

普通高等教育物联网工程专业规划教材

物联网应用开发

◎ 主 编 张军朝

◎ 副主编 陈东伟 卓广平



普通高等教育物联网工程专业规划教材

物联网应用开发

主 编	张军朝		
副主编	陈东伟	卓广平	
参 编	武兴华	赵荣香	高保禄
主 审	陈俊杰		

机械工业出版社

本书全面地剖析了物联网的关键技术及其应用开发,注重软硬件结合、理论与实践并重的原则,系统地介绍了物联网应用项目的全过程开发流程。

本书共8章,首先从物联网简介、关键技术和就业前景展开,就物联网应用项目开发所需要的嵌入式 ARM、嵌入式 C、嵌入式 ARM 和 C/C++混合编程、VB、C#等语言基础以及 Keil μ Vision 4、Protel 99 SE、Proteus 7、EWB、IAR EWARM、Qt/E、Mathworks MATLAB R2014A、Arduino IDE 等开发环境进行了详细介绍;其次从系统架构入手,就感知层、网络层和应用层进行了阐述,重点介绍了物联网应用快速开发平台 TDFY-2014WL,建立了完整的物联网应用开发体系,就感知层的数据采集和系统控制、网络层的数据传输和网络编程、应用层的数据处理和系统应用进行了全过程的分析、设计、源代码编程和调试。众所周知,物联网的发展在于应用,因此,本书最后结合物联网关键技术给出了一系列的课程设计项目实例,旨在帮助读者加深对物联网应用开发的理解。

本书是高校教师理论教学和公司项目研发实践的有机结合,内容编排由浅入深、循序渐进,强调实践性和应用性,有利于读者从基础开始逐步深入地学习。

本书可作为高等院校本科生、研究生的学习用书,也可作为公司、研究单位的开发人员、技术管理者及物联网技术研究者的参考书。

本书第3章中二维码的所有内容,书中用到的软件开发环境与工具(包括 EWB、IAR for ARM、IDE、Keil、Protel 99se、QT、MATLAB、Proteus 7.5)安装视频,以及 TDFY-2014WL 物联网应用开发平台的课件均可以从机械工业出版社教育服务网(<http://www.cmpedu.com>)下载。

图书在版编目(CIP)数据

物联网应用开发/张军朝主编. —北京:机械工业出版社,2016.3

普通高等教育物联网工程专业规划教材

ISBN 978-7-111-52789-3

I. ①物… II. ①张… III. ①互联网络-应用-高等学校-教材 ②智能技术-应用-高等学校-教材 IV. ①TP393.4②TP18

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 019797 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:王雅新 责任编辑:王雅新 吴晋瑜 刘丽敏

版式设计:霍永明 责任校对:陈越

封面设计:张静 责任印制:乔宇

唐山丰电印务有限公司印刷

2016 年 3 月第 1 版第 1 次印刷

184mm × 260mm · 19.25 印张 · 473 千字

标准书号:ISBN 978-7-111-52789-3

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

服务咨询热线:010-88379833

读者购书热线:010-88379649

网络服务

机工官网: www.cmpbook.com

机工官博: weibo.com/cmp1952

教育服务网: www.cmpedu.com

金书网: www.golden-book.com

封面防伪标均为盗版

前 言

物联网用途广泛，其应用现已遍及政府工作、公共安全、智慧城市、平安小区、智能家居、工业控制、绿色农业、安防监控、环境监测、食品溯源、智能电网、智能交通、数字矿山、物品流通、按需照明、水文监测、防洪预警、火灾预警、老人护理、个人健康、敌情侦查和情报搜集等多个领域。

物联网作为一个新经济增长点的战略新兴产业，具有良好的市场效益，《2014—2018 年中国物联网行业应用领域市场需求与投资预测分析报告》数据表明，2010 年物联网在安防、交通、电力和物流领域的市场规模分别为 600 亿元、300 亿元、280 亿元和 150 亿元。2015 年，中国物联网产业市场规模已逾 7500 亿元。

有研究机构预计，十年内物联网就可能大规模普及，这一技术将会发展成为一个上万亿元规模的高科技市场，其产业要比互联网大 30 倍。

物联网被称为继计算机、互联网之后，世界信息产业的第三次浪潮。业内专家认为，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。目前，美国、欧盟、中国等都在投入巨资深入研究探索物联网。

此外，在物联网普及以后，用于动物、植物和机器、物品的传感器与电子标签及配套的接口装置的数量将大大超过手机的数量。物联网的推广将会成为推进经济发展的又一个驱动器，为产业开拓了又一个潜力无穷的发展机会。按照目前对物联网的需求，近年就需要数以亿计的传感器和电子标签，这将大大推进信息技术元件的生产，同时将增加大量的就业机会。

和传统的互联网相比，物联网有其鲜明的特征：

首先，它是各种感知技术的广泛应用。物联网上部署了海量的多种类型的传感器，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有所不同。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，不断更新数据。

