



物联网技术与应用丛书

物联网的开发与应用实践

王仲东 黄俊桥 编著

◎ 科研、教育、产业领域专家联手打造

◎ 带您走进物联网新时代



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

物联网技术与应用丛书

物联网的开发与应用实践

王仲东 黄俊桥 编著



机械工业出版社

本书是一本实践性较强的关于物联网开发与实践的书籍。本书在介绍了物联网基本知识、EPC 与 RFID 技术、传感器技术及接口之后,又对物联网的两种操作系统逐一作了介绍。而后详细阐述了物联网的支撑技术——无线传感器网络的开发。以 TI 公司的最新产品 CC25XX 系列为例,讲述了无线传感器网络的节点、路由器、协调器、网关的设计和开发技术,并给出了两个案例——物联网在中小型变电站测控方面的应用;物联网在气象站监测方面的应用设计开发。最后对无线传感器网络的瓶颈——节点电源问题进行了探讨。

本书内容深入浅出,少理论、多案例,是读者了解物联网技术的理想读物。可作为高等院校物联网相关专业学生的参考用书,也适合广大从事物联网相关技术的工程师、单片机爱好者阅读。

图书在版编目(CIP)数据

物联网的开发与应用实践/王仲东,黄俊桥编著. —北京:机械工业出版社,2014.2

(物联网技术与应用丛书)

ISBN 978-7-111-44976-8

I. ①物… II. ①王…②黄… 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 288672 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: 阎洪庆 责任编辑: 阎洪庆

版式设计: 常天培 责任校对: 丁丽丽

封面设计: 陈 沛 责任印制: 刘 岚

北京圣夫亚美印刷有限公司印刷

2014 年 2 月第 1 版第 1 次印刷

184mm×260mm·15.5 印张·379 千字

0001—3000 册

标准书号: ISBN 978-7-111-44976-8

定价: 39.80 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

前 言

“物联网”是一个新概念，物联网技术正处在一个蓬勃发展的时期。本书旨在使读者较快地与本学科的新发展“接轨”，使更多的科学工作人员和工程技术人员参与到物联网这一领域的研究和开发行列中来，将我国的物联网理论和应用提高到新的水平，并在社会发展与经济建设中发挥作用。

物联网（Internet of Things, IoT）被誉为第三次信息科技浪潮。物联网工程是一门覆盖范围很广的综合性交叉学科，涉及计算机科学与技术、电子科学与技术、自动化、通信工程、信息安全、智能科学与技术等诸多学科领域，在科技民生、智慧城市、低碳环保、交通运输、物流配送、安防监控、智能电网、节能环保等方面有着广阔的应用前景，并且在“十二五”规划中被列为国家战略性新兴产业。本书针对从事物联网工程的广大工程技术人员、高校相关专业的师生对物联网知识的渴望需求而编写。

物联网是继计算机、互联网之后的又一次信息科技革命，是自动化和信息化的融合，它的最高目标是要实现实时获取任何地点以及任何需要的监控、连接、互动的物体或过程的信息，采集其声、光、热、电、力学、化学、生物、位置等各种有用的信息，通过各种可能的网络接入，实现物与物、物与人的泛在连接，实现对物品和过程的智能化感知、识别和管理。物联网的整体构架大体可分为三层，即感知控制层、网络传输层和应用服务层。物联网基础技术包括 EPC 和 RFID 技术，MEMS 传感器技术，M2M 技术，WSN 技术等，这些基础技术完成了物联网节点在信息获取和数据传输上的基础构建，是物联网提供有效服务的前提。物联网的关键技术包括云计算、智能服务技术等，这些关键技术为物联网信息的海量存储和处理以及智能的服务模式提供了解决方案。物联网的异构性和学科交叉的特点给我们提出了新的科学问题，例如物联网如何实现高效互连、不确定感知信息有效利用、提供动态环境服务等。同时，网络的安全性也是值得思考和深入研究的，因为物联网除了面对传统网络安全问题之外，还存在着一些与已有网络安全不同的特殊安全。总之，物联网是现有技术的凝聚融合和创新提升，而且它在结构上是开放的，任何能够实现信息获取、传输和处理的已有成熟技术和新兴技术都可以加入到物联网的建设中。因此，无论是科学研究还是市场推广，物联网都有着广阔的前景。

本书编写的总体思路是少理论、多案例，力求打破对物联网的神秘感；动手实践，在实践中学，在实践中用。

本书第 1 部分（第 1 章）整体讲述物联网的定义，分析其体系框架、支撑技术、关键技术以及研究应用，描述应用领域和接口技术；第二部分（第 2、3 章）详细阐述物联网工程的构成，包括 EPC 及 RFID 技术、位码技术、传感器技术；第三部分（第 4、5 章）简要介绍了目前我国流行的物联网的操作系统，着重讲述物联网的核心——无线传感器网络的组成、节点、路由器、协调器及网关的实际构成电路、相关程序等。第

四部分（第6~8章）提供了两个实际案例来说明无线传感器网络工程的建设过程，使读者能进一步掌握物联网技术，最后对无线传感器网中的能源取用做了详细介绍，并提供了实际电路。

本书的大量案例均以 TI 公司的 CC2530、CC2591 等为基础，兼顾其他公司的组件。

本书具有如下特色：

1. 体系结构清晰，知识全面，层次分明

本书内容由浅入深，从具体的标签技术、传感器技术到无线传感器网络、云计算、智能处理技术，再上升到物联网的方法论和安全技术。知识既有衔接性，又有一定的跨越性，适合不同层次学习的需求。

