

物联网技术与应用

吴功宜 吴英 编著



机械工业出版社
China Machine Press

“十二五”国家重
物联网

物联网技术与应用

吴功宜 吴英 编著



机械工业出版社
China Machine Press

图书在版编目 (CIP) 数据

物联网技术与应用/吴功宜, 吴英编著. —北京: 机械工业出版社, 2013.8

(物联网工程专业规划教材)

ISBN 978-7-111-43157-2

I. 物… II. ①吴… ②吴… 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. ①TP393.4 ②TP18

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 145907 号

版权所有·侵权必究

封底无防伪标均为盗版

本书法律顾问 北京市展达律师事务所

本书用通俗易懂的语言系统介绍了物联网的相关概念与技术, 主要内容包括物联网概论、物联网感知层技术、物联网网络层技术、物联网应用层技术、物联网信息安全技术以及物联网在各个领域的典型应用。本书在内容描述上大量采用形象生动的图表与简洁的语言, 应用案例的选择尽可能贴近学生的生活, 以帮助学生理解物联网的概念, 开阔学术视野, 启发学习兴趣。

本书内容参照《高等学校物联网工程专业发展战略研究报告暨专业规范(试行)》中对“物联网工程导论”课程的知识体系的基本要求, 可以作为物联网工程专业、计算机科学与技术、软件工程、网络工程及相关专业“物联网工程导论”课程的教材, 也可供从事物联网技术研究与产品研发的技术和管理人员阅读。

机械工业出版社(北京市西城区百万庄大街22号 邮政编码 100037)

责任编辑: 朱 劼

北京瑞德印刷有限公司印刷

2013年9月第1版第1次印刷

185mm×260mm·16印张

标准书号: ISBN 978-7-111-43157-2

定 价: 35.00 元

凡购本书, 如有缺页、倒页、脱页, 由本社发行部调换

客服热线: (010) 88378991 88361066

投稿热线: (010) 88379604

购书热线: (010) 68326294 88379649 68995259

读者信箱: hzsj@hzbook.com

物联网工程专业规划教材

编 委 会



编委会主任 邬贺铨 (中国工程院院士)

编委会副主任 傅育熙 (上海交通大学)

蒋宗礼 (北京工业大学)

王志英 (国防科技大学)

陈道蓄 (南京大学)

编委 (以姓氏拼音为序)

桂小林 (西安交通大学)

黄传河 (武汉大学)

蒋建伟 (上海交通大学)

李士宁 (西北工业大学)

秦磊华 (华中科技大学)

王 东 (上海交通大学)

温莉芳 (机械工业出版社)

吴功宜 (南开大学)

朱 敏 (四川大学)



前 言

物联网是新一代信息技术的重要组成部分，是继计算机、互联网之后全球信息产业的第三次浪潮。物联网为我们提供了感知中国与世界的的能力，也为信息技术创新与信息产业发展提供了一个前所未有的机遇。物联网技术与产业的发展已经引起了世界各国政府、产业界与学术界的重视。我国政府高度重视物联网核心技术研究、标准制定与产业发展，将新一代信息技术与物联网作为重点发展的战略性新兴产业之一，并将其列入我国发展规划之中。目前，国内已有 200 余所大学开设了物联网工程专业。

近年来，经过科研界、产业界与教育界的共同努力，我们对过去认识模糊的物联网技术方面的问题形成了一定的共识，这些共识主要包括：

- 1) 物联网与互联网之间关系日渐明晰。
- 2) 支撑物联网发展的关键技术日渐明晰。
- 3) 物联网应用对社会发展的影响日渐明晰。
- 4) 物联网发展对计算机教育的影响日渐明晰。

作者从长期从事计算机网络与互联网、移动互联网以及信息安全的教学和科研实践的角度，认识到物联网的发展将对未来社会、信息产业与计算机教育产生重大影响。这些影响表现在以下几个方面：

