



中国电子学会物联网专家委员会推荐

高职高专物联网应用技术专业“十二五”规划教材

物联网技术与应用实践 (项目式)

Application and Practice Based on Internet of Things Technologies

熊茂华 熊 昕 甄 鹏 编著
梅仲豪 主审



西安电子科技大学出版社
<http://www.xduph.com>

中国电子学会物联网专家委员会推荐

高职高专物联网应用技术专业“十二五”规划教材

物联网技术与应用实践

(项目式)

熊茂华 熊 昕 甄 鹏 编著
梅仲豪 主审

西安电子科技大学出版社

内 容 简 介

本书详细介绍了物联网的概念、实现技术和典型应用。首先讨论物联网的基本概念、物联网的国内外发展现状、体系结构、软硬件平台系统组成、关键技术以及应用领域；其次介绍传感器及检测技术、检测系统的设计、RFID 的工作原理及系统组成、RFID 中间件技术、RFID 应用系统开发示例等；然后介绍物联网通信与网络技术，包括蓝牙技术、Wi-Fi 技术、ZigBee 技术、ZigBee 网络系统的应用、GPRS 技术及典型应用、无线传感网技术及传感器网络系统设计与开发等；最后介绍物联网技术及应用示例、物联网典型应用系统设计与开发等，使课程理论与实践紧密地结合起来。

本书是一本物联网技术应用与实践的实用指导书籍，通过案例详细介绍了物联网应用系统的设计、开发与实践。本书深入浅出，既可作为高等院校电气信息类、计算机类专业的高职生教材，也可作为同类专业的应用型本科生教材，亦可作为信息技术类科研人员、管理人员、研究生和物联网系统设计与开发人员的技术参考书以及物联网技术培训教材。

本书配套开发工具软件、习题参考答案、项目程序和课件，需要者可与西安电子科技大学出版社联系。

图书在版编目(CIP)数据

物联网技术与应用实践：项目式/熊茂华，熊昕，甄鹏编著。

—西安：西安电子科技大学出版社，2014.10

高职高专物联网应用技术专业“十二五”规划教材

ISBN 978-7-5606-3500-2

I. ① 物… II. ① 熊… ② 熊… ③ 甄… III. ① 互联网络—应用—高等职业教育—教材 ② 智能技术—应用—高等职业教育—教材 IV. ① TP393.4 ② TP18

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 216514 号

策 划 邵汉平

责任编辑 邵汉平 刘 贝

出版发行 西安电子科技大学出版社（西安市太白南路 2 号）

电 话 (029)88242885 88201467 邮 编 710071

网 址 www.xduph.com 电子邮箱 xdupfxb001@163.com

经 销 新华书店

印刷单位 陕西天意印务有限责任公司

版 次 2014 年 10 月第 1 版 2014 年 10 月第 1 次印刷

开 本 787 毫米×1092 毫米 1/16 印张 20

字 数 475 千字

印 数 1~3000 册

定 价 35.00 元

ISBN 978-7-5606-3500-2 / TP

XDUP 3792001-1

*** 如有印装问题可调换 ***

本社图书封面为激光防伪覆膜，谨防盗版。

前 言

物联网(The Internet of Things)带来信息技术的第三次革命。将物联网与现有的互联网整合起来,实现人类社会与物理系统的整合,在这个整合的网络中,存在能力超级强大的中心计算机群,能够对整合网络内的人员、机器、设备和基础设施实施实时的管理和控制,在此基础上,人类可以以更加精细和动态的方式管理生产和生活,达到“智慧”状态,提高资源利用率和生产力水平,改善人与自然间的关系。为满足各地物联网技术与应用人才培养的急需,我们编写了本书。

本书共有 10 个项目,主要内容如下:

项目一 物联网体系架构设计。介绍了物联网的国内外发展现状、物联网的应用、物联网的自主体系结构、物联网的 EPC 体系结构、物联网的 UID 技术体系、构建物联网体系结构的原则、实用的层次性物联网体系架构,及感知层、网络层和应用层等功能及关键技术等。

项目二 物联网开发环境的构建。介绍了 IOT-L01-05 型物联网综合平台;KeilC 集成开发环境的构建及使用,ZigBee 开发环境的构建、配置与使用,ZigBee 协议栈的安装与应用,Java 开发环境的构建、配置与使用,Android 开发环境的构建、配置与应用程序开发。

项目三 传感器与检测的实现。介绍了传感器的基础知识,主要内容包括传感器的分类、性能指标、组成结构,传感器在物联网中的应用,检测技术分类,检测系统组成,典型传感器,以及传感器的应用实践等。

项目四 射频识别技术应用项目的开发。介绍了射频识别技术基础知识,RFID 技术分类、应用、标准、工作原理及系统组成,几种常见的 RFID 系统,RFID 中间件技术,以及 RFID 典型模块应用实践等。

项目五 物联网通信技术应用项目开发。介绍了蓝牙技术、Wi-Fi 技术、ZigBee 技术,GPRS 技术等基础知识及应用实践、无线网的综合实践等。

项目六 无线传感器网络技术应用与实践。介绍了无线传感器网络基础知识、无线传感器网络体系结构及协议系统结构、无线传感网路由协议、传感网系统设计与开发、无线传感器网络的应用实践等。

