

物联网工程研究丛书

Architecting the Internet of Things

# 物联网架构

——物联网技术与社会影响

[德] Dieter Uckelmann

[英] Mark Harrison

编著

[瑞] Florian Michahelles

别荣芳 孙运传

等译

郭俊奇 王慎玲

Dieter Uckelmann  
Mark Harrison  
Florian Michahelles *Editors*

Architecting  
the Internet  
of Things

Springer



科学出版社

物联网工程研究丛书

# 物联网架构

——物联网技术与社会影响

**Architecting the Internet of Things**

〔德〕Dieter Uckelmann 〔英〕Mark Harrison

〔瑞〕Florian Michahelles 编著

别荣芳 孙运传 郭俊奇 王慎玲 等译

科学出版社

北京

## 内 容 简 介

本书围绕物联网的系统设计思想、核心体系架构方法论、终端用户的参与、业务前景与应用模式、物联网中的资源管理等诸多涉及物联网研究与发展关键方面展开论述,澄清了一些易被混淆的基本概念,提出了很多具有重大影响的学术思想,为物联网的学术研究与应用开发提供了重要的参考,是物联网领域的经典著作。

本书可作为高等院校物联网等相关专业的教材,也可作为相关领域工程技术人员的参考书。

Translation from the English language edition;

*Architecting the Internet of Things* edited by Dieter Uckelmann; Mark Harrison; and Florian Michahelles

Copyright © Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2011

Springer-Verlag Berlin Heidelberg is part of Springer Science+Business Media

All Rights Reserved

### 图书在版编目(CIP)数据

物联网架构:物联网技术与社会影响/(德)乌珂曼(Uckelmann, D.)等著;  
别荣芳等译. —北京:科学出版社,2013  
(物联网工程研究丛书)

书名原文:Architecting the Internet of Things

ISBN 978-7-03-035938-4

I. ①物… II. ①乌… ②别… III. ①互连网络-应用②智能技术-应用  
IV. ①TP393.4 ②TP18

中国版本图书馆CIP数据核字(2012)第260294号

责任编辑:王 哲/责任校对:林青梅  
责任印制:张 倩/封面设计:迷底书装

科学出版社出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

http://www.sciencep.com

双青印刷厂印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

\*

2013年1月第一版 开本:B5(720×1000)

2013年1月第一次印刷 印张:20 1/4

字数:3 940 000

定价:78.00元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

# 目 录

译者序

前言

<b>第 1 章 未来物联网的架构方案</b> .....	1
1.1 引言 .....	2
1.2 定义和功能需求 .....	5
1.3 欧洲物联网研究现状.....	11
1.4 研究方向与机遇.....	14
1.5 未来展望.....	16
1.6 未来物联网的体系架构.....	20
1.7 结论和展望.....	26
参考文献 .....	26
<b>第 2 章 人性化的物联网：“人学思想”的影响与挑战</b> .....	29
2.1 引言.....	29
2.2 “人学思想”：概念及其同系统设计的关系 .....	31
2.3 与计算机系统对立的“人学思想” .....	32
2.4 人机交互的互动与规范.....	33
2.5 程序员的“人学思想”在系统设计中的影响.....	34
2.6 系统设计中的“人学思想”：取得认同所需的步骤和面临的挑战 .....	36
2.7 结论.....	38
参考文献 .....	38
<b>第 3 章 智能空间中的民众创造力</b> .....	40
3.1 网络环境中的 DiY .....	40
3.2 智能空间中有形创作的研究方向.....	44
3.3 概念 1：呼出物联网 .....	45
3.4 概念 2：智能组合物联网 .....	49
3.5 概念 3：现象物联网 .....	54
3.6 结论.....	62
致谢 .....	62
参考文献 .....	62
<b>第 4 章 终端用户参享物联网的工具包方案</b> .....	65