1) 物联网是我国社会信息化的深化与发展，是工业化与信息化融合的切入点。物联网的发展将促进政府管理方式、社会经济发展方式与社会大众生活方式的转型，推动信息产业的高速发展。

2) 物联网将会催生出很多具有“计算、通信、控制、协同和自治”特征的智能设备、智能软件与智能系统，实现对物理世界信息的实时感知、可靠传输、智慧处理，展现出信息技术与信息产业巨大的发展空间。

3) 物联网的技术特征表现为：数据的海量、动态、多态与关联性，大规模、异

构、“系统级”系统的互联,对海量实时感知数据的融合、存储、计算、挖掘与智能决策控制。

4) 在研究如何利用物联网实现物理世界与信息世界的融合的过程中,必将推动普适计算、CPS 研究、移动计算与大数据研究的发展。

5) 物联网将会引发计算机、网络与信息技术在更大范围、更多领域与更深层次的应用,带动更为广泛的学科交叉与融合,为计算机研究与教学,以及毕业生能力需求与就业提供更大的发展空间,启动新一轮计算机教育改革的浪潮。

6) “物联网工程导论”的课程将从物联网工程专业逐步向计算机科学与技术、软件工程、网络工程等相关专业扩展。

在编写《物联网工程导论》^①一书之后,机械工业出版社华章分社的温莉芳总编辑、朱劭编辑希望作者再编写一本适合物联网工程及相关专业学时较少、年级较低的学生使用的物联网入门教材。在不同的会议上,很多老师也希望作者牵头做这件事。作者与学界、产业界的朋友们探讨过这个问题,他们一致认为,物联网工程专业目前处于起步阶段,各校在“物联网工程导论”课程设置方面的需求不同。虽已出版了内容比较全面和有一定深度的《物联网工程导论》一书,但仍有必要写一本适合学时安排比较少的学校的教材。综合出版社和学界、产业界朋友的意见,我们开始思考如何编写这本教程,在讨论了教材大纲与写作思路之后,认为本书在编写时应体现以下几个特色:

1) 贴近技术发展的前沿,选择理解物联网需要掌握的基本知识,循序渐进,构成合理的知识体系。

2) 讨论技术内容时尽可能使用准确和趣味性强的语言表述,借助大量的图片,力求做到图文并茂,语言通俗易懂,使这本书既适合于课堂教学、讨论,又适合课外自学。

3) 选择大量贴近读者生活的应用实例,分析世界各国物联网成功应用的案例,激发学生学习的兴趣,启发学生的创造力。

本书包括 6 章内容,涉及物联网概论、物联网感知层技术、物联网网络层技术、物联网应用层技术、物联网信息安全技术以及物联网应用。本书试图通过大量的应用案例,帮助学生深入理解物联网的概念,开阔视野,启发学习的兴趣。希望做到无论是理工科的学生,还是文科以及经、管、法、医、农等专业的学生,只要具备基本的信息技术基础知识,就能够读懂教材的内容,并有兴趣读下去。

^① 该书已由机械工业出版社于 2012 年出版,并入选“‘十二五’国家重点图书出版规划”,书号 978-7-111-38821-0。——编辑注

物联网技术具有典型的交叉学科特点，其内容涉及多个学科，作者在准备和写作的过程中认真阅读了很多书籍和文献，请教了很多老师，这本书的内容实际上凝聚了很多智者的心血。书中收录了一些从互联网搜索引擎或专业网站上选择、编辑的图片，希望能以图文并茂的方式帮助读者理解知识。在选择图片时，作者考虑了图片的新闻性、正面引用、教学使用与不涉及个人肖像权等问题。在此也向相关的作者表示感谢。本书的第1~4章由吴功宜执笔完成，第5、6章由吴英执笔完成。

本书可以作为物联网工程专业以及计算机科学与技术及相关理工科专业的教材或参考书，也可供文科以及经、管、法、医、农等专业作为选修课教材，从事物联网技术研究与产品研发人员、技术管理人员也可将本书作为参考资料。