项目七 基于物联网的公交车收费系统设计。介绍了项目的需求分析、系统硬件和软件设计,并对部分源代码进行了解析。

项目八 基于物联网的环境监测报警系统。介绍了项目的需求分析、系统硬件和软件设计,并对部分源代码进行了解析。

项目九 基于 RFID 技术的 C/S 模式智能仓储物流系统设计。介绍了项目的需求分析、系统硬件和软件设计,并对部分源代码进行了解析。

项目十 基于物联网的智能泊车系统设计。主要包括智能泊车系统的简介、系统的结构设计、系统的模块接口设计、系统的界面设计及系统的软件设计。

本书是作者与广州飞瑞敖电子科技有限公司校企合作开发的教材。全书由广州番禺职业技术学院熊茂华、熊昕，广州飞瑞敖电子科技有限公司的甄鹏等编著，广州飞瑞敖电子科技有限公司梅仲豪主审。熊茂华编写了项目一、项目四、项目五和项目十，熊昕编写了项目二、项目三和项目六，甄鹏编写了项目七、项目八和项目九。

本书由熊茂华负责全面内容规划、编排，由熊茂华、梅仲豪共同审定。本书配套开发工具软件、习题参考答案、项目程序和课件，需要者可与西安电子科技大学出版社联系。

本书中的项目一至项目九中的实践案例选自广州飞瑞敖电子科技有限公司中物联网综合实验平台的实验实训项目，由该公司提供实践程序的源代码；项目十选自北京博兴创业有限公司的物联网应用项目。在此谨向广州飞瑞敖电子科技有限公司和北京博兴创业有限公司以及在编写本书的过程中提供帮助的人深表谢意。

由于编者水平有限，书中难免存在疏漏和不妥之处，恳请读者批评指正。

编 者

2014 年 1 月

目 录

项目一 物联网体系架构设计	1	实践题	61
1.1 任务一：背景知识	1		
1.1.1 国外物联网发展现状	2		
1.1.2 国内物联网现状	3		
1.1.3 物联网的应用	4		
1.2 任务二：物联网体系架构	5	项目三 传感器与检测的实现	62
1.2.1 物联网的自主体系结构	5	3.1 任务一：传感器的基础知识	62
1.2.2 物联网的 EPC 体系结构	5	3.1.1 传感器的概述	62
1.2.3 物联网的 UID 技术体系	7	3.1.2 传感器的分类	63
1.2.4 构建物联网体系结构的原则	7	3.1.3 传感器的性能指标	64
1.2.5 实用的层次性物联网体系架构	8	3.1.4 传感器的组成和结构	65
1.3 任务三：物联网体系架构详析	9	3.2 任务二：检测技术基础	66
1.3.1 感知层	9	3.2.1 检测系统概述	66
1.3.2 网络层	14	3.2.2 检测技术分类	67
1.3.3 应用层	17	3.2.3 检测系统组成	68
练习题	19	3.3 任务三：典型传感器的选择	69
		3.3.1 磁检测传感器	69
项目二 物联网开发环境的构建	22	3.3.2 光照传感器	70
2.1 任务一：了解物联网综合平台	22	3.3.3 红外对射传感器	71
2.2 任务二：KeilC 集成开发环境的构建	23	3.3.4 人体检测传感器	71
2.2.1 KeilC 开发环境的安装	23	3.3.5 温湿度传感器	72
2.2.2 KeilC 的使用	23	3.3.6 红外感应火焰传感器	77
2.3 任务三：ZigBee 开发环境的构建	25	3.3.7 声响检测传感器	77
2.3.1 IAR 集成开发环境的安装	25	3.3.8 烟雾检测传感器	79
2.3.2 IAR 的使用	26	3.3.9 结露检测传感器	79
2.3.3 ZigBee 协议栈安装与应用	32	3.3.10 酒精检测传感器	80
2.3.4 程序仿真与调试	39	3.4 任务四：物联网中传感器应用实践	81
2.4 任务四：Java 开发环境的构建	43	3.4.1 实践一：温湿度传感器应用	81
2.4.1 Java 开发环境构建	43	3.4.2 实践二：光敏传感器应用	91
2.4.2 Java 应用程序开发	46	练习题	97
2.5 任务五：Android 开发环境的构建	47		
2.5.1 Android 开发环境的构建和配置	47	项目四 射频识别技术应用	
2.5.2 Android 应用程序开发	55	项目的开发	98
		4.1 任务一：射频识别技术基础知识	98
		4.1.1 射频识别	98
		4.1.2 RFID 技术分类	99

4.1.3 RFID 技术标准.....	102
4.2 任务二: RFID 系统的组成.....	103
4.2.1 RFID 的工作原理及系统组成.....	103
4.2.2 RFID 系统中的软件组件.....	105
4.3 任务三: 几种常见的 RFID 系统.....	106
4.3.1 电感耦合 RFID 系统.....	107
4.3.2 反向散射耦合 RFID 系统.....	108
4.4 任务四: RFID 中间件技术.....	110
4.4.1 RFID 中间件的组成及功能特点.....	110
4.4.2 RFID 中间件体系结构.....	112
4.5 任务五: RFID 典型模块应用实践.....	113
4.5.1 高频(HF)读卡模块.....	113
4.5.1 MIFARE 1 卡通信测试实训.....	121
练习题.....	127

