

# 物联网关键技术 及系统应用

张鸿涛 徐连明 张一文 等编著



 **机械工业出版社**  
CHINA MACHINE PRESS



# 物联网关键技术及系统应用

张鸿涛 徐连明 张一文 等编著



机械工业出版社

本书系统地介绍了物联网的概念、架构、实现技术及典型应用。首先讨论了物联网背景、特点、架构、标准及产业链等；其次介绍了感知层技术，包括EPC技术、RFID技术、传感器技术、无线传感器网络技术等；然后按照汇聚网→接入网→承载网路线展开阐述了物联网传输层技术；接着论述了物联网应用层技术，包括中间件技术、智能技术、云计算、物联网业务系统、物联网安全架构及策略等；最后介绍了物联网的典型行业应用。

本书是一部紧跟物联网技术前沿研究的专业性著作，主要适于物联网领域的研究人员和工程技术人员阅读，也可以作为通信工程及相关专业的高年级本科生、研究生和教师的专业性新技术参考书。

## 图书在版编目（CIP）数据

物联网关键技术及系统应用/张鸿涛等编著. —北京：机械工业出版社，2011.11

ISBN 978-7-111-35799-5

I. ①物… II. ①张… 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（2011）第182331号

机械工业出版社（北京市百万庄大街22号 邮政编码100037）

策划编辑：朱林 责任编辑：朱林

版式设计：张世琴 责任校对：刘岚

封面设计：路恩中 责任印制：杨曦

北京双青印刷厂印刷

2012年1月第1版第1次印刷

184mm×260mm·14.25印张·345千字

0 001—3 000册

标准书号：ISBN 978-7-111-35799-5

定价：48.00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

# 前 言

物联网为我们展示了生活中任何物品都可以变得“有感觉、有思想”的智能图景，是世界下一次信息技术浪潮和新经济引擎。在我国，物联网已经成为国家发展战略，并且初步明确了未来发展方向和重点领域。相关部门正在着手制定相关财政、金融政策和法规以确保物联网发展体制的有效性。我国企业正在随着国家的快速发展，持续提升竞争力和国际影响力，对物联网的需求逐步呈现。企业对信息化方面的认知提高，经济支付能力也将增强。

物联网的发展离不开相关技术的发展，技术的发展是物联网发展的重要基础和保障。物联网的整体架构分为3层：感知层、传输层和应用层。感知层处于3层架构的最底层，是物联网的实现基础。感知层实现对物体的感知，在物联网中，如同人的感觉器官对人体系统的作用，用来感知外界环境的温度、湿度、压强、光照、气压、受力情况等信息，通过采集这些信息来识别物体。传输层所要完成的功能是将感知层收集感知的数据信息传输给应用层，使得应用层可以方便地对信息进行分析管理，从而控制整个系统。目前，物联网传输层都是基于现有的通信网和互联网建立的，主要实现感知层数据和控制信息的双向传递、路由和控制。物联网应用层主要将物联网技术与行业专业系统相结合，感知数据处理封装，以服务的方式提供给用户，实现广泛的物物互联的应用解决方案。

本书分为5部分：第一部分（第1章）是物联网背景知识介绍，包括物联网背景、特点、架构、标准及产业链等。第二部分（第2章）对物联网的感知层技术进行介绍，包括资源寻址、EPC技术、RFID、传感器技术、无线传感器网络技术。第三部分（第3~5章）按照汇聚网→接入网→承载网路线展开阐述物联网传输层技术，其中第3章论述了汇聚网，即主要采用短距离通信技术如ZigBee、蓝牙和UWB等技术，实现小范围感知数据的汇聚，第4章论述接入网，主要采用6LoWPAN、M2M及全IP融合架构等实现感知数据从汇聚网到承载网的接入，第5章论述承载网的发展阶段及各阶段的承载方式。第四部分（第6~8章）论述物联网应用层技术。其中第6章论述应用层支撑技术包括中间件技术、对象名称解析服务、实体标记语言、智能技术和云计算等技术，第7章论述物联网业务系统及电信运营商的发展策略；第8章论述物联网安全架构及策略。第五部分（第9章）介绍了物联网的典型行业应用。

本书作者长期从事移动通信网络和物联网研究工作，具有丰富的理论基础和实践经验。本书由北京邮电大学张鸿涛、徐连明、张一文和宋振峰编著。全书由张鸿涛、徐连明统编定稿。最后，还要感谢机械工业出版社的大力支持和高效工作，使本书能尽早与

读者见面。

由于物联网技术的日新月异，在编撰过程中尽管我们力求精益求精，及时吸纳最新的物联网研究成果和技术，但由于作者理论水平和时间所限，疏漏错误之处在所难免，敬请读者原谅和指正。

**作 者**  
**于北京邮电大学**  
**2011年6月**

# 目 录

## 前言

<b>第 1 章 绪论</b> .....	1
1.1 物联网的定义 .....	2
1.2 物联网的特点 .....	3
1.3 物联网的背景 .....	4
1.4 物联网的现状 .....	5
1.5 物联网的基本架构 .....	7
1.5.1 感知层 .....	7
1.5.2 传输层 .....	8
1.5.3 应用层 .....	8
1.6 物联网技术 .....	8
1.7 物联网标准 .....	9
1.8 物联网产业链 .....	10
1.9 展望 .....	12
参考文献 .....	13
<b>第 2 章 感知层技术</b> .....	14
2.1 资源寻址与 EPC 技术 .....	14
2.1.1 EPC 技术发展背景 .....	15
2.1.1.1 国际发展情况 .....	15
2.1.1.2 国内发展情况 .....	16
2.1.2 EPC 编码 .....	16
2.1.2.1 EPC 编码规则 .....	16
2.1.2.2 EPC 应用举例 .....	18
2.2 RFID .....	20
2.2.1 RFID 简介 .....	20
2.2.1.1 RFID 系统分类 .....	20
2.2.1.2 RFID 发展状况 .....	23
2.2.2 RFID 技术标准 .....	24
2.2.2.1 RFID 标准概述 .....	24
2.2.2.2 主要技术标准体系 .....	24
2.2.3 RFID 工作原理及特性 .....	26
2.2.3.1 RFID 系统工作原理 .....	26
2.2.3.2 RFID 工作特性 .....	28
2.2.4 RFID 中的关键技术 .....	28
2.2.4.1 RFID 中的天线技术 .....	28
2.2.4.2 RFID 中的防冲突技术和算法设计 .....	29