感谢所有给我们提出意见和建议的老师。感谢机械工业出版社华章分社的温莉芳总编辑、朱劼编辑，她们经常将搜集到的老师意见与建议反馈给作者，向作者提供一些技术发展动态的资料和新出版的图书，并与作者商讨教材的编写方法和思路，给了作者很多学习的机会、帮助与启示。

作者清醒地认识到：和互联网发展一样，物联网的发展必然要经历一个漫长和艰苦的过程，绝不是一蹴而就的事。对于物联网的认识也必然要经历一个渐进的过程。界定物联网中的很多概念、技术与应用，回答存在的问题，前瞻性地思考技术发展，这些都需要有人试着去做，以引起大家的思考，但这些恰恰都是非常困难的事。作者希望做一颗推动物联网技术普及与教育发展的铺路石，也希望这本教材能起到“抛砖引玉”的作用。

限于作者的学识与经历，对物联网的认识难免有片面、误读的现象。书中对某一方面技术的理解有错误或不准确，以及总结中出现挂一漏万的问题，敬请读者不吝赐教。

吴功宜
于南开大学信息技术科学学院计算机系
wgy@nankai.edu.cn
2013.5

教学建议



教学目的

本课程的教学目的是通过介绍物联网涉及的技术、知识、概念，向读者展示一个应用前景广阔的物联网世界，启发读者的学习兴趣，培养读者创新思维能力。

各章内容要点及课时安排

根据教育部高等学校计算机科学与技术专业教学指导分委员会研制的《高等学校物联网工程专业发展战略研究报告暨专业规范（试行）》中对“物联网工程导论”课程教学总学时数的建议，本书内容的建议总学时数为 32 学时。

章节	主要内容	建议学时
第 1 章 物联网概论	物联网产生的背景、特征，与互联网的区别和联系，以及物联网应用对社会发展的影响等	4 学时
第 2 章 物联网感知层技术	以 RFID、传感器与位置信息感知技术为主线，系统地讨论物联网的基础——感知层技术	6 学时
第 3 章 物联网网络层技术	以互联网、移动互联网与物联网发展为主线，系统地讨论支撑物联网工作的计算机网络、移动通信网相关技术问题	5 学时
第 4 章 物联网应用层技术	从物联网数据特点出发，系统地讨论海量数据的存储与处理、数据挖掘与智能决策，以及云计算与大数据研究的问题	5 学时
第 5 章 物联网信息安全技术	从物联网信息安全的重要性与特点出发，系统地介绍物联网信息安全研究的内容、密码学应用，以及隐私保护问题	4 学时

(续)

章节	主要内容	建议学时
第6章 物联网应用	围绕着学生的生活和感兴趣的问题,选取了10个应用领域,每个领域有多个有代表性的案例,介绍世界各国物联网应用成功的案例与当前一些重要的研究动向,以帮助读者开阔学术眼界,通过实际问题加深对物联网概念与技术的理解,启发学习兴趣。教师也可以结合自己的专业背景和科研实践,结合教材内容,为学生开一些讲座	8 学时

本书的第1~5章给出了用于考察学生对知识掌握情况的习题(选择题),并为教师提供习题参考答案(教师可在华章网站下载)。第6章给出一道思考题。希望学生结合自己的生活、认识与体验,尝试着设计一个概念性的物联网应用系统。学生选择的课题,建议宁小勿大、宁具体勿抽象。题目不在大小,关键它是否有价值,重点考察学生思考问题的深度。

教学方式与评价建议

本课程采用结构成绩,40%为对物联网应用系统概念性设计的内容的评价,60%是期终考试成绩。希望教师将本课程的教学变成一个“启发式”、“自主”与“愉快”的探索过程,学生之间“相互学习”、师生之间“教学相长”。