其次，它是一种建立在互联网上的泛在网络。物联网技术的重要基础和核心仍旧是互联网，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。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，因此在传输过程中，为了保障数据的正确性和及时性，必须适应各种异构网络和协议。

再次，物联网不仅仅提供了传感器的连接，其本身也具有智能处理的能力，能够对物体实施智能控制。物联网将传感器和智能处理相结合，利用云计算、模式识别等各种智能技术，扩充其应用领域，从传感器获得的海量信息中分析、加工和处理出有意义的信息，以适应不同用户的信息需求，进而发现新的应用领域和应用模式。

最后，物联网的实质是提供不拘泥于任何场合、任何时间的应用场景与用户的自由

互动，它依托云服务平台和互通互联的嵌入式处理软件，弱化技术色彩，强化与用户之间的良性互动，以提供更佳的用户体验、更及时的数据采集和分析建议以及更自如的工作和生活。

2010年3月5日，时任国务院总理的温家宝同志在十一届全国人大三次会议上做政府工作报告时明确表示：“大力培育战略性新兴产业……加快物联网的研发应用。”此政策的提出使物联网这个过去人们较为陌生的概念迅速“火”了起来。产业未兴，人才先行。国家战略体系将物联网专业引入了高校。同年7月，北京理工大学、北京科技大学、哈尔滨工业大学等30所高校成为首批获准开设物联网工程专业的高校，部分高校于2011年首次招生。2012年2月，教育部下发通知，批准北京交通大学、西安电子科技大学、济南大学等80所高校开设物联网工程专业。至此，我国已有100多所高校设置了物联网专业。数以万计的读者，急需一本物联网应用开发的参考书，伴随自己进入物联网应用的开发殿堂。适应社会发展的需求，市面上也出现了一些物联网应用开发的教材，但大多偏重于理论知识和一些验证性实验，忽视了软件基础，对于应用开发环境，更是很少涉足，存在一定的不足之处，急需一本理论联系实际，具有实用价值的书，这便是本书的编写初衷。

本书注重软硬件结合、理论实践并重的原则，将物联网工程的主干课程物联网概论、嵌入式系统、传感器原理、单片机原理、计算机接口技术、现代控制理论、无线传感网、射频技术和物联网应用开发有机结合起来，围绕TDFY-2014WL物联网应用开发平台，详细地介绍了一种典型的物联网应用开发系统结构，并涉及了开发平台的软硬件系统的组成和搭建、测试系统的安装和使用、接口文件的功能和调用方法等内容。以一个工程实例贯穿九门主干课的课程设计和实习，取代原有的验证性实验，用工程的理念和模式引导学生进入物联网应用的开发殿堂。

编者从事嵌入式系统应用开发十余年，主持开发的嵌入式应用系统有基于ZigBee和GPRS的路灯照明调光节能控制系统、大型建筑工地太阳能3G无线远程视频监控系统、大型流域和城市防洪预警会商系统、城市火灾预警和消防装备全生命周期管理系统。其中，基于ZigBee和GPRS的路灯照明调光节能控制系统已在太原市滨河东路景观照明系统工程、太原市汾河公园照明工程、长风商务区景观照明工程、汾东商务区路灯照明工程、江苏宜兴团洑公园景观照明工程、山东曹县路灯照明工程和河南中牟县路灯照明工程中得到应用。

本书共8章，总学时为60学时（最少不低于56学时），其中授课时间为48学时、试验练习时间为12个学时（最少不低于8学时）。

本书由张军朝担任主编，负责制订本书大纲、内容安排并指导文字写作；卓广平担任副主编，负责全书的统稿和组织工作；陈东伟担任副主编，负责本书所有源代码的调试工作。高保禄编写了第1章；张军朝编写了第2章；陈东伟编写了第3章及第7章；武兴华编写了第4章；赵荣香编写了第5章及第8章；卓广平编写了第6章。太原理工大学的陈俊杰教授担任本书主审。

本书的编写得到了计算机专业教学指导委员会委员、太原理工大学陈俊杰教授，电气工程及其自动化专业教学指导委员会委员、太原理工大学宋建成教授，太原理工大学

萧宝瑾教授、田慕琴教授、马春燕教授、许春雨副教授、曲兵妮副教授、吝伶俐副教授、陈燕副教授、任鸿秋副教授、耿蒲龙老师、高云广老师、郑丽君老师、张建花老师，山西太原天地方圆电子科技有限公司赵荣香高工、植耀汉工程师、吕丰德工程师、张江华工程师的支持和帮助；太原理工大学赵阳、王青文、陶亚男、相莹萍、张琳、任芳、陈俊伯、饶元淇、范超群同学在编写和校对过程中也做了大量的工作，编者在此一并致以衷心的感谢！

