角度进行介绍，力求让读者有一个物联网整体知识结构，同时也了解相关技术细节的原理，从而引领读者渐渐步入物联网世界，帮助读者把握信息通信科技浪潮发展方向，为未来就业和科研打下理论基础。

本教材在课程内容设置上注重原理性和技术前沿性，基于物联网各知识点的内在联系和目前物联网应用的最新进展，以物联网的感知层、网络层和应用层为主线，构建了共 9 个章节的模块化结构。第 1 章介绍了物联网的定义、历史、特征、应用和未来发展等，让读者了解物联网发展的历程和来龙去脉，为后面的学习打下必备的基础；第 2 章扼要地介绍了物联网感知层，系统介绍了感知层的基本概念、RFID 与自动识别技术的发展、传感器与无线传感器网络、智能信息感知设备与嵌入式技术等；第 3 章描述了网络层组成和技术，包括各种无线传输和组网技术，以及移动互联网和空间信息网络等；第 4 章系统描述了物联网应用层技术，包括海量数据存储与云计算技术、大数据挖掘、机器学习、雾计算与边缘计算等；第 5 章阐述了物联网信息安全技术，主要讲解了信息安全技术、隐私保护方法、蜂窝网络安全机制和 RFID 安全机制等；第 6 章概述了物联网典型应用，包括智能交通、智慧医疗、智慧农业、智能家居、智能物流和军事物联应用等；第 7 章介绍了 5G 与物联网的内在关联性，特别是强调了围绕物联应用的链路级和系统级 5G 和后 5G 理论与技术；第 8 章系统介绍了工业互联网的定义、体系架构、关键技术和未来挑战等；第 9 章围绕移动车联网展开，介绍了车联网的原理、体系结构、标准协议、关键技术和应用性能等。各章节之间既相对独立，又前后呼应，有机结合，每个章节有明确的

思路和介绍重点。

本教材结合了5G、大数据、人工智能等领域的最新发展，以及北京邮电大学在这些领域的最新研究成果，在传统物联网教材基础上进行创新，强调和突出了无线通信的影响，更好地满足新时代物联网理论和技术发展的需求，有利于培养学生分析和解决问题的能力。

本教材是根据作者多年的教学经验，由多名奋斗在教学和科研第一线的老师撰写。本教材语言流畅、内容丰富，基本理论和实际系统紧密结合，书中的讲解以及给出的大量习题取自当前主流物联网理论、技术和标准的实际案例。本教材的编写得到了多名博士生和硕士生的帮助，在此表示诚挚的谢意。

物联网和信息网络持续演进，相关的物联应用日新月异，本教材的内容希望能起到抛砖引玉的作用，有些内容可能会过时甚至和实际系统的应用相悖，读者要学习的是基本原理和基本方法，而不是从本教材找到解决实际问题的直接药方。根据大家反馈的意见以及技术的增强和演进，本教材将会陆续修改部分章节内容，欢迎读者来信讨论其中的技术问题：pmg@bupt.edu.cn。

由于作者水平有限，谬误之处在所难免，敬请广大读者批评指正。

彭木根
于北京邮电大学

需要全本请访问 www.ertongbook.com

目 录

第 1 章 物联网概述 …… 1

1.1 物联网的起源与发展 …… 1
1.1.1 智慧地球 …… 1
1.1.2 国际物联网的发展 …… 2
1.1.3 我国物联网的发展 …… 3
1.2 物联网原理 …… 4
1.2.1 物联网的定义 …… 5
1.2.2 物联网与互联网的关系 …… 5
1.2.3 物联网与蜂窝网络的关系 …… 7
1.2.4 物联网与 Wi-Fi 的关系 …… 8
1.3 物联网技术特征 …… 9
1.3.1 物联网技术体系 …… 9
1.3.2 物理网技术挑战 …… 11
1.4 物联网产业及应用前景 …… 12
1.4.1 物联网产业链 …… 12
1.4.2 物联网产业的特点 …… 14
1.4.3 物联网应用领域 …… 16
1.5 物联网发展 …… 16
1.5.1 “互联网＋”与物联网 …… 16
1.5.2 边缘计算与雾计算 …… 17
1.5.3 人工智能与第三次智能工业革命 …… 18
1.5.4 物联网与工业互联网 …… 18
本章习题 …… 19