2.2.5 RFID 的应用标签 .....	29
2.3 传感器技术 .....	30
2.3.1 传感器工作原理及分类 .....	31
2.3.2 传感器技术发展趋势 .....	34
2.3.3 传感器的特性 .....	35
2.4 无线传感器网络技术 .....	36
2.4.1 无线传感器网络的组成 .....	37
2.4.2 无线传感器网络的通信协议 .....	38
2.4.3 无线传感器网络的特点 .....	39
2.4.4 无线传感器网络面临的挑战 .....	40
2.4.5 无线传感器网络的关键技术 .....	40
2.4.6 无线传感器网络的应用 .....	41
参考文献 .....	42
<b>第 3 章 传输层——汇聚网技术</b> .....	44
3.1 ZigBee .....	44
3.1.1 ZigBee 技术简介 .....	44
3.1.1.1 什么是 ZigBee .....	44
3.1.1.2 ZigBee 的产生背景 .....	45
3.1.1.3 ZigBee 联盟 .....	45
3.1.1.4 ZigBee 性能分析 .....	45
3.1.1.5 ZigBee 与蓝牙、IEEE 802.11 的区别 .....	46
3.1.2 ZigBee 网络拓扑结构 .....	46
3.1.2.1 星形网络 .....	47
3.1.2.2 树状网络 .....	47
3.1.2.3 网状网络 .....	48
3.1.3 ZigBee 的协议栈 .....	49
3.1.3.1 物理层 .....	50
3.1.3.2 媒体访问控制层 .....	52
3.1.3.3 网络层 .....	56
3.1.3.4 应用层 .....	58
3.1.4 ZigBee 在物联网中的应用前景 .....	59
3.2 蓝牙 .....	60
3.2.1 蓝牙概念 .....	60
3.2.1.1 蓝牙技术背景介绍 .....	60
3.2.1.2 蓝牙技术的应用前景 .....	61

3.2.2 架构及研究现状 .....	62	4.2.1.4 M2M 业务运营碰到的主要 问题 .....	86
3.2.2.1 底层硬件模块 .....	63	4.2.2 M2M 对蜂窝系统的优化需求 .....	86
3.2.2.2 中间协议层 .....	63	4.2.2.1 增强网络能力 .....	87
3.2.2.3 高层应用框架 .....	63	4.2.2.2 增强接入能力 .....	87
3.2.3 蓝牙功能模块 .....	63	4.2.3 M2M 模型及系统架构 .....	87
3.2.3.1 无线单元 .....	63	4.2.3.1 中国移动 M2M 模型及系统 架构 .....	87
3.2.3.2 链路控制单元 .....	64	4.2.3.2 ETSI 系统结构图 .....	89
3.2.3.3 链路管理和软件功能 单元 .....	64	4.2.4 核心网针对 M2M 的优化 .....	91
3.2.4 关键技术点 .....	64	4.2.5 M2M 的通信管道 .....	93
3.3 UWB .....	65	4.2.5.1 基于蜂窝移动通信 .....	93
3.3.1 UWB 的概念 .....	65	4.2.5.2 基于其他无线技术 .....	93
3.3.1.1 UWB 技术介绍 .....	65	4.2.6 核心网对 M2M 业务的支持 优化 .....	94
3.3.1.2 UWB 的特点 .....	66	4.2.6.1 设备标识资源 .....	94
3.3.1.3 UWB 的应用前景 .....	67	4.2.6.2 核心网负荷 .....	94
3.3.2 UWB 的架构及研究现状 .....	68	4.2.6.3 核心网安全 .....	94
3.3.2.1 UWB 无线传输系统的基本 模型 .....	68	4.2.6.4 终端管理和计费 .....	95
3.3.2.2 UWB 的研究现状 .....	69	4.2.6.5 其他方面 .....	95
3.3.3 UWB 与物联网结合的关键 技术 .....	70	4.2.7 WMMP 通信协议概述 .....	95
3.3.4 UWB 的发展趋势 .....	72	4.2.8 M2M 技术的发展趋势 .....	98
3.3.4.1 认知超宽带系统 .....	72	4.2.9 M2M 应用前景 .....	99
3.3.4.2 基于协作模式的 UWB 定位 技术 .....	72	4.2.9.1 视频监控 .....	99
参考文献 .....	72	4.2.9.2 智能交通 .....	101
<b>第 4 章 传输层——网络接入技术</b> .....	<b>74</b>	4.3 全 IP 融合与 IPv6 以及 IPv9 .....	102
4.1 6LoWPAN .....	74	参考文献 .....	104
4.1.1 无线嵌入式设备网络对网络协议 的挑战 .....	75	<b>第 5 章 传输层——承载网技术</b> .....	<b>105</b>
4.1.2 6LoWPAN 的技术优势 .....	75	5.1 物联网承载网发展阶段 .....	106
4.1.3 6LoWPAN 的历史和标准 .....	76	5.2 物联网当前的混同承载 .....	106
4.1.4 6LoWPAN 架构 .....	77	5.2.1 物联网业务对承载网的要求 .....	106
4.1.5 6LoWPAN 协议栈 .....	79	5.2.2 3G + WLAN 是目前承载物联网的 较佳模式 .....	107
4.1.6 6LoWPAN 链路层 .....	80	5.2.3 TD-SCDMA 为物联网发展 加速 .....	108
4.1.7 6LoWPAN 寻址 .....	81	5.3 物联网未来的区别承载 .....	108
4.1.8 6LoWPAN 适配层 .....	82	5.3.1 LTE 与物联网 .....	108
4.2 M2M 接入方法 .....	83	5.3.1.1 LTE 简介 .....	108
4.2.1 概述 .....	85	5.3.1.2 物联网技术与 LTE 技术的 结合 .....	110
4.2.1.1 M2M 研究背景 .....	85	5.3.1.3 采用 LTE 技术的物联网体系 结构 .....	110
4.2.1.2 M2M 的概念 .....	85	5.3.2 LTE-A 与物联网 .....	111
4.2.1.3 M2M 系统在物联网中的 作用 .....	85		