目 录

前言

教学建议

第1章 物联网概论 /1

1.1 物联网发展的背景 /1

1.1.1 比尔·盖茨与《未来之路》 /1

1.1.2 Auto-ID 实验室、RFID 与物联网的概念 /2

1.1.3 ITU 与 The Internet of Things 研究报告 /4

1.1.4 智慧地球与物联网 /6

1.1.5 欧盟与各国政府发展

物联网产业的规划 /8

1.1.6 物联网在我国的发展与战略性新兴产业 /9

1.2 物联网技术的特征 /10

1.2.1 物联网的定义 /10

1.2.2 物联网的主要技术特征 /11

1.2.3 物联网与互联网的 区别与联系 /14

1.3 物联网关键技术与产业发展 /19

1.3.1 物联网关键技术 /19

1.3.2 物联网产业链结构 /22

1.3.3 物联网产业的特点 /23

1.3.4 物联网应用对我国经济与 社会发展的影响 /23

1.4 物联网与相关研究的发展 /25

1.4.1 CPS 的研究与发展 /25

1.4.2 普适计算研究与发展 /27

1.4.3 物联网、互联网、传感网与 泛在网之间的关系 /29

习题 /29

第2章 物联网感知层技术 /33

2.1 感知层的基本概念 /33

2.1.1 感知层在物联网中的重要性 /33

2.1.2 感知节点的特点 /34

2.2 RFID 与自动识别技术的发展 /35

2.2.1 自动识别技术的发展 /35

2.2.2 条码、磁卡与 IC 卡 /36

2.2.3 RFID 标签 /38

2.2.4 RFID 应用系统结构与组成 /46

2.2.5 RFID 标签编码标准 /47

2.3 传感器与无线传感器网络 /49

2.3.1 传感器的基本概念 /49

2.3.2 智能传感器的研究与发展 /55

2.3.3 无线传感器的研究与发展 /57

- 2.3.4 无线传感器网络的
研究与发展 /58
 - 2.4 位置信息感知技术 /63
 - 2.4.1 位置信息与位置信息感知的
基本概念 /63
 - 2.4.2 GPS与定位技术 /65
 - 2.5 智能信息感知设备与
嵌入式技术 /69
 - 2.5.1 智能信息感知设备的
研究与发展 /69
 - 2.5.2 RFID应用系统与智能感知
设备的设计方法 /74
 - 2.5.3 无线传感器网络与智能
感知节点的设计方法 /77
- 习题 /81

第3章 物联网网络层技术 /84

- 3.1 物联网网络层概述 /84
 - 3.1.1 物联网网络层的基本功能 /84
 - 3.1.2 物联网网络层的特点 /84
- 3.2 互联网、移动互联网技术 /89
 - 3.2.1 从计算机网络、互联网、移动
互联网到物联网 /89
 - 3.2.2 计算机网络的基本概念 /90
 - 3.2.3 互联网、移动互联网的
形成与发展 /94
 - 3.2.4 IP网络：从IPv4到IPv6 /95
 - 3.2.5 接入技术与物联网 /95
- 3.3 移动通信技术 /104
 - 3.3.1 移动通信技术的发展历程 /104
 - 3.3.2 移动通信系统的基本结构与
基本工作原理 /105
 - 3.3.3 3G技术的发展与应用 /106
 - 3.3.4 4G技术的研究与应用 /108

- 3.3.5 M2M技术及其在物联
网中的应用 /109

习题 /110

第4章 物联网应用层技术 /113

- 4.1 物联网应用层的基本概念 /113
 - 4.1.1 物联网应用层的特点 /113
 - 4.1.2 物联网数据的特点 /113
 - 4.1.3 物联网数据处理的关键技术 /115
 - 4.2 海量数据存储与云计算技术 /116
 - 4.2.1 物联网对海量数据
存储的需求 /116
 - 4.2.2 IDC的基本概念 /117
 - 4.2.3 云计算在物联网中的应用 /119
 - 4.3 数据挖掘的基本概念 /127
 - 4.3.1 数据、信息与知识 /127
 - 4.3.2 数据挖掘与知识发现 /127
 - 4.3.3 物联网与智能决策、
智能控制 /130
 - 4.4 大数据的研究与发展 /131
 - 4.4.1 大数据研究的背景 /131
 - 4.4.2 大数据的基本概念 /134
 - 4.4.3 大数据：创新与竞争 /135
- 习题 /138