第 2 章 物联网感知层 …… 21

2.1 感知层的基本概念 …… 21
2.1.1 感知层在物联网中的作用 …… 21
2.1.2 感知节点的特点 …… 23
2.2 RFID 与自动识别技术的发展 …… 24

2.2.1 自动识别技术的发展 …… 24
2.2.2 条码、磁卡与 IC 卡 …… 26
2.2.3 RFID 标签 …… 29
2.2.4 RFID 应用系统的结构与组成 …… 34
2.2.5 RFID 标签编码标准 …… 36
2.3 传感器与无线传感器网络 …… 37
2.3.1 传感器的基本概念 …… 37
2.3.2 智能传感器的发展 …… 42
2.3.3 无线传感器的发展 …… 44
2.3.4 无线传感器网络的发展 …… 45
2.4 位置信息感知技术 …… 47
2.4.1 位置信息与位置信息感知的基本概念 …… 47
2.4.2 GPS 与定位技术 …… 49
2.5 智能信息感知设备与嵌入式技术 …… 52
2.5.1 智能信息感知设备的发展 …… 52
2.5.2 RFID 应用系统与智能感知设备的设计方法 …… 55
2.5.3 无线传感器网络与智能感知节点的设计方法 …… 57
本章习题 …… 60

第 3 章 物联网网络层技术 …… 62

3.1 网络层概述 …… 62
3.1.1 物联网网络层的基本功能 …… 62
3.1.2 物联网网络层的特点 …… 63
3.2 移动互联网 …… 65
3.2.1 从计算机网络、互联网、移动互联网到物联网 …… 65
3.2.2 计算机网络的基本概念 …… 66
3.2.3 互联网、移动互联网的形成与发展 …… 67
3.2.4 IP 网络：从 IPv4 到 IPv6 …… 68
3.2.5 接入技术与物联网 …… 70
3.3 蜂窝移动通信 …… 72
3.3.1 移动通信技术的发展历程 …… 72
3.3.2 移动通信系统的结构与原理 …… 74
3.3.3 蜂窝移动通信的基本原理 …… 75
3.3.4 4G 技术与应用 …… 77
3.3.5 5G 及其后 5G 技术及应用 …… 78
3.4 空间信息网络 …… 78
3.4.1 卫星通信系统 …… 78
3.4.2 近地通信系统 …… 80
3.4.3 轨通异构通信系统 …… 82
3.4.4 空间信息物联网 …… 83

本章习题 …… 85

第 4 章 物联网应用层技术 …… 87

4.1 应用层原理 …… 87
4.1.1 物联网应用层的特点 …… 87
4.1.2 物联网数据的特点 …… 88
4.1.3 物联网数据处理的关键技术 …… 90
4.2 海量数据存储与云计算技术 …… 92
4.2.1 物联网对海量数据存储的需求 …… 92
4.2.2 互联网数据中心的基本概念 …… 93
4.2.3 云计算在物联网中的应用 …… 95
4.3 大数据挖掘技术 …… 97
4.3.1 数据、信息与知识 …… 98
4.3.2 数据挖掘与知识发现 …… 99
4.3.3 物联网与智能决策、智能控制 …… 102
4.4 机器学习技术 …… 105
4.4.1 机器学习的背景 …… 105
4.4.2 机器学习的主要方法 …… 107
4.4.3 机器学习应用举例 …… 111
4.5 雾计算与物联网 …… 113
4.5.1 雾计算原理与发展历史 …… 113
4.5.2 雾计算特征 …… 114
4.5.3 雾计算架构 …… 116
本章习题 …… 120