2. 案例丰富，面向具体应用，具有可操作性

结合每个知识点，本书都编写了面向应用的具体案例，力图将抽象的知识转化成具体的实现过程，便于读者学以致用。

本书由王仲东负责第1~3章、第5~8章的编写，并与黄俊桥一起负责第4章的编写，黄俊桥审阅了书中的程序，全书由王仲东统稿。

本书在编写过程中，先后得到无锡无线龙公司的周柏宏工程师、上海丽科电子有限公司的吉梅峰工程师、美国东北大学的王澎等的大力协助。其中周柏宏工程师提供了 TI 公司的 ZStack OKAL 操作系统的部分资料；美国东北大学的王澎翻译了书中所用的许多英文资料；上海丽科电子有限公司的吉梅峰工程师提供了美国迪进（DiGi）公司的无线传感器网络用模块 XbeePro 和终端收发源程序。在此表示衷心感谢。

由于知识水平有限，书中疏漏甚至错误在所难免，希望广大读者批评指正。

作者

目 录

前言

第1章 物联网概论	1
1.1 物联网的定义	1
1.2 物联网的结构	2
1.2.1 感知层	2
1.2.2 网络层	3
1.2.3 应用层	3
1.2.4 物联网技术体系结构	4
1.3 物联网及其相关技术	5
1.3.1 涉及物联网的关键技术	6
1.3.2 传感网	7
1.3.3 泛在网	8
1.3.4 M2M	9
1.3.5 云计算	11
1.3.6 信息物理系统	12
1.4 物联网的应用	13
1.5 本章小结	16
第2章 EPC 和 RFID 基础知识	17
2.1 EPC 简介	17
2.1.1 EPC 编码	17
2.1.2 EPC 网络在国外的研究现状	17
2.1.3 EPC 网络在国内的研究现状	18
2.2 EPC 网络与 EPCIS	18
2.2.1 EPCglobal 简介	18
2.2.2 系统成员	19
2.2.3 EPC 系统	19
2.3 EPC 系统的工作流程	27
2.4 条码技术	28
2.4.1 一维条码	29
2.4.2 二维条码	30
2.5 RFID 技术	33
2.5.1 RFID 概述	33
2.5.2 RFID 的发展历程	34
2.5.3 RFID 的基本组成	34
2.5.4 RFID 的产品分类	35
2.5.5 ISO/IEC RFID 行业应用 技术标准	36

2.5.6 RFID 的工作频率及应用	36
2.5.7 RFID 市场发展	38
2.6 RFID 读写器设计	39
2.6.1 MF RC500 的主要特性	39
2.6.2 IC 卡系统组成	39
2.6.3 Mifare1 卡的操作流程	40
2.7 本章小结	43
第3章 传感器技术	44
3.1 传感器基础	44
3.1.1 传感器概念	44
3.1.2 传感器作用	44
3.1.3 传感器组成与特性	45
3.1.4 传感器分类	47
3.2 常用传感器介绍	48
3.2.1 温度传感器	48
3.2.2 湿度传感器	51
3.2.3 温湿度传感器	52
3.2.4 超声波传感器	53
3.2.5 气敏传感器	54
3.2.6 光敏传感器	56
3.3 智能传感器	57
3.3.1 智能传感器概念	57
3.3.2 智能传感器组成	57
3.3.3 智能传感器功能与特点	58
3.3.4 网络化智能传感器与应用	59
3.3.5 我国有关重点攻克智能传感器与 仪器仪表技术文件	60
3.4 MEMS 技术	61
3.4.1 MEMS 概述	61
3.4.2 MEMS 特点	62
3.4.3 MEMS 应用	62
3.5 传感器接口技术	64
3.5.1 传感器接口特点	65
3.5.2 常用传感器接口电路	65
3.6 本章小结	68
第4章 无线传感器网络操作系统	69
4.1 无线传感器网络操作系统简介	69