编者力求将实践和理论相结合，科研和教学相结合，工程和教学相结合，硬件和软件相结合，先进和实用相结合，编写出高质量、高水平的教材，但由于水平有限，书中难免会有不足之处，敬请读者指正。

主编联系方式：zhangjunchao@tyut.edu.cn。

本书第3章中二维码的所有内容，书中用到的软件开发环境与工具（包括 EWB、IAR for ARM、IDE、Keil、Protel 99se、QT、MATLAB、Proteus 7.5）安装视频，以及 TDFY-2014WL 物联网应用开发平台的课件均可以从机械工业出版社教育服务网（<http://www.cmpedu.com>）下载。

张军朝

2015 年 12 月于太原理工大学国交楼

目 录

前言

第 1 章 概述 1

1.1 物联网简介 1

1.1.1 物联网的发展 1

1.1.2 物联网的定义 3

1.1.3 物联网的特点 4

1.1.4 物联网的分类 6

1.1.5 物联网体系架构 6

1.2 应用领域及应用案例 8

1.2.1 应用领域 8

1.2.2 应用案例 11

1.3 关键技术 12

1.3.1 传感器技术 12

1.3.2 RFID 标签 13

1.3.3 嵌入式系统技术 14

1.3.4 计算机网络技术 14

1.3.5 移动通信技术 15

1.3.6 智能控制和智能数据处理技术 15

1.3.7 位置服务技术 15

1.3.8 信息安全技术 16

1.4 就业前景 16

小结 17

习题 17

第 2 章 语言基础 18

2.1 伪指令 18

2.1.1 符号定义伪指令 18

2.1.2 数据定义伪指令 20

2.1.3 汇编控制伪指令 22

2.1.4 宏指令 23

2.1.5 其他常用的伪指令 24

2.2 ARM 汇编语言 28

2.2.1 ARM 汇编语言的常用符号 28

2.2.2 ARM 汇编语言的表达式和运算符 29

2.2.3 ARM 汇编语言的程序结构及子程序的调用 31

2.2.4 ARM 指令的寻址方式 32

2.2.5 ARM 指令简介 34

2.2.6 Thumb 指令简介 41

2.3 嵌入式 C 语言 44

2.3.1 C 语言简介 45

2.3.2 简单 C 语言程序的构成 46

2.4 ARM 汇编语言与 C/C++ 的混合编程 46

2.4.1 在 C 程序中调用汇编程序 47

2.4.2 在汇编程序中调用 C 程序 48

2.4.3 实例分析 49

2.5 VB 语法简介 51

2.5.1 注释 51

2.5.2 分行与续行 51

2.5.3 变量的命名规则 52

2.5.4 变量的数据类型 52

2.5.5 变量的作用域 54

2.5.6 常量 55

2.5.7 运算符与表达式 56

2.5.8 常用内部函数 58

2.5.9 基本结构 61

2.5.10 数组 63

2.5.11 过程 64

2.6 VB 界面学习 65

2.6.1 窗体设计 65

2.6.2 基本控件的使用 70

2.6.3 对话框的设计 73

2.6.4 程序调试 73

2.7 与数据库连接实例 75

2.7.1 Adodc 控件实现 75

2.7.2 代码实现 78

2.8 Visual Studio 集成开发环境 79

2.8.1 NET Framework 4 79

2.8.2 Visual Studio 2010 80

2.9 C# 开发工具 85

2.9.1 Visual C# 集成开发环境 85

2.9.2 C# 语言基础 87

2.9.3 C# 程序设计 93

小结	94	5.2.3 串口通信模块	147
习题	94	5.2.4 蜂鸣器报警模块	148
第3章 开发环境与工具	96	5.2.5 程序下载及运行	150
3.1 Keil μ Vision 4	96	小结	151
3.2 Protel 99 SE	97	习题	151
3.3 Proteus 7	100	第6章 数据传输和网络编程	152
3.4 EWB、IAR EWARM 和 Qt/E	104	6.1 系统简介	152
3.4.1 EWB 简介	104	6.1.1 系统组成	152
3.4.2 IAR EW ARM 简介	104	6.1.2 系统实现的功能	153
3.4.3 Qt/E 简介	106	6.2 系统实现	153
3.5 Mathworks MATLAB R2014A	106	6.2.1 硬件连接	153
3.5.1 Mathworks MATLAB R2014A	106	6.2.2 程序实现	154
简介	106	小结	157
3.5.2 发展历程	106	习题	158
3.5.3 MATLAB 的优势和特点	107	第7章 数据处理和系统应用	159
3.6 Arduino IDE	109	7.1 数据融合技术	159
3.6.1 Arduino IDE 简介	109	7.1.1 无线传感网络数据融合技术	159
3.6.2 Arduino IDE 的特点	109	7.1.2 数据融合的类型	160
小结	110	7.2 云计算	162
习题	110	7.2.1 云计算概述	162
第4章 系统架构	111	7.2.2 云计算系统组成及其技术	163
4.1 系统结构	111	7.2.3 大规模信息系统	165