4.1	从互联网到物联网·····	65
4.2	问题与挑战·····	66
4.3	面向参与的方法·····	67
4.4	基于工具包的用户革新·····	73
4.5	现有工具包·····	74
4.6	讨论·····	86
4.7	结论·····	87
	参考文献·····	88
<b>第5章</b>	<b>从物联网到物维网：面向资源的架构及最佳实践</b> ·····	<b>92</b>
5.1	从物联网到物维网·····	93
5.2	设计 RESTful 智能物体·····	95
5.3	Web 使能受限设备·····	100
5.4	物理混搭：重构现实世界·····	104
5.5	未来物维网的先进理念·····	109
5.6	对物维网的未来讨论·····	115
5.7	结论·····	116
	参考文献·····	116
<b>第6章</b>	<b>支持自主合作物流的物联网数据集成及面向服务的语义方法</b> ·····	<b>119</b>
6.1	引言和背景·····	119
6.2	发展现状·····	121
6.3	问题分析·····	128
6.4	方法概念——面向服务、基于本体的调解器·····	133
6.5	结论·····	137
	致谢·····	138
	参考文献·····	138
<b>第7章</b>	<b>物联网中的资源管理：分类聚集、同步和软件代理</b> ·····	<b>142</b>
7.1	引言·····	142
7.2	背景和相关工作·····	143
7.3	假设和定义·····	150
7.4	支持扩展性的分类聚集技术·····	152
7.5	用于物体表示的软件代理·····	160
7.6	数据同步·····	162
7.7	结论·····	169
	参考文献·····	170
<b>第8章</b>	<b>物联网在协同生产环境中的作用——提高自主性和敏捷性</b> ·····	<b>173</b>

8.1	引言 .....	173
8.2	互联企业新兴的挑战 .....	174
8.3	敏捷性和自主性 .....	176
8.4	通过物联网实现自主性和敏捷性 .....	182
8.5	满足物流生产中新要求所需要的技术 .....	183
8.6	应用领域：汽车尾灯——智能产品 .....	189
8.7	物联网面临的挑战 .....	194
8.8	结论 .....	196
	致谢 .....	197
	参考文献 .....	197
<b>第 9 章</b>	<b>物联网综合计费方案 .....</b>	<b>200</b>
9.1	引言 .....	200
9.2	RFID 与物联网的成本 .....	201
9.3	RFID 与物联网的收益 .....	209
9.4	成本分摊与收益分配 .....	212
9.5	技术性框架——将计费功能整合到 EPCglobal 网络中的框架 .....	213
9.6	结论 .....	219
	致谢 .....	220
	参考文献 .....	220
<b>第 10 章</b>	<b>物联网商业模式 .....</b>	<b>223</b>
10.1	引言 .....	223
10.2	商业模式和商业模式创新 .....	224
10.3	物联网的价值创造 .....	229
10.4	物联网的典型商业模式场景 .....	234
10.5	结论 .....	243
	参考文献 .....	244
<b>第 11 章</b>	<b>欧洲 DiY 智能体验项目——物联网个人应用的破冰之旅 .....</b>	<b>246</b>
11.1	DiY 社会：驱动、目的和角色 .....	247
11.2	DiY 服务创建框架的基础：传感器-执行器技术和中间件 .....	256
11.3	语义互操作：DiY 活动的需求 .....	261
11.4	DiYSE 服务框架 .....	266
11.5	智能空间：交互、使用和创建 .....	270
11.6	结论 .....	274
	致谢 .....	275
	参考文献 .....	275

<b>第 12 章 智能物流——利用物联网提高物流系统的互操作性</b> .....	278
12.1 引言 .....	278
12.2 语义网 .....	280
12.3 本体论 .....	284
12.4 EURIDICE 环境下的物联网 .....	289
12.5 业务影响 .....	299
12.6 展望 .....	300
12.7 结论 .....	301
参考文献 .....	301
缩写词 .....	304

# 第 1 章 未来物联网的架构方案

Dieter Uckelmann<sup>1</sup>, Mark Harrison<sup>2</sup>, Florian Michahelles<sup>3</sup>

<sup>1</sup>德国，不来梅大学，动态物流实验室

<sup>2</sup>英国，剑桥大学，制造研究所

<sup>3</sup>瑞士，苏黎世联邦理工学院，信息管理系

在物联网（Internet of Things, IoT）的概念诞生之初，其含义主要是利用自动识别技术（Auto-ID）和网络技术实现对 B2B（Business to Business）物流的管理和产品生命周期的自动化管理。之后，随着信息技术的迅速发展，人们对物联网的研究逐步展开，未来物联网的广阔前景也逐渐呈现在人们的面前。在未来物联网环境中，分布在我们生活每个角落的智能物品可以随时随地获取各种各样的信息，并通过物品互联的网络技术发布和利用这些信息。在日常工作和生活中，人们可以充分利用这些丰富的信息，同时也可以通过各种智能物品方便地为物联网提供信息。目前，盛行的社交网络为人们交友提供了便捷的交流平台。通过这些社交平台，人们可以及时与他人分享工作与生活体验，针对社会热点问题发表个人意见和建议，针对特定的问题征求他人的帮助。社交网络在商业应用中取得了巨大的成功，充分体现了社交网络与商业应用整合发展的巨大潜力。

