21世纪重点大学规划教材

薛燕红　编著

物联网导论



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

配电子教案

21 世纪重点大学规划教材

物联网导论

薛燕红　编著

机 械 工 业 出 版 社

本书详细地介绍了物联网的相关概念、层次结构、关键技术以及行业应用。全书共11章，第1章介绍了物联网的基本概念、体系结构、发展趋势以及面临的挑战；第2章至第9章分别介绍了物联网各层的关键技术及应用；第10章介绍了物联网安全的相关知识；第11章给出了物联网在环境保护、农业、交通三大领域的应用案例。本书层次清晰，内容新颖，知识丰富，图文并茂，可读性强。

本书可作为高等院校物联网工程专业和信息类、通信类、计算机类、工程类、管理类及经济类等专业的物联网导论或物联网基础课程的教材，也可供从事物联网开发、应用、研究与产业管理的人员参考。

本书提供配套授课电子课件，需要的教师可登录 www. cmpedu. com 免费注册、审核通过后下载，或联系编辑索取（QQ：2399929378，电话：010－88379753）。

图书在版编目（CIP）数据

物联网导论/薛燕红编著. —北京：机械工业出版社，2014. 1
ISBN 978-7-111-45196-9

Ⅰ. ①物… Ⅱ. ①薛… 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（2013）第 304398 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
责任印制：李 洋
北京振兴源印务有限公司印刷
2014 年 3 月第 1 版 · 第 1 次印刷
184mm×260mm · 19 印张 · 471 千字
0001—3000 册
标准书号：ISBN 978-7-111-45196-9
定价：45. 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	教 材 网：	http：//www. cmpedu. com
销 售 一 部：	（010） 68326294	机工官网：	http：//www. cmpbook. com
销 售 二 部：	（010） 88379649	机工官博：	http：//weibo. com/cmp1952
读者购书热线：	（010） 88379203	**封面无防伪标均为盗版**	

出 版 说 明

随着我国信息化建设步伐的逐渐加快，对计算机及相关专业人才的要求越来越高，许多高校都在积极地进行专业教学改革的研究。

加强学科建设，提升科研能力，这是许多高等院校的发展思路。众多重点大学也是以此为基础，进行人才培养。重点大学拥有非常丰富的教学资源和一批高学历、高素质、高科研产出的教师队伍，通过多年的科研和教学积累，形成了完善的教学体系，探索出人才培养的新方法，搭建了一流的教学实践平台。同学科建设相匹配的专业教材的建设成为各院校学科建设的重要组成部分，许多教材成为学科建设中的优秀成果。

为了体现以重点建设推动整体发展的战略思想，将重点大学的一些优秀成果和资源与广大师生共同分享，机械工业出版社策划开发了“21 世纪重点大学规划教材”。本套教材具有以下特点：

1）由来自于重点大学、重点学科的知名教授、教师编写。

2）涵盖面较广，涉及计算机各学科领域。

3）符合高等院校相关学科的课程设置和培养目标，在同类教材中，具有一定的先进性和权威性。

4）注重教材理论性、科学性和实用性，为学生继续深造学习打下坚实的基础。

5）实现教材“立体化”建设，为主干课程配备了电子教案、素材和实验实训项目等内容。

欢迎广大读者特别是高校教师提出宝贵意见和建议，衷心感谢计算机教育工作者和广大读者的支持与帮助！

机械工业出版社

前　言

物联网是在互联网的基础上，利用 RFID、传感器和无线传感器网络等技术，构建一个能覆盖世界上所有人与物的网络信息系统，从而使人类的经济活动与社会生活、生产运行与个人活动都运行在智慧的物联网基础设施之上，地球因此而有了智慧，人类生活因此而更加便利。

根据信息生成、传输、处理和应用的原则，参考互联网分层的经验，一个完整的物联网系统应该包含信息感知层、物联接入层、网络传输层、智能处理层和应用接口层等五个层面的功能。物联网各层之间既相对独立又联系紧密，在应用接口层以下，同一层次上的不同技术互为补充，适用于不同环境，构成该层次技术的应对策略。而不同层次提供各种技术的配置和组合，根据应用需求，构成完整的解决方案。

本书按照物联网的层次展开介绍，力争使全书层次清晰、可读性好，为读者系统全面地展示物联网及其相关技术。

物联网形式多样、技术复杂、涉及面广，所涉及的内容横跨多个学科，本书的成果实际上是凝聚了大量专家、教授和众多智者的心血，作者只是将他们的思想、观点、技术和方法凭着个人的理解并按照自己的思路整理出来。

本书引用了互联网上大量的最新资讯、报刊中的报道，在此一并向原作者和刊发机构致谢，对于不能一一注明引用来源深表歉意。对于网络上收集到的共享资料，没有注明出处或由于时间、疏忽等原因找不到出处的，以及作者对有些资料进行了加工、修改而纳入书中的，作者郑重声明其著作权属于原创作者，并在此向他们在网络上共享所创作或提供的内容表示致敬和感谢！在本书的写作中，得到了北京邮电大学网络技术研究院和作者所在单位陕西理工学院同仁们的多方支持，在此表示衷心的感谢。