4.1.1 物联网体系架构	111	7.2.4 云计算与物联网的结合	166
4.1.2 感知层	113	7.3 数据挖掘	167
4.1.3 网络层	119	7.3.1 数据挖掘技术	167
4.1.4 应用层	122	7.3.2 数据挖掘技术与物联网的结合	170
4.2 开发平台	126	7.3.3 应用展望	171
4.3 平台使用步骤	128	7.4 软件和算法	172
4.3.1 注册用户	128	7.4.1 面向服务的体系架构	172
4.3.2 添加设备	128	7.4.2 中间件技术	176
4.3.3 上传数据	129	7.5 机器学习	183
4.3.4 查看数据	130	7.5.1 机器学习概述	183
4.3.5 控制设备	131	7.5.2 机器学习系统的基本结构	188
小结	133	7.5.3 机器学习的主要策略	189
习题	133	7.5.4 智能建筑集成管理系统软件	192
第5章 数据采集和系统控制	134	7.6 信息和隐私安全技术	196
5.1 系统简介	134	7.6.1 信息安全基础	196
5.1.1 系统组成	134	7.6.2 物联网信息安全体系	199
5.1.2 系统实现的功能	135	7.6.3 物联网信息处理安全	203
5.2 数据采集和控制系统	135	7.6.4 物联网应用安全	217
5.2.1 数据采集模块	135	7.7 应用层标准	219
5.2.2 数据显示模块	139	7.7.1 物联网基础通用标准	219
		7.7.2 物联网物品标识标准	224

7.7.3 物联网关键技术标准	230	8.1.5 各功能对话框	272
7.7.4 物联网网络标准	233	8.1.6 数据库连接	282
7.7.5 物联网安全标准	241	8.2 智能温室大棚控制系统	284
7.7.6 物联网行业应用标准	247	8.2.1 系统分析和设计	284
小结	258	8.2.2 搭建系统框架	285
习题	258	8.2.3 系统登录	285
第8章 课程设计项目	259	8.2.4 环境监控	289
8.1 火灾预警联动及消防装备全生命		8.2.5 智能报警	293
周期管理系统	259	8.2.6 远程控制	295
8.1.1 系统分析	259	小结	296
8.1.2 设计方案	259	习题	296
8.1.3 系统登录	259	参考文献	297
8.1.4 系统主界面	261		

第1章 概述

【本章主要内容】

- 物联网简介
- 应用领域
- 关键技术
- 就业前景

本章主要从物联网简介、应用领域、关键技术、就业前景等方面对物联网进行简单的入门介绍。

1.1 物联网简介

物联网是新一代信息技术的重要组成部分，其英文名称为“The Internet of Things”。顾名思义，物联网就是“物物相连的互联网”。这包含两层意思：其一，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；其二，其用户端延伸和扩展到了任何物品，物品之间可进行信息交换和通信。物联网将智能感知、识别技术与普适计算广泛应用于网络融合中，也因此被称为继计算机、互联网之后世界信息产业发展的第三次浪潮。物联网是互联网的应用拓展，与其说物联网是网络，不如说物联网是业务和应用。因此，应用创新是物联网发展的核心，以用户体验为核心的创新 2.0 是物联网发展的灵魂。

1.1.1 物联网的发展

物联网的实践最早可以追溯到施乐公司于 1990 年发明的网络可乐贩售机（Networked Coke Machine）。

1991 年，美国麻省理工学院（MIT）的 Ashton 教授首次提出了“物联网”的概念。

1995 年，比尔盖茨在《未来之路》一书中提及了“物联网”，但未引起广泛重视。

1999 年，美国麻省理工学院建立了“自动识别中心（Auto-ID）”，提出“万物皆可通过网络互联”，阐明了物联网的基本含义。早期的物联网是依托射频识别（Radio Frequency Identification, RFID）技术的物流网络，随着技术和应用的发展，其内涵已经发生了较大变化。1999 年，中国开始传感网研究。中科院无锡微纳传感网工程技术研发中心（简称“无锡传感网中心”）是目前国内研究物联网的核心单位。

2003 年，美国《技术评论》杂志提出“传感网络技术将是未来改变人们生活的十大技术之首”的观点。

2004 年，日本总务省（MIC）提出 u-Japan 战略计划。该战略力求实现人与人、物与物以及人与物之间的连接，希望将日本建设成一个随时、随地、任何人、任何物体均可连接的泛在网络社会。

2005年11月17日,在突尼斯举行的信息社会世界峰会(World Summit on the Information Society, WSIS)上,国际电信联盟(International Telecommunications Union, ITU)发布了一篇名为“ITU互联网报告2005:物联网”的报告,引用了“物联网”的概念。至此,物联网的定义和范围已经发生了变化,其覆盖范围有了较大的拓展,不再只是指基于RFID技术的物联网。报告指出,无所不在的“物联网”通信时代即将来临,世界上的所有物体都可以通过互联网主动进行交换。射频识别技术、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。