5.3.2.1	LTE-A 简介	111	5.5.4	下一代互联网	135
5.3.2.2	LTE-A 的演进	114	5.5.4.1	下一代互联网的三个计划	136
5.3.2.3	LTE-A 与物联网的结合——D2D	114	5.5.4.2	下一代互联网的目标	136
5.3.3	物联网与光通信技术	117	5.5.5	三网融合与物联网	137
5.3.3.1	概述	117	参考文献		137
5.3.3.2	PON 技术	118	<b>第 6 章 支撑及应用技术</b>		<b>138</b>
5.4	三网融合	119	6.1	中间件	138
5.4.1	三网融合综述	120	6.1.1	中间件的概念	138
5.4.1.1	什么是三网融合	120	6.1.2	中间件的发展现状及分类	139
5.4.1.2	三网融合的表现形式	121	6.1.2.1	国内外中间件的发展现状	139
5.4.1.3	三网融合的优点	121	6.1.2.2	中间件的分类	139
5.4.2	三网融合的研究现状和发展趋势	122	6.1.3	中间件技术在物联网中的应用	141
5.4.2.1	国外现状	122	6.1.3.1	RFID 中间件	142
5.4.2.2	国内现状	122	6.1.3.2	嵌入式中间件	149
5.4.2.3	发展趋势	123	6.1.3.3	数字电视中间件	151
5.4.3	三网融合的网络架构	123	6.2	对象名称解析服务	154
5.4.4	三网融合的技术条件	125	6.2.1	ONS 的体系结构	154
5.4.4.1	数字通信技术	125	6.2.2	ONS 的工作过程	155
5.4.4.2	大容量光纤通信技术	125	6.2.3	ONS 的安全分析	155
5.4.4.3	IP 技术	125	6.3	实体标记语言	156
5.4.5	电力线通信及四网合一	125	6.3.1	PML 概述	156
5.4.5.1	电力线信道特性分析	126	6.3.2	PML 的设计	156
5.4.5.2	IEEE 电力线通信标准	127	6.3.3	PML 的应用举例	157
5.4.5.3	PLC 系统	128	6.4	物联网智能	159
5.4.5.4	PLC 技术在物联网中的应用案例: 智能家居	130	6.5	云计算	160
5.5	NGN、NGB、NGI 与三网融合	130	6.5.1	云计算概述	161
5.5.1	三网的现状、问题和发展趋势	130	6.5.2	云计算的特点	162
5.5.1.1	电信网	130	6.5.3	云计算的分类	163
5.5.1.2	有线电视网	131	6.5.4	云计算体系结构及其技术	164
5.5.1.3	互联网	131	6.5.4.1	云计算体系结构	164
5.5.2	下一代网络	131	6.5.4.2	云计算的关键技术	166
5.5.2.1	NGN 的产生	131	参考文献		167
5.5.2.2	下一代网络的定义	132	<b>第 7 章 物联网业务支撑平台</b>		<b>168</b>
5.5.2.3	NGN 特点	132	7.1	物联网业务	168
5.5.2.4	NGN 的体系结构	133	7.1.1	物联网的业务介绍	168
5.5.2.5	支撑 NGN 的关键技术	134	7.1.2	物联网的业务分类	169
5.5.3	下一代广播电视网	134	7.1.2.1	身份相关业务	169
5.5.3.1	NGB 的架构	134	7.1.2.2	信息汇聚型业务	169
5.5.3.2	NGB 的功能特点	134	7.1.2.3	协同感知型业务	170
			7.1.2.4	泛在服务	170