信息是物联网中价值创造的主要源泉。物联网能够为商业应用提供实时的信息分析服务，进一步提高商业智能的功能，从而进一步提高目前已有的商业软件系统的内部整合和交互能力。在物联网环境中，可以建立相应的激励机制来鼓励用户向物联网提供信息，以加强信息的共享与交易。信息获取与分析技术的迅速发展，将进一步加快物联网商业模式的改革与创新，从而促使物联网逐步从投入转向收益。

在物联网中，人们可以采用混搭模式<sup>①</sup>建立自己的业务应用。混搭是指利用已有的功能服务，对存储在物联网上的数据进行分析处理，并按照某种合理的形式呈现给最终用户。同时，人们还可以通过编程对混搭而成的业务应用进行改进。通过自动识别、无线传感等技术，用户可以实时获取现实世界中的事件信

---

<sup>①</sup> 译者注：在 Web 应用开发中，混搭技术是指利用来自多个不同站点或者应用程序的数据、页面表现形式和应用接口来构建新的服务的方法。利用混搭模式，可以快速创建满足用户需求的新的业务流程，目前 Yahoo、Google 都提供开放的应用程序接口（Application Programming Interface, API）供其他网站使用。



息，并将这些信息与虚拟世界的信息（如企业数据库和 Web 2.0 应用）相结合，在智能分析系统的支持下，为物联网环境中的商务应用提供服务。此外，物联网可以利用各种灵活方法，通过机器接口，直接操纵现实世界中的物品。

本章主要讨论三方面的内容。首先阐述未来物联网的规划与发展，主要内容包括物联网的概念、发展历程、发展愿景，以及所面临的一系列关键问题和挑战。其次，讨论物联网的商业问题。针对用户对物联网的评价，从以用户为中心和以商业为中心两种不同的情况出发进行论述；针对物联网的成本和收益，从企业、用户、社会和环境等不同的角度展开论述。最后，就未来发展，为研发人员提出一些供参考的意见。

## 1.1 引言

2001 年，美国麻省理工学院自动识别技术中心（Auto-ID Center）的 Davik Brock 在介绍电子产品编码（Electronic Product Code, EPC）<sup>①</sup> 的文章中，首次使用“物联网”<sup>②</sup> 这个词。2003 年 9 月，在芝加哥召开的 EPC 研讨会上，“物联网”开始受到人们的关注。当时，自动识别技术中心提出了 EPC 网络的初步构想，并提出将其用于物流供应链中物品的自动识别和物流的监控与追踪。而后，越来越多的研究人员及开发人员开始沿用这一术语，物联网开始得到学术界和产业界的关注，相关的研究与开发工作如雨后春笋般地发展起来。

物联网的主要思想是将现实的物理世界和虚拟的信息世界无缝地融合为一体。信息世界是以信息技术为基础构建的虚拟世界，其中的数据内容是对现实世界的客观物体和对应事件流程的描述。借助自动识别技术，对物理世界中的物体进行标识，可以实时地获取相关物体的具体信息，利用网络技术和相应的信息技术可以将这些信息与信息世界进行对接，从而实现两个世界的无缝融合。在商业

---

<sup>①</sup> 译者注：EPC 的载体是射频识别（Radio Frequency Identification, RFID）标签，并借助互联网来实现信息的传递。借助全球开放的标识标准，EPC 的目标是为每一件产品建立唯一的电子标签，实现全球范围内对单件产品的跟踪与追溯，从而有效提高供应链管理水平和降低物流成本。EPC 是一个完整的、复杂的、综合的系统。EPC 概念最初是 1999 年由美国麻省理工学院提出的，在国际条码组织、宝洁公司、可口可乐、沃尔玛、联邦快递、雀巢、英国电信、SAP、SUN、PHILIPS、IBM 等全球 80 多家跨国公司的支持下，于 2003 年完成技术体系的规模测试，并成立 EPCglobal 全球组织，推广 EPC 和物联网的应用。全球最大的零售商美国沃尔玛宣布从 2005 年开始使用 EPC 电子标签。美国国防部，美国、欧洲、日本的生产企业和零售企业都制定了从 2004 年到 2005 年实施电子标签的方案。

<sup>②</sup> 译者注：1995 年，比尔·盖茨在他的《未来之路》中提到物联网的理念，但由于无线网络、硬件及传感设备等技术发展的限制，当时并未引起重视。1999 年，美国麻省理工学院的自动识别技术中心首次提出 EPC 的概念和技术，再次明确物联网的理念，并开始使用“Internet of Things”这个术语。2005 年，国际电信联盟（International Telecommunication Union, ITU）正式提出物联网概念。