2006年,韩国确立了u-Korea计划。该计划旨在建立“无所不在的社会”,即在民众的生活环境里建设智能型网络(如IPv6、BCN、USN)和各种新型应用(如DMB、Telematics、RFID),让民众可以随时随地享有科技智慧服务。2009年,韩国通信委员会出台了《物联网基础设施构建基本规划》,将物联网确定为新增长动力,提出了“到2012年实现通过构建世界最先进的物联网基础实施,打造未来广播通信融合领域超一流信息通信技术强国”的目标。

2008年后,为了促进科技的发展,寻找经济新的增长点,各国政府开始重视下一代的技术规划,并将目光放在了物联网上。在中国,2008年11月,“知识社会与创新2.0”第二届中国移动政务研讨会在北京大学举行,会上提到,移动技术、物联网技术的发展代表着新一代信息技术的形成,并带动了经济社会形态和创新形态的变革,推动了面向知识社会的以用户体验为核心的下一代创新(创新2.0)形态的形成,创新与发展更加关注用户、注重以人为本。创新2.0形态的形成又进一步推动新一代信息技术的健康发展。

2009年,欧盟委员会发表了《欧洲物联网行动计划》,在其中描绘了物联网技术的应用前景,建议欧盟政府要加强对物联网的管理、促进物联网的发展。

2009年1月28日,奥巴马就任美国总统后,与美国工商业领袖举行了一次“圆桌会议”,时任IBM首席执行官的彭明盛首次提出了“智慧地球”这一概念,建议新政府投资新一代的智慧型基础设施。

2009年2月24日,在“2009IBM论坛”上,时任IBM大中华区董事长兼首席执行官的钱大群公布了名为“智慧地球”的策略。此概念一经提出,即得到了美国各界的高度关注,甚至有分析认为,IBM公司的这一构想极有可能上升至美国的国家战略,并在世界范围内引起轰动。

在当时,不少美国人认为“智慧地球”战略与当年的“信息高速公路”有许多相似之处——均是振兴经济、确立竞争优势的关键战略。

2009年11月3日,温家宝总理在人民大会堂发表了题为“让科技引领中国可持续发展”的讲话,首次提出“发展包括新能源、新材料、生命科学、生命医药、信息网络、海洋工程、地质勘探等七大战略新兴产业”的目标,并将“物联网”并入信息网络发展的主要内容,并强调信息网络产业是世界经济复苏的重要驱动力。而在《国家中长期科学与技术发展规划(2006—2020年)》和“新一代宽带移动无线通信网”重大专项中均将“物联网”列入了重点研究领域。

“物联网”被称为继计算机、互联网之后世界信息产业的“第三次浪潮”。业内专家认为,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。目前,美国、欧盟、中国等都在投入巨资深入研究物联网。

物联网作为一个新经济增长点的战略新兴产业，具有良好的市场效益，《2014—2018年中国物联网行业应用领域市场需求与投资预测分析报告》显示，2010年物联网在安防、交通、电力和物流领域的市场规模分别为600亿元、300亿元、280亿元和150亿元。2015年中国物联网产业市场规模达到7500多亿元。

1.1.2 物联网的定义

1. 最初定义

“物联网”最初的定义于1999年提出，是指通过射频识别（RFID）（RFID + 互联网）、红外感应器、全球定位系统、激光扫描器、气体感应器等信息传感设备，按约定的协议，把任何物品与互联网连接起来，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。简而言之，物联网就是“物物相连的互联网”。

2. 校企联盟观点

中国物联网校企联盟将物联网的定义为：结合当下几乎所有技术与计算机、互联网技术，来实现物体与物体之间环境以及状态信息的实时共享以及智能化的收集、传递、处理和执行。广义上说，当下涉及信息技术的应用，都可以纳入物联网的范畴。

而在其著名的科技融合体模型中，中国物联网校企联盟提出，物联网是当下最接近该模型顶端的科技概念和应用。物联网是一个基于互联网、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，具有智能、先进、互联三个重要特征。

3. 国际电信联盟观点

国际电信联盟（ITU）发布的ITU互联网报告，对物联网的定义为：通过二维码识读设备、射频识别（RFID）装置、红外感应器、全球定位系统和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。

根据国际电信联盟（ITU）的定义，物联网主要解决物品与物品（Thing to Thing, T2T），人与物品（Human to Thing, H2T），人与人（Human to Human, H2H）之间的互连。但与传统互联网不同的是，H2T是指人利用通用装置与物品之间进行的互连，可使物品连接更加简化；而H2H是指人之间不依赖于PC而进行的互连。因为互联网并没有考虑到对于任何物品连接的问题，所以使用物联网来解决这个传统意义上的问题。物联网，顾名思义就是连接物品的网络。许多学者在讨论物联网时经常会引入“M2M”。这一概念可以解释为人到人（Man to Man）、人到机器（Man to Machine）或机器到机器（Machine to Machine）。从本质上而言，人与机器、机器与机器的交互，大多是为了实现人与人之间的信息交互。