7.2 物联网业务系统架构 .....	171	8.5 应用层的安全需求和安全策略 .....	189
7.2.1 基于RFID的应用架构 .....	171	8.5.1 应用层的安全挑战和安全需求 .....	190
7.2.2 基于传感网络的应用架构 .....	172	8.5.2 应用层的安全策略 .....	191
7.2.3 基于M2M的应用架构 .....	173	参考文献 .....	191
7.3 物联网业务支撑参考平台 .....	173	<b>第9章 物联网典型行业应用</b> .....	192
7.3.1 业务平台需求分析 .....	173	9.1 背景介绍 .....	193
7.3.2 物联网业务运营支撑平台方案举例 .....	175	9.2 物联网的典型行业应用 .....	195
7.3.2.1 平台框架 .....	175	9.2.1 物联网在智能交通中的应用 .....	195
7.3.2.2 对外接口设计 .....	176	9.2.1.1 物联网智能交通模型 .....	195
7.3.2.3 关键模块 .....	176	9.2.1.2 物联网智能交通应用举例——交通诱导 .....	197
7.4 电信运营商在物联网业务发展中的策略 .....	177	9.2.2 物联网在医疗保健中的应用 .....	198
7.4.1 广泛开展产业合作,积极整合产业链资源 .....	177	9.2.2.1 医疗保健物联网应用概述 .....	198
7.4.2 选取具体行业进行重点突破 .....	178	9.2.2.2 医疗保健物联网应用方案 .....	199
7.4.3 开展有针对性的部署和差异化应用服务 .....	179	9.2.3 物联网在智能电网中的应用 .....	202
7.4.4 M2M市场发展策略建议 .....	180	9.2.3.1 智能电网物联网应用概述 .....	202
参考文献 .....	180	9.2.3.2 智能电网物联网应用方案 .....	203
<b>第8章 安全与管理</b> .....	181	9.2.4 物联网在智能家居中的应用 .....	205
8.1 物联网的安全体系结构 .....	181	9.2.4.1 智能家居应用概述 .....	205
8.2 感知层安全需求和安全策略 .....	183	9.2.4.2 智能家居应用方案 .....	205
8.2.1 感知层的安全挑战和安全需求 .....	183	9.2.5 物联网在物流配送中的应用 .....	208
8.2.2 感知层的安全策略 .....	185	9.2.5.1 物流配送物联网应用概述 .....	208
8.3 传输层的安全需求和安全策略 .....	185	9.2.5.2 物流配送物联网应用方案 .....	209
8.3.1 传输层的安全挑战和安全需求 .....	186	9.2.5.3 应用前景 .....	211
8.3.2 传输层的安全策略 .....	186	9.3 物联网应用新视野 .....	211
8.4 应用层的安全需求和安全策略 .....	187	9.3.1 车联网 .....	211
8.4.1 应用层的安全挑战和安全需求 .....	187	9.3.2 人体感知网 .....	212
8.4.2 应用层的安全策略 .....	188	9.3.3 其他物联网应用新视野 .....	212
8.4.3 应用层安全问题举例——云计算安全问题 .....	188	参考文献 .....	215

# 第 1 章 绪 论

太阳渐渐升起来了，温度也开始升高了，房屋里的光传感器和温度传感器感受到世界微妙的变化；7 点钟控制着你房间的窗帘自动拉开，天花板上显示着今天的天气情况和衣着建议。床头的电子提示器告诉你昨晚的睡眠质量和目前各项身体指标并将这些身体信息发送给你的私人医生。

衣柜前的显示屏已经根据今天的天气情况给出了三套服装搭配方案，你选择自己最喜欢的一种。在你穿衣服的时候，洗漱室的水已经调整到你设定的温度，你出门锻炼时，选择了离开模式，家门自动运行到“主人离家状态”。带有智能传感器的手表一路跟踪显示你运动消耗的热量、跑步速度、呼吸频率、脉搏等信息。30min 之后，自动提示你运动任务已完成。你回到家中依靠指纹识别系统开门，灯光自动打开。

打开冰箱，按照智能冰箱提供的健康绿色的食谱做好早饭。吃完早饭，开车去公司上班。走到车库门口，车库自动感应到主人，打开库门、车门也自动开启，在确认了你的目的地之后，汽车提供了一套参考行车路线，行车过程中不断与道路对话，感知拥堵并不断更换最佳行车路线；汽车同时通过与其他车进行对话，感知车距以避免事故。你在车内听着当日新闻，并且通过手机查看了办公室的状态，发送了自己将要到达的信息。

当你到达公司大厅的时候，今天的工作日程早已发送到了你的手机中，你走进办公室，秘书送来了温度适宜的咖啡。美好的一天就这样拉开了序幕……

这一切看似像科幻小说中才有的场景，在物联网（Internet of Things）时代都将变成现实。

今天，物联网已经成为一个社会各界关注研究的热点问题。随着互联网的普及，借助网络，人与人之间已经能够完成跨越空间的交流互通，物联网所要做的是将我们身边的每一件物体也连入网中，实现物与物之间的交互。“物联网”是继计算机、互联网与移动通信网的第三次信息浪潮，通信网之后的世界信息产业的又一次创举。世界各国都非常重视物联网技术。

物联网顾名思义，就是“物物相连的网络”。实现物物相连的核心和基础仍然是目前存在的各种各样的网络，包括互联网、通信网等，物联网是在现有各种网络基础上进行延伸和扩展形成的功能更加强大的网络；网络功能延伸和完善后使得用户端扩展到了物体上，让任何物体都能够进行信息交换和通信。

物联网是一个未来网络的部分，它可以被定义为一个动态的全球网络架构，具有依据标准和互操作通信协议的自配置功能，定义了物理和虚拟的“物体”。在物联网中，物理实体、虚拟个体、智能交互界面被无缝接入到信息网络之中。

在物联网中，“物体”可以灵活地参与商业、信息和社会财产活动，它们可以互相通信，也可以通过互相交换环境感应的数据和信息与周围环境进行互动，并对环境的改变自动做出相应的反应。