书中对某一方面的技术理解有误或不准确，以及在理解、归纳和总结中出现挂一漏万的问题在所难免，恳请读者不吝赐教。

作　者

目　录

出版说明

前言

第 1 章　物联网概述 …… 1

1.1　物联网的概念 …… 1

1.1.1　物联网的定义及特征 …… 1

1.1.2　物联网发展的背景和意义 …… 2

1.1.3　物联网发展现状 …… 4

1.2　物联网体系结构 …… 6

1.2.1　物联网体系架构 …… 7

1.2.2　物联网体系的特点 …… 8

1.2.3　物联网、传感网和泛在网的关系 … 8

1.3　物联网的应用 …… 11

1.3.1　百姓身边的物联网 …… 11

1.3.2　各行各业的物联网 …… 13

1.4　物联网发展趋势 …… 20

1.4.1　物联网技术 …… 20

1.4.2　物联网产业 …… 21

1.5　物联网发展面临的挑战 …… 22

1.5.1　安全问题 …… 23

1.5.2　技术标准与关键技术 …… 23

1.5.3　商业模式与支撑平台 …… 23

习题与思考题 …… 24

第 2 章　信息自动识别技术 …… 25

2.1　自动识别技术 …… 25

2.1.1　自动识别技术概述 …… 25

2.1.2　生物识别技术 …… 26

2.1.3　磁条（卡）和 IC 卡识别技术 …… 29

2.1.4　图像识别技术 …… 29

2.1.5　光学字符识别（OCR）技术 …… 30

2.2　条形码技术 …… 30

2.2.1　条形码概述 …… 31

2.2.2　条形码的识别原理 …… 31

2.2.3　条形码技术的优点 …… 32

2.2.4　条形码的结构及其扫描 …… 33

2.2.5　条形码的编码规则和方案 …… 34

2.2.6　条形码的制作 …… 35

2.2.7　二维条码 …… 35

习题与思考题 …… 38

第 3 章　射频识别与产品电子编码 …… 39

3.1　射频识别技术 …… 39

3.1.1　概念与特点 …… 39

3.1.2　原理和分类 …… 40

3.1.3　关键技术 …… 42

3.1.4　发展和应用 …… 43

3.2　产品电子编码 …… 44

3.2.1　技术概述 …… 44

3.2.2　物品识别的基本模型 …… 45

3.2.3　技术应用展望 …… 47

习题与思考题 …… 47

第 4 章　传感器与微机电系统 …… 48

4.1　传感器技术 …… 48

4.1.1　传感器概述 …… 48

4.1.2　传感器的定义和组成 …… 49

4.1.3　传感器的作用和分类 …… 50

4.1.4　传感器的特性参数 …… 50

4.1.5　新型传感器介绍 …… 51

4.2　MEMS 技术 …… 55

4.2.1　MEMS 的基本概念 …… 55

4.2.2 MEMS 发展历史 …… 55
4.2.3 MEMS 分类 …… 55
4.2.4 MEMS 技术的特点 …… 56
4.2.5 MEMS 的相关技术 …… 56
4.2.6 MEMS 的发展前景 …… 57
4.2.7 MEMS 的发展趋势 …… 57
习题与思考题 …… 58
第 5 章 全球定位与地理信息系统 …… 59
5.1 全球定位系统 …… 59
5.1.1 系统概述 …… 59
5.1.2 系统的构成 …… 59
5.2 北斗卫星导航系统 …… 60
5.2.1 建设计划、目标和原则 …… 60
5.2.2 系统原理和意义 …… 61
5.2.3 系统优势 …… 62
5.3 地理信息系统 …… 62
5.3.1 系统概述 …… 62
5.3.2 系统的组成 …… 63
5.3.3 系统应用 …… 64
习题与思考题 …… 65
第 6 章 无线传感器网络 …… 66
6.1 无线通信网络 …… 66
6.1.1 无线通信网络概述 …… 66
6.1.2 IEEE 802.15.4 标准 …… 69
6.1.3 IEEE 802.11 标准 …… 77
6.1.4 无线城域网 WiMAX …… 84
6.2 无线传感器网络概述 …… 92
6.2.1 无线传感器网络概念 …… 92
6.2.2 传感网络的发展历史 …… 95
6.2.3 无线传感器网络的应用 …… 95
6.2.4 传感网络的关键技术 …… 97
6.2.5 传感网络结构 …… 97
6.3 传感网络的通信与组网技术 …… 101
6.3.1 物理层 …… 101
6.3.2 MAC 协议 …… 103
6.3.3 路由协议 …… 106
6.4 传感网络的支撑技术 …… 108
6.4.1 时间同步机制 …… 108
6.4.2 定位技术 …… 110
6.4.3 数据融合 …… 114
6.4.4 能量管理 …… 117
6.4.5 安全机制 …… 118
6.5 传感网络的应用开发基础 …… 120
6.5.1 仿真平台和工程测试床 …… 120
6.5.2 网络节点的硬件开发 …… 123
6.5.3 操作系统和软件开发 …… 125
习题与思考题 …… 127
第 7 章 互联网与移动互联网 …… 128
7.1 MPLS …… 128
7.1.1 MPLS 概念 …… 128
7.1.2 MPLS 体系结构 …… 130
7.1.3 MPLS 的优点 …… 132
7.1.4 MPLS 的应用 …… 133
7.1.5 LDP 简介 …… 134
7.1.6 流量工程与 MPLS TE …… 138
7.1.7 MPLS L3VPN …… 139
7.1.8 MPLS L2VPN …… 141
7.2 IPv6 技术与物联网 …… 143
7.2.1 IPv4 的局限性 …… 143
7.2.2 IPv6 简介 …… 144
7.2.3 IPv6 地址和路由技术 …… 146
7.2.4 IPv4、IPv6 的过渡技术 …… 150
7.2.5 IPv6 的物联网技术解决方案 …… 151
7.3 下一代网络 NGN …… 152
7.3.1 概述 …… 153
7.3.2 NGN 的网络构架 …… 154