4.1.1 无线传感器网络对操作系统的需求	69	5.4.3 性能参数预算	135
4.1.2 现有的无线传感器网络操作系统	70	5.4.4 无线通信模块原理	136
4.2 TinyOS 简介	73	5.4.5 路由器软件设计	137
4.2.1 设计理念	73	5.4.6 天线设计	138
4.2.2 技术特点	74	5.5 基于 CC2530 的 ZigBee 协调器节点设计	139
4.2.3 体系结构和版本说明	75	5.5.1 协调器的作用	139
4.2.4 TinyOS 的系统介绍	77	5.5.2 协调器节点的硬件设计	140
4.2.5 TinyOS 的开发语言	82	5.5.3 节点软件设计及组网	141
4.3 ZStack OSAL 操作系统	87	5.5.4 节点测试结果	142
4.3.1 ZStack OSAL 操作系统简介	87	5.6 基于 ARM9 的 ZigBee 无线传感器网络网关开发	143
4.3.2 ZStack 分析与移植	89	5.6.1 系统方案	143
4.3.3 OSAL 系统使用与应用添加	90	5.6.2 硬件设计	143
4.3.4 组网过程与关键 API 函数	93	5.6.3 基于 GR64 的网关实现	144
4.3.5 系统的开发环境与开发系统	94	5.7 本章小结	153
4.3.6 OSAL 操作系统的调度机制	102	第 6 章 基于物联网的中小型变电站监控系统设计	154
4.4 本章小结	114	6.1 关于配电自动化的概念	154
第 5 章 ZigBee 无线传感器网络的开发	115	6.2 监控系统总体设计	154
5.1 ZigBee 无线传感器网络的概念	115	6.2.1 中小型配电变电站的主接线	154
5.1.1 无线传感器网络概述	115	6.2.2 基于物联网的小型变电站监控系统	155
5.1.2 各层功能	117	系统的总体设计	155
5.1.3 协议特点	119	6.2.3 基于物联网的小型变电站监控系统	155
5.1.4 组网分析	119	系统的功能	155
5.1.5 传感器网络的构成	120	6.3 基于物联网的中小型变电站监控系统	156
5.1.6 传感器节点	120	系统硬件电路设计	156
5.1.7 汇聚节点	121	6.3.1 监控终端节点设计	157
5.1.8 系统软件设计	121	6.3.2 监控终端协调器与路由器节点	163
5.2 ZigBee 无线传感器网络开发的基本知识	123	硬件设计	163
5.2.1 有竞争力的 ZigBee 芯片解决方案的厂家	123	6.3.3 基于无线传感器网络的小型变电站网关节点设计	163
5.2.2 精简协议栈的 ZigBee 网络节点设计	124	6.4 基于物联网中小型变电站的软件设计	165
5.3 ZigBee 无线传感器终端的开发	128	6.4.1 终端节点的软件设计	165
5.3.1 无线监控对象的区域	128	6.4.2 网关节点的软件设计	171
5.3.2 ZigBee 节点硬件设计	128	6.5 电网调度中心的监控画面设计	175
5.3.3 系统软件设计	131	6.6 本章小结	176
5.3.4 系统测试	134	第 7 章 基于物联网的气象站设计	177
5.4 ZigBee 无线传感器路由器的开发	134	7.1 研究背景	177
5.4.1 核心芯片介绍	134	7.1.1 气象数据采集自动化、网络化的意义	177
5.4.2 硬件总体设计	135		

7.1.2 基于物联网的气象站监测系统 系统的优点	178	8.1 无线传感器网络节点电源 研究的背景	203
7.1.3 国内外行业现状及发展	179	8.2 国内外对无线传感器网络节点微 能源技术的研究现状	205
7.1.4 基于物联网的气象站监测系统	179	8.2.1 微能源技术的研究现状	205
7.2 基于物联网的气象站传感器的选择与 性能分析	181	8.2.2 无线传感器网络电源 方案的选择	206
7.2.1 检测系统的组成	181	8.3 智能电网中无线传感器网络节点电源的 解决办法	209
7.2.2 传感器的相关概念	181	8.3.1 具备厂用电场所的节点的 能量供给	209
7.2.3 传感器的选择	183	8.3.2 从被监控的设备上取得能量	210
7.3 基于物联网的气象站节点硬件设计	185	8.4 太阳能光伏电池的应用	211
7.3.1 气象站监测系统组成框图	185	8.4.1 无线传感器网络节点太阳能供电 系统设计	211
7.3.2 气象站监测系统终端节点设计	185	8.4.2 超级电容与锂电池组合的无线传 感器网络节点电源设计	216
7.3.3 气象站监测系统协调器网关 节点设计	188	8.5 其他方式供电	224
7.4 气象站监测系统节点电源设计	189	8.5.1 基于压电陶瓷电源供电的无线 传感器网络节点设计	224
7.5 基于物联网的气象站软件设计	194	8.5.2 基于振动能源供电的无线传感器 网络节点电源设计	227
7.5.1 气象站监测系统节点 软件设计	194	8.6 节点供电的潜在能源	231
7.5.2 气象站监测系统协调器 节点软件设计	197	8.6.1 薄膜太阳能电池	231
7.5.3 气象站监测系统网关软件设计	198	8.6.2 无线电力传输技术	232
7.5.4 气象站监测系统的带身份标识 软件设计	200	8.7 本章小结	236
7.5.5 上位机监测系统软件设计	201	参考文献	237
7.6 本章小结	202		
第8章 无线传感器网络中节点的 电源解决方案	203		

第 1 章 物联网概论

1.1 物联网的定义

物联网（Internet of Things, IoT）是实现物物相连的互联网络。其内涵包含两个方面：第一，物联网的核心和基础仍然是互联网，是在互联网基础上延伸和扩展的网络；第二，其用户端延伸和扩展到了任何物体与物体之间，使其进行信息交换和通信，如图 1-1 所示。

物联网在网络上又叫“M2M 技术”，它是英文（Machine to Machine）的英文缩写。所阐述的意思是：物-物通信，物-人通信，移动互联通信。

中国电信对物联网的理解是：“物联网”是基于特定的终端，以有线或无线（IP/CDMA）等为接入手段，为集团和家庭客户提供机器到机器、机器到人的解决方案，满足客户对生产过程/家居生活监控、指挥调度、远程数据采集和测量、远程诊断等方面的信息化需求。

物联网有以下三个重要特征：

- 1) 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。
- 2) 可靠传递：通过各种无线传感器网络与互联网的融合，将物的信息实时准确传递出去。
- 3) 智能处理：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处理，对物体实施智能化的控制。