如今，全世界科技的快速发展使得物联网能有更进一步的发展，通过嵌入小范围的移动传输设备，让指定范围中的物体连接到网络中，实现人与物、物与物之间的通信。一个新的

维数已经建立，如图 1-1 所示，在任何时间、任何地点、任何人都可以与任何物体建立连接。

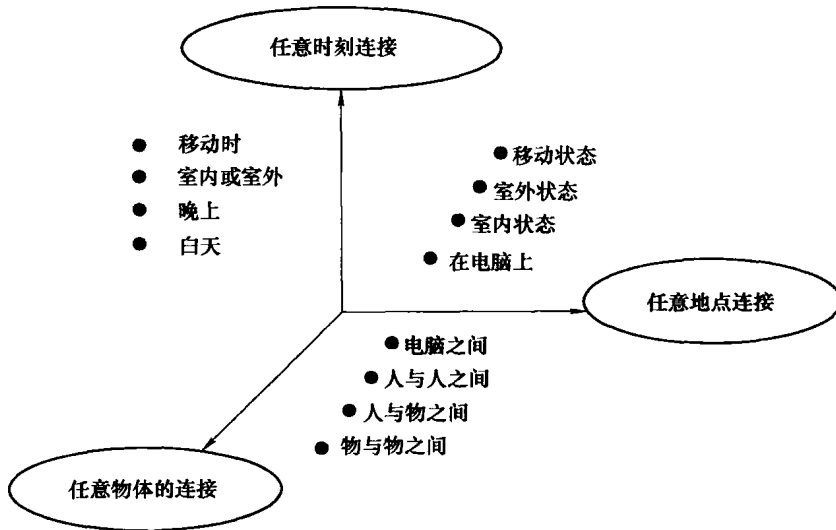


图 1-1 物联网的新维度

与其说物联网是网络，不如说物联网是业务和应用，物联网也被视为互联网的应用拓展。

### 1.1 物联网的定义

物联网（Internet of Things）这个词，国内外普遍公认的是 MIT Auto-ID（美国麻省理工学院自动识别中心）Ashton 教授 1999 年在研究 RFID 时最早提出来的。在 2005 年国际电信联盟（ITU）发布的同名报告中，物联网的定义和范围已经发生了变化，覆盖范围也有了较大的拓展，不再只是指基于 RFID 技术的物联网。

物联网是指通过传感器、射频识别技术、全球定位系统等技术，实时采集任何需要监控、连接、互动的物体或过程，采集其声、光、热、电、力学、化学、生物、位置等各种需要的信息，通过各种可能的网络接入，实现物与物、物与人的泛在链接，实现对物品和过程的智能化感知、识别和管理。

物联网中的“物”能够被纳入“物联网”的范围是因为它们具有接收信息的接收器；具有数据传输通路；有的物体需要有一定的存储功能或者相应的操作系统；部分专用物联网中的物体有专门的应用程序；可以发送接收数据；传输数据时遵循物联网的通信协议；物体接入网络中需要具有世界网络中可被识别的唯一编号。

物联网通俗地讲是指将无处不在的末端设备和设施，如贴上 RFID 的各种资产、携带无线终端的个人与车辆等“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连互通（M2M）、应用大集成以及基于云计算的 SaaS 营运等模式，在内网（Intranet）、专网（Extranet）和/或互联网（Internet）环境下，采用适当的信息安全保障机制实现对“万物”的“高效、节能、安全、环保”的“管、控、营”一

体化。

2009年9月，在北京举办的物联网与企业环境中欧研讨会上，欧盟委员会信息和社会媒体司 RFID 部门负责人 Lorent Ferderix 博士给出了欧盟对物联网的定义：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。物联网将与媒体互联网、服务互联网和企业互联网共同构成未来互联网。

## 1.2 物联网的特点

物联网具有全面感知、可靠传输、智能处理三大特点，如图 1-2 所示。

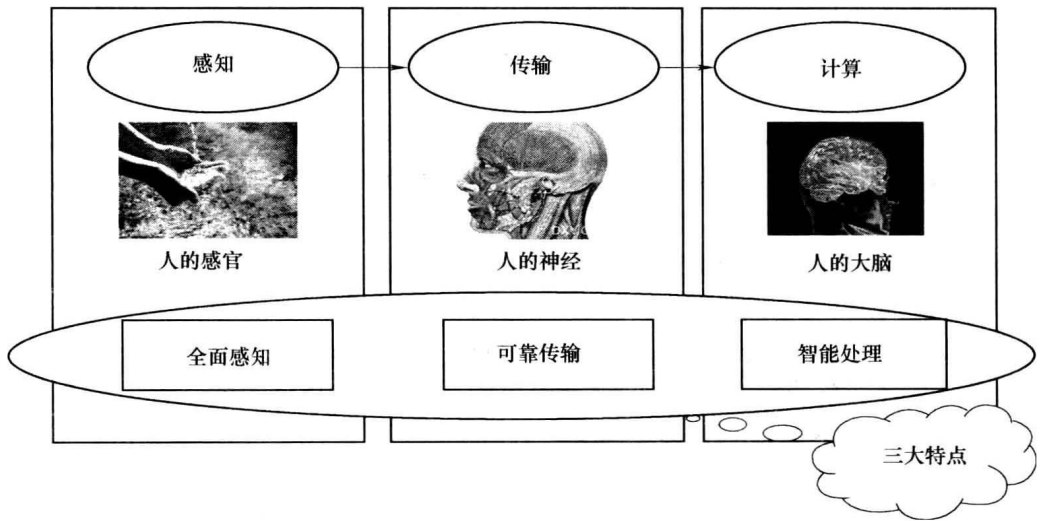


图 1-2 物联网的三大特点

物联网要将大量物体接入网络并进行通信活动，对各物体的全面感知是十分重要的。全面感知是指物联网随时随地获取物体的信息。要获取物体所处环境的温度、湿度、位置、运动速度等信息，就需要物联网能够全面感知物体的各种需要考虑的状态。全面感知就像人身体系统中的感觉器官，眼睛收集各种图像信息，耳朵收集各种音频信息，皮肤感觉外界温度等。所有器官共同工作，才能够对人所处的环境条件进行准确的感知。物联网中各种不同的传感器如同人体的各种器官，对外界环境进行感知。物联网通过 RFID、传感器、二维码等感知设备对物体各种信息进行感知获取。

可靠传输对整个网络的高效正确运行起到了很重要的作用，是物联网的一项重要特征。可靠传输是指通过物联网通过对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。获取信息是为了对信息进行分析处理从而进行相应的操作控制。将获取的信息可靠地传输给信息处理方。可靠传输在人体系统中相当于神经系统，把各器官收集到的各种不同信息进行传输，传输到大脑中方便人脑做出正确的指示。同样也将大脑做出的指示传递给各个部位进行相应的改变和动作。