项目五 物联网通信技术应用

项目开发	130
5.1 任务一: 蓝牙技术应用与实践	130
5.1.1 蓝牙技术的背景知识.....	130
5.1.2 蓝牙网关.....	132
5.1.3 蓝牙系统的结构及组成.....	133
5.1.4 实践一: Bluetooth 模块的 应用实践.....	135
5.1.5 实践二: 基于 Bluetooth 的 传感器网络实践.....	143
5.2 任务二: GPRS 技术应用开发	159
5.2.1 GPRS 技术基础知识.....	159
5.2.2 GPRS 无线通信实践.....	160
5.3 任务三: ZigBee 技术应用开发	164
5.3.1 ZigBee 技术的基础知识.....	164
5.3.2 ZigBee 协议栈.....	164
5.3.3 构建 ZigBee 的网络系统.....	165
5.4 任务四: Wi-Fi 技术.....	166
5.4.1 Wi-Fi 技术的基础知识.....	166
5.4.2 Wi-Fi 设备的应用实践.....	168
5.5 任务五: 无线网的综合实践.....	176
5.5.1 实践一: ZigBee 无线组网和 点对点通信.....	176
5.5.2 实践二: 3G 无线通信的应用实践.....	194

练习题.....	197
----------	-----

项目六 无线传感器网络技术

应用与实践.....	200
6.1 任务一: 无线传感器网络基础知识	200
6.1.1 无线传感器网络背景知识.....	200
6.1.2 无线传感器网络的特点.....	200
6.2 任务二: 无线传感器网络体系 结构及协议系统结构.....	201
6.2.1 无线传感器网络体系结构.....	201
6.2.2 无线传感器网络的通信协议栈.....	203
6.3 任务三: 构建无线传感器的协议	205
6.3.1 无线传感器网 MAC 协议.....	205
6.3.2 无线传感网路由协议.....	209
6.4 任务四: 传感网系统设计与开发	212
6.4.1 无线传感器网络系统设计基本要求..	212
6.4.2 无线传感器网络的实现方法.....	213
6.5 任务五: 无线传感器网络的应用实践	218
6.5.1 实践一: 基于 Z-Stack 协议栈的 无线传感器网络组网实践..	218
6.5.2 实践二: 基于 Z-Stack 的无线数据 (温湿度)传输	228
练习题.....	238

项目七 基于物联网的公交车

收费系统设计	240
7.1 任务一: 项目的需求分析	240
7.1.1 系统需求.....	240
7.1.2 公交车收费流程.....	241
7.2 任务二: 系统硬件	241
7.3 任务三: 软件设计	241
7.3.1 系统整体设计.....	241
7.3.2 系统运行效果图.....	242
7.3.3 部分代码解析.....	244
实践题.....	249

项目八 基于物联网的环境监测

报警系统	250
8.1 任务一: 项目的需求分析	250

8.2 任务二：系统硬件	251	项目十 基于物联网的智能泊车	
8.3 任务三：软件设计	251	系统设计	271
8.3.1 系统整体设计	251	10.1 任务一：智能泊车系统的简述	271
8.3.2 系统运行效果图	252	10.2 任务二：系统的结构设计	272
8.3.3 部分代码解析	254	10.3 任务三：系统的模块接口设计	275
实践题	260	10.4 任务四：系统的界面设计	280
项目九 基于 RFID 技术的 C/S 模式		10.5 任务五：系统的软件设计	282
智能仓储物流系统设计	261	练习题	311
9.1 任务一：项目概述	261	参考文献	312
9.2 任务二：系统硬件	262		
9.3 任务三：软件设计	267		
实践题	270		

项目一 物联网体系架构设计

【知识目标】

- (1) 了解国内外物联网发展现状及技术应用。
- (2) 了解物联网技术应用。
- (3) 熟悉物联网体系架构。

【技能目标】

- (1) 会分析物联网应用系统的体系架构。
- (2) 能构建物联网应用系统体系架构。
- (3) 能对物联网体系架构中各层次的关键技术予以分析。

1.1 任务一：背景知识

物联网(The Internet of Things)的概念是在 1999 年提出的, 又名传感网, 它的定义很简单: 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。物联网把新一代 IT 技术充分运用在各行各业之中, 具体地说, 就是把感应器嵌入和装备到电网、铁路、桥梁、隧道、公路、建筑、供水系统、大坝、油气管道等各种物体中, 然后将这一物物相连的网络与现有的互联网整合起来, 实现人类社会与物理系统的整合。在这个整合的网络当中, 存在能力超级强大的中心计算机群, 能够对整合网络内的人员、机器、设备和基础设施实施实时的管理和控制, 在此基础上, 人类能够以更加精细和动态的方式管理生产和生活, 达到“智慧”状态, 提高资源利用率和生产力水平, 改善人与自然间的关系。

国际电信联盟 2005 年的一份报告曾描绘“物联网”时代的图景(如图 1.1 所示): 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了什么东西; 衣服会“告诉”洗衣机对颜色和水温的要求等。

物联网有如下基本特点:

- (1) 全面感知。利用射频识别(RFID)技术、传感器、二维码及其他各种感知设备随时随地采集各种动态对象, 全面感知世界。
- (2) 可靠的传送。利用网络(有线、无线及移动网)