活动和日常生活中，利用物联网，人们能够更加容易地获取现实世界的信息，甚至可以通过物联网的信息系统直接对现实世界中的物体进行操作。在强大的信息技术支持下，用户可以更好地做出行动计划，并采取相应的行动方案，大大提高业务管理的水平。除了能够为商业活动提供及时、准确、高效的信息服务外，在人们的日常生活中，物联网也会发挥巨大的作用，使我们生活得更方便、更舒适。

自从自动识别中心提出“物联网”的概念之后，随着自动识别技术、实时定位系统、传感技术的发展，越来越多的研发人员开始研究“物联网”对现实世界与信息世界的融合问题（Fleisch et al.，2005；Bullinger et al.，2007；Floerke-meier et al.，2008）。

近年来，随着用于物体标识的标签的微型化、各种存储与读取设备的成本的降低，以及RFID<sup>①</sup>、传感网<sup>②</sup>、近场通信<sup>③</sup>、无线通信等相关技术的逐步成熟，在我们的日常工作与生活中也逐渐出现一些物联网的雏形。在物联网环境中，我们可以利用传感器来监测现实世界中物体的状态信息，并对这些信息进行合理的分析，以便于对现实世界中发生的各种变化做出快速反应。这种具有充分交互和迅捷反应能力的网络，对普通民众和企业而言，应用潜力非常大。

目前，RFID技术在生产车间、仓库和零售商店等领域已经得到广泛应用，在产品的供应链管理中，也日益凸现出其重要性。传感器技术在制造业和物流业中应用广泛。在制造业中，其主要作用是监控生产进程和商品的质量管理。在物流中，其主要作用是实时监控物品的实际状态信息，包括位置、运输状态、完好程度等。在传统的应用系统中，跨系统的数据交换受到技术的限制而发展缓慢。

最初，RFID技术主要应用于访问控制和生产自动化领域。在这些领域中，标签大都在封闭的环境中使用，并且RFID数据只能通过简单的客户端使用。也就是说，初期的RFID应用基本上都局限在独立的系统环境中，没有实现不同系统的交互与通信。而在物联网环境下，识别技术与通信技术的发展使得跨系统的数据交换不再困难。当然，这需要借助于网络通信技术。近年来，在传统的商业信息系统中，互联网技术得到广泛应用，并逐渐向高度网络化发展。类似地，目前传统的RFID应用也需要接入到互联网环境中，从而促使其应用更加开放，实现网络环境中的RFID应用。这是目前工业界正在考虑的重大挑战。

---

① 译者注：射频识别技术（RFID）是一种无线通信技术，可通过无线电信号识别特定目标，并读写相关数据，而无须识别系统与目标之间建立机械或光学接触。

② 译者注：传感网是指将红外感应器、全球定位系统、激光扫描器等信息传感设备与互联网结合起来而形成的一个巨大网络，让所有的物品都与网络连接在一起，从而方便识别和管理。

③ 译者注：近场通信（NFC），又称近距离无线通信，是一种短距离的高频无线通信技术，允许电子设备之间进行非接触式点对点资料传输，在10厘米（3.9英寸）内交换资料。

要实现随时随地访问各种实时信息，物联网需要借助信息通信技术（Information Communication Technology, ICT）。因此，开放的、可扩展的、安全的和标准的网络通信的设施对物联网而言是必不可少的。当然，这样的基础设施建设绝非一日之功。好在有关这方面的研究已经引起人们的关注。目前，EPCglobal 的工作组正在收集和分析客户需求及商业案例，力图制定全球统一的技术标准，以提高物联网技术应用的可行性。开放地理空间联盟（Open Geospatial Consortium, OGC）<sup>①</sup>也正着手研究和建立一个开放标准框架，以便能够连接各种传感设备，如洪水计量表、空气污染监测器、桥梁的压力测量仪、移动心脏监测器、网络摄像头和星载地球成像设备等。

目前，物联网的研究主要是围绕技术发展的可能性展开的，而不是围绕用户需求展开的。这在一定程度上阻碍了物联网应用的发展。应该说，随着近距离通信、RFID 技术在具体应用中的推广（如 Nabaztag, Touchatag），移动互联网（如 Apple iPhone, HTC Touch）和社交网络平台（如 Twitter<sup>②</sup>）的迅速发展，为用户 DiY 的创新和应用提供了一个巨大的发展空间（见第 3 章）。在物联网环境中，人类和物品的关系变得越来越紧密。当然，物联网的发展需要开放的网络体系结构把物品和人联系起来。

目前，在企业生产和物流领域广泛使用的 RFID 系统，可以看做一种企业内各种物品间的物联内网或者物联外网。传统的通信技术（比如电子数据交换标准 EDIFACT）通常对通信者的数量是有限制的；而未来开放的互联网架构需要进一步提升和扩展这些早期的技术和方法。

