

全国高等学校物联网技术应用系列教材

物联网概论

物联网框架及产业链蓝图



李向文 © 编著

中国物资出版社

全国高等学校物联网技术应用系列教材

物联网概论

——物联网框架及产业链蓝图

李向文 编著

中国物资出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

物联网概论：物联网框架及产业链蓝图/李向文编著. —北京：中国物资出版社，2011.4
(全国高等学校物联网技术应用系列教材)

ISBN 978 - 7 - 5047 - 3633 - 8

I. ①物… II. ①李… 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 (2011) 第 036643 号

策划编辑 王宏琴
责任编辑 陈凤玲
责任印制 何崇杭
责任校对 孙会香 杨小静

中国物资出版社出版发行

网址：<http://www.clph.cn>

社址：北京市西城区月坛北街 25 号

电话：(010) 68589540 邮政编码：100834

全国新华书店经销

中国农业出版社印刷厂印刷

开本：787mm×1092mm 1/16 印张：19.75 字数：481 千字

2011 年 4 月第 1 版 2011 年 4 月第 1 次印刷

书号：ISBN 978 - 7 - 5047 - 3633 - 8/TP · 0070

印数：0001—3000 册

定价：35.00 元

(图书出现印装质量问题，本社负责调换)

本系列教材编委会

- 何明珂 北京工商大学
赵林度 东南大学
施先亮 北京交通大学
王旭坪 大连理工大学
计国君 厦门大学
李文锋 武汉理工大学
张亚平 哈尔滨工业大学
王立海 东北林业大学
白世贞 哈尔滨商业大学
李向文 大连海事大学



前 言

物联网，是一次新技术革命和一个新的产业链。目前，中国的物联网仍处在各自为战的状态，与“无处不在的感知网络”的目标相比，还有很长一段距离。但正是由于产业分散，意味着无限挑战与机会，所以需要更多的人才来从事这个行业的研究、学习和工作。同时，物联网是继计算机、互联网与移动通信网之后的又一次信息教育浪潮。随着传感器、软件、网络等关键技术迅猛发展，物联网产业规模快速增长，应用领域广泛拓展，对人才的要求更高。

物联网是在互联网广度和深度应用的基础上升级而来，但其联结和信息传递的对象、途径都发生了革命性的变化，因而其核心技术和涉及的主要产业也会随之发生质的变化。如果说掌握了计算机、网络或是信息处理与应用等技术的人才在互联网时代很好地谋职谋生的话，那么，掌握云计算技术、传感技术、智能识别技术、无线通信技术等“感知”技术的人才，就一定是供应链、后互联网时代和物联网时代的“香饽饽”。

物联网概念 2009 年在中国开始热议，至今已有 2 年时间，人们都憧憬着物联网未来的美好世界，究竟物联网有那么大的魅力去改变人们的生活吗？毋庸置疑物联网是未来中国构建智慧社会的重心，政府扶持鼓励物联网发展的同时，教育部批准多所重点高校和高职高专院校开设物联网工程专业，可见物联网对未来中国的重要性。

物联网技术是个大范围的技术，突破了单一行业限制，需要很多行业相关联。为适应物联网的发展与供应链管理的需求，为配合我国物联网战略规划物流信息平台建设的部署，高校开设物联网相关专业，培养专门物联网人才是社会所需，而我国物联网与物流信息化人才却严重匮乏，亟待培养，这方面的书籍和教材也比较少见，需要开发与编著。

本教材的特点是：在体系结构和逻辑框架上，以物联网相关技术、产业链和应用问题为主线，对物联网的基本概念、有关理论、技术以及物联网应用领域、商业模式等产业链相关的问题进行了较全面的讲述，以达到培养物联网入门与应用人才的目标。具体内容分为理论篇、技术篇、应用篇、产业篇、问题篇，共十一章，分别是：第一章为物联网概述；第二章为基于 RFID 的四大物