4. “两化”融合角度

下面从“两化”（信息化和工业化）融合的角度分析物联网的含义。

第一，工业化的基础是自动化。自动化发展了近百年，其理论和实践已趋于完善。随着现代大型工业生产自动化的不断发展和过程控制要求的日益复杂，集散控制系统（Distributed Control System, DCS）应运而生，它是计算机技术、系统控制技术、网络通信技术和多媒体技术结合的产物。DCS的理念是分散控制和集中管理。虽然自动设备均已联网，并能在控制中心通过操作员来集中管理，但是操作员的水平决定了整个系统的优化程度。有经验

的操作员可以做到生产最优，而缺乏经验的操作员只是保证了生产的安全性。那么，是否有办法做到分散控制，集中优化管理呢？这就需要借助物联网根据所有监控信息，通过分析与优化技术找到最优的控制方法。

第二，在 IT 信息发展的前期，其信息服务对象主要是人，其主要解决的问题是解决“信息孤岛”问题，当为人服务的“信息孤岛”问题解决后，就要在更大范围内解决“信息孤岛”问题，即要实现物与人的信息交互。人获取了信息之后，可以根据信息判断做出决策，从而触发下一步操作。但由于人存在个体差异，对于同样的信息，不同的人做出的决策也有所不同。如何从信息中获得最优的决策？如何让物在获得了信息之后具有决策能力？这就需要借助数据分析与优化技术来解决这个问题，即在获得信息后，依据历史经验以及理论模型，快速做出最优决策。

5. 物联网智库观点

物联网智库认为物联网的定义源于 IBM 的“智慧地球”策略；十二五规划中九大试点行业全部是行业的智能化。无论“智慧地球”方案，还是行业的智能化，其根本都离不开数据分析与优化技术。数据分析与优化是物联网的关键技术之一，也是未来物联网发挥价值的关键点。

1.1.3 物联网的特点

1. 特点

与传统的互联网相比，物联网具有以下特点：

首先，物联网是各种感知技术的广泛应用。物联网上部署了海量的多种类型传感器，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。传感器按一定的频率周期性地采集环境信息，因此所获得的数据具有实时性，会不断更新。

其次，物联网是一种建立在互联网上的泛在网络。物联网技术的重要基础和核心仍然是互联网，即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。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，因此在传输过程中，为了保障数据的正确性和及时性，必须使之适应各种异构网络和协议。

再次，物联网不仅提供了传感器的连接，其本身还具有智能处理的能力，能够对物体实施智能控制。物联网将传感器和智能处理相结合，利用云计算、模式识别等各种智能技术，扩充其应用领域。从传感器获得的海量信息中分析、加工并处理出有意义的信息，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。

最后，物联网旨在提供不拘泥于任何场合、任何时间的应用场景与用户的自由互动，它依托云服务平台和互通互联的嵌入式处理软件，弱化技术色彩，强化与用户之间的良性互动，提供更佳的用户体验、更及时的数据采集和分析建议，是帮助用户实现智能生活的物理支撑。

根据物联网特有的应用场景及技术构架，物联网应用有如下几个特点：

(1) 实时性

在物联网应用场景中，其前端感知设备获取的信息一般均为实时产生的信息。这些信息及时通过网络层传输至用户控制终端，从而完成相应的实时监测及反馈控制操作。而传统的 IT 应用往往是获取结果信息，只能做到事后处理，无法实施控制和改变结果。这也体现了

物联网应用于需要实时监测及反馈控制场景的明显优势。

(2) 精细化

物联网应用更注重产生结果的过程信息, 这些过程信息既包括了类似温度、湿度等变化缓慢的物理量, 也包括了结构应力等可能发生突变的物理量, 因此其可以确保信息的准确性。除此之外, 这些过程信息也可以为进一步进行精细的数据分析处理奠定良好的基础, 有助于进行相应有效的改善。

(3) 智能化

物联网应用往往可以实现自动采集、处理信息、自动控制等功能。某些构架可通过将终端中原有的信息处理功能的一部分移交到收集前段感知设备信息的汇聚结点中, 从而分担部分的信息处理工作。除此之外, 通过对所收集信息的存储及长期积累, 可分析得出适应特定场景下规则的专家系统, 从而可以使信息处理规则适应业务的不断变化。

(4) 多样化

一方面, 物联网的应用涉及无线传感网、通信、网络等多种技术领域, 故其可以提供的相应产品及服务形态, 也可以实现多种组合的可能。例如, 在物联网的应用架构中, 前段感知既可采用无线传感网实现, 也可通过 RFID 等多种手段实现, 因此其所能够提供的前端感知的信息也是多种多样的。这也使得物联网可应用到多个领域。