7.3.3 NGN 网络系统 QoS 问题 …… 158
7.3.4 NGN 的关键技术 …… 161
7.3.5 融合接入网络技术与 NGN …… 162
7.4 3GPP …… 163
7.4.1 移动通信的发展历程及关键技术 …… 164
7.4.2 3G 主流标准简介 …… 165
7.4.3 3GPP 核心网络发展概述 …… 166
7.4.4 3GPP R99 核心网络技术 …… 168
7.4.5 3GPP R4 核心网络技术 …… 174
7.4.6 3GPP R5 核心网络技术 …… 175
7.5 3G – LTE – 4G …… 178
7.5.1 3G …… 178
7.5.2 LTE …… 181
7.5.3 4G …… 182
7.6 移动互联网 …… 184
7.6.1 移动互联网概述 …… 185
7.6.2 移动互联网与物联网的关系 …… 186
7.6.3 移动互联网的关键技术 …… 187
7.6.4 移动互联网技术框架 …… 189
习题与思考题 …… 191
第 8 章 物联网支撑技术 …… 192
8.1 物联网的计算工具 …… 192
8.1.1 计算机技术发展趋势 …… 192
8.1.2 我国高性能计算技术的发展 …… 193
8.1.3 普适计算技术 …… 194
8.2 海量信息存储 …… 198
8.2.1 网络存储技术 …… 198
8.2.2 数据中心 …… 203
8.2.3 Hadoop …… 206
8.2.4 云存储 …… 209
8.3 数据挖掘与智能决策 …… 213
8.3.1 数据库与数据仓库技术 …… 213
8.3.2 数据挖掘技术 …… 215
8.3.3 机器学习 …… 224
8.3.4 人工智能技术 …… 226
8.3.5 智能决策支持系统 …… 228
8.4 搜索引擎 …… 231
8.4.1 搜索引擎简介 …… 231
8.4.2 搜索引擎的组成及工作原理 …… 234
习题与思考题 …… 235
第 9 章 物联网应用接口技术 …… 236
9.1 行业运营平台 …… 236
9.1.1 现有业务体系面临的问题 …… 236
9.1.2 业务平台的需求分析 …… 237
9.1.3 业务平台体系结构 …… 238
9.2 物联网网络管理技术 …… 240
9.2.1 物联网的网络结构及其特点 …… 240
9.2.2 物联网网络管理的内容和管理模型 …… 241
9.2.3 物联网网络管理协议和应用 …… 243
9.3 专家系统 …… 245
9.3.1 专家系统的基本概念 …… 245
9.3.2 医疗诊断专家系统 MYCIN 简介 …… 250
9.3.3 专家系统的设计与开发 …… 252
9.3.4 专家系统在电力系统中的应用 …… 255
习题与思考题 …… 257
第 10 章 物联网安全 …… 258
10.1 物联网安全的特殊性 …… 258
10.1.1 物联网不同于互联网的安全风险 …… 258
10.1.2 物联网安全的特殊性 …… 259
10.1.3 影响信息安全的其他因素 …… 260
10.1.4 物联网安全的关键技术 …… 261
10.2 物联网分层安全机制 …… 264
10.2.1 信息感知层安全机制 …… 264
10.2.2 物联接入层和网络传输层安全机制 …… 265
10.2.3 技术支撑层安全机制 …… 267

10.2.4 应用接口层安全机制 …… 268
10.3 物联网面临的其他威胁 …… 269
10.3.1 云计算面临的安全风险 …… 269
10.3.2 WLAN 面临的六大风险 …… 270
10.3.3 IPv6 面临的四类风险 …… 272
10.3.4 传感器网络面临的威胁 …… 273
10.3.5 基于 M2M 的物联网应用安全威胁分析 …… 274
10.3.6 基于 RFID 的物联网应用安全威胁分析 …… 275
习题与思考题 …… 276
第 11 章 物联网应用案例 …… 277
11.1 基于 3G 的无线可视化环保监测系统 …… 277
11.1.1 方案概述 …… 277
11.1.2 系统方案设计 …… 278
11.1.3 系统功能及其关键技术 …… 279
11.1.4 监控服务器软件 …… 284
11.1.5 显示部分 …… 285
11.2 基于物联网的智能大棚系统设计 …… 286
11.2.1 系统总体设计 …… 286
11.2.2 监控软件功能 …… 287
11.2.3 智能大棚系统的关键技术 …… 288
11.2.4 系统功能 …… 288
11.2.5 技术方案 …… 289
11.2.6 系统集成方案 …… 290
11.3 基于 3G 的客运车辆视频监控及定位系统 …… 290
11.3.1 系统组成 …… 290
11.3.2 总体设计 …… 291
11.3.3 指挥中心远程监控客户端和服务器设计 …… 293
习题与思考题 …… 294
参考文献 …… 295