第 5 章 物联网信息安全技术 …… 123

5.1 物联网信息安全中的四个重要关系问题 …… 123
5.1.1 物联网信息安全与现实社会的关系 …… 123
5.1.2 物联网信息安全与互联网信息安全的关系 …… 124
5.1.3 物联网信息安全与密码学的关系 …… 125
5.1.4 物联网安全与国家信息安全战略的关系 …… 126
5.2 物联网信息安全技术 …… 127
5.2.1 信息安全需求 …… 127
5.2.2 物联网信息安全技术内容及分类 …… 128
5.2.3 物联网的网络防攻击技术 …… 129
5.2.4 物联网安全防护技术 …… 131
5.2.5 密码学及其在物联网中的应用 …… 139
5.2.6 网络安全协议 …… 142
5.3 蜂窝网络安全与隐私保护 …… 145
5.3.1 蜂窝网络面临的攻击 …… 146

5.3.2 GSM 系统的信息安全与隐私保护 …… 146
5.3.3 3G 系统的信息安全与隐私保护 …… 149
5.3.4 B3G 与 4G 系统的信息安全与隐私保护 …… 151
5.3.5 5G 系统的信息安全与隐私保护 …… 153
5.4 RFID 安全与隐私保护 …… 155
5.4.1 RFID 安全机制介绍 …… 155
5.4.2 RFID 安全性问题 …… 157
5.4.3 RFID 安全解决方案 …… 159
5.4.4 RFID 隐私保护 …… 162
本章习题 …… 165

第 6 章 物联网应用 …… 168

6.1 物联网应用概述 …… 168
6.2 智能交通 …… 169
6.2.1 智能交通的基本概念 …… 170
6.2.2 物联网技术与智能交通 …… 170
6.2.3 车联网技术的研究 …… 171
6.2.4 物联网技术在民航领域的应用 …… 173
6.3 智慧医疗 …… 175
6.3.1 智慧医疗的基本概念 …… 175
6.3.2 智慧医疗环境中的医院信息系统 …… 176
6.3.3 物联网技术在健康监控中的应用 …… 177
6.4 智慧农业 …… 179
6.4.1 智慧农业的发展背景 …… 179
6.4.2 物联网技术在智慧农业中的应用 …… 180
6.4.3 物联网技术在农产品质量安全溯源中的应用 …… 181
6.5 智能家居 …… 182
6.5.1 智能家居与物联网技术 …… 182
6.5.2 物联网技术在智能家居中的应用 …… 183
6.6 智能物流 …… 185
6.6.1 智能物流与物联网 …… 186
6.6.2 RFID 技术在智能物流中的应用 …… 186
6.6.3 物联网技术与未来商店 …… 188
6.6.4 智能物流系统网络体系结构 …… 189
6.7 物联网军事应用 …… 189
6.7.1 物联网与现代战争 …… 190
6.7.2 物联网在陆地战场的应用 …… 191
6.7.3 物联网在空中战场的应用 …… 193
6.7.4 物联网在太空的应用 …… 194
6.7.5 物联网在水下和水面的应用 …… 196

6.7.6 物联网在地下的应用 …… 197
本章习题 …… 198

第 7 章 5G 与物联网 …… 200

7.1 5G 概述 …… 200
7.1.1 5G 愿景与需求 …… 200
7.1.2 5G 典型应用场景 …… 202
7.1.3 5G 网络架构特征 …… 203
7.1.4 5G 关键技术 …… 205
7.2 5G 物联网应用 …… 206
7.2.1 智慧城市与物联网 …… 206
7.2.2 智慧海洋与物联网 …… 207
7.2.3 智慧交通与物联网 …… 208
7.2.4 智能制造与物联网 …… 209
7.2.5 智能家居与物联网 …… 210
7.3 5G 多址接入技术 …… 211
7.3.1 多址接入技术概述 …… 211
7.3.2 非正交多址接入 …… 212
7.3.3 多用户共享接入 …… 213
7.3.4 图样分割多址接入 …… 214
7.3.5 稀疏码分多址接入 …… 215
7.4 5G 物联网切片技术 …… 216
7.4.1 网络切片的概念与特征 …… 216
7.4.2 软件定义网络与网络功能虚拟化 …… 217
7.4.3 5G 物联网切片编排方法 …… 220
7.5 5G 节能关键技术 …… 221
7.5.1 5G 网络架构与节能 …… 221
7.5.2 5G 网络规划与节能 …… 223
7.5.3 5G 资源管理节能技术 …… 225
7.5.4 5G 物理层节能技术 …… 227
本章习题 …… 229