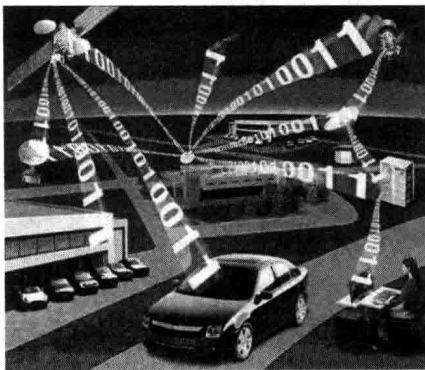


图 1.1 物联网应用示意图

将感知的信息进行实时的传送。

(3) 智能控制。对物体实现智能化的控制和管理, 真正达到人与物的沟通。

1.1.1 国外物联网发展现状

物联网在国外被视为“危机时代的救世主”, 许多发达国家将发展物联网视为新的经济增长点。虽然物联网的概念最近几年才趋向成熟, 但物联网相关产业在当前的技术、经济环境的助推下, 在短短的几年内已成星火燎原之势。

1. 美国物联网发展现状

1995年, 比尔·盖茨在其《未来之路》一书中已提及物联网概念。2005年11月17日, 在突尼斯举行的信息社会世界峰会(W SIS)上, 国际电信联盟(ITU)发布了《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因特网主动进行交换。射频识别(RFID)技术、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。

美国很多大学在无线传感器网络方面已开展了大量工作, 如加州大学洛杉矶分校的嵌入式网络感知中心实验室、无线集成网络传感器实验室、网络嵌入系统实验室等。另外, 麻省理工学院从事着极低功耗的无线传感器网络方面的研究; 奥本大学也从事了大量关于自组织传感器网络方面的研究, 并完成了一些实验系统的研制; 宾汉顿大学计算机系统研究实验室在移动自组织网络协议、传感器网络系统的应用层设计等方面做了很多研究工作; 州立克利夫兰大学(俄亥俄州)的移动计算实验室在基于IP的移动网络和自组织网络方面结合无线传感器网络技术进行了研究。

除了高校和科研院所外, 国外的各大知名企业也都先后参与开展了无线传感器网络的研究: 克尔斯博公司是国际上率先进行无线传感器网络研究的先驱之一, 为全球超过2000所高校以及上千家大型公司提供无线传感器解决方案; Crossbow公司与软件巨头微软、传感器设备巨头霍尼韦尔、硬件设备制造商英特尔、网络设备制造巨头美国网件(NETGEAR)公司、著名高校加州大学伯克利分校等都建立了合作关系。

2. 欧盟物联网发展现状

2009年, 欧盟委员会向欧盟议会、理事会、欧洲经济和社会委员会及地区委员会递交了《欧盟物联网行动计划》, 以确保欧洲在构建物联网的过程中起主导作用。行动计划共包括14项内容: 管理, 隐私及数据保护, “芯片沉默”的权利, 潜在危险, 关键资源, 标准化, 研究, 公私合作, 创新, 管理机制, 国际对话, 环境问题, 统计数据和进展监督等。该行动方案, 描绘了物联网技术应用的前景, 并提出要加强欧盟政府对物联网的管理, 其行动方案提出的政策建议主要包括:

- (1) 加强物联网管理;
- (2) 完善隐私和个人数据保护;
- (3) 提高物联网的可信度、接受度和安全性。

2009年10月, 欧盟委员会以政策文件的形式对外发布了物联网战略, 提出要让欧洲在基于互联网的智能基础设施发展上领先全球, 除了通过ICT研发计划投资4亿欧元, 启动90多个研发项目提高网络智能化水平外, 欧盟委员会还在2011年~2013年间每年新增

2 亿欧元进一步加强研发力度,同时拿出 3 亿欧元专款支持物联网相关公私合作短期项目建设。

3. 日本物联网发展现状

自 20 世纪 90 年代中期以来,日本政府相继制定了 e-Japan、u-Japan、i-Japan 等多项国家信息技术发展战略,从大规模开展信息基础设施建设入手,稳步推进,不断拓展和深化信息技术的应用,以此带动本国社会、经济发展。其中,日本的 u-Japan、i-Japan 战略与当前提出的物联网概念有许多共同之处。

2009 年 7 月,日本 IT 战略本部颁布了日本新一代的信息化战略——“i-Japan”战略,即为了让数字信息技术融入每一个角落,将政策目标聚焦在三大公共事业:电子化政府治理、医疗健康信息服务、教育与人才培育。该项战略提出到 2015 年,通过数字技术完成“新的行政改革”,使行政流程简化、效率化、标准化、透明化,同时推动电子病历、远程医疗、远程教育等应用的发展。另外,日本企业为了能够在技术上取得突破,对研发同样倾注极大的心血。在日本爱知世博会的日本展厅,呈现的是一个凝聚了机器人、纳米技术、下一代家庭网络和高速列车等众多高科技和新产品的未来景象,支撑这些的是大笔的研发投入。

1.1.2 国内物联网现状

1. 国内物联网发展概况

中国科学院早在 1999 年就启动了传感网研究,组建了 2000 多人的团队,先后投入数亿元,目前已拥有从材料、技术、器件、系统到网络的完整产业链。总体而言,在物联网这个全新产业中,我国的技术研发和产业化水平已经处于世界前列,掌握物联网世界话语权。当前,政府主导、产学研相结合共同推动发展的良好态势正在中国形成。

2009 年 8 月,温家宝总理在无锡视察中科院物联网技术研发中心时指出,“在传感网发展中,要早一点谋划未来,早一点攻破核心技术”。

2009 年,工业和信息化部李毅中部长在科技日报上发表题为《我国工业和信息化发展的现状与展望》的署名文章,首次公开提及传感网络,并将其上升到战略性新兴产业的高度,指出信息技术的广泛渗透和高度应用将催生出一批新增长点。