在物联网系统中，智能处理部分将收集来的数据进行处理运算，然后做出相应的决策，

来指导系统进行相应的改变，它是物联网应用实施的核心。智能处理指利用各种人工智能、云计算等技术对海量的数据和信息进行分析和处理，对物体实施智能化监测与控制。智能处理相当于人的大脑，根据神经系统传递来的各种信号做出决策，指导相应器官进行活动。

### 1.3 物联网的背景

1999年美国麻省理工学院（MIT）成立的自动识别技术中心，提出了基于RFID的物联网的概念。

2005年11月17日，在突尼斯举行的信息社会世界峰会（WSIS）上，国际电信联盟（ITU）发布《ITU互联网报告2005：物联网》。报告指出，无所不在的“物联网”通信时代即将来临，世界上所有的物体从轮胎到牙刷、从房屋到纸巾都可以通过互联网主动进行交换。射频识别技术（RFID）、传感器技术、纳米技术、智能嵌入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的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。物联网概念的兴起，很大程度上得益于国际电信联盟2005年以物联网为标题的年度互联网报告。

随着物联网的提出，世界各国均提出了自己的发展策略。2004年日本总务省提出u-Japan构想，并且表示希望建设成一个“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，为呼应u-Korea这一战略，韩国信通部发布《数字时代的人本主义：IT839战略》。

2009年1月，IBM首席执行官彭明盛提出“智慧地球”构想，其中物联网为“智慧地球”不可或缺的一部分，而美国总统奥巴马在就职演讲后已对“智慧地球”构想提出积极回应，并提升到国家级发展战略。

2009年11月，欧盟提出《欧盟物联网行动计划》，制定了一系列物联网管理规则，建立了有效的分布式管理架构，涉及药品、能源、物流、制造、零售等行业。

在我国，2009年8月，温家宝总理访问中科院无锡高新微纳传感网工程技术研发中心时，提出“要在激烈的国际竞争中，迅速建立中国的传感信息中心，或者叫‘感知中国中心’”。同年11月3日，在《让科技引领中国可持续发展》的讲话中，温家宝总理再次提出：要着力突破传感网、物联网关键技术，及早部署后IP时代相关技术研发，使信息网络产业成为推动产业升级、迈向信息社会的“发动机”。在2011政府工作报告中，温家宝总理再次提出，要加快构建现代产业体系，推动产业转型升级，要加快培育发展战略性新兴产业。积极发展新一代信息技术产业，促进物联网示范应用。

“感知中国”是中国发展物联网的一种形象称呼，就是中国的物联网。通过在物体上植入各种微型感应芯片使其智能化，然后借助无线网络，实现人和物体之间“对话”，物体和物体之间的“交流”。全国各地在最近几年纷纷开展关于物联网的一系列建设。

2009年11月1日，北京40余家物联网产业相关企业和大学、科研院所等发起成立中关村物联网产业联盟，半年时间内就在应用示范、产业研究、产业促进等方面取得了显著效果。继中关村物联网产业联盟“呱呱坠地”之后，北京物联网产业界在加速跑中又有新突

破：2010年7月9日，北京物联网关键应用技术工程研究中心揭牌成立，中心旨在通过“强强联合”，力求形成“产、学、研、用”一体的产业链合作创新机制，在物联网的关键应用领域实现技术创新突破。这标志着中关村物联网产业联盟成员间的合作进入新的阶段，同时也为政府加快推动物联网产业发展提供了着力点。北京是物联网高端研发和应用的聚集区，近年来在北京奥运会、国庆60周年等多层面、多领域积极探索利用物联网技术，实现多项成功示范应用。

2010年5月，江苏省公布了《江苏省物联网产业发展规划纲要（2009—2012年）》，提出发展物联网产业要“举全省之力”。以举省发展一大产业，使得物联网产业地位迅速提高，超越了经济发展方式转变抓手中其他五大战略性新兴产业。江苏力争用3~6年左右的时间，建设成为物联网领域技术、产业、应用的先导省。江苏省把传感网列为全省重点培育和发展的六大新兴产业之一，并提出“要努力突破核心技术，加快建立产业基地”。江苏发展物联网按照“一个产业核心区、两个产业支撑区、全省应用示范先行区”的发展思路进行。其中，以无锡为产业核心区，苏州、南京为产业支撑区，构筑物联网产业基地，并面向全省建设应用示范先行区。

2010年11月8日，上海物联网产业联盟正式宣布成立。该联盟整合与协调物联网产业，提升联盟内感知、传输、网络、集成、应用等企业的研究开发和生产制造，促进物联网产业快速健康发展，在上海市场以及将来在全国市场的推广；发布《上海市促进电子商务发展规定》，依托信息技术，加快实现制造业与物流业的对接联动；以“物联网”建设为重点，推进RFID、GPS、GIS、无线测控、数字集群、传感网络等技术在“物联网”中的应用。

2011年4月21日，重庆市28家物联网相关企业、单位和大专院校组建成立重庆物联网产业发展联盟，为重庆物联网发展“铺路架桥”，以便在2015年实现产出1500亿元的目标。近年来，重庆围绕物联网产业的发展做了大量工作，并已取得了初步成效，比如中国移动物联网基地、中国物联网基地已相继落户重庆，重庆市政府出台了《重庆市人民政府关于加快推进物联网发展的意见》。

广东省积极参与物联网国家标准的制定，推进RFID技术应用和产业发展，加强粤港RFID应用合作，促进粤港澳物流业务融合和通关便利化，同时计划5年构建物联网数字家园。2011年4月广东省物联网应用产业基地盛大启动，这将加快射频识别、传感器、云计算等物联网关键技术的研究和引进。随之推动智慧家具商贸、家电全生命周期管理平台、大宗物流配送等重点工程建设，最终推进物联网发展。