第 8 章 工业互联网 …… 231

8.1 工业互联网概述 …… 231
8.1.1 历史背景 …… 231
8.1.2 发展现状 …… 232
8.2 工业互联网定义 …… 233
8.2.1 工业互联网本质 …… 234
8.2.2 工业互联网特征 …… 235
8.3 工业互联网架构 …… 236

8.3.1 工业互联网的网络体系 …… 238
8.3.2 工业互联网的数据体系 …… 238
8.3.3 工业互联网的安全体系 …… 240
8.3.4 工业互联网平台标准体系 …… 241
8.4 工业互联网与 CPS …… 245
8.4.1 信息物理系统概述 …… 245
8.4.2 信息物理系统与工业互联网的关系 …… 247
8.4.3 信息物理系统的关键技术 …… 248
8.4.4 信息物理系统的应用场景 …… 250
8.5 工业互联网未来展望 …… 253
8.5.1 工业互联网平台的标准化 …… 253
8.5.2 工业互联网面临的安全挑战 …… 254
本章习题 …… 256

第 9 章 移动车联网 …… 258

9.1 车联网原理 …… 258
9.1.1 车联网特点 …… 259
9.1.2 车联网通信类型 …… 260
9.1.3 国内外车联网发展进程 …… 262
9.2 车联网架构 …… 262
9.3 车联网标准 …… 263
9.3.1 IEEE 802.11p 标准 …… 263
9.3.2 IEEE 1609 标准 …… 264
9.3.3 LTE-V2X …… 265
9.4 车联网关键技术 …… 266
9.4.1 智能感知技术 …… 266
9.4.2 异构无线网络融合技术 …… 267
9.4.3 智能化信息处理技术 …… 269
9.4.4 通信协议 …… 270
9.4.5 安全性技术 …… 274
9.5 车联网应用 …… 275
9.5.1 紧急救援系统 …… 275
9.5.2 协助驾驶 …… 276
9.5.3 智能交通管理 …… 276
9.5.4 车载社交网络 …… 277
本章习题 …… 278

参考文献 …… 279

需要全本请访问 www.ertongbook.com

第1章 物联网概述

物联网被认为是继计算机、互联网之后的又一次信息改革浪潮。随着5G、大数据云计算、人工智能的发展，物联网将走向智能家居、智能穿戴装备、医疗器械、虚拟现实版游戏、智慧社区、无人驾驶、智慧交通等具体应用，并不断蔓延，实现万物之间的互联互通。

1.1 物联网的起源与发展

物联网最早可以追溯到1995年比尔·盖茨出版的《未来之路》一书。在该书中，比尔·盖茨提及了物物互联，但受限于当时的无线网络、硬件及传感设备，物物互联并未引起重视。1998年，美国麻省理工学院提出了物联网构想；1999年，在物品编码、RFID技术和互联网的基础上，美国Auto-ID中心首先提出了物联网的概念。

1.1.1 智慧地球

在美国，IBM提出了“智慧地球”的构想，其中物联网是不可缺少的一部分，2009年1月，美国将其提升到国家战略。

“智慧地球”是IBM公司首席执行官彭明盛2008年首次提出的新概念。他认为，智能技术正应用到生活的各个方面，如智慧医疗、智慧交通、智慧电力、智慧食品、智慧货币、智慧零售业、智慧基础设施甚至智慧城市，这使地球变得越来越智能化。

“智慧地球”的核心是以一种更智慧的方法通过利用新一代信息技术来改变政府、公司和人们相互交互的方式，以便提高交互的明确性、效率、灵活性和响应速度。如今信息基础架构与高度整合的基础设施的完美结合，使得政府、企业和市民可以做出更明智的决策。智慧方法具体来说有如下三个方面特征。