联网系统；第三章为物联网全球编码和解析系统；第四章为物联网的关键终端技术；第五章为物联网中间件技术；第六章为物联网中的网络技术；第七章为物联网的应用领域；第八章为交通运输与装备物联网；第九章为物联网产业链；第十章为行业和区域物联网信息平台；第十一章为物联网存在与引发的问题。

本书在编著过程中，研究生韩超、桑明光、孙瑞娟、李欢、牟文飞、张想、刘琼琼在查找资料和编辑方面付出了大量辛勤的劳动，翻译并参考了欧盟推动物联网发展的系列白皮书，特别是韩超同学在统稿校对中作出了突出贡献；作者所属大连海事大学交通运输管理学院物流工程与管理专业和大连市物联网工程技术中心给予了大力支持；中国物流与采购联合会、物流学会有关领导和主管人员也给予了关心和帮助；中国物资出版社创造充分的条件，在这里一并表示衷心的感谢。

本书可以作为物联网、物流工程、物流管理、电子商务和物流信息管理以及相关专业的本科生、研究生、MBA的教材，或作为物联网开发应用和供应链与物流信息化人员的参考书和培训教材，也可供从事物联网研究与教学的人员参考。由于物联网发展日新月异，加之水平所限和时间仓促，书中定有未尽与不妥之处，恳请业界专家学者、同行及广大读者不吝指教。

作者

2011年1月



目 录

理论篇

第一章 物联网概述	(3)
第一节 物联网的由来	(3)
第二节 物联网的概念与特征	(5)
第三节 物联网的体系结构与技术架构	(8)
第四节 物联网的国内外发展现状	(17)
第五节 物联网的研究任务与价值	(23)
第二章 基于 RFID 的四大物联网系统	(26)
第一节 EPC 系统	(26)
第二节 UID 系统	(35)
第三节 ISO/IEC 组织和 IP-X 标准	(43)
第三章 物联网全球编码和解析系统	(45)
第一节 数据交换标准和协议	(45)
第二节 全球编码和解析计划	(52)
第三节 全球编码和解析计划的互操作性	(65)
第四节 其他发展	(67)

技术篇

第四章 物联网的关键终端技术	(71)
第一节 射频识别技术	(71)
第二节 嵌入式系统	(80)
第三节 纳米技术	(83)
第四节 自动识别和数据输入技术	(85)
第五节 终端接入技术	(88)
第五章 物联网中间件技术	(112)
第一节 物联网的中间件技术	(112)
第二节 物联网名称解析服务	(133)
第三节 并发访问控制技术	(140)
第四节 数据分组过滤技术	(146)



第六章 物联网中的网络技术	(149)
第一节 通信技术与协议	(149)
第二节 物品名称寻址技术	(155)
第三节 物品信息服务技术	(157)
第四节 物品信息发现技术	(164)
第五节 无线传感网络技术	(165)
第六节 物联网与互联网的关系及异同	(171)

应用篇

第七章 物联网的应用领域	(177)
第一节 安全管理领域的应用	(177)
第二节 制造业领域的应用	(186)
第三节 供应链管理与现代物流领域	(190)
第四节 交通运输领域的应用	(194)
第五节 军事物流领域的应用	(204)
第六节 智能电网领域的应用	(207)
第七节 其他领域的应用	(211)
第八章 交通运输与装备物联网	(215)
第一节 交通运输与装备物联网概述	(215)
第二节 交通运输与装备物联网规划与建设	(221)
第三节 M2M 与车载网	(224)

产业篇

第九章 物联网产业链	(237)
第一节 物联网产业链概述	(237)
第二节 物联网产业链的发展	(248)
第三节 我国物联网产业发展面临的优势与挑战	(251)
第四节 我国物联网产业链的发展趋势	(255)
第十章 行业和区域物联网信息平台	(258)
第一节 物联网发展的切入点	(258)
第二节 基于物联网的行业和区域物流信息平台	(260)

问题篇

第十一章 物联网存在与引发的问题	(267)
第一节 成本问题	(267)
第二节 隐私问题	(269)
第三节 安全问题	(273)