第1章　物联网概述

物联网（The Internet of Things，IOT）是继计算机、互联网和移动通信之后的又一次信息产业革命。目前，物联网已被正式列为国家重点发展的战略性新兴产业之一。物联网产业具有产业链长、涉及多个产业群的特点，其应用范围几乎覆盖了各行各业。

本章从物联网的定义、特征、应用领域、体系结构以及面临的问题等方面进行阐述，以便读者能够对物联网的概念有一个准确的认识，对物联网系统有一个整体的了解。

1.1　物联网的概念

物联网是在互联网的基础上，利用RFID、传感器和无线传感器网络等技术，构建一个覆盖世界上所有人与物的网络信息系统，从而使人类的各类活动都运行在智慧的物联网基础设施之上。

1.1.1　物联网的定义及特征

1. 物联网的定义

物联网就是“物物相连的互联网”，这里包含了两层含义：第一，物联网的核心和基础仍然是互联网，物联网就是互联网的延伸和扩展；第二，其用户端延伸和扩展到了任何人和物、物和物进行的信息交换和通信。物联网是通过各种信息传感设备，按照约定的协议，把任何物品与互联网连接起来，进行信息交换、信息通信和信息处理，以实现智能化识别、定位、跟踪、监控和管理的一种网络。它是在互联网基础上延伸和扩展的网络。

这里的“物”要满足以下条件：有相应的信息接收器；有数据传输通路；有一定的存储功能；有CPU；有操作系统；有专门的应用程序；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。这样，“物”才能够融入“物联网”，才能够具有“感知的神经”和“智慧的大脑”。

2. 物联网的特征

与传统的互联网相比，物联网有其鲜明的特征。

（1）全面感知

物联网上部署了数量巨大、类型繁多的传感器，每个传感器都是一个信息源，不同类别的传感器所捕获的信息内容和信息格式不同。传感器获得的数据具有实时性，按一定的频率周期性地采集环境信息，不断地更新数据。各种感知技术在物联网中获得了广泛应用。

（2）可靠传递

传感器采集的信息通过各种有线和无线网络与互联网融合，并通过互联网将信息实时而准确地传递出去。在物联网上的传感器定时采集的信息需要通过网络传输，由于其数量极其庞大，形成了海量信息。在传输过程中，为了保障数据的正确和及时，必须适应各种异构网络和协议。

（3）智能处理

物联网将传感器和智能处理技术相结合，利用网络、云计算、模式识别以及各种智能技术，扩充其应用领域。智能处理是从传感器获得的海量信息中分析、加工和处理出有意义的数据，对物体实施远程智能控制，以适应不同用户的不同需求，发现新的应用领域和应用模式。

1.1.2 物联网发展的背景和意义

物联网既不是美好的预言，更不是科技的狂想，而是又一场改变世界的伟大产业革命。物联网的发展是科学技术发展的必然，是人类不断追求自由和美好生活的必然，也是人类自身发展在面临诸多挑战时采取的智慧而积极的行动。

1. 必然性

目前的互联网仅仅是人与人之间信息交流的网络，我们更希望其满足人与物、物与物之间信息的自动交互和共享。物联网是互联网的延伸与扩展，物联网可以实现物理世界与信息世界的无缝连接，见图 1.1。

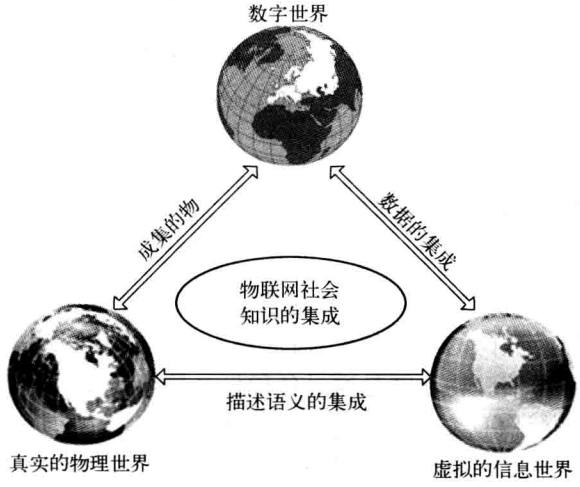


图 1.1 物理世界与信息世界无缝连接示意图

将各种功能不同的智能传感器嵌入到电网、铁路、桥梁、隧道、公路、建筑、供水系统、大坝、油气管道等物体中，通过无线传感器网络、互联网、超级计算机和云计算等组成物联网，实现人类社会与物理系统的整合，使世界上的物、人、网与社会融合为一个有机的整体。我们可以捕捉物体运行过程中的各种信息，控制小到一个开关，大到一个行业的运行过程。物联网概念的本质就是将地球上人类的经济活动与生产运行、社会生活与个人活动都放在一个智慧的物联网基础设施之上运行。