(1) 更透彻的感知

这里的“更透彻的感知”是超越传统传感器、数码相机和射频识别(RFID)的更为广泛的一个概念。具体来说，它是指利用任何可以随时随地感知、测量、捕获和传递信息的设备、系统或流程。通过使用这些感知设备，从人的血压到公司的财务数据或城市的交通状况等任何信息都可以被快速地获取并进行分析，便于立即采取应对措施或进行长期规划。

(2) 更广泛的互联互通

互联互通是指通过各种形式的高速的通信网络工具，将个人电子设备、组织和政府信息系

统中收集和储存的分散的信息及数据连接起来，进行交互和多方共享，从而更好地对环境和业务状况进行实时监控，从全局的角度分析形势并实时解决问题，使得工作和任务可以通过多方协作来得以远程完成，从而改变了传统的通信组网方式。

(3) 更深入的智能化

智能化是指深入分析收集到的数据，以获取更加新颖、系统且全面的洞察来解决特定问题。这要求使用先进技术(如数据挖掘和分析工具、科学模型和功能强大的运算系统)来处理复杂的数据分析、汇总和计算，以便整合和分析海量的跨地域、跨行业和职能部门的数据和信息，并将特定的知识应用到特定行业、特定的场景、特定的解决方案中，从而更好地支持决策和行动。

1.1.2 国际物联网的发展

以移动互联网、移动通信、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，发达国家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，把握未来国际经济科技竞争的主动权。

1. 全球物联网产业布局进一步加强

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”的增强阶段，并已全面渗透到各个领域，产业布局正在逐步完善。美国政府通过提供资金和政策来支持物联网产业的发展。2014 年美国科技总统顾问委员会(PCAST)发布《加速美国先进制造业》(俗称 AMP2.0)，2015 年美国能源部正式宣布牵头组建美国“国家制造创新网络”中第 8 个“制造创新机构——智能制造创新机构”，并投入多达 7 000 万美元的联邦资金。欧盟及其成员国也积极发展物联网：2015 年成立物联网创新联盟(AIOTI)平台，德国的“工业 4.0”理念正影响着全球，英国在过去 5 年里投资超 5 亿英镑建设智慧城市。日本、韩国积极推动以物联网为代表的信息技术与传统产业相融合，推进智慧日本、智慧韩国的建设。2014 年韩国提出《制造业创新 3.0 战略》，2015 年又公布了经过进一步补充和完善后的《制造业创新 3.0 战略实施方案》。

2. 全球物联网产业发展加速

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。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，并且针对特殊应用环境进行优化。继 2014 年发布爱迪生(Edison)适应可穿戴及物联网设备微型系统级芯片之后，2015 年 Intel 又发布了居里(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广泛内置，识别、增强现实、3D 显示等技术被应用于认证识别。2015 年国内外各大公司相继推出各种物联网操作系统。例如，谷歌推出了物联网软件 BriloOS 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 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条件。M2M 成为全球电信运营企业重要的业务增长点。“德国工业 4.0”和“美国工业互联网”提出标志着工业物联网将成为未来物联网应用的焦点。智能可穿戴设备出现爆发式增长，2015 年第三季度，全球共交付可穿戴设备 2 100 万只，预计到 2025 年设备年出货量将飙升到 2 千亿只，可穿戴设备的主要应用领域为医疗和健康保健。

物联网的应用逐步实现跨行业领域的互联。世界各大城市(如纽约、伦敦、巴黎、东京、首尔、斯德哥尔摩等)相继推行了“智慧城市”战略,实现了多个行业领域的互联,主要包括智慧政务、智慧电力、智慧交通、智慧医疗和智慧教育等。2016 年,在国际消费类电子产品展览会(CES)上,福特与亚马逊的合作使各大企业争相布局的车联网和智能家居实现了互联;宝马集团也展示了“物联网”概念,将交通出行、家居和生活其他领域的必要信息综合在智能家居系统中。