第四节	物联网的相关政策与法规	(276)
第五节	物联网的标准化问题	(278)
第六节	物联网发展的商业模式	(289)
第七节	传感器的研发	(294)
结语与展望		(299)
参考文献		(300)
附录 CASAGRAS 常用联系和参考点		(304)



理 论 篇



第一章 物联网概述

随着互联网的发展实现了人与人的沟通，人们开始设想如何将人与物连接，甚至是直接将物与物联系在一起，于是“物联网”的概念就应运而生。物联网诞生于1999年美国麻省理工学院的实验室，在2005年受到国际电信联盟的关注而受到业界广泛的重视，2009年IBM提出“智慧地球”的战略思想后物联网成为了家喻户晓的热点名词。但是，物联网究竟为什么这么热？它到底怎样改变了人们的生产生活？本章将向读者介绍物联网的由来及其深层含义，并对国内外物联网的发展现状进行概要的分析，本章还阐述了物联网的研究任务与价值以供读者把握物联网的精髓所在。最后，通过分析物联网与互联网的差异使读者了解物联网并不是简单的互联网的进一步发展，而是革命性的突破性拓展。

第一节 物联网的由来

一、物联网产生的背景

20世纪末，一系列新兴市场遭受金融危机的冲击后，诞生了“互联网”这一新兴行业。而在十年后的今天，全世界正在经历一场更大规模的、百年罕见的新的经济危机。如何积极应对、抢占经济科技制高点，是各国需要共同面对的一场竞赛。要振兴经济就需要有创新，有新的概念、新的技术、新的产业、新的模式，这是全世界都在共同研究并努力寻找的经济复苏的突破口。

从世界经济发展史来看，每次经济大衰退之后的复苏主要有两种方式：一是战争；二是新技术革命。它们都要打破旧的经济格局，建立新的经济秩序。通过战争，可以进行生产要素和消费要素的再分配；通过新一轮的技术革命，建立新观念、发展新技术、产生新产业、推出新模式，可以带动新的生产供给和消费需求。战争或者新技术革命都可以重新激发社会经济活力，从而摆脱经济危机，进入由新的资源配置方式、新的生产供给和消费需求推动的经济发展周期。

美国正在推销新能源、低碳经济、环保产品、新材料等概念，意在占领新的经济制高点，以新技术产品主导世界经济方向、弱化传统能源原材料输出地区的经济发展能力和国际政治影响力，使其成为新技术产品的倾销地。找到新的经济增长点，美国才能够真正摆脱这场危机。

尽管由美国次贷危机演变的全球经济危机来势汹汹，危害深重。但是也要分两方面来看，一方面是这场严重的国际经济危机的冲击和挑战是前所未有的；另一方面是机遇总是伴随挑战而生。要辩证地看待“危”与“机”，学会在危中求机，努力转危为机。危机还



没有过去，新技术却已开始引领未来。从历史经验来看，在大危机之后，总会有新的行业或技术诞生，并大有形成浪潮之势，新技术产业革命是解决经济危机的最佳手段。

“互联网”是目前全世界范围内最有效的实现信息实时传输的技术之一，但是随着全球经济一体化的加剧，国家间越来越频繁的国际贸易导致互联网已经逐渐无法满足合作伙伴间的信息传输。在全球经济一体化的趋势下，用传统的跟踪识别技术对货物进行实时跟踪，识别效率较低，而且成本较高，传统的信息传输技术对于生产商与零售商之间的信息传输也无法提供充足的保证，做到及时高效的信息传输。因此，随着 RFID 技术及 EPC global 等技术的逐渐普及，新一代的信息发展技术——“物联网”应运而生。

二、物联网概念的提出

“物联网”概念最早起源于比尔·盖茨 1995 年《未来之路》一书，在《未来之路》中，比尔·盖茨已经提及“物联网”概念，只是当时受限于无线网络、硬件及传感设备的发展，并未引起重视。