2. 技术背景

（1）互联网技术是物联网的发展基础

物联网的核心和基础仍然是互联网，是在互联网基础上的延伸和扩展的网络。物联网通过各种有线和无线网络与互联网融合，将物体的信息实时准确地传递出去，它是一种建立在互联网上的泛在网络。近二十年来，互联网的高速发展，给全世界带来了非同寻常的机遇。纵观互联网的发展史，可以看出互联网的发展具有运营产业化、应用商业化、互联全球化、互联宽带化、多业务综合平台化和智能化等特点。可以预见，物联网的发展和应用将大大超过互联网，将进一步改变人们的生产、工作、生活和学习方式。

（2）三网融合是物联网理想的通信平台

我国正在加快建设宽带、泛在、融合、安全的信息网络基础设施，推动新一代移动通信、下一代互联网核心设备和智能终端的研发及产业化，加快推进三网融合，促进物联网、云计算的研发和示范应用。随着电信、电视、计算机“三网融合”趋势的加强，未来的互联网将是一个真正的多网合一、多业务综合平台和智能化的平台，是移动网 + IP 网 + 广播电视多媒体网的网络世界，它能融合现今所有的通信业务，并能推动新业务的迅猛发展，给整个信息技术产业带来一场革命。

（3）云计算是物联网应用的商业模式

云计算是通过将计算分布在大量的分布式计算机上而非本地计算机或远程服务器中，使得各种应用系统能够根据需要获取计算力、存储空间和信息服务。它意味着计算能力也可以作为一种商品进行流通，就像煤气、水电一样，取用方便、费用低廉。目前，云计算的发展如日中天，随着物联网业务量的增加，对数据存储和计算量的需求将推动“云计算”的进一步发展，而云计算的极大发展将成为物联网发展的强大后盾。云计算助力海量数据处理，提升物联网信息处理能力，可以成为物联网网络引擎。

（4）普适计算是物联网智能的理论模型

普适计算强调与环境融为一体的计算，而计算机本身则从人们的视线里消失。在普适计算的模式下，人们能够在任何时间、任何地点，以任何方式进行信息的获取与处理。普适计算的核心思想是小型、便宜、网络化的处理设备广泛分布在日常生活的各个场所，计算设备将不只依赖命令行、图形界面进行人机交互，而更依赖“自然”的交互方式，计算设备的尺寸将缩小到毫米甚至纳米级。间断连接与轻量计算（即计算资源相对有限）是普适计算最重要的两个特征。在普适计算的环境中，无线传感器网络将广泛普及，各种新型交互技术将使交互更容易、更方便。

（5）3G/4G 是物联网便捷的接入方式

目前，伴随着 3G 和 4G 所带来的移动宽带能力，移动网络所支撑的物联网应用的前景更加广阔，移动网络将是最主要的接入手段，物联网将从单一走向融合。

（6）无线传感器网络是物联网无处不在的感知手段

无线传感器网络是一种由传感器节点构成的网络，能够实时地监测、感知和采集节点部署区域内的各种信息，并对这些信息进行处理后以无线的方式发送出去，通过无线网络最终发送给观察者。无线传感器网络中的每一个节点都配有无线电发射和接收装置，能够和网络中的其他节点进行通信。随着微机电系统、片上系统、无线通信和低功耗嵌入式技术的飞速发展，具有功耗低、成本少、分布式和自组织特点的无线传感器网络给信息感知带来了一场变革。无线传感器网络可以扩展人们与现实世界进行远程交互的能力，微传感技术和无线联网技术为无线传感器网络赋予了广阔的应用前景。

（7）RFID 是物联网最成熟的应用技术

RFID 是物联网关键技术中最成熟的一种，已经建立了相关标准，并拥有一个广阔的应用市场。21 世纪初，RFID 已经开始在中国进行试探性的应用，并很快得到政府的大力支持，RFID 的发展已经提高到国家产业发展战略层面。目前，RFID 在中国的很多领域都得到实际应用，包括环保、物流、烟草、医药、身份证、奥运门票、宠物管理等。

3. 社会背景

（1）物联网可以解决我们面临的诸多问题

历史的经验告诉我们，每一次重大的经济危机都要伴随着一场技术的革命，每次经济危机

之后，都会极大地激发人们对新技术的追求和探索。2008 年席卷全球的金融危机使人们冷静下来反省：以往的发展出了什么问题？未来应当如何应对？对如此严重的危机，现有的信息技术为什么没能及时监测、提前预警？也就是说，人类对物理世界的认知和把握还远远不够，要想真正应对各种危机，必须把信息技术的触角延伸到物理世界，以实现及时的感知，并迅速采取相应的措施。人类正面临经济衰退、全球竞争、气候变化、人口老龄化等诸多问题实际上都能够以更加“智慧”的方式解决。物联网一方面可以提高经济效益、大大节约成本，另一方面可以为全球经济的复苏提供技术动力。

（2）世界各国高层领导的重视和亲自推动

美国总统奥巴马对于发展物联网的建议给予了积极的回应：“经济刺激资金将会投入到宽带网络等新兴技术中去，毫无疑问，这就是美国在 21 世纪保持和夺回竞争优势的方式。”；欧洲各国不仅高度关注“物联网”，而且就具体的技术标准展开研究，2009 年 6 月欧盟发布了新时期下物联网的行动计划；日本和韩国在 2004 年 5 月分别提出了“U - Japan”、“U - Korea”的计划和构想，2009 年 8 月，日本提出在“U - Japan”的基础上，发展“I - Japan”成为实质性的物联网。