物联网为我们展示了生活中任何物品都可以变得“有感觉、有思想”的智能图景，是世界下一次信息技术浪潮和新经济引擎。在我国，物联网已经成为国家发展战略，并且初步明确了未来的发展方向和重点领域。相关部门正在着手制定相关财政、金融政策和法规以确保物联网发展体制的有效性。我国企业正在随着国家的快速发展，持续提升竞争力和国际影响力，对物联网的需求逐步呈现。企业对信息化方面的认知提高，经济支付能力也将增强。

## 1.4 物联网的现状

随着传感器技术的不断发展，传感器的种类越来越多，传感器现在正向着智能化、微型

化、多功能化发展。微型传感器可以用来测量各种物理量、化学量和生物量，如位移、速度/加速度、压力、应力、应变、声、光、电、磁、热、pH 值、离子浓度及生物分子浓度等，已经对大量不同应用领域，如航空、远距离探测、医疗及工业自动化等领域的信号探测系统产生了深远影响。智能化传感器技术也处于蓬勃发展时期，智能变送器和二维加速度传感器以及另外一些含有微处理器（MCU）的单片集成压力传感器、具有多维检测能力的智能传感器和固体图像传感器（SSIS）等相继面世。与此同时，基于模糊理论的新型智能传感器和神经网络技术在智能化传感器系统的研究和发展中的重要作用也日益受到了相关研究人员的重视。现在感知层技术已经能满足大部分应用，目前的应用是短距离为主，基本实现了嵌入式，但是目前感知层技术大部分功耗比较大，有待改进。

作为物联网发展的排头兵，RFID 技术成为了市场最为关注的技术。经过几年的发展，RFID 技术的发展也是相当迅速的。在很多关键技术点上，RFID 已日趋成熟，尤其表现在阅读器识读距离的提高、标签和识读者之间数据交互稳定性的提高，以及与无线通信技术结合等多个方面。目前 RFID 的工作频率已经从低频（30 ~ 300kHz）和高频（3 ~ 30MHz）发展到超高频、2.4GHz 微波频率。超高频的读写设备分为手持式和固定式两种，手持式识读距离在 4m 左右，而固定式识读距离则可达 15m 左右；2.4GHz 微波的距离则可达 70 ~ 80m，甚至是 3km。

目前，物联网传输都是基于现有的通信网和互联网建立的，包括无线传输和有线传输。主要实现感知层数据和控制信息的双向传递、路由和控制。现在随着通信网和互联网的高速发展，各种传输技术层出不穷。相继出现了 6LoWPAN、ZigBee、Bluetooth、UWB 等技术。有了众多新技术的支持，针对不同系统的要求找到合适的传输方式不再是难题。

物联网采用中间件、智能技术、云计算等支撑技术来处理信息和辅助决策。

目前存在的中间件有很多种类，如通用中间件、嵌入式中间件、数字电视中间件、RFID 中间件和 M2M 物联网中间件等，中间件无处不在。IBM、Oracle、微软等公司都是引领潮流的中间件生产商。SAP 等大型（ERP）应用软件厂商的产品也是基于中间件架构的。国内的用友、金蝶等软件厂商也都有中间件部门或分公司。物联网产业的发展为物联网中间件的发展提供了新的机遇。欧盟 Hydra 物联网中间件 OSGi Alliance 是一个由 Sun Microsystems、IBM、爱立信等于 1999 年成立的开放软件标准化组织，最初名为 Connected Alliance。OSGi 中间件技术架构基于 Java，OSGi 的应用包括服务网关、汽车、移动电话、工业自动化、建筑物自动化、PDA 等许多物联网相关领域。

物联网智能是利用人工智能技术服务于物联网络的技术，是将人工智能的理论方法和技术通过具有智能处理功能的软件部署在网络服务器中去，服务于接入物联网的物品设备和人。物联网智能化也要研究解决 3 个层次的问题：网络思维，具体讲是网络思维、网络学习、网络诊断等；网络感知，让网络像人一样能感觉到气味、颜色、触觉；网络行为，研究网络模拟、延伸和扩展人的智能行为（例如智能监测、智能控制等行为）。

云计算是物联网平台的关键技术，它是由分布式计算、并行处理、网格计算发展来的，是一种新兴的计算模型。目前，对于云计算的认识在不断发展变化。云计算的“云”就是存在于互联网上的服务器集群上的资源，它包括硬件资源（如服务器、存储器、CPU 等）和软件资源（如应用软件、集成开发环境等），本地计算机只需要通过互联网发送一个需求信息，远端就会有成千上万的计算机为你提供需要的资源并将结果返回到本地，所有的处理

都由云计算提供商所提供的计算机群来完成。云计算将所有的计算资源集中起来，并由软件实现自动管理，无需人为参与。这使得应用提供者无需为繁琐的细节而烦恼，能够更加专注于自己的业务，有利于创新和降低成本。