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。目前投入物联网相关整体架构研究的国际组织有欧洲电信标准化协会(ETSI)、国际电信联盟(ITU)、国际标准化组织/国际电工协会(ISO/IEC)等。ETSI 专门成立了一个专项小组 M2M TC,从 M2M 的角度进行相关标准化研究;ITU-T 先后设立 IOT-GSI(全球物联网标准举措)和 FG M2M(M2M 焦点组);国际标准化组织/国际电工委员会 JTC1 在 2014 年正式成立物联网标准工作组(WG10)。此外,首届国际物联网标准与产业峰会于 2016 年在中国上海举行,国际三大标准组织 ISO、IEC、ITU-T 相关负责人参会,共同探讨物联网标准与产业热点及目前在研的 ISO/IEC 30141 物联网参考体系结构标准等内容。

1.1.3 我国物联网的发展

在国家有力政策环境和产业技术创新的推动下,我国物联网产业呈现强劲发展势头,以长江三角洲地区、珠江三角洲地区、环渤海地区和西部地区为核心的四大产业集聚区各具特色,行业应用不断深入,热点应用层出不穷,产业发展模式逐渐清晰。

1. 国家持续出台扶持政策,物联网产业政策环境日趋完善

国家层面高度重视物联网相关工作,国务院和各部委协力推动物联网产业发展,从顶层设计、组织机制、产业支撑等多个方面持续完善政策环境。2010 年,物联网被正式列为国家五大战略性新兴产业之一,写入十一届全国人大三次会议政府工作报告,被明确列入《国家中长期科学和技术发展规划纲要(2006—2020 年)》和 2050 年国家路线产业图。2012 年,确立物联网发展部际联席会议制度。2013 年,国务院出台《关于推进物联网有序健康发展的指导意见》,进一步明确发展目标和发展思路。2015 年,国务院印发中国政府实施制造强国战略第一个十年的行动纲领——《中国制造 2025》,围绕实现制造强国的战略目标,明确了 9 项战略任务和重点,提出了 8 个方面的战略支撑和保障。2015 年,在十二届全国人大三次会议上,李克强总理在政府工作报告中首次提出制订“互联网+”行动计划,推动移动互联网、云计算、大数据、物联网等与现代制造业结合,促进电子商务、工业互联网和互联网金融健康发展,引导互联网企业拓展国际市场。

2. 产业链趋向完整,产业集聚,区域特色明显

从空间分布来看,我国已初步形成长江三角洲地区、环渤海地区、珠江三角洲地区、西部地区四大物联网产业空间格局,四大区域各有特色,区域间相互独立,协调发展。各区域研发机构、公共服务等配套体系完备,企业分布密集,产业氛围良好。同时,这些地区依托发达的经济环境与雄厚的地方财力,建设了一大批物联网示范项目,带动了相关技术和产品的大范围社会应用。长江三角洲地区是我国经济发展龙头,物联网产业在全国也处于领先地位,芯片、传感

器等基础环节有一定产业积淀，特别是在新型 MEMS 传感器的研发和产业化方面整体产业汇集力很强。环渤海地区则主要依靠京津冀区位与资源优势，以集成和模式创新为主发展物联网产业。珠江三角洲地区市场化程度最高、产业链衔接最为紧密，各环节对市场的感应程度较为明显，市场转向灵活。西部地区发展平稳，逐步形成产业聚集，基于 RFID 的区域行业应用开展较好。未来优势地区将进一步提速发展，引领国内外物联网领域资源向这四个地区汇聚。

3. 产业保持快速发展，移动互联网助力物联网产业呈指数级增长

我国物联网产业持续快速发展。据相关报道，2014 年，中国物联网产业规模达到 5 800 亿元，同比增长 18.46%，M2M 连接数突破 7 300 万元，同比增长 46%，占全球 M2M 连接数的 30%，继续保持全球第一大市场地位，未来中国 M2M 规模将继续扩大，2025 年预计达到 10.5 亿元，全球占比将达 50%。