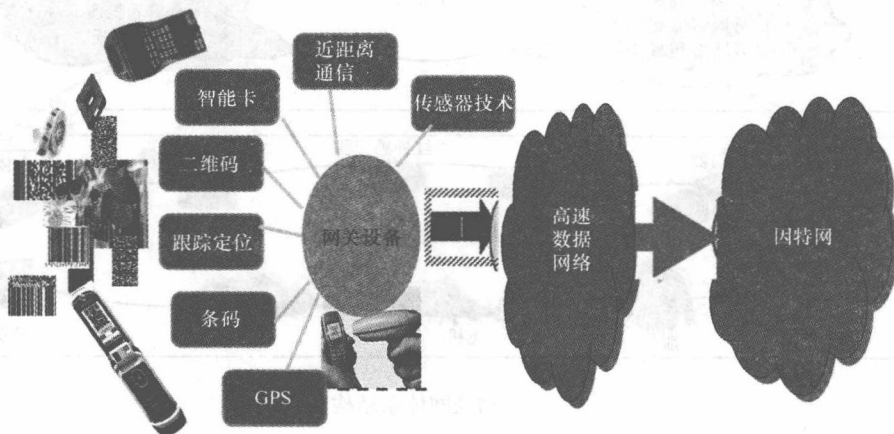


图 1-1 物联网用户端扩展到任何物体与物体之间

基于标准通信协议的下一代网络将计算机网络、媒体互联网、服务互联网、物联网整合到一个公共的全球 IT 基础架构，产生了无缝的网络和无处不在的网络化的“物”。当由

“物”连接到另一个“物”并创建了节点后，这个基础架构就可以动态地扩展和改善。

物联网的概念可以看做是人类与应用系统现有互动方式的延伸，而这种延伸是通过“物-物”通信与集成的新层面实现的。

展望物联网的未来，物联网允许人和“物”在任何时间、任何地点与任何物体及任何人，通过任意的途径、网络或者服务连接起来。以服务形式存在的接口为互联网上的这些“智慧物体”互动提供了方便，在考虑安全和隐私的前提下，这种接口可以查询、修改与它们有联系的物体的状态和任何信息。

1.2 物联网的结构

要彻底、清晰地认识物联网，离不开从体系架构和技术发展的角度了解物联网的系统组成。

从系统结构的角度看，物联网可划分为一个由感知层、网络层和应用层组成的3层体系，如图1-2所示。

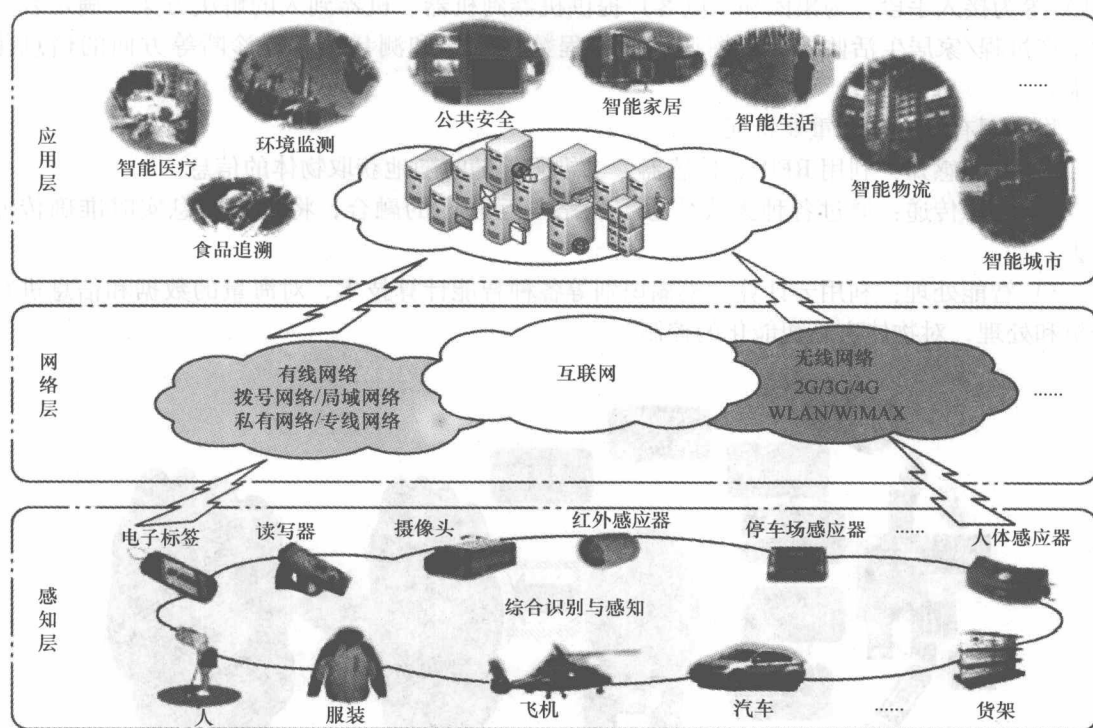


图 1-2 物联网体系结构图

1.2.1 感知层

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对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信息，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检测技术、短距离无线通信技术。

对于目前关注和应用较多的 RFID 网络来说，附着在设备上的 RFID 标签和用来识别 RFID 信息的扫描仪、感应器都属于物联网的感知层。在这一类物联网中被检测的信息就是 RFID 标签的内容，不停车收费系统（Electronic Toll Collection, ETC）、超市仓储管理系统、机场的行李自动分类系统等都属于这一类结构的物联网应用。

1.2.2 网络层

网络层是物联网的神经中枢和大脑，用于传递信息、处理信息。网络层包括通信网与互联网的融合网络、网络管理中心、信息中心和智能处理中心等。网络层将感知层获取的信息进行传递和处理，类似于人体结构中的神经中枢和大脑。

网络层解决的是传输和预处理感知层所获得数据的问题。这些数据可以通过移动通信网、互联网、企业内部网、各类专网、小型局域网等进行传输。特别是在三网融合后，有线电视网也能承担物联网网络层的功能，有利于物联网的加快推进。网络层所需要的关键技术包括长距离有线和无线通信技术、网络技术等。