第5章 物联网信息安全技术 /142

- 5.1 物联网信息安全中的四个
重要关系问题 /142
 - 5.1.1 物联网信息安全与
现实社会的关系 /142
 - 5.1.2 物联网信息安全与互联网
信息安全的关系 /143
 - 5.1.3 物联网信息安全与
密码学的关系 /144

- 5.1.4 物联网安全与国家信息安全战略的关系 /145
- 5.2 物联网信息安全技术研究 /148
 - 5.2.1 信息安全需求 /148
 - 5.2.2 物联网信息安全技术与内容 /149
 - 5.2.3 物联网中的网络安全攻击技术研究 /150
 - 5.2.4 物联网安全防护技术研究 /153
 - 5.2.5 密码学及其在物联网中的应用的研究 /156
 - 5.2.6 网络安全协议研究 /159
- 5.3 RFID 安全与隐私保护研究 /161
 - 5.3.1 RFID 标签的安全缺陷 /161
 - 5.3.2 对 RFID 系统的攻击方法 /162
 - 5.3.3 基于 RFID 的位置服务与隐私保护 /164
- 习题 /165
- 第6章 物联网应用 /168**
 - 6.1 智能电网 /168
 - 6.1.1 智能电网的基本概念 /168
 - 6.1.2 物联网技术在智能电网中的应用 /169
 - 6.1.3 智能电网的研究与发展 /172
 - 6.2 智能交通 /173
 - 6.2.1 智能交通的基本概念 /173
 - 6.2.2 物联网技术与智能交通 /174
 - 6.2.3 车联网技术的研究 /179
 - 6.2.4 物联网技术在民航领域中的应用 /182
 - 6.3 智能医疗 /185
 - 6.3.1 智能医疗的基本概念 /185
 - 6.3.2 智能医疗环境中的医院信息系统 /186
 - 6.3.3 物联网技术在健康监控中的应用 /188
 - 6.4 智能环保 /190
 - 6.4.1 智能环保与物联网技术 /190
 - 6.4.2 物联网技术在智能环保中的应用 /191
 - 6.5 智能安防 /196
 - 6.5.1 智能安防的基本概念 /196
 - 6.5.2 物联网技术在智能安防中的应用 /197
 - 6.6 智能农业 /202
 - 6.6.1 智能农业的发展背景 /202
 - 6.6.2 物联网技术在智能农业中的应用 /203
 - 6.6.3 物联网技术在农产品质量安全溯源中的应用 /206
 - 6.7 智能家居 /207
 - 6.7.1 智能家居与物联网技术 /207
 - 6.7.2 物联网技术在智能家居中的应用 /208
 - 6.8 智能物流 /212
 - 6.8.1 智能物流与物联网 /212
 - 6.8.2 RFID 技术在智能物流中的应用 /215
 - 6.8.3 物联网技术与未来商店 /219
 - 6.8.4 智能物流系统网络体系结构 /225
 - 6.9 物联网军事应用 /228
 - 6.9.1 物联网与现代战争 /229
 - 6.9.2 物联网军事应用研究的主要内容 /230
- 思考题 /239
- 参考文献 /240

第 1 章 物联网概论

本章将在分析物联网发展的社会背景与技术背景基础上，对物联网的基本概念、定义与技术特征、关键技术、产业特点、产业链，以及物联网应用对我国经济与社会发展影响等问题进行系统的讨论，帮助读者对物联网建立较为全面的认识，激发读者进一步学习物联网技术的兴趣。