2009 年,“传感器网络标准工作组成立大会暨‘感知’高峰论坛”在北京举行,标志着传感器网络标准工作组正式成立,工作组未来将积极开展传感网标准制定工作,深度参与国际标准化活动,旨在通过标准化为产业发展奠定坚实技术基础。

2009 年 11 月,无锡市国家传感网创新示范区(传感信息中心)正式获得国家批准。该示范区规划面积 20 平方公里。

2. 国内物联网技术研究现状

2009 年 10 月,在第四届民营科技企业博览会上,西安优势微电子有限公司宣布:中国第一颗物联网的芯——“唐芯一号”芯片研制成功,并且已经攻克了物联网的核心技术。“唐芯一号”芯片是一颗超低功耗射频可编程片上系统(PSOC),可以满足各种条件下无线传感网、无线个域网、有源 RFID 等物联网应用的特殊需要,为我国物联网产业发展奠定了基础。

目前,我国的无线通信网络已经覆盖了城乡,从繁华的城市到偏僻的农村,从海岛到

珠穆朗玛峰，到处都有无线网络的覆盖。无线网络是实现物联网必不可少的基础设施，安置在动物、植物、机器和物品上的电子介质产生的数字信号可随时随地通过无处不在的无线网络传送出去。“云计算”技术的运用，使数以亿计的各类物品的实时动态管理变为可能。

物联网在我国高校也是新课题的研究热点，内容主要围绕传感网，涉及光通信、无线通信、计算机控制、多媒体、网络、软件、电子、自动化等技术领域，此外，相关的应用技术研究、科研成果转化和产业化推广工作也同时在进行当中。

为积极参与“感知中国”中心及物联网建设的科技创新和成果转化工作，2011年9月10日，全国高校首家物联网研究院在南京邮电大学正式成立。目前，我国高校、科研机构的一些物联网产品已得到广泛的应用。

1.1.3 物联网的应用

物联网用途广泛，遍及智能交通、环境保护、政府工作、公共安全、平安家居、智能消防、工业监测、农业管理、老人护理、个人健康等多个领域。在国家大力推动工业化与信息化两化融合的大背景下，物联网将是工业乃至更多行业信息化过程中一个比较现实的突破口。一旦物联网大规模普及，无数的物品需要加装更加小巧智能的传感器，用于动物、植物、机器等物品的传感器与电子标签及配套的接口装置数量将大大超过目前的手机数量。按照目前对物联网的需求，在近年内就需要数以亿计的传感器和电子标签。在2011年，内嵌芯片、传感器、无线射频的“智能物件”已超过1万亿个，物联网将会发展成为一个上万亿元规模的高科技市场，大大推进信息技术元件的生产，给市场带来巨大商机。物联网目前已经在行业信息化、家庭保健、城市安防等方面有实际应用。图1.2展示了未来物联网的应用场景。