移动互联网业务发展迅猛，将带动物联网进入规模化发展新阶段。我国移动互联网市场的繁荣和产业优势，将对物联网发展起到强大的带动作用。移动互联网应用以开放接口方式连接物联网设备，使物联网能够依托移动互联网应用的入口优势和用户优势，打造国民级物联网应用。

4. 国内物联网热点应用层出不穷，新兴业态不断涌现

国内物联网热点应用层出不穷，“互联网＋”催生产业升级创新。物联网以泛在感知、精益控制、数据决策等能力要素集的形式向传统行业的上、下游各个环节加速渗透、多维融合，促进产业升级和结构优化，推动新兴业态不断涌现。当前，物联网正通过与其他信息通信技术的融合，加速向制造技术、新能源、新材料等其他领域渗透。随着工业“互联网＋”迅速崛起，物联网 3.0 时代正在来临，逐渐进入实质性推进阶段，物联网的理念和相关技术产品已经广泛渗透到社会经济民生的各个领域。“互联网＋”与传统产业结合，使传统产业爆发出新的生机。在家居方面，移动 App 发挥数据汇聚中心和控制中心的作用，一方面获取温度、湿度等各类传感设备的监测信息，另一方面作为遥控器反向控制照明灯、洗碗机、落地灯等家用电器。在安全方面，儿童防丢设备具有蓝牙防走散、安全区域报警、四重定位等功能，孩子佩戴后，家长在手机上即可随时查看孩子的位置、了解孩子的动态。在养老方面，移动 App 具备老人定位、报警、日常健康检测及大数据分析功能，帮助养老机构解决找人难、老人遇险报警难、遇到问题追溯难等问题，目前已在部分养老机构开展示范。此外，基于可穿戴设备的个人健康管理、运动统计等融合应用引发的流量占比越来越大。从智能制造与工业 4.0、智慧医疗、可穿戴设备、车联网到大数据、云计算、智慧城市，物联网正凭借与新一代信息技术的深度集成和综合应用，在推动产业转型升级、提升社会服务、改善服务民生、增效节能等方面发挥着重要作用，正给部分领域带来真正的“智慧”应用。

1.2 物联网原理

物联网是在“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，它基于互联网、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。

1.2.1 物联网的定义

目前较为公认的物联网的定义是：通过射频识别(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，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。当每个而不是每种物品能够被唯一标识后，利用识别、通信和计算等技术，在互联网基础上，构建的连接各种物品的网络，就是人们常说的物联网。

物联网中的“物”要满足以下条件才能够被纳入“物联网”的范围：要有相应信息的接收器；要有数据传输通路；要有一定的存储功能；要有 CPU；要有操作系统；要有专门的应用程序；要有数据发送器；遵循物联网的通信协议；在世界网络中有可被识别的唯一编号。一般认为，物联网具有以下三大特征：

- 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。
- 可靠传递。通过无线网络与互联网的融合，将物体的信息实时准确地传递给用户。
- 智能处理。利用云计算、数据挖掘以及模糊识别等人工智能技术，对海量的数据和信息进行分析和处理，对物体实施智能化的控制。

1.2.2 物联网与互联网的关系

物联网与互联网的差异对比如表 1-1 所示，主要包括如下 8 个方面。

表 1-1 物联网与互联网的区别与联系

对比角度	物联网	互联网
体系架构	包含感知层、网络层、管理层、应用层	包含网络层、应用层
操作系统	使用嵌入式操作系统，如 VxWorks、Predix 等	使用通用操作系统，如 Window、UNIX、Linux 等
系统实时性	工业控制对系统数据传输、信息处理的实时性要求较高，但智能家居对系统的实时性要求不高	大部分系统的实时性要求不高，信息传输允许延迟，可以停机和重启恢复
通信协议	以 Modbus 等工业网络专用协议为主，也包括 TCP/IP	以 TCP/IP 为主
系统升级	一般很少进行系统升级，如需升级需要整个系统升级换代	采用通用系统，兼容性较好，软硬件升级较容易，且软件系统升级较频繁
开发流程	不像传统 IT 信息系统软件在开发时拥有严格的安全软件开发规范及安全测试流程	开发时拥有严格的安全软件开发规范及安全测试流程
网络形态	无线传感网传感器节点大规模分布在未保护的环境中	网络节点大多分布在受保护的环境中
物理安全	节点物理安全较薄弱	主机大多分布在受保护的环境中