物联网的网络层将建立在现有的移动通信网和互联网基础上。物联网通过各种接入设备与移动通信网和互联网相连，例如手机付费系统中由刷卡设备将内置手机的 RFID 信息采集上传到互联网，网络层完成后台鉴权认证，并从银行网络划账。

网络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，包括传感网数据的存储、查询、分析、挖掘和理解，以及基于感知数据决策的理论与技术。云计算平台作为海量感知数据的存储、分析平台，将是物联网网络层的重要组成部分，也是应用层众多应用的基础。在产业链中，通信网络运营商和云计算平台提供商将在物联网网络层占据重要的地位。

1.2.3 应用层

应用层是物联网的“社会分工”。结合行业需求，实现广泛智能化。应用层是物联网与行业专业技术的深度融合，结合行业需求实现行业智能化，这类似于人的社会分工。

物联网应用层利用经过分析处理的感知数据，为用户提供丰富的特定服务。物联网的应用可分为监控型（物流监控、污染监控）、查询型（智能检索、远程抄表）、控制型（智能交通、智能家居、路灯控制）和扫描型（手机钱包、高速公路不停车收费）等。

应用层解决的是信息处理和人机交互的问题。网络层传输而来的数据在这一层进入各类信息系统进行处理，并通过各种设备与人进行交互。这一层也可按形态直观地划分为两个子层。一个是应用程序层，进行数据处理，它涵盖了国民经济和社会的每一个领域，包括电力、医疗、银行、交通、环保、物流、工业、农业、城市管理、家居生活等，其功能可包括支付、监控、安保、定位、盘点、预测等，可用于政府、企业、社会组织、家庭、个人等。这正是物联网作为深度信息化的重要体现。另一个是终端设备层，提供人机接口。物联网虽

然是“物物相连的网”，但最终是要以人为本的，还是需要人的操作与控制，不过这里的人机界面已远远超出现时人与计算机交互的概念，而是泛指与应用程序相连的各种设备与人的交互。

应用层是物联网发展的体现，软件开发、智能控制技术将会为用户提供丰富多彩的物联网应用。各种行业和家庭应用的开发将会推动物联网的普及，也给整个物联网产业链带来丰厚的利润。

1.2.4 物联网技术体系结构

从物联网技术体系结构角度解读物联网，可以将支持物联网的技术分为四个层次：感知技术、传输技术、支撑技术与应用技术。图 1-3 给出了物联网技术体系结构的示意图。

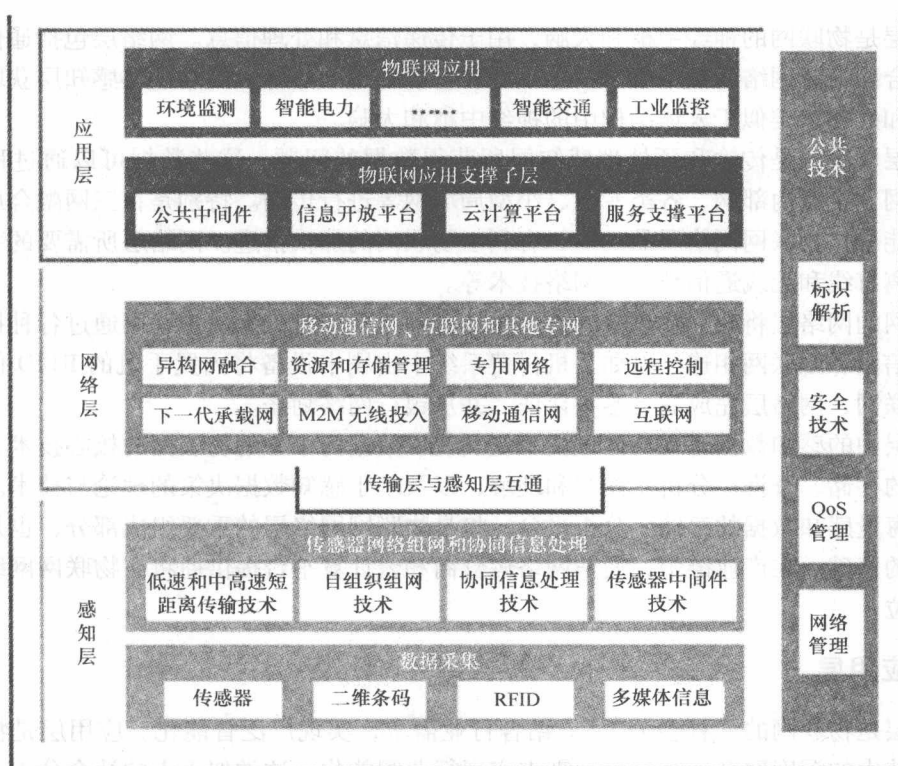


图 1-3 物联网技术体系示意图

1. 感知技术

感知技术是指能够用于物联网底层感知信息的技术，它包括 RFID 与 RFID 读写技术、传感器与传感器网络、机器人智能感知技术、遥测遥感技术以及 IC 卡与条码技术等。

2. 传输技术

传输技术是指能够汇聚感知数据，并实现物联网数据传输的技术，它包括互联网技术、地面无线传输技术以及卫星通信技术。

3. 支撑技术

支撑技术是指用于物联网数据处理和利用的技术，它包括云计算与高性能计算技术、智能技术、数据库与数据挖掘技术、GIS/GPS 技术、通信技术以及微电子技术等。

4. 应用技术

应用技术是指用于直接支持物联网应用系统运行的技术，它包括物联网信息共享交互平台技术、物联网数据存储技术以及各种行业物联网应用系统。在物联网应用中，不同行业有着不同形式的信息聚合。基于物联网的智能电力网信息聚合如图 1-4 所示。