另一方面, 由于物联网涉及各个技术领域产品形态及技术手段, 因此其可提供的物联网应用构架亦有多种可能。随着现代通信网络的不断普及, 特别是移动通信网络的普及和广域网覆盖, 为物联网应用提供了网络支撑基础。进入 G 时代, 多业务、大容量的移动通信网络又为物联网的业务应用提供了实现基础, 并使得作为物联网信息网络连接的载体也呈现出多样化形态。

(5) 包容性

物联网应用有可能需要通过多个基础网络连接, 这些基础网络有可能是有线、无线、移动或是专网。物联网的业务应用网络就是通过这些网络组建新的网络组合——多个网络、终端、传感器组成了业务应用。

物联网应用可将众多行业及领域整合在一起, 形成具有强大功能的技术架构, 因此, 物联网也为众多行业及企业提供了巨大的市场和无限机会。

(6) 创新性

物联网带来了一场颠覆性的、创新性的信息技术革命。它将人类数字化管理的范围从虚拟信息世界延伸至实物世界, 强化了实时处理和远程控制能力, 极大地扩展和丰富了现有的信息系统。

同时, 物联网将原有的各个独立的实物管理自动化系统延伸至远程控制终端, 借助现有的无线传感、互联网等众多 IT 技术, 革命性地提升了自动化系统的处理性能和智能水平。

另外, 各种现有技术的结合将创造出更多的物联网信息系统, 也将促进更多新技术、新产品、新应用的产生。

物联网带来一种全新的思维方式。现有社会的产品生产、设备使用、物品管理、基础设施管理、人员管理、环境管理以及工业、农业、商业的生产作业方式、产业发展思路、政府监管的模式等, 都可以借助物联网做出创新性的发展。

2. “物”的涵义

这里所说的“物”，要满足以下条件才能够被纳入“物联网”的范围：

- 1) 要有数据传输通路。
- 2) 要有一定的存储功能。
- 3) 要有 CPU。
- 4) 要有操作系统。
- 5) 要有专门的应用程序。
- 6) 遵循物联网的通信协议。
- 7) 在世界网络中有可被识别的唯一编号。

1.1.4 物联网的分类

目前物联网还没有严格的分类标准。现有分类如下：

- 1) 私有物联网。它一般面向单一机构内部提供服务。
- 2) 公有物联网。它基于互联网向公众或大型用户群体提供服务。
- 3) 社区物联网。它向一个关联的“社区”或机构群体（如一个城市政府下属的各委办局——公安局、交通局、环保局、城管局等）提供服务。
- 4) 混合物联网。它是上述两种或两种以上的物联网的组合，但后台有统一运行维护实体。
- 5) 医学物联网。它是物联网技术在医疗、健康管理、老年健康照护等领域的应用。
- 6) 建筑物联网。它是物联网技术在路灯照明管控、景观照明管控、楼宇照明管控、广场照明管控等领域的应用。

1.1.5 物联网体系架构

物联网应该具备以下三个特征：

- 1) 全面感知。即利用 RFID、传感器、二维码等随时随地获取物体的信息。
- 2) 可靠传递。通过各种电信网络与互联网的融合，将物体的信息实时准确地传递出去。
- 3) 智能处理。利用云计算、模糊识别等各种智能计算技术，对海量数据和分析进行处理，进而对物体实施智能化的控制。

物联网大致可分为三个层次：第一层是用来感知数据的感知层；第二层是实现数据传输的网络层；第三层则是应用层。物联网体系架构如图 1-1 所示。

1. 感知层

感知层包括传感器等数据采集设备以及数据接入到网关之前的传感器网络。对于目前关注和应用较多的 RFID 网络来说，设备上的 RFID 标签和用来识别 RFID 信息的扫描仪、感应器属于物联网的感知层。在这一类物联网中，被检测的信息是 RFID 标签内容，高速公路电子收费系统、超市仓储管理系统等都是基于这类结构的物联网。物联网感知层结构——RFID 感应方式如图 1-2 所示。

用于战场环境信息收集的智能微尘（Smart Dust）网络，其感知层由智能传感结点和接入网关组成，智能结点感知信息（温度、湿度、图像等），并自行组网传递到上层网关接入