图 1.1 所示为从当前的物联内网/物联外网<sup>③</sup>到未来的物联网和人联网<sup>④</sup>的发展过程中需要经历的各个阶段。在新的技术推动下，大量新的应用需要加入到物联网中来，因此可扩展性对于物联网的发展来说是至关重要的。

此外，对于目前企业中在用的信息系统，我们很难分析其成本和带来的收益，也没有成功的商业案例来说明信息应用系统为企业带来收益的定量分析。

从目前 Web 2.0 的最新应用中，我们可以获得一些启发，为物联网的发展提供一些思路。物联网中大量自适应的、自主管理的智能物品能够为用户提

---

① 译者注：开放地理空间联盟（OGC）是一个非盈利的国际标准化组织，引领着空间地理信息标准和定位基本服务的发展。

② 译者注：Twitter 是国外的一个社交网络及微博客服务的网站。它利用无线网络、有线网络、通信技术，进行即时通信，是微博客的典型应用。

③ 物联内网（Intranet of Things）和物联外网（Extranet of Things）。

④ 译者注：人联网是以社交（social）、位置（location）、移动（mobile）和线上支付、线下服务（Online to Offline）为基础打造的全新体验的用户分享社区。它与互联网、物联网不同，它通过使用国际流行的技术手段，实现人与人之间高效互通互联的社交形式。

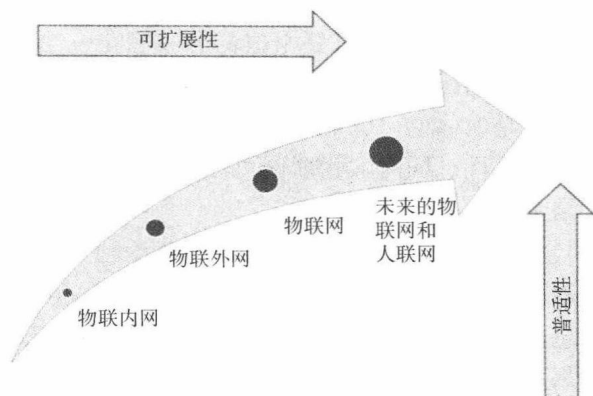


图 1.1 从物联网内网到未来物联网的发展阶段

供各种各样的个性化智能服务，用户可以从这些服务中获得完美的体验。企业可以从这些智能物品及其提供的服务中寻求获利机会，作为最终消费者的用户则可以由此得到更加完善的服务。目前，很多成功的 Web 2.0 应用大大提高了人们之间的数据联系，如 Facebook<sup>①</sup> 或 Twitter 等社交网站就是其中的典型代表。这些应用大都是通过专有应用程序接口（Application Programe Interface, API）来实现的。借助物联网中的智能物品，人们可以更加便捷地进行交流，而且物联网中强大的信息分析系统将可以为企业 B2B 应用提供功能更完善的数据分享模式。

本章主要论述物联网的规划及发展需求，内容安排如下：1.2 节论述物联网的定义及其功能需求；1.3 节介绍目前欧盟物联网研究的相关项目与研究现状；1.4 节论述物联网未来发展的 10 个关键需求；1.5 节提出一个物联网发展的整体规划与架构模型；最后，1.6 节对全章进行了总结并展望物联网的未来。

## 1.2 定义和功能需求

虽然“物联网”至今都没有明确的定义，但是在科学研究和企业应用中，这个术语都得到了广泛使用。当然，有的时候是误用。截至目前，人们都很难给“物联网”下一个准确清晰的定义。2009 年，欧盟物联网研究项目工作组在《物

<sup>①</sup> 译者注：Facebook 是一个于 2004 年 2 月 4 日上线的社会化网络站点，中文网名译为“脸谱网”。

联网的战略研究路线图》<sup>①</sup>中为物联网提出一个定义。这个定义总结了之前人们对物联网的定义，在学术界和产业界产生了深远的影响。

“物联网将是未来互联网的一个重要组成部分。它是一个动态的全球性基础网络。通过采用标准化和通用的通信协议，物联网可以自由、自主地配置网络环境。在物联网中，不论是实体的‘物品’还是虚拟的‘物品’都拥有自主标识，且包含实体属性和虚拟属性。同时，物联网可以使用智能化接口，可以和现有的以及未来的信息网络无缝整合。