1999 年 10 月麻省理工学院 (Massachusetts Institute of Technology, MIT) 的自动识别研究中心 (Auto-ID Center) 的 Sanjey Sarma 和 David Brock 两位教授提出了产品电子代码 (Electronic Product Code, EPC) 的概念。作为物联网的基础技术，EPC 是指为每一个产品提供唯一的标识符，利用射频识别技术来进行数据自动的采集，通过互联网对 EPC 编码进行解析来获取记载的信息。本书在下一章会对 EPC 技术进行详细的介绍。

2003 年 11 月，国际物品编码协会 (European Article Numbering, EAN) 和美国统一编码协会 (Uniform Code Council, UCC) 联合收购了 EPC 技术，Auto-ID Center 分成了 EPC global 和 Auto-ID 实验室。EPC global 由 EAN 和 UCC 合资共同组建，用于 EPC 标准的制定与推广；Auto-ID 实验室则继承 Auto-ID Center，继续负责相关的技术研究工作。

2005 年 11 月，在突尼斯举行的信息社会世界峰会 (the World Summit on the Information Society, WSIS) 上，国际电信联盟 (International Telecommunications Union, ITU) 发表了一本世界互联网发展年度报告——《物联网》，正式提出了“物联网”的概念，报告中系统地讨论了物联网的概念，介绍了欧美各国的案例研究和发展战略，提出了“物联网时代”的构想。国际电信联盟这样描绘“物联网时代”的景象：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，等等。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。

2009 年，IBM 首席执行官彭明盛提出“智慧地球”，惠普提出“地球神经中枢系统”，思科提出“智能城市”等构想，物联网都是作为其中不可或缺的一部分。而奥巴马在就职演讲后对“智慧地球”构想提出积极回应，认为“智慧地球”是美国保持和重夺国家竞争优势的根本所在，并将其提升到国家级发展战略。

2009 年 8 月，温家宝总理在无锡考察时指出，“未来信息科技有三件事要去做：一是把传感系统和 3G 中的 TD 技术结合起来；二是在国家重大科技专项中，加快推进传感网



发展；三是尽快建立中国的传感信息中心，或者叫‘感知中国’中心”。在2010年的全国人大会议上温家宝总理又特别指出，要大力培育战略性新兴产业，要大力发展信息网络和高端制造产业，积极推进“三网”融合取得实质性进展，加快物联网的研发应用。

那么，“物联网”究竟是什么？为什么自诞生以来受到这么多国家领导的关心、学者的研究呢？它究竟会怎样改变我们的生活？本书将详细为您揭开物联网的神秘面纱。

第二节 物联网的概念与特征

一、物联网概念的定义

对物联网的概念有很多讨论和不同版本，还没有统一的术语标准。但是，我们比较认同欧盟第七框架有关物联网白皮书中的定义。因为它是在新兴物联网出现的情况下，由世界物联网发展先进的各国专家通过 CSAGRAS (Coordination and Support Action for Global RFID-related Activities and Standardisation, 全球 RFID 运作及标准化协调支持行动)，提供一个基础研究的框架，以帮助欧盟委员会和全球研究组织确认和协调与无线射频识别及物联网相关的国际间存在的问题和新进展，其权威性越来越得到公认。

物联网 (Internet of Things, IOT) 是一个全球的基础网络，通过数据获取的开发和通信能力将实际物体与虚拟物体联系在一起。该基础网络包括现存的互联网及其延伸和拓展，并且拥有具体物体识别功能，传感器、激光扫描器和通信连接功能等作为其提供独立联合服务和应用的基础。也就是说，物联网是指在计算机互联网的基础上，通过 RFID、EPC global 和无线传感网络等技术，构成一个可以实现实时信息共享的、覆盖全球所有事物的超级网络。因此，物联网具有高度自主的数据获取、信息转换、网络连通和协同工作的特点和功能。

由于有很多定义都试图尽可能详细地从多方面来归纳概括物联网，因此，我们有必要弄清楚每个特定词语的含义，以尽可能地减少模糊和不确定性。

1. 全球基础网络

“全球基础网络”是指在很多地方都与当前的互联网相似的一种网络结构，它允许数据通过计算机连接网络从一台计算机传输到另外一台与网络相连接的计算机上，而数据包则需要通过路由装置来按照正确的指令传输到最终目的地。物联网会一直利用互联网的功能，以互联网结构为基础，至少在最开始是这样的。但是随着越来越多的电脑节点被安装灵便装置或嵌入式电脑系统以使电脑使用人员被更加方便的自主电脑所取代，物联网也有可能改变这种模式，为个人、企业或其他组织而服务。