（3）信息化产业对物联网强力推动

目前，IBM、中国移动、无锡中科院、研祥、罗克佳华等著名企业都对物联网给予了极大的关注，并投入巨资研制物联网的各类应用。

（4）传统产业的积极呼应

物联网可以作为传统产业新的经济增长点，得到各个方面的支持，如沃尔玛、海尔等。资本市场热情高涨，我国各相关部委都在积极研究，不断地推出各类政策、措施来支持物联网产业的快速发展。

（5）社会经济发展与产业转型成为物联网发展的推动力

物联网可以将传统的工业化产品从设计、供应链、生产、销售、物流与售后服务融为一体，可以最大限度地提高企业的产品设计、生产、销售能力，提高产品质量与经济效益，实现节能降耗，能够极大地提高企业的核心竞争力。

1.1.3 物联网发展现状

物联网形式多样、技术复杂、涉及面广，所涉及的内容横跨多个学科。目前，物联网的开发和应用尚处在探索和局部应用阶段。

1. 国外发展现状

在应用和研发方面，美、欧、日、韩等少数国家起步较早，总体实力较强。目前，物联网开发和应用仍处于起步阶段，发达国家和地区抢抓机遇，希望在新一轮信息产业重新洗牌中占领先机，物联网成为各国提升综合竞争力的重要手段。

（1）美国

美国在物联网基础架构、关键技术领域已有领先优势。美国在物联网产业上的优势正在加强与扩大，国防部的“智能微尘”（SMART DUST）、国家科学基金会的“全球网络研究环境”（GENI）等项目提升了美国的创新能力。由美国主导的 EPCglobal 标准在 RFID 领域中呼声最高，德州仪器（TI）、英特尔、高通、IBM、微软在通信芯片及通信模块设计制造上全球领先，物联网已经开始在军事、工业、农业、环境监测、建筑、医疗、空间和海洋探索等领域投入应用。美国 2009 年 9 月提出《美国创新战略》，将物联网列为振兴经济、确立优势的关键战略的重要组成部分。

（2）欧盟

欧盟将信息通信技术作为促进欧盟从工业社会向知识型社会转型的主要工具，致力于提升欧盟在全球的数字竞争力。欧盟在 RFID 和物联网方面进行了大量研究应用，对 RFID 和物联网技术进行专项研发。2009 年 6 月欧盟制定物联网行动方案，推出物联网标准战略，确保物联网的可信度、接受度和安全性。2009 年 9 月 15 日，欧盟发布《欧盟物联网战略研究路线图》，提出欧盟到2010 年、2015 年、2020 年三个阶段的物联网研发路线图，并提出物联网在航空航天、汽车、医药、能源等 18 个主要应用领域和识别、数据处理、物联网架构等 12 个方面需要突破的关键技术。

（3）日本

日本是世界上第一个提出“泛在”战略的国家，2004 年日本政府在两期 E－Japan 战略目标均提前完成的基础上，提出了“U－Japan”战略。2004 年 3 月，日本总务省召开了“实现泛在网络（Ubiquitous）社会政策座谈会”，并于 5 月向日本经济财政咨询会议正式提出了以发展 Ubiquitous 社会为目标的 U－Japan 构想。2004 年 12 月，经过 36 名成员近 10 个月的工作，历经 27 次研讨，日本总务省发布了“实现泛在网络（Ubiquitous）社会政策座谈会”的最终报告书，列出了 U－Japan 战略的核心内容，排出了实现泛在网络社会的时间表。

（4）韩国

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”。配合 U－Korea 推出的 U－Home 是韩国的 U－IT839 八大创新服务之一。智能家庭最终让韩国民众能通过有线或无线的方式远程控制家电设备，并能在家享受高质量的双向与互动多媒体服务。2009 年 10 月 13 日，韩国通信委员会（KCC）通过了《基于 IP 的泛在传感器网基础设施构建基本规划》，将传感器网络确定为新增长动力，据估算至 2013 年产业规模将达 50 万亿韩元。KCC 确立了到 2012 年“通过构建世界最先进的传感器网基础实施，打造未来广播通信融合领域超一流 ICT 强国”的目标。为实现这一目标，确定了构建基础设施、应用、技术研发、营造可扩散环境等 4 大领域、12 项课题。

2. 国内发展现状

（1）中国不落后

中国在物联网方面有一定的基础，物联网技术发展基本与国际同步。目前，中国的物联网在一些行业领域得到初步应用，包括电力、智能交通、医疗卫生、家庭安防、重点区域防入侵、工业控制、农业、环境监测等诸多领域。物联网在中国迅速崛起得益于我国在物联网方面的如下优势：

1）我国早在 1999 年就启动了物联网核心传感网技术研究，研发水平处于世界前列。

2）在世界传感网领域，我国是标准主导国之一，专利拥有量高。

3）我国是目前能够实现物联网完整产业链的国家之一。

4）我国无线通信网络和宽带覆盖率高，为物联网的发展提供了坚实的基础设施支持。

5）我国已经成为世界第二大经济体，有较为雄厚的经济实力支持物联网发展。

（2）物联网标准化现状

2010 年 3 月 9 日，中国“物联网标准联合工作组”筹备会议在北京召开。“中国物联网标准联合工作组”由“工信部电子标签标准工作组”、“资源共享协同服务标准工作组”及“全国信息技术标准化技术委员会传感器网络标准工作组”、“全国工业过程测量和控制标准化技术委员会”发起。2010 年 6 月 8 日，物联网标准联合工作组正式成立。