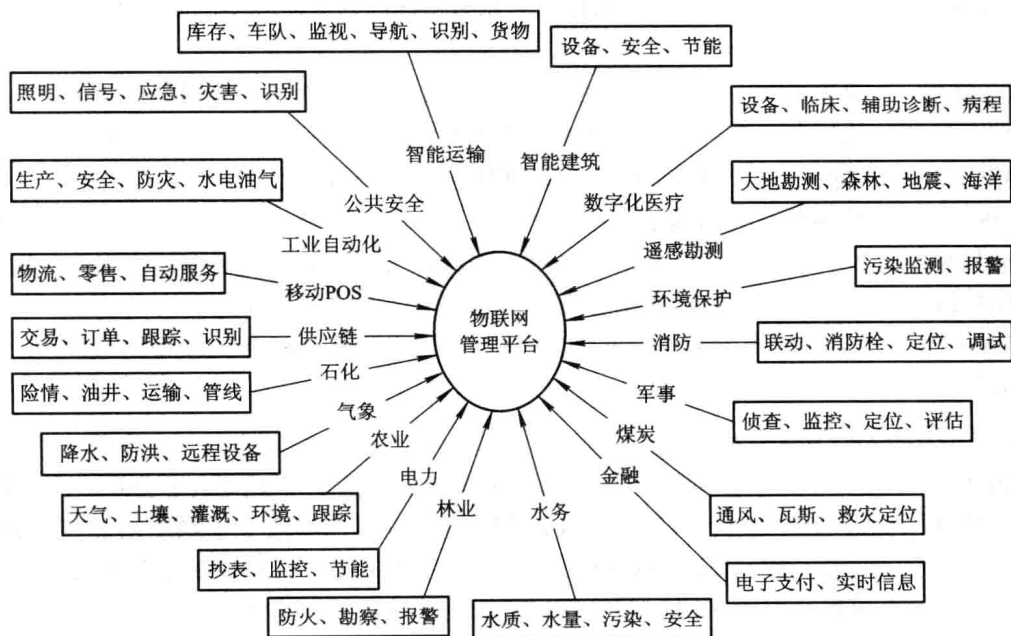


图 1.2 未来物联网的应用场景

1.2 任务二：物联网体系架构

1.2.1 物联网的自主体系结构

为了适应异构物联网无线通信环境需要, Guy Pujolle 在《An autonomic-oriented architecture for the Internet of Things》(IEEE John Vincent Atanasoff 2006 International Symposium on Modern Computing)中, 提出了一种采用自主通信技术的物联网自主体系结构, 如图 1.3 所示。所谓自主通信, 是指以自主件(Self Ware)为核心的通信, 自主件在端到端层次以及中间节点, 执行网络控制面已知的或者新出现的任务, 自主件可以确保通信系统的可进化特性。由图 1.3 可以看出, 物联网的这种自主体系结构由数据面、控制面、知识面和管理面四个面组成。数据面主要用于数据分组的传送; 控制面通过向数据面发送配置信息, 优化数据面的吞吐量, 提高可靠性; 知识面是最重要的一個面, 它提供整个网络信息的完整视图, 并且提炼成为网络系统的知识, 用于指导控制面的适应性控制; 管理面用于协调数据面、控制面和知识面的交互, 提供物联网的自主能力。

在图 1.3 所示的自主体系结构中, 其自主特征主要是由 STP/SP 协议栈和智能层取代了传统的 TCP/IP 协议栈, 如图 1.4 所示, 其中 STP 表示智能传输协议(Smart Transport Protocol), SP 表示智能协议(Smart Protocol)。物联网节点的智能层主要用于协商交互节点之间 STP/SP 的选择, 优化无线链路之上的通信和数据传输, 以满足异构物联网设备之间的联网需求。

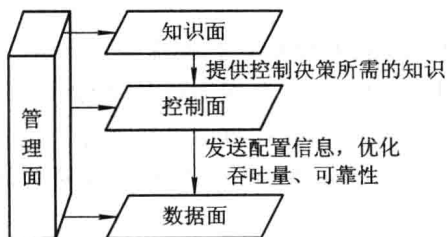


图 1.3 物联网的一种自主体系结构

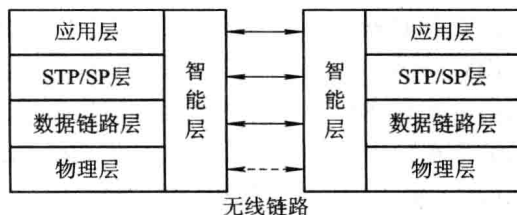


图 1.4 STP/SP 协议栈的自主体系结构

这种面向物联网的自主体系结构所涉及的协议栈比较复杂, 只能适用于计算资源较为充裕的物联网节点。

1.2.2 物联网的 EPC 体系结构

随着全球经济一体化和信息网络化进程的加快, 为满足对单个物品的标识和高效识别, 美国麻省理工学院的自动识别实验室(Auto-ID)在美国统一代码协会(UCC)的支持下, 提出要在计算机互联网的基础上, 利用 RFID、无线通信技术, 构造一个覆盖世界万物的系统; 同时还提出了电子产品代码(Electronic Product Code, EPC)的概念, 即每个对象都将赋予一个唯一的 EPC, 采用射频识别技术的信息系统管理, 数据传输和数据储存由 EPC 网络来处理。随后, 国际物品编码协会(EAN)和美国统一代码协会(UCC)于 2003 年 9 月联合成立了非营利性组织 EPC Global, 将 EPC 纳入了全球统一标识系统, 实现了全球统一标识系统中

的 GTIN 编码体系与 EPC 概念的完美结合。

EPC Global 对于物联网的描述是：一个物联网主要由 EPC 编码体系、射频识别系统及 EPC 信息网络系统三部分组成。

1. EPC 编码体系

物联网实现的是全球物品的信息实时共享。显然，首先要做的是实现全球物品的统一编码，即对在地球上任何地方生产出来的任何一件物品，都要给它打上电子标签。在这种电子标签带有一个电子产品代码，并且全球唯一。电子标签代表了该物品的基本识别信息，例如，可以用电子标签的部分内容信息“ABCDE”来表示和标识“A公司于B时间在C地点生产的D类产品的第E件”物件。目前，欧美支持的 EPC 编码和日本支持的 UID 编码是两种常见的电子产品编码体系。

2. 射频识别系统

射频识别系统包括 EPC 标签和读写器。EPC 标签是编号(每件商品唯一的号码，即牌照)的载体，当 EPC 标签贴在物品上或内嵌在物品中时，该物品与 EPC 标签中的产品电子代码就建立起了一对一的映射关系。EPC 标签从本质上来说是一个电子标签，通过 RFID 读写器可以对 EPC 标签内存信息进行读取。这个内存信息通常就是产品电子代码。产品电子代码经读写器报送给物联网中间件，经处理后存储在分布式数据库中。用户查询物品信息时只要在网络浏览器的地址栏中，输入物品名称、生产商、供货商等数据，就可以实时获悉物品在供应链中的状况。目前，与此相关的标准已制定，包括电子标签的封装标准，电子标签和读写器间数据交互标准等。

3. EPC 信息网络系统

EPC 信息网络系统包括 EPC 中间件、EPC 信息发现服务和 EPC 信息服务三部分。

EPC 中间件通常指一个通用平台和接口，是连接 RFID 读写器和信息系统的纽带。它主要用于实现 RFID 读写器和后端应用系统之间信息交互、捕获实时信息和事件，或向上传送给后端应用数据库软件系统以及 ERP(Enterprise Resource Planning)系统(企业资源计划系统)等，或向下传送给 RFID 读写器。