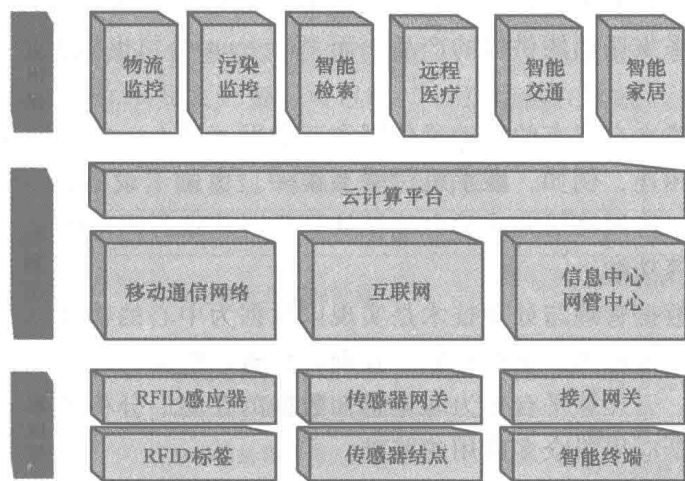


图 1-1 物联网体系架构

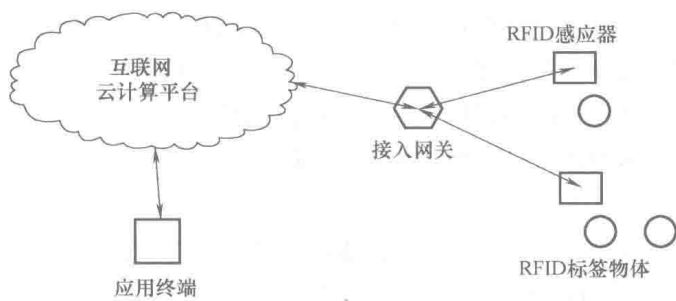


图 1-2 物联网感知层结构——RFID 感应方式

点，由网关将收集到的感应信息通过网络层提交到后台处理。环境监控、污染监控等都是基于这一类结构的物联网。物联网感知层结构——自组网多跳方式如图 1-3 所示。

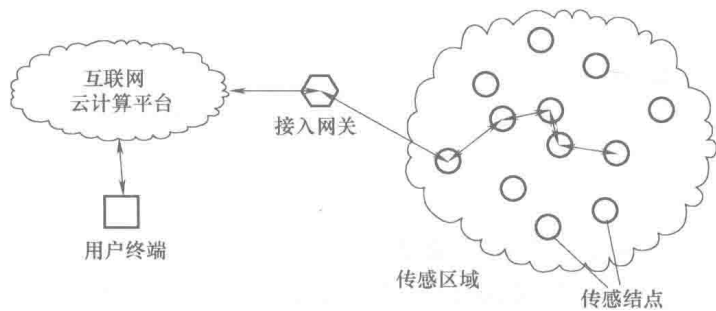


图 1-3 物联网感知层结构——自组网多跳方式

感知层是物联网发展和应用的基础，RFID 技术、传感和控制技术以及短距离无线通信技术是感知层涉及的主要技术，其中又包括芯片研发、通信协议研究、RFID 材料、智能结点供电等细分技术。通信协议的研究机构主要有伯克利大学等。西安优势微电子的“唐芯

一号”是国内自主研发的首片短距离物联网通信芯片。Perpetuum 公司针对无线结点的自主供电已经研发出通过采集振动能供电的产品，而 Powermat 公司也推出了一种无线充电平台。

2. 网络层

物联网的网络层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，在手机付费系统中，由刷卡设备将内置手机的 RFID 信息采集并上传到互联网，待网络层完成后台鉴权认证后再从银行网络转账。网络层也包括信息存储查询、网络管理等功能。

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。感知数据管理与处理技术包括传感网数据的存储、查询、分析、挖掘、理解以及基于感知数据决策和行为的理论和技术。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，通信网络运营商将在物联网的网络层占据重要地位。而正在高速发展的云计算平台将是物联网发展的又一助力。

3. 应用层

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），扫描型（手机钱包、高速公路电子收费）等。

应用层是物联网发展的目的，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，也会给整个物联网产业链带来利润。

目前已经有不少物联网范畴的应用，譬如通过一种感应器感应到某个物体触发信息，然后按设定通过网络完成一系列动作。早上，当你拿起车钥匙出门上班时，在计算机旁待命的感应器检测到之后就会通过互联网自动发起一系列事件——通过短信或者扬声器自动报今天的天气，在计算机屏幕上显示快捷、畅通的开车路径并估算路上所花时间，同时通过短信或者即时聊天工具告知你的同事你将马上到达……（Violet 公司的 Mir: ror 就是类似于上述应用的产品）。又如已经投入运营的高速公路电子收费系统、基于 RFID 的手机钱包付费应用等。

1.2 应用领域及应用案例

1.2.1 应用领域

物联网应用广泛，遍及公共事业基础设施、机械制造、智能交通、环境保护、政府工作、医疗、公共安全、智能家居、智能消防、工业监测、环境监测、路灯照明管控、景观照明管控、楼宇照明管控、广场照明管控、老人护理、个人健康、花卉栽培、水系监测、食品溯源、敌情侦查和情报搜集等多个领域。物联网典型应用领域见表 1-1。

国际电信联盟于 2005 年的报告中曾描绘了“物联网”时代的情景：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。物联网在物流领域内的应用：一家物流公司应用了物联网系统的货