1.1 物联网发展的背景

在讨论物联网发展的社会背景与技术背景时，人们一般会提到四件事：比尔·盖茨与《未来之路》一书、美国麻省理工学院 Auto-ID 实验室与物联网研究、国际电信联盟 ITU 与研究报告《The Internet of Things》，以及 IBM 公司与智慧地球计划。

1.1.1 比尔·盖茨与《未来之路》

在讨论物联网产生与发展过程时，人们总是会提起比尔·盖茨与他的《未来之路》这本书。《未来之路》一书在 1995 年出版。该书在第 1 章的开头就提出了 10 个问题。第一个问题是：“位于哪里的哪一家商店在明天早晨以最低价把一个测量你脉搏的手表送货上门？”在这之后，比尔·盖茨又设想了一个应用场景：假定你在开车的时候想找一家新餐馆，并想看看它的菜单、酒水单和当天的特色菜。计算机系统会帮你找到。接下来你需要预定座位，并需要一张地图来了解目前的交通情况。当你发出相应的指令之后，便可以一边开车，一边等待计算机系统打印或者是聆听系统通过语音方式朗读出来的信息。而且，这些信息是实时、不断更新的。今天，当我们再次读到这一段文字时，会发现：这不正是我们在物联网中讨论的“位置服务”与“智能交通”应用的场景吗？

图 1-1 是比尔·盖茨西雅图华盛顿湖畔住所的照片。在《未来之路》的第 10 章“不出户，知天下”中，比尔·盖茨用两句话描述这所房子：“我的房子用木材、玻璃、水泥、石头建成”，同时“我的房子也是用硅片和软件建成的”。“硅片微处理器和内存条的安装以及使它们起作用的软件，使得房子接近于信息高速公路在几年内将会带人数百万家庭的那些特征”。而这不正是我们现在描述的物联网中“物理世界与信息世界融合”与“智能家居”的应用场景吗？





图 1-1 比尔·盖茨西雅图华盛顿湖畔住所的照片

比尔·盖茨还在书中引入了一种“电子别针”。当客人进入他的住所时，首先佩戴上一个电子别针，这个电子别针把来访者与房子中的各种信息服务联系起来。有了电子别针，房子会知道你是谁、你在哪里，并将根据这些信息尽量满足，甚至预见你的需求。当你沿着大厅走动时，你前面的灯光会逐渐变强，而后面的灯光逐渐消失。音乐会随着来访者一起移动，而其他可以听不到声音。电影与新闻将跟着你在房子里移动。如果有一个需要来访者接听的电话，那么只有离来访者最近的电话机才会响。手持遥控器能够扩大电子别针的控制能力。来访者可以通过遥控器发出指令，比如从数千张图片、录音、电影、电视节目中选择所需要的信息。所有这些描述与我们目前对于物联网物-物相联的设想非常相似，这也证实了比尔·盖茨的一个预言：“我要用的技术在现在是试验性的，但过一段时间我正在干的部分事情会被广为接受。”

回忆比尔·盖茨在《未来之路》一书中的描述，我们不能不对比尔·盖茨的很多预见表示钦佩。他的这些预言对于我们今天理解物联网发展背景有着很好的启示作用。

1.1.2 Auto-ID 实验室、RFID 与物联网的概念

1. 从条形码到射频标签

条形码诞生于 20 世纪 20 年代。时至今日，条形码技术已经无处不在，几乎所有的商品都会打上条形码。我们正在读的这本书上一定印有条形码。商场的收银员用条形码读写器扫一下条形码，就能马上知道商品的名称与价格。我们对此已经非常熟悉了。进入 21 世纪之后，商品流通与运输业高度发展，条形码已经不能够满足人们的要求，而能够提供更细致、更精确产品信息，并能够实现物流过程高度自动化的射频标签（Radio Frequency Identification, RFID）技术日益受到人们的重视。当 RFID 技术与互联网技术结合在一起时，可以构成全世界物品信息实时共享的“物-物”互联的物联网。一场影响深远的技术革命随之到来。