在物联网中，‘物品’将成为社会、信息、商业活动中的自主参与者。它们之间可以相互自主地交流与沟通；能够自主感知所处的环境，并根据情况与所处环境交换数据和信息；可以对现实世界中的事件做出自主反应；并且不论在有人还是无人的情况下都可以自主记录行为或动态建立相应的服务接口。在未来的物联网中，以服务为形式的各种智能接口将促进网络中各种智能物品之间的交互，方便查询和改变这些物品的状态和信息，并且将可以时刻保障它们自身的安全性和解决它们所涉及的隐私安全问题。”

从某种意义上说，上述定义综合了构建和实现物联网各种可能的技术，应该是相对比较完善的定义。但是，该定义仍然存在一些不足之处。主要包括以下三点。

第一，上述物联网定义的内容，在以前的一些概念中已有所提及，比如普适计算等。该定义涵盖了这些概念，但是，难以将物联网与这些概念区别开来。

为了将物联网与其他概念区别开来，在定义物联网时，除了说明物联网是什么和能够做什么之外，最好还能明确物联网不是什么。针对很多人将普适计算、因特网技术、通信技术、嵌入式系统等概念混同于物联网的概念，Tomas Sánchez López 在博客上发起了一个有关这方面的讨论（Sánchez López, 2010），他认为物联网所涵盖的范围远远超出如下内容的范畴：

（1）普适计算。普适计算的目标是为用户提供无所不在的实时计算能力，其中并不使用物体的概念，也不需要全球互联网基础设施。因此，普适计算可以看

---

<sup>①</sup> 译者注：作为未来的发展趋势，物联网将在诸多方面决定未来世界和人类社会的发展方向。为了更好地开展物联网的研究工作，对物联网的发展提出合理可行的建议，欧洲物联网研究项目组（CERP-IoT）于2009年制定了物联网相关的战略研究路线图（SRA）。这一路线图不但综合了欧洲各界专家的意见，同时也汇集了欧洲专家与世界各地专家的交流成果。这个版本的路线图是对物联网研究和发展中的各个阶段的研究领域和研究路线提出的建议。该战略研究路线图将涵盖四个部分的研究内容：①对于物联网的基础定义体系的研究，如“物”的定义和物联网的发展构想等；②确定物联网在社会中的应用领域，并积极探索未来可能的新应用领域；③确定物联网现阶段发展和未来发展所必需的技术领域；④为未来十年的物联网发展制定合理的研究日程，详细描述研究中可能遇到的问题，提出研究所应遵循的先后顺序，以及一些不能忽视的标准化工作和隐私与安全问题。（参见：[http://www.internet-of-things-research.eu/pdf/IoT\\_Cluster\\_SRA\\_English2Chinese\\_Translation.pdf](http://www.internet-of-things-research.eu/pdf/IoT_Cluster_SRA_English2Chinese_Translation.pdf)）。

做物联网构成的部分，但是不能将其作为物联网。

(2) 因特网协议 (Internet Protocol, IP)。因特网协议能够支持目前互联网的信息传输，未来也可以纳入物联网中，作为物联网信息传输技术的一部分。但是物联网中使用的信息传输技术将非常复杂，因特网协议只是其中的一种。

(3) 通信技术。与互联网中通信技术所起的作用类似，通信技术只是物联网技术发展的一小部分。

(4) 嵌入式设备。嵌入式设备是对物体进行标识和识别的基础，这些设备构成的系统应用，如 RFID 标签或无线传感器网络 (Wireless Sensor Network, WSN) 等，可以看做物联网的一部分。但是，缺少后台信息基础设施的支持，RFID 标签或者孤立的应用系统无法实现信息的交互与共享，因而难以看做物联网；同样，当无线传感器网络缺少与“物”发生关联时，也不能看做物联网。

(5) 实施案例。目前，虽然已经有一些使用 RFID、无线传感网等技术实现的物联网雏形，但是这些具体的实施案例，充其量只能算做物联网在某个具体而微的环境中——物联内网的实施案例。正如 20 世纪 90 年代初的某些具体的互联网应用不能用于代表后来互联网或万维网的发展一样，目前，任何物联网的具体应用也不能代表完整的物联网的含义。

通过上述分析，我们可以比较容易地区分物联网同这些概念的差别。由此可以看出，不同的文献所认定的物联网的定义，实际上千差万别。真正揭示物联网本质及内涵的定义却是少之又少。

事实上，我们还可以再补充两点。一是物联网不是人联网。尽管人联网最终会和物联网融合为一体，但是单纯的人联网也不能涵盖物联网的含义。二是企业物联内网或者物联外网的概念也不是完整的物联网概念。因此，仅在局部范围（如企业内部）使用的 RFID 或者无线传感网的应用系统，不能作为物联网的代表。当然，上面提到的这些概念都与物联网的技术发展或多或少地有些交叉，如图 1.2 所示。