2. 实际物体

“实际物体”则涉及任何有生命和没有生命的、实际的独立实体和事物，这些实体和事物不论其复杂程度如何，都具有自己独一无二的身份。虚拟物体是指那些存在于媒介中的、与实际物体有代表与被代表关系的事物。如果某一物体想要进入物联网或者利用物联网，那就需要为其指明身份。



3. 数据获取和自主数据获取

“数据获取”和“自主数据获取”是指从特定来源获取数据以及将数据发送到运行、通信及其他数据处理的系统中。并且逐渐地，在物联网的应用和服务中，数据获取过程会利用自动识别和数据获取（Auto Identification and Data Collection, AIDC）系统，这会进一步减少人为操作，提高自动化程度。

4. 具体物体识别

“具体物体识别”涉及物体识别的具体方法，或者依据物体的自然特性和特点，或者依赖于数据存储装置比如一维条码、二维条码或者 RFID 标签等。

5. 传感器

“传感器”是指能够感应并测量既定物理、化学或者生物环境，并且据此给出相应量化值的装置。相对于其他传感器来讲有所不同，物联网是利用 RFID 读取设备来获取所需要的特定数据。

6. 连接能力和连通性

“连接能力”和“连通性”是指数据源与数据携带或处理装置之间的发送和通信能力。连接能力或连通性越强，数据的传输效率越高。

7. 信息转换

“信息转换”是指在信息从数据源向与物联网应用服务相关的目的地或者其他位置及活动发送的过程中，嵌入在信息中的功能的转换活动。最基本的物联网模型也应当拥有数据携带装置，这主要是指拥有唯一身份的被动式 RFID 标签，而且这些标签都有通过无线传输渠道实现数据读出和写入的功能。当然标签之间是不具有数据传输和数据加工的功能的。

8. 独立联合服务及应用

“独立联合服务及应用”是指部分参与方达成一致，使用专属架构（即使协议中有相关约束）来发展相关服务和应用，但是他们能够自主决定那些（在协议约束范围内的）服务和应用的性质，以及如何来管理他们。

物联网的应用则是利用这些数据携带装置的身份标识来对其进行远程定位并实现相关数据信息的存储。我们首先利用具有与标签之间进行无线通信功能的数据读取设备或门禁装置读取标签中的数据，然后再将读取的数据传输到应用支持主机的信息管理系统中。

数据读取设备可以是固定的或者移动的装置。依据数据读取设备的类型，其与主机之间的数据通信也可以是有线的或者无线的，但是不论哪种方式都必须有相应的通信协议支持。数据读取设备有时也会拥有一定的数据处理能力，并且具有相应的额外装置来与其他数据读取设备实现通信和数据的传输，进而连接成网络。

主机系统负责处理应用需求，对项目进行编号，以实现明确项目的支持功能，并获取适当的回应。同样，主机系统也可以通过有线和无线通信渠道连接成网络。按照应用的需求，这种进一步的网络连接功能可能会包括互联网和万维网。如果要真正实现物联网的全球覆盖，则需要适当的国际化的编号标准、数据结构和通信传输协议。



二、物联网的特点

(一) 物联网的基本特点

物联网是利用无所不在的网络技术建立起来的，是继计算机、互联网与移动通信网之后的又一次信息产业浪潮，是一个全新的技术领域。作为新一代的信息发展技术，物联网主要有以下三个基本特点：

1. 全面感知

利用 RFID、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

感知的信息是需要传送出去的，利用以太网、无线网、移动网将感知的信息进行实时的传送，现在无处不在的无线网络已经覆盖了全世界各个地方，在这种情况下，感知信息的传送变得非常现实。