2. 基于 RFID 的物联网研究

在 RFID 技术与互联网技术结合方面最有代表性的研究是由美国麻省理工学院（MIT）的 Auto-ID 实验室完成的。1999 年 10 月，Sanjey Sarma 与 David Brock 教授提出了依托产品电子代码（Electronic Product Code, EPC）标准，构建物-物互联的物联网的概念与解决方案。EPC 研究的内容主要包括三个方面：EPC 编码体系、EPC 射频识别系统与 EPC 信息网络系统。

EPC 研究的核心思想是：

- 1) 为每一个产品（而不是每一类产品）分配一个唯一的电子标识符——EPC 码。

- 2) EPC 码存储在 RFID 标签的芯片中。
- 3) 通过无线数据传输技术, RFID 读写器能以非接触方式自动采集到 EPC 码。
- 4) 连接在互联网中的服务器可以解析 EPC 码所存储的产品相关信息。

3. EPC 物联网的结构与基本工作原理

基于 EPC 的物联网是建立在互联网的基础之上的,但是它需要增加必要的物联网基础设施:对象名字服务(Object Naming Service, ONS)与服务器体系、EPC 信息服务(EPC Information Service, EPCIS)与服务器体系。

理解 EPC 物联网的结构与原理前首先要搞清楚一个问题:为什么要增加 ONS 并建立 ONS 服务器体系?我们回忆一下在互联网上访问一个网站的过程。每个网站都有一个域名和对应的 IP 地址。但互联网上网站那么多,我们不可能也没有必要记住每个网站对应的 IP 地址。互联网上 DNS(域名解析)功能与 DNS 服务器体系将会自动为我们提供这种服务。举一个例子,如果我打算访问清华大学的网站,但只记得清华大学网站的域名是“http://www.tup.edu.cn”,这时计算机可以通过互联网上的域名服务器(DNS)去查询对应的 IP 地址。我的计算机连接在南开大学网络实验室的局域网中,因此计算机首先向南开大学 DNS 服务器查询,如果南开大学 DNS 服务器上也没有清华大学网站的 IP 地址,那么它会在天津教育科研网的 DNS 服务器上查找;如果还找不到,那么天津教育科研网 DNS 服务器就向国家教育科研网 CERNET 的根 DNS 服务器查找。CERNET 的根 DNS 服务器一定有清华大学网站对应的 IP 地址,找到之后它就将这个 IP 地址回送到天津教育科研网 DNS 服务器;天津教育科研网 DNS 服务器再将查询结果回送到南开大学 DNS 服务器;南开大学 DNS 服务器将查询结果回送给我的计算机。我的计算机就可以根据这个 IP 地址直接访问清华大学网站。在此之后,各层的 DNS 服务器都可以将清华大学网站与对应的 IP 地址存储起来,以后就不需要再重复查询了。这个过程称为“域名解析”,完成域名解析的服务器就组成了互联网“DNS 服务器体系”。DNS 服务器体系由根域名服务器与各层的 DNS 服务器组成。

EPC 物联网在 RFID 商品信息查询中采用了与互联网 DNS 服务相似的 ONS 与 ONS 服务器体系。ONS 服务器体系也是由本地 ONS 服务器、区域 ONS 服务器与根 ONS 服务器等多级 ONS 服务器组成。我们也可以用一个例子来说明这个问题。如果一个零售商店进了 10 台智能冰箱,每一台智能冰箱都贴有一个 RFID 标签。在销售之前,商店必须要有每一台冰箱详细的生产时间、批号、性能、质量、检验、价格信息。假如其中一台冰箱 RFID 存储的 96 位 EPC 码是“01002A...100ABD09”。那么在 EPC 物联网上,商店通过本地的 ONS 服务器,查找存储 EPC 码是“01002A...100ABD09”的生产商 EPCIS 服务器的资源定位标识符(URL)。资源定位标识符包含了该 EPCIS 服务器的域名信息,EPCIS 中间件软件还需要通过互联网的 DNS 服务,解析出对应这个域名的 IP 地址。接着,商店的本地 EPCIS 服务器就可以根据这个 IP 地址,寻找到 EPC 码是“01002A...100ABD09”的生产商 EPCIS 服务器,并将这一台智能冰箱的查询结果存储在本地的 EPCIS 服务器中。一旦前台有人购买或查询这台智能冰箱时,就能够快速地从本地 EPCIS 服务器获得有关这台智能冰箱的详细信息。