第二，目前很多交互技术在 Web 2.0 中已经得到广泛应用，而上述物联网的定义并没有将这些技术考虑进来。类似于万维网与因特网的关系，对于物联网来说，不仅要集成 Web2.0 的功能，物联网在以“用户为中心”的发展思路上的扩展就是对 Web 2.0 的一个扩展。20 世纪 90 年代初，万维网出现之前，因特网的发展已有三十多年的历史。但是，对于物联网而言，情况不太一样，物联网的发展从一开始就受到 Web 2.0 的影响，这两者是并行发展，而不是先后发展。

在这一点上，有人可能会有不同的意见，认为 Web2.0 应用只是在互联网中针对特定领域的应用。当然，Web 2.0 不能等同于物联网。

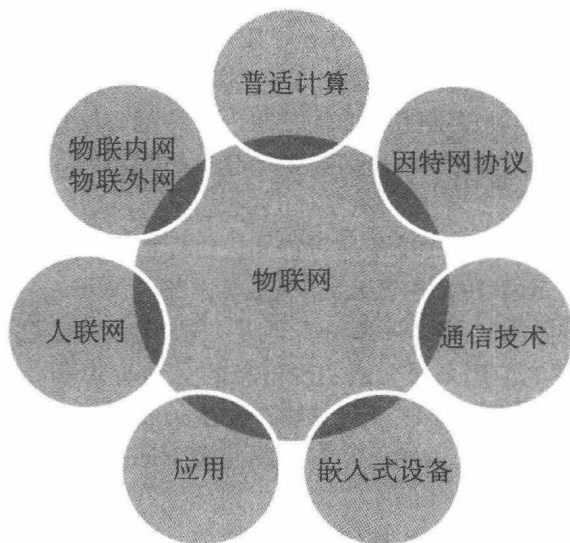


图 1.2 物联网与其他研究领域的交叠

事实上，经过近几年的发展，我们可以看到，Web 2.0 已经改变了人们对万维网的使用模式。通过用户互动、社交网络、用户自创内容的发布等手段，Web 2.0 为用户提供更加直观的用户界面，但是，却没有对因特网的设计和已有标准做任何根本的改变。Web 2.0 技术最主要的优势在于能为终端用户提供直观的操作界面，这一点使得任何用户不需要掌握高深的技术就可以为 Web 提供信息，做出自己的贡献。

未来物联网的本质在于智能物品和人类的交互作用，将虚拟的信息世界同现实的物理世界无缝地融合在一起。对于产品而言，用户在使用之后，对产品的评价和使用体验，可以为物品提供非常丰富的信息。在这一点上，目前的互联网技术也收集了很多这方面的信息，但是这些信息却散落在互联网各个角落，没有与其标识的产品相连，因此也无法实现与实体产品相关联。从这个角度看，将 Web 2.0 相关的技术融入到未来的物联网中是非常有意义的。

第三，上述定义没有说明未来物联网能够取得成功，并能够可持续发展的原因。物联网发展的可持续性就是其实现的可行性。物联网要能够可持续发展，就必须建立一个动态的、可自主配置的全球网络基础设施。该设施的实现要依赖各种技术标准和相互兼容的通信协议。无论是针对未来的扩展，还是针对今后的发展思路，这个全球网络基础设施都需要具备开放性。在以前的因特网和其他网络设施的定义中，从来没有将经济效益的因素纳入考虑的范围。但是，我们认为从全盘考虑，在提出技术的发展思路时，应该考虑这一点。从长远看来，经济效益

的成败往往决定了技术的发展，甚至会影响到物联网是否能够成功实现。

当然，物联网的定义不可能提供对物联网发展的经济分析。对物联网发展的经济分析需要在物联网成为现实之后才能进行。最初，有关自动识别技术的应用大多数都是企业内部的应用，而不是跨企业的。用户无法参与相关的业务活动，也很难从这些应用中收益。尽管有人通过供应链或产品生命周期的方式，计算这些应用的成本与收益，但是用于计算的样本数据大多数是估计的，而不是基于实际的数据进行的分析计算（Gille et al.，2008；Laubacher et al.，2006）。