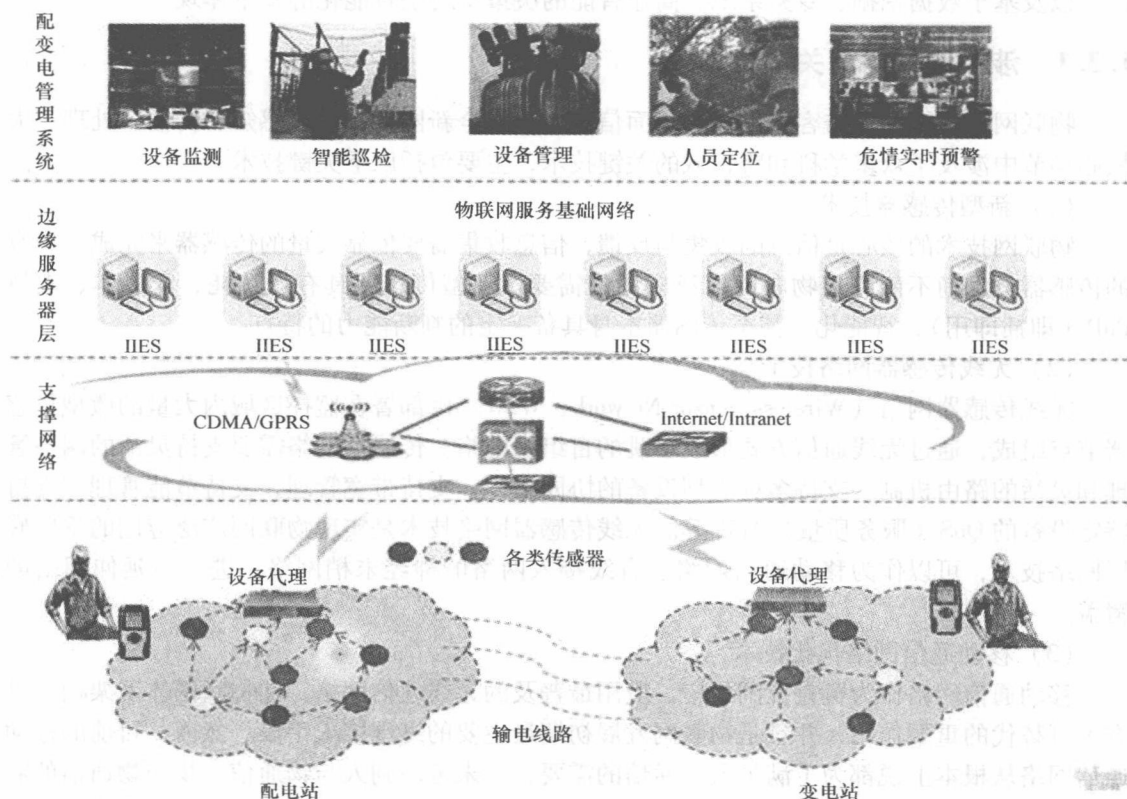


图 1-4 基于物联网的智能电力网信息聚合图

1.3 物联网及其相关技术

物联网是指通过装置在各类物体上的电子标签、传感器、二维码等经过接口与无线网络相连，从而给物体赋予智能，可以实现人与物体的沟通和对话，也可以实现物体与物体互相结合的沟通和对话，即对物体具有全面感知能力，对信息具有可靠传送和智能处理能力的连接物体与物体的信息网络。

全面感知、可靠传送、智能处理是物联网的特征。“全面感知”是指利用射频识别 (RFID)、二维码、GPS、摄像头、传感器、传感器网络等感知、捕获、测量的技术手段随

时随地对物体进行信息采集和获取；“可靠传送”是指通过各种通信网络与互联网的融合，将物体（Things）接入信息网络，随时随地进行可靠的信息交互和共享；“智能处理”是指利用云计算、模糊识别等各种智能计算技术，对海量的跨地域、跨行业、跨部门的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。

另外，泛在化、智能化是物联网的两大特征。所谓泛在化是指传感器网络部署的泛在化和移动通信网络覆盖的泛在化，以及各类物联网业务与应用的泛在化。而各种信息的协同处理，以及基于数据挖掘、专家系统、商业智能的决策支持是智能化的集中体现。

1.3.1 涉及物联网的关键技术

物联网作为实现人与客观世界的全面信息交互的全新网络，在其感知、传输、处理三大核心环节中涉及了众多学科和跨领域的关键技术，主要包括以下关键技术：

（1）新型传感器技术

物联网技术的核心是信息的收集与反馈，信息收集需要依靠大量的传感器来完成。现有的传感器技术尚不能满足物联网广泛应用的需要。新型传感器具有低功耗、低成本、支持 PnP（即插即用）、智能化，甚至传感器本身具备一定的判断能力的特点。

（2）无线传感器网络技术

无线传感器网络（Wireless Sensor Network, WSN）由部署在监控区域内大量的微型传感器节点组成，通过无线通信方式形成多跳的自组织网络。传感器网络需要支持灵活的网络管理和灵活的路由机制，支持多种类型设备的协同工作，支持带宽管理，支持节能管理，支持特定设备的 QoS（服务质量）管理等。无线传感器网络技术是实现物联网广泛应用的重要底层网络技术，可以作为移动通信网络、有线接入网络的神经末梢网络，进一步延伸网络的覆盖。