1. 体系架构

从体系架构来看，物联网通常被划分为四个层次：感知层、网络层、管理层和应用层，在有些划分中也将物联网划分为三层或五层。不管是哪一种架构体系划分，感知层都是必不可少的，而在互联网的体系架构中是没有感知层的。物联网需要通过遍布各地的传感器来感知并

采集用户或工业数据，而互联网不需要这个过程。互联网包含网络层和应用层两层，网络层通过网络将各个计算机终端连接起来，而应用层主要是通过系统支撑起各种应用。

2. 操作系统

在物联网应用领域会经常听到一个词："嵌入式操作系统"。这种操作系统不同于互联网时代的通用操作系统，主要区别是嵌入式操作系统"专"，这点区别于 Windows 系统的"泛"。在互联网中超过 90%的 PC、移动笔记本等终端都安装的是微软的 Windows 操作系统，在企业的服务器中 Windows 也占据绝对份额，这使互联网的标准都比较统一。但在工业环境中硬件和软件都比较繁杂，而且行业分类非常多。嵌入式操作系统满足的是某个行业企业的应用需求，这就使得物联网操作系统必须专注于某一领域。

3. 系统的实时性

一般而言，由于工业生产环境中大多是工业控制化系统主导，数据能否及时地传输到指定的地方将决定工业生产过程能否继续进行下去。因此，工业系统对数据的实时性要求非常高，不允许数据有太大的延迟，更不能出现数据宕机等事故，这要求物联网的网络传输必须有较高的实时性。但对互联网应用而言，主要是进行人与人之间的信息传递与沟通，在很多情况下，信息延迟并不会对沟通带来太大的影响。

4. 通信协议

通信协议是终端设备之间通过网络进行沟通的通信标准。在互联网应用中，TCP/IP 是主流的网络传输协议，几乎所有的入网终端都通过该协议实现互联网信息传输。但在工业应用中，主流的工业网络传输协议包括 Modbus、Canbus、Profibus 等，已有的各种工业通信协议不少于 10 种。因此，通信协议的不同是物联网与互联网的一个非常明显的区别。

5. 系统升级

系统升级是防堵系统安全漏洞的一个常用办法。在日常应用中为了保证系统不受恶意攻击，及时升级系统是很常见的。但在工业环境中，系统的升级需要慎之又慎。前面谈到工业操作系统都是比较"专"的嵌入式操作系统，这些系统主要是针对某一行业或某一领域的工业应用。一方面，很少有黑客针对这些专用的系统设计病毒；另一方面，工业系统的升级很容易引发兼容性问题导致整个工业系统停机。因此，一般工业系统很少进行升级。

6. 开发流程

一般而言，传统的基于互联网应用的开发都有严格的开发流程和测试流程，主要原因在于这些开发是基于通用的软件开发环境和平台，比如基于.Net 的开发有微软提供的开发平台及框架，基于 Java 的开发有 Oracle 提供的开发平台及框架。要部署到通用的系统环境之中，必须制定严格的开发流程和测试流程，以保证软件能适应各种通用系统和环境。但是在工业环境中的小系统和应用都比较专，限定在某一领域或行业中，软件开发既要结合行业特点也要结合企业的需求，软件的个性化特点十分突出，无法制定千篇一律的开发流程和测试流程。

7. 网络形态

从网络形态来说，物联网终端的传输网络大多处于未受保护的环境之中，而互联网的终端大多处于受保护的环境中。与互联网中类型较为统一的终端形态相比，物联网的接入终端形态纷繁各异，厂商不可能针对这些差异化的终端部署统一的网络安全防护体系。因此，物联网无法从网络层面实现对接入终端设备进行保护。

8. 物理安全

物理安全主要是指物理设备本身的安全。物联网的目标是实现万物互联，不管这个"物

需要全本请访问 www.ertongbook.com