（3）物联网技术研发现状

国内多家研究院和大学正在开展传感器网络硬件节点的研究。例如，中国科学院计算技术研究所深联科技的“基于 ZigBee 无线通信协议栈的 GAINJ、GAINZ 等系列传感器节点”；香港科技大学的“基于 Telos—B 平台的无线传感器网络节点”；南京邮电大学的“无线传感器网络系列节点 UbiCell 和 UbiCell 无线医疗传感器节点”等。国内研究机构在理论研究方面，如对无线传感器网络的网络协议、算法、体系结构等方面，提出了许多具有创新性的思想与理论。

（4）物联网应用现状

物联网应用极其广泛，下面将重点介绍物联网在电力行业、交通行业、物流行业、金融行业中应用的现状和问题，并以此管中窥豹，为后面的分析提供基础。

电力行业。按电力系统安全监控的要求，物联网可以全面应用于电力传输的整个系统，从电厂、大坝、变电站、高压输电线路直至用户终端。来自中国移动内部数据显示，目前中国移动在物联网领域的业务主要集中于电力和交通行业，其中电力行业占到中国移动物联网总业务市场的 41.9%。中国移动已经与南方电网合作，利用 M2M 技术建设智能电网，其中，电能计量自动化系统已经应用在大客户负荷管理、配变监控等领域。电力行业终端通信保证平台的推广应用，将使南方电网电信通信故障评价处理时间缩短一半以上。

交通行业。物联网在交通运输行业有着广泛的应用，智能交通领域主要有高速公路联网收费、不停车收费、多路径识别等。2009 年，交通运输部制定并对外公布了《关于推动公路水路交通运输行业 IC 卡和 RFID 技术应用的指导意见》，以提升交通运输信息化水平。中国移动在物联网领域的业务中，交通行业占到了 27.2%。另外，中国电信和中国移动已经推出多个智能交通的解决方案，中兴通讯也推出了自己的多个智能交通解决方案。

物流行业。物联网在物流领域的具体应用主要有车辆管理、集装箱管理、船舶管理、货物管理、堆场管理等。目前在物流领域，“集装箱电子标签技术规范”、“内贸集装箱电子标签技术规范”等多项标准已相继出台。此外，上海港通过国家信息化试点项目“中美集装箱电子标签国际航线应用”的实施，已代表中国，将该项目中有关应用 RFID 的核心技术向国际标准化组织提出制定相关国际标准的工作提案《Freight container – RFID – Cargo shipment Tag》，并已获得了授权，将由中国主持起草“集装箱货运标签”国际标准，编号为 150/NP 18186。这为我国抢占未来集装箱制造和运输市场，引领 RFID 在集装箱运输领域的应用发展奠定了一个较好的基础。

金融行业。金融服务是物联网重要的应用领域之一，仅在金融领域，截至 2010 年末，基于 IC 和 RFID 技术的全国银行卡发卡量累计超过 24.15 亿张，继续保持高速增长，信息技术进一步推动着金融业的改革与发展。另外，基于物联网技术的手机支付也是当前的发展热点，据工业和信息化部的数据显示，2010 年，我国手机支付用户突破 1 亿户，手机支付市场规模接近 30 亿元。继 2010 年 3 月中国移动宣布以 400 亿入股浦发银行，银联也于近日声称，由中国银联联合有关方面研发的新一代手机支付业务目前已进入大规模试点阶段，试点区域已扩展至上海、山东、浙江、湖南、四川、广东等六省市，试点地区还将进一步扩大。

1.2 物联网体系结构

物联网作为新兴的信息网络技术，目前尚处在起步阶段。目前，还没有一个广泛认同的物联网体系结构。但是，物联网体系的雏形已经形成，物联网基本体系具有典型的层级特性。

1.2.1 物联网体系架构

物联网的价值在于让物体也拥有了“智慧”，从而实现人与物、物与物之间的沟通，物联网的特征在于感知、互联和智能的叠加。根据网络分层的基本原理，从系统的角度看，物联网至少应由信息感知层、物联接入层、网络传输层、智能处理层和应用接口层5个部分组成。物联网5层架构模型，见图1.2。