（3）移动通信网络优化技术

移动通信网络作为覆盖范围最广、应用最普及的无线通信网络，在物联网体系架构中具有不可替代的重要作用，并且是物联网发展初期最主要的终端接入手段。然而，目前的移动通信网络从根本上说都是为了满足人人通信的需要，并未考虑到人与物通信、物与物通信的需求。因此，必须从物物通信的业务模型出发，对移动通信网络进行优化。通过设计更低带宽、更低码率编码的传输方式，支持更小资源粒度的分配；增强 I2/L3 协议，支持大量低数据率终端的接入；简化同步、小区搜索、随机接入、切换过程以及移动性管理；简化调度、功控、HARQ（混合自动重传请求）和链路自适应。

（4）异构网络接入与组网技术

物联网应用中，大量设备会以不同的方式接入网络，如 LAN、WiFi、WiMax、GSM、TD-SCDMA、WSN 等。因此，这就要求各类异构网络能够实现互联互通，而且要求网络设备、智能终端根据自己的应用需求、通信能力、能源供给情况、网络环境等智能地选择接入方式。此外，异构网络还必须能够支持多种终端或网元间的相互协同、以完成某一任务为目标的、临时的动态组网，以提高物物互联的效率。

（5）网络与终端管理技术

物联网的广泛应用需要对网络实施有效的管理，即使是最末梢的网络同样需要有效的管

理。由于物联网的广泛性,设备的多样性,网络和终端的管理能力需要具备相当的弹性,也就是说管理能力可配置,这一点是目前物联网发展广泛应用的一个瓶颈。此外,大范围的物联网广泛应用,需要完整的后端管理平台,支持大量终端的多种接入方式。

(6) 智能的信息处理技术

大量传感器采集的海量信息汇聚到业务平台,对平台的信息处理、存储、分析、数据挖掘提出了极高的要求。如何利用云计算、模糊识别等各种智能计算技术,对海量的跨地域、跨行业、跨部门的数据和信息进行分析处理,实现智能化的决策和控制是我们面临的巨大挑战。

(7) 能耗管理技术

大量物体互联成网时,不同的物体有不同的能量供给情况,有些设备有固定持续的供电,有些设备只能依靠电池供电甚至只能依靠能量转化技术来工作,因此物联网需要解决不同设备在低能耗时的联网问题。

(8) 安全技术

物联网终端大量处于无人值守的环境中,且具备终端节点数量巨大、感知节点群组化、移动性低等特点,这对物联网终端的安全性提出更高的要求,具体包括防盗用、物理安全、通信安全、存储安全、终端应用运行环境安全等。

(9) 应用开发环境技术

物联网因应用领域不同而千差万别,因此,如何高效、快捷地开发应用是物联网大规模开展的必要条件。应用开发环境是在硬件和操作系统上,支持应用软件开发和运行的一类软件,它是基于分布式处理、位于操作系统和应用程序之间的通用软件。应用开发环境能够使应用软件相对独立于计算机硬件和操作系统平台,可以认为是操作系统为适应分布式计算的功能扩充。

1.3.2 传感网

传感网对于实现物联网是非常重要的,它可以接触真实世界的物体,并将物体的信息传递到网络中去。传感网可以看成是传感器模块和组网模块共同构成的一个网络。传感器仅仅感知到信号,并不强调对物体的标识。例如可以让温度传感器感知到森林的温度,但并不一定需要标识哪根树木。

微机电系统(Micro-Electro-Mechanic System, MEMS)、片上系统(System on Chip, SoC)、无线通信和低功耗的嵌入式技术的飞速发展,孕育出无线传感器网络(WSN),并以其低功耗、低成本、分布式和自组织的特点带来了信息感知的一场变革。无线传感器网络就是由部署在监测区域内大量的廉价微型传感器节点组成,通过无线通信方式形成的一个多跳自组织网络。

传感器网络是以对物理世界的数据采集和信息处理为主要任务,以网络为信息传递载体,实现物与物、物与人、人与物之间信息交互,提供信息服务的智能网络信息系统。该定义出自全国信息技术标准化技术委员会所属传感器网络标准工作组的2009年9月的工作文件,该文件认为传感器网络具体表现在,它综合了微型传感器、分布式信号处理、无线通信网络和嵌入式计算等多种先进信息技术,能对物理世界进行信息采集、传输和处理,并将处理结果以服务的形式发布给用户。无线传感器网络体系结构图如图1-5所示。

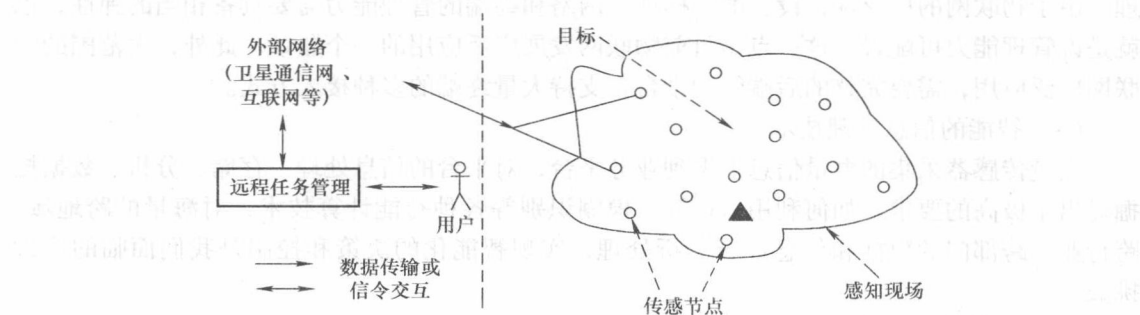


图 1-5 无线传感器网络体系结构

一个典型的传感器网络的结构包括分布式传感器节点（群）、基站节点、互联网和用户界面等。

传感器网络节点的组成和功能包括如下 4 个基本单元：传感单元（由传感器和 A-D 转换功能模块组成）、处理单元（由嵌入式系统构成，包括 CPU、存储器、嵌入式操作系统等）、通信单元（由无线通信模块组成）、电源部分。此外，可以选择的其他功能单元包括：定位系统、远动系统，以及供电系统等。