3. 智能处理

利用云计算等技术及时对海量信息进行处理，实现智能化的控制和管理，真正达到了人与物的沟通。

(二) 物联网的重要本质特征

从欧盟关于物联网的定义，可以看出物联网的重要特征：物联网是未来互联网的一部分，能够被定义为基于标准和交互通信协议的具有自配置能力的动态全球网络设施，在物联网内物理和虚拟的“物件”具有身份、物理属性、拟人化等特征，它们能够被一个综合的信息网络所连接。2010年，我国的政府工作报告所附的注释中对物联网有如下说明：“物联网是通过传感设备按照约定的协议，把各种网络连接起来，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。”中科院院士邬贺铨认为，“很多物体不一定非要连到网上，而且物联网不是网络而是应用和业务”。物联网的主要特征是每一个物件都可以寻址，每一个物件都可以通信，每一个物件都可以控制，即物联网的重要特征是：

- (1) 每一物件均可寻址；
- (2) 每一物件均可通信；
- (3) 每一物件均可控制。

在上述观点和研究基础上，北京邮电大学马华东教授认为物联网的本质特征是：

- (1) 普通对象设备化；
- (2) 自治终端互连化；
- (3) 普适计算智能化。

三、智慧地球的含义与特征

IBM 提出的“智慧地球”理念的核心是以一种更智慧的方法通过利用新一代信息技术来改变政府、公司和人们相互交互的方式，以便提高交互的明确性、效率、灵活性和响应



速度。如今信息基础架构与高度整合的基础设施的完美结合，使得政府、企业和市民可以作出更明智的决策。智慧方法具体来说是以如下三个方面为特征：更透彻的感知、更全面的互联互通、更深入的智能化。

1. 更透彻的感知

这里的“更透彻的感知”是超越传统传感器、数码相机和 RFID 的更为广泛的一个概念。具体来说，它是指利用任何可以随时随地感知、测量、捕获和传递信息的设备、系统或流程。通过使用这些新设备，从人的血压到公司财务数据或城市交通状况等任何信息都可以被快速获取并进行分析，便于立即采取应对措施和进行长期规划。

2. 更全面的互联互通

互联互通是指通过各种形式的高速的、高带宽的通信网络工具，将个人电子设备、组织和政府信息系统中收集和储存的分散的信息及数据连接起来，进行交互和多方共享。从而更好地对环境和业务状况进行实时监控，从全局的角度分析形势并实时解决问题，使得工作和任务可以通过多方协作来得以远程完成，从而彻底地改变整个世界的运作方式。

3. 更深入的智能化

智能化是指深入分析收集到的数据，以更加新颖、系统且全面的洞察来解决特定问题。这要求使用先进技术（如数据挖掘和分析工具、科学模型和功能强大的运算系统）来处理复杂的数据分析、汇总和计算，以便整合和分析海量的跨地域、跨行业和职能部门的数据和信息，并将特定的知识应用到特定行业、特定场景、特定解决方案中以更好地支持决策和行动。

人们的愿景是将世界运行到一个更高的智慧水平，使个人、企业、组织、政府、自然系统和人造系统相互交互的方式更具智慧。每次交互就意味着人们可以有机会以更完美、更高效和更多产的方式来完成事件。更重要的是，地球将变得越来越智慧，为人类开创更为广阔的前景。

第三节 物联网的体系结构与技术架构

一、物联网的体系结构

如前所述，物联网应该具备三个特征：一是全面感知，即利用 RFID、传感器、二维码等随时随地获取物体的信息；二是可靠传递，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；三是智能处理，利用云计算、模糊识别等各种智能计算技术，对海量数据和信息进行分析和处理，对物体实施智能化的控制。

在业界，物联网的体系结构大致被公认为有三个层次，如图 1-1 所示，底层是用来感知数据的感知层，第二层是数据传输的网络层，最上面则是内容应用层。

（一）感知层是物联网的皮肤和五官——识别物体，采集信息

感知层包括二维码标签和识读者、RFID 标签和读写器、摄像头、GPS、传感器、终端、传感器网络等，主要是识别物体、采集信息，与人体结构中皮肤和五官的作用相似。