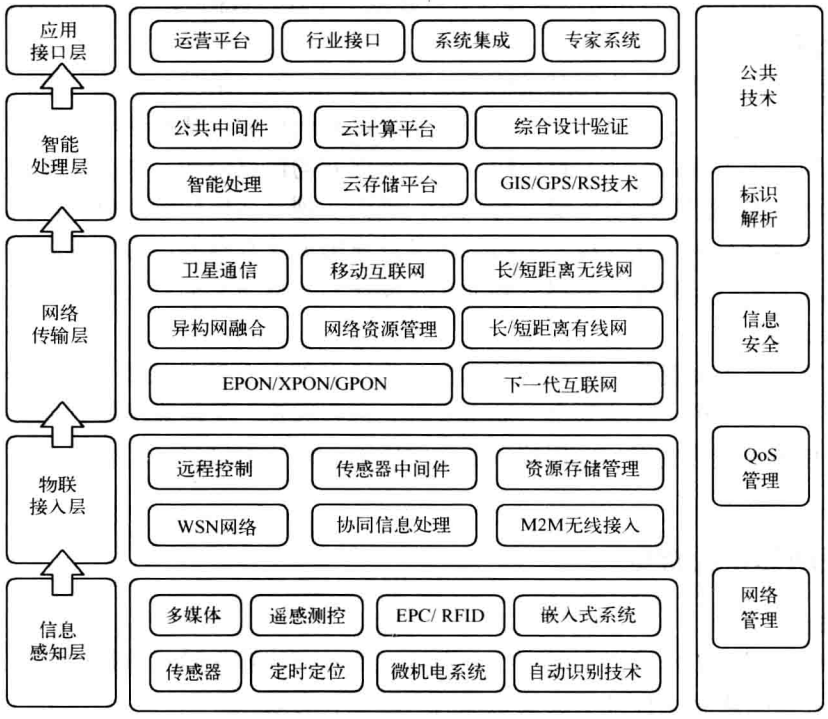


图1.2 物联网5层架构模型

1. 信息感知层

该层的主要任务是将现实世界的各种物体的信息通过各种手段，实时并自动地转化为虚拟世界可处理的数字化信息或者数据。信息感知层是物联网发展和应用的基础，RFID技术、传感和控制技术、短距离无线通信技术是信息感知层涉及的主要技术。信息感知层所识别和采集的信息主要有传感信息（如温度、湿度、压力、气体浓度）、物品属性信息（如物品名称、型号、特性、价格）、工作状态信息（如仪器、设备的工作参数）、地理位置信息（如物品所处的地理位置）等种类。

传感器能检测并可将检测到的物品的信息按所需形式输出，它是实现自动检测和自动控制的首要环节。在物联网中，传感器可以独立存在，也可以与其他设备以一体方式呈现，但无论哪种方式，它都是物联网中的感知和输入部分。在未来的物联网中，传感器及其组成的传感网络将在数据采集前端发挥重要的作用。

2. 物联接入层

该层的主要任务是将信息感知层采集到的信息，通过各种网络技术进行汇总、整合。该层重点强调各类接入方式，涉及的典型技术如：Adhoc（多跳移动无线网络）、传感器网络，Wi-Fi、3G/4G、Mesh网络、有线或者卫星等方式。接入单元包括将传感器数据直接传送到通信

网络的数据传输单元（Data Transfer Unit，DTU）以及连接无线传感网和通信网络的物联网网关设备。

3. 网络传输层

该层的基本功能是利用互联网、移动通信网、传感器网络及其融合技术等，将感知到的信息无障碍、高可靠性、高安全性地进行传输。为实现“物物相连”的需求，该层将综合使用 IPv6、3G/4G、Wi－Fi 等通信技术，实现有线与无线的结合、宽带与窄带的结合、感知网与通信网的结合。同时，网络传输层中的感知数据管理与处理技术是实现以数据为中心的物联网的核心技术。

4. 智能处理层

该层的主要任务是开展物联网基础信息运营与管理，是网络基础设施与架构的主体。目前运营层主要由中国电信、中国移动、广电网等基础运营商组成，从而形成中国物联网的主体架构。智能处理层用于支撑跨行业、跨应用、跨系统之间的信息协同、共享、互通的功能。智能处理层对下层网络传输层的网络资源进行认知，进而达到自适应传输的目的。对上层的应用接口层提供统一的接口与虚拟化支撑，虚拟化包括计算虚拟化和存储虚拟化等内容。而智能处理层则要完成信息的表达与处理，最终达到语义互操作和信息共享的目的。

5. 应用接口层

该层主要完成服务发现和服务呈现的工作。物联网的行业特性主要体现在其应用领域内，目前绿色农业、工业监控、公共安全、城市管理、远程医疗、智能家居、智能交通和环境监测等各个行业均有物联网的应用。应用接口层是物联网和用户的接口，结合行业需求，实现物联网的智能应用。

1.2.2 物联网体系的特点

1. 实时性

由于信息感知层的工作可以实时进行，所以，物联网能够保障所获得的信息具有实时性和真实性，从而在最大限度上保证了决策处理的实时性和有效性。

2. 大范围

由于信息感知层设备相对廉价，物联网系统能够对现实世界中大范围内的信息进行采集分析和处理，从而提供足够的数据和信息以保障决策处理的有效性。目前，随着 Ad－hoc 技术的发展，获得了无线自动组网能力的物联网将进一步扩大其传感范围。

3. 自动化

物联网的设计愿景是用自动化的设备代替人工，所有层次的各种设备都可以实现自动化控制，因此，物联网系统一经部署，一般不再需要人工干预，既提高了运作效率、减少出错几率，又能够在很大程度上降低维护成本。

4. 全天候

由于物联网系统的自动化运转而无需人工干预，因此，其布设基本不受环境条件、时间和气象变化的限制，可以实现全天候的运转和工作，从而使整套系统更为稳定而有效。

1.2.3 物联网、传感网和泛在网的关系

物联网信息感知层主要涉及 RFID/EPC 和传感器两项技术。RFID/EPC 技术的目的是标识物，给每个物品一个“身份证”；传感器技术的目的是感知物，包括采集实时数据（如温度、湿度）、执行与控制（打开空调、关上电视）等。