在传感器网络中，节点通过各种方式大量部署在被感知对象的内部或者附近。这些节点通过自组织方式构成无线网络，以协作的方式感知、采集和处理网络覆盖区域中特定的信息，可以实现对任意地点任意时间的信息采集、处理和分析，传感器网络通过任务管理器来管理和控制整个系统。

传感器网络无处不在的特点使其在不远的未来成为我们生活中不可缺少的一部分，有着非常广泛的应用前景。

1.3.3 泛在网

泛在网的架构包括三个层次的内容：一是无所不在的基础网络；二是无所不在的终端单元；三是无所不在的网络应用。

最早提出 U 战略的日本和韩国给出的定义是，无所不在的网络社会将是由智能网络、最先进的计算技术以及其他领先的数字技术基础设施构成的技术社会形态。根据这样的构想，U 网络将以“无所不在”、“无所不包”、“无所不能”为基本特征，帮助人类实现“4A”化通信，即在任何时间（anytime）、任何地点（any where）、任何人（anyone）、任何物（anything）都能顺畅地通信。

目前，业界对于支持人与物、物与物广泛互联、实现人与客观世界的全面信息交互的全新网络的命名，一直存在着物联网、传感网、泛在网这三个概念之争，这三个概念之间的关系如图 1-6 所示。

在传感器网络的概念中，如果将传感器的概念进行扩展，认为 RFID、二维条码等信息的读取设备和音视频录入设备等数据采集设备都是一种特殊的传感器，则范围扩展后的传感器网络即简称为与物联网概念并列的“传感网”。而 ITU-T、ISO/IEC JTC1/SC6 等国际标准化组织对传感器网络、物联网定义和标准化范围来看，传感器网络和物联网其实是一个概

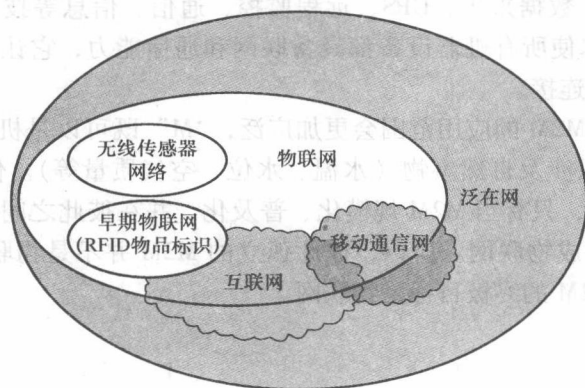


图 1-6 物联网、传感网、泛在网关系图

念、两种不同的表述，其实质都是依托于各种信息设备实现了物理世界和信息世界的无缝融合。业界也有观点认为，物联网是从产业和应用角度，传感网是从技术角度对同一事物的不同表述，但其实质是完全相同的。因此，无论从哪个角度，都可以认为目前为人所熟知的“物联网”和“传感网”这两个概念，都是以传感器、RFID 等客观世界标识、感知技术，借助于无线传感器网络、互联网、移动网等通信网络实现人与物理世界的信息交互。而泛在网是面向泛在应用的各种异构网络的集合，且更强调跨网之间的信息聚合与应用。

总结起来，泛在网所涉及的技术体系有 3 大类，包括智能终端系统、基础网络技术，以及应用层技术，每大类又涉及诸多关键技术。

以智能终端系统为例，未来泛在网的智能终端是融合的，不只是传统意义上的融合通信终端，还是对人进行多方面能力延伸的终端。比如，需要具备延伸人对环境的感知能力，因而多功能传感技术、音视频识别、理解、监测等技术将得到广泛应用；需要具备人对物理世界操作能力的延伸；具备电子控制和远程执行的能力等。

泛在网是融合既有的和新建的网络基础设施而成的，融合是现有网络基础设施未来的发展趋势，即具备融合固定、移动业务能力和融合电信、互联网、广电网业务的能力。未来的网络需要超强的智能性，即要具备感知环境、内容、语言、文化的能力。泛在网要满足各种层次的信息化应用，要求基础网络具有不同安全等级和不同服务质量的网络能力。泛在网最重要的一个特征是无缝的移动性，移动宽带网络是最重要的网络基础设施。

根据泛在的内涵，泛在网关注的是人与周边的和谐交互，无处不在的感知设备与无线网络是和谐交互的手段。最终的泛在网形态上，既有互联网的部分，也有物联网的部分，还有一部分属于智能系统（推理、情境建模、上下文处理、业务触发）范畴。物联网在概念的指向上强调了从人到物的迁移，但如何阐述人与物、物与物的关系就变得非常重要，这成为泛在网和物联网共同的课题。

1.3.4 M2M

物物互联（Machine to Machine, M2M）所表达的是将多种不同类型的通信技术（包括机器之间的通信、机器控制通信、人机交互通信、移动互联通信等）有机地结合在一起，如图 1-7 所示。它让机器、设备、应用处理过程与后台信息系统共享信息，并与操作者共享