## 1.5 物联网的基本架构

目前公认的物联网架构分为3层：感知层、传输层和应用层，如图1-3所示。

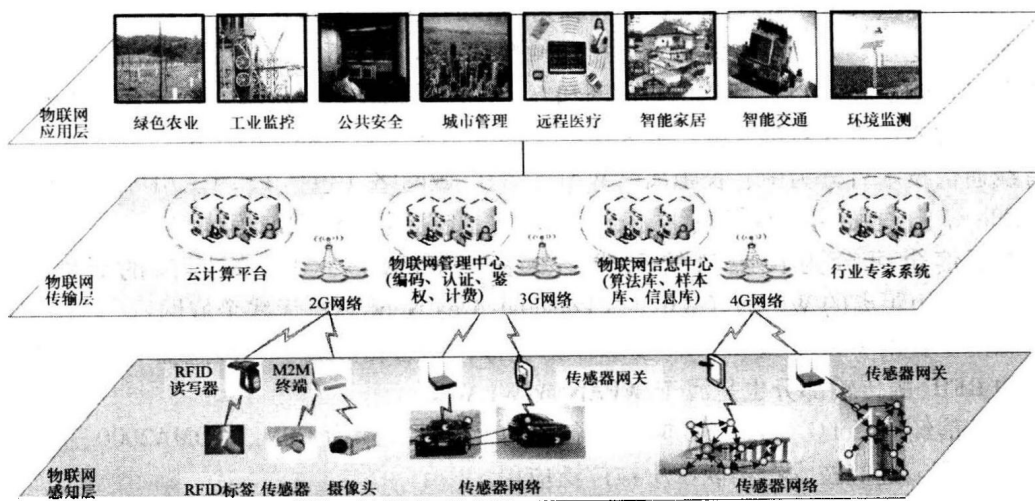


图 1-3 物联网基本架构

### 1.5.1 感知层

感知层在物联网中，如同人的感觉器官对人体系统的作用，用来感知外界环境的温度、湿度、压强、光照、气压、受力情况等信息，通过采集这些信息来识别物体。感知层包括传感器、RFID、EPC等数据采集设备，也包括在数据传送到接入网关之前的小型数据处理设备和传感器网络。感知层主要实现物理世界信息的采集、自动识别和智能控制。感知层是物联网发展的关键环节和基础部分。作为物联网应用和发展的基础，感知层涉及的主要技术包括RFID技术、传感和控制技术、短距离无线通信技术以及对应的RFID天线阅读器研究、传感器材料技术、短距离无线通信协议、芯片开发和智能传感器节点等。

作为一种比较廉价实用的技术，一维条码和二维条码在今后一段时间还会在各个行业中得到一定应用。然而，条形码表示的信息是有限的，而且在使用过程中需要用扫描器以一定的方向近距离地进行扫描，这对于未来物联网中动态、快读、大数据量以及有一定距离要求的数据采集、自动身份识别等有很大的限制，因此基于无线技术的射频标签（RFID）发挥了越来越重要的作用。

传感器作为一种有效的数据采集设备，在物联网感知层中扮演了重要角色。现在传感器的种类不断增多，出现了智能化传感器、小型化传感器、多功能传感器等新技术传感器。基于传感器而建的传感器网络也是目前物联网发展的一个大方向。



### 1.5.2 传输层

传输层相当于人的神经系统。神经系统将感觉器官获得的信息传递到大脑进行处理，传输层将感知层获取的各种不同信息传递到处理中心进行处理。使得物联网能从容应对各种复杂的环境条件，这就是各种不同的应用。目前物联网传输层都是基于现有的通信网和互联网建立的，包括各种无线、有线网关、接入网和核心网，主要实现感知层数据和控制信息的双向传递、路由和控制。通过对有线传输系统和无线传输系统的综合使用，结合 6LoWPAN、ZigBee、Bluetooth、UWB 等技术实现以数据为中心的数据管理和处理。也就是实现对数据的存储、查询、挖掘、分析以及针对不同应用的数据决策和分析。

物联网传输层技术主要是基于通信网和互联网的传输技术，传输方式分有线传输和无线传输。这两种通信方式对物联网产业来说处于同等重要、互相补充的作用。

有线通信技术可分为中、长距离（WAN）的广域网络（包括 PSTN、ADSL 和 HFC 数字电视 Cable 等），短距离的现场总线（Field Bus，也包括电力线载波等技术）。

无线通信也可分为长距离的无线广域网（WWAN），中、短距离的无线局域网（WLAN），超短距离的 WPAN（Wireless Personal Area Network，无线个域网）。

传感网主要由 WLAN 或 WPAN 技术作为支撑，结合传感器。“传感器”和“传感网”二合一的 RFID 的传输部分也是属于 WPAN 或 WLAN。

移动通信经历了 1G、2G、3G 时代，各自的代表性技术为 GSM、CDMA2000、WCDMA、TD-SCDMA 等，这些技术在物联网中被广泛应用。

### 1.5.3 应用层

物联网把周围世界中的人和物都联系在网络中，应用涉及广泛，应用包括家居、医疗、城市、环保、交通、农业、物流等方面。交通方面涉及面向公共交通工具、基于个人标识自动缴费的移动购票系统，环境监测系统以及电子导航地图；医疗方面涉及医疗对象的跟踪、身份标识和验证、身体症状感知以及数据采集系统；工控与智能楼宇方面涉及舒适的家庭/办公环境的智能控制、工厂的智能控制、博物馆和体育馆的智能控制应用；基于位置的服务方面涉及人与人之间实时交互网络、物品轨迹或人的行踪的历史查询、遗失物品查找以及防盗等应用。

物联网应用涉及行业众多，涵盖面宽泛，总体可分为身份相关应用、信息汇聚型应用、协同感知类应用和泛在服务应用。物联网通过人工智能、中间件、云计算等技术，为不同行业提供应用方案。

## 1.6 物联网技术

物联网的发展离不开相关技术的发展，技术的发展是物联网发展的重要基础和保障。

感知层是物联网发展的关键环节和基础部分。感知层涉及的主要技术包括资源寻址与 EPC 技术、RFID 技术、传感技术、无线传感网技术等。EPC 技术解决物品的编码标准问题，使得所有物联网中的物体都有统一的 ID。RFID 技术解决物品标识问题，可以快速识别物体，并获取其属性信息。传感器完成的任务是感知信息的采集。无线传感器网络完成了信息