EPC 信息发现服务(Discovery Service)包括对象名解析服务(Object Name Service, ONS)以及配套服务，基于电子产品代码，获取 EPC 数据访问通道信息。目前，ONS 系统和配套的发现服务系统由 EPC Global 委托 Verisign 公司进行运行维护，其接口标准正在形成之中。

EPC 信息服务(EPC Information Service, EPC IS)即 EPC 系统的软件支持系统，用以实现最终用户在物联网环境下交互 EPC 信息。关于 EPC IS 的接口和标准也正在形成之中。

可见，一个 EPC 物联网体系架构主要由 EPC 编码、物体 EPC 标签及 RFID 读写器、中间件系统、ONS 服务器和 EPC IS 服务器等部分构成，如图 1.5 所示。

由图 1.5 可以看到一个企业物联网应用系统的基本架构。该应用系统由三大部分组成，即 RFID 识别系统、中间件系统和计算机互联网系统。RFID 识别系统包含物体 EPC 标签和 RFID 读写器，两者通过 RFID 空中接口通信，物体 EPC 标签贴于每件物品上。中间件系统含有 EPC IS、PML(Physical Markup Language, 物体标记语言)以及 ONS 及其缓存系统，其后端应用数据库软件系统还包含 ERP 系统等，这些都与计算机互联网相连，可及时有效地跟踪、查询、修改或增减数据。

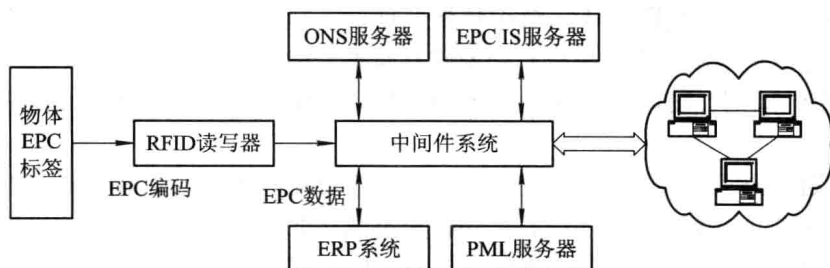


图 1.5 EPC 物联网体系架构示意图

RFID 读写器从含有一个 EPC 或一系列 EPC 的标签上读取物品的电子代码，然后将读取的物品电子代码送到中间件系统中进行处理。如果读取的数据量较大而中间件系统处理不及时，可应用 ONS 来储存部分读取数据。中间件系统以该 EPC 数据为信息源，在本地 ONS 服务器获取包含该产品信息的 EPC 信息服务器的网络地址。当本地 ONS 不能查阅到 EPC 编码所对应的 EPC 信息服务器地址时，可向远程 ONS 发送解析请求，获取物品的对象名称，继而通过 EPC 信息服务的各种接口获得物品信息的各种相关服务。整个 EPC 网络系统借助计算机互联网系统，利用在互联网基础上发展产生的通信协议和描述语言而运行。因此，也可以说，物联网是架构在互联网基础上的关于各种物理产品信息服务的总和。

综上所述，EPC 物联网系统是在计算机互联网基础上，主要通过中间件系统、对象名解析服务(ONS)和 EPC 信息服务(EPC IS)来实现物物互联的。

1.2.3 物联网的 UID 技术体系

在电子标签方面，日本早在 20 世纪 80 年代中期就提出了实时嵌入式系统(TRON)，其中的 T-Engine 是该体系的核心。在 T-Engine 论坛领导下，UID 中心被设立于东京大学，于 2003 年 3 月成立，并得到日本政府以及大企业的支持，目前包括微软、索尼、三菱、日立、日电、东芝、夏普、富士通、NTT、DoCoMo、KDDI、J-Phone、伊藤忠、大日本印刷、凸版印刷、理光等诸多企业。组建 UID 中心的目的是为了建立和普及自动识别“物品”所需的基础性技术，实现“计算无处不在”的理想环境。

UID 是一个开放性的技术体系，由泛在识别码(uCode)、泛在通信器(UG)、信息系统服务器和 uCode 解析服务器等部分构成。UID 使用 uCode 作为现实世界物品和场所的标识，它从 uCode 电子标签中读取 uCode 获取这些设施的状态，并控制它们，类似于 PDA 终端。UID 可广泛应用于多种产业或行业，现实世界用 uCode 标识的物品、场所等各种实体与虚拟世界中存储在信息服务器中的各种相关信息联系起来，实现物物互联。

1.2.4 构建物联网体系结构的原则

物联网有别于互联网。互联网的主要目的是构建一个全球性的计算机通信网络；物联网则主要是从应用出发，利用互联网、无线通信技术进行业务数据的传送，是互联网、移动通信网应用的延伸，是自动化控制、遥控遥测及信息应用技术的综合展现。当物联网概念与近程通信、信息采集、网络技术、用户终端设备结合之后，其价值才能逐步得到展现。因此，设计物联网体系结构应该遵循以下六条原则：