在物流领域，人们把物联网定义为：“正确的产品”应该是“以准确的数量”，在“恰当的时间”、“恰当的地点”、“合适的条件”、“合理的价格”下进行。在上述说法中，“正确的产品”是指唯一可识别的物品的准确、合理的信息，如产品的形状、使用范围和功能等。这些信息包括通过自动识别技术和传感器来获取的信息，或者其他的任何能够和物品关联的信息。这些信息能够通过物联网进行访问。“准确的数量”可以通过对信息进行过滤和智能处理得到细粒度信息获取。“恰当的时间”并不意味着任何时间，更准确地说，应该是“在需要的时候”；现实中，收集产品信息的频率可能每天仅一次或者在状态改变时收集信息就足够了。因此，“恰当的时间”也并不一定是实时的，这在物联网讨论中是经常提及的问题。

在一般情况下，实时数据是为了减少商业事件和采取处理措施之间的时间间隔；减少时间间隔的能力有时也称为敏捷。当然，通常系统的实时响应能力与基础设施的成本是成正比的，为了获取实时的数据，往往需要付出更多的代价如图1.3所示。但是，事实上，在人们的实际生活中，我们所需要的数据更多的是要求在“需要的时候”提供就行了，而不一定要求实时地提供数据。

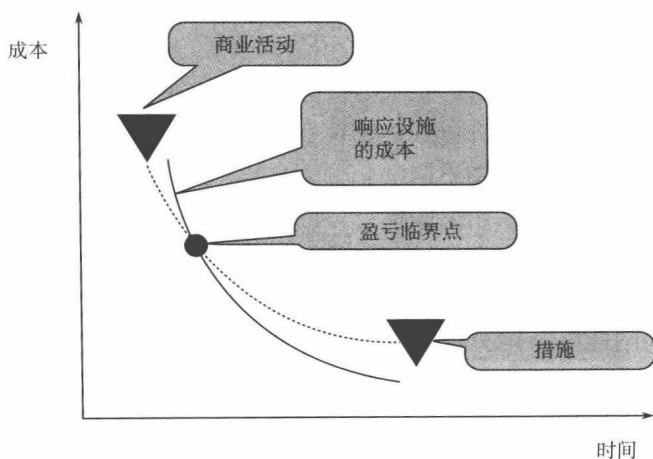


图 1.3 基础设施成本与响应时间的对比（Hackathorn，2004）



类似地，信息在“恰当的地方”的可用性，并不是指在任何地方都能用，相反，是指在需要的地方（需要信息的地方未必是信息产生的地方）。如果信息产生和使用的地方不一样，或者两个地方是由不可靠的网络连接，那么，我们就有必要对高效的数据同步协议和缓存技术展开研究，以便保证信息用在“恰当的地方”。同样地，“任何的地方”的数据提供的成本要远远大于“恰当的地方”。

应该认识到，信息在任何地方可用的高代价与收益是有关系的。随着移动设备的日益普遍，人们将有机会随时随地，以合理的价格访问物联网上的信息。

如果信息可以以最小的代价使用，那么“合适的条件”这一要求就可以达到。这包括人类交往中的可读信息以及语义和语法丰富的机读信息。当然，这个过程中需要把低层次的原始数据（可能来自多个源的）转换成有意义的信息，可能需要一些模式识别和进一步的分析，以确定生成数据的相关性及其变化趋势。

“合理的价格”不能想当然地理解成是最低的价格，而是指价格介于提供信息的成本和合理的市场价格之间。提供信息的成本包括人员成本及基础设施成本。

物联网最简单的定义，即物联网是由物品、互联网和它们之间的连接构成。首先，定义中的物品是指任何可识别的物理对象，它独立于各种实现技术，这些技术包括：物品识别技术、获取物品及其周围环境状态的技术等。其次，定义中的互联网，包含企业外联网范围之外的很多事物，这样，它不再仅仅只为小团体或者部分企业提供信息。同样，封闭的应用系统，可以看做物联外网。互联网扮演存储和通信基础设施的角色，它拥有物品的虚拟信息，这些信息都是和物品相关的。

综合以上各种有关物联网的定义方法，对于物联网，我们得出以下结论。

在物联网中，任何唯一可识别的物体在因特网上都有其虚拟表示信息。物体的虚拟表示包含或者关联两类不同的信息，一是物体的身份、状态和位置信息，二是商业、社会或者与私人相关的信息。因特网中的虚拟信息可以获得财务或者非财务的回报，回报的价值会超过获取信息的成本。物联网把唯一可识别的物体同其在网络中的虚拟表示关联在一起，并为物联网的非预期参与用户提供信息访问的机会。物联网能够为用户提供准确而合理的信息。用户可以在恰当的时间与地点，以合理的价格，准确的数量和合适的条件访问这些信息。物联网不是如下概念的同义词：普适计算、因特网协议、通信技术、嵌入式设备、物联网应用、人联网、物联内网/物联外网。事实上，物联网将上述各概念的不同方面和所有的技术方法都整合在内。