(1) 多样性原则。物联网体系结构必须根据物联网的服务类型、节点的不同, 分别设计多种类型的体系结构, 不能也没有必要建立起唯一的标准体系结构。

(2) 时空性原则。物联网尚在发展之中, 其体系结构应能满足在时间、空间和能源方面的需求。

(3) 互联性原则。物联网体系结构需要平滑地与互联网实现互联互通, 如果试图另行设计一套互联通信协议及其描述语言, 那将是不现实的。

(4) 扩展性原则。对于物联网体系结构的架构, 应该具有一定的扩展性, 以便最大限度地利用现有网络通信基础设施, 保护已投资利益。

(5) 安全性原则。物物互联之后, 物联网的安全性将比计算机互联网的安全性更为重要, 因此物联网的体系结构应能够防御大范围的网络攻击。

• (6) 健壮性原则。物联网体系结构应具备相当好的健壮性和可靠性。

1.2.5 实用的层次性物联网体系架构

物联网是通过各种信息传感设备及系统(传感网、射频识别系统、红外感应器、激光扫描器等)、条码与二维码、全球定位系统, 按约定的通信协议, 将物与物、人与物、人与人连接起来, 通过各种接入网、互联网进行信息交换, 以实现智能化识别、定位、跟踪、监控和管理的一种信息网络。这个定义的核心是, 物联网的主要特征是每一个物件都可以寻址, 每一个物件都可以控制, 每一个物件都可以通信。

根据物联网的服务类型和节点等情况, 物联网的体系结构划分有两种情况: 其一是由感知层、接入层、网络层和应用层组成的四层物联网体系结构; 其二是由感知层、网络层和应用层组成的三层物联网体系结构。根据对物联网的研究、技术和产业的实践观察, 目前业界将物联网系统划分为三个层次: 感知层、网络层、应用层, 并依此概括地描绘物联网的系统架构, 如图 1.6 所示。

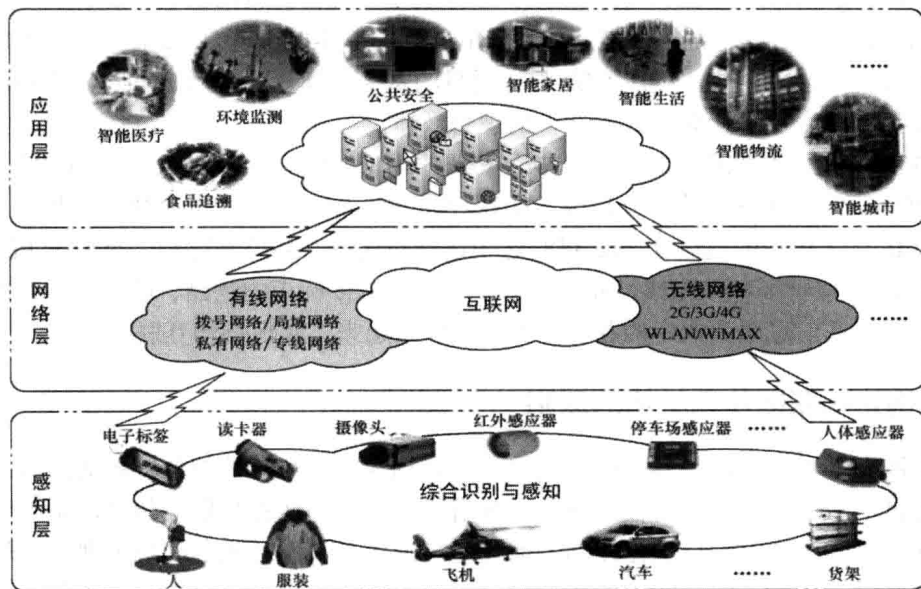


图 1.6 物联网体系架构示意图

感知层解决的是人类世界和物理世界的获取数据的问题。感知层可进一步划分为两个子层,首先是通过传感器、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。特别是当仅传递物品的唯一识别码的情况,也可以只有数据的短距离传输这一层。在实际上,这两个子层有时很难以明确区分开。感知层所需要的关键技术包括检测技术、短距离有线和无线通信技术。

网络层解决的是感知层所获得的数据在一定范围内(通常是长距离)传输的问题。这些数据可以通过移动通信网、国际互联网、企业内部网、各类专网、小型局域网等网络传输。特别是当三网融合后,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。

应用层解决的是信息处理和人机界面的问题。网络层传输而来的数据在这一层里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领域及功能,包括电力、医疗、银行、交通、环保、物流、工业、农业、城市管理、家居生活等领域以及支付、监控、安保、定位、盘点、预测等功能,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,提供人机界面,物联网虽然是“物物相连的网”,但最终是要以人为本的,最终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反馈。

在各层之间,信息不是单向传递的,可有交互、控制等,所传递的信息多种多样,这其中关键是物品的信息,包括在特定应用系统范围内能唯一标识物品的识别码和物品的静态与动态信息。此外,软件和集成电路技术都是各层所需的关键技术。

1.3 任务三:物联网体系架构详析

1.3.1 感知层

物联网与传统网络的主要区别在于,物联网扩大了传统网络的通信范围,即物联网不仅仅局限于人与人之间的通信,还扩展到人与物、物与物之间的通信。在物联网具体实现过程中,如何完成对物的感知这一关键环节?本节将针对这一问题,对感知层及其关键技术进行介绍。

1. 感知层的功能

物联网在传统网络的基础上,从原有网络用户终端向“下”延伸和扩展,扩大通信的对象范围,即通信不仅仅局限于人与人之间的通信,还扩展到人与现实世界的各种物体之间的通信。

这里的“物”并不是自然物品,而是要满足一定的条件才能够被纳入物联网的范围,例如有相应的信息接收器和发送器、数据传输通路、数据处理芯片、操作系统、存储空间