图 1-2 给出了由商品零售企业信息系统、ONS 服务器体系与 EPCIS 服务器体系组成的 EPC 物联网的结构与工作原理示意图。

由于物联网上需要存储的物品 EPC 信息非常多,EPCIS 服务器也必然很多,因此支持物联网 EPC 应用的 ONS 服务器、EPCIS 服务器不可能采用集中式的服务器与数据库,而需采取

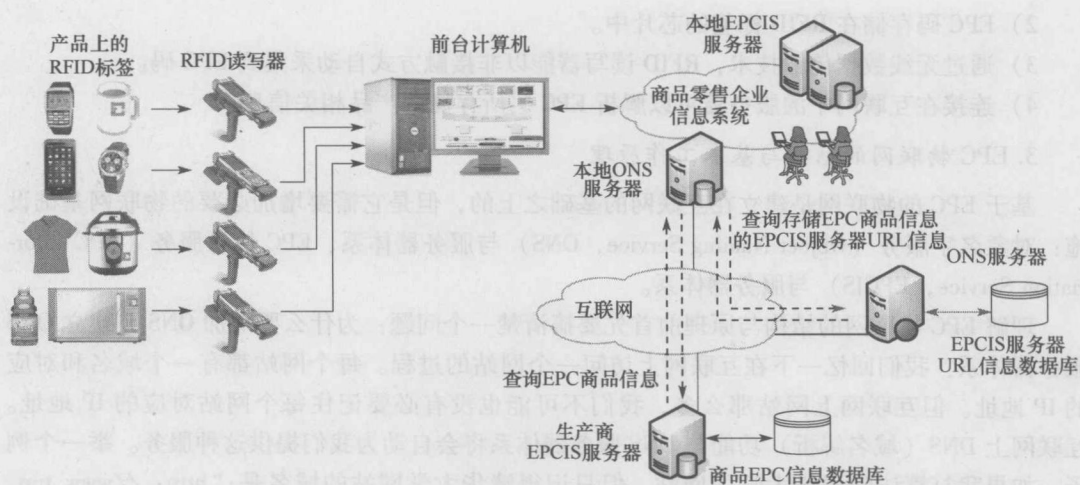


图 1-2 EPC 物联网结构示意图

与互联网域名服务 DNS 类似的设计方法，通过建立分布在不同地理位置、协同工作的分布式服务器体系与分布式数据库，形成层次性的 ONS 服务器体系与 EPCIS 服务器体系，以满足大规模物联网 EPC 信息服务的需要。EPC 网络硬件、软件与数据就构成了能够自动识别物品数据，实现可靠传输与智能处理的物联网应用系统。

Auto-ID 实验室研究的 EPC 系统为我们展示了基于 RFID 感知技术的一类重要物联网应用的原型系统。认真研究系统的设计思想，对于我们理解物联网的概念，研究物联网核心技术与体系结构具有重要的借鉴意义和示范作用。

1.1.3 ITU 与 The Internet of Things 研究报告

物联网 (Internet of Things) 的概念产生于 20 世纪 90 年代，而真正引起各国政府与产业界的重视是在 2005 年国际电信联盟 (International Telecommunications Union, ITU) 发表的互联网研究报告《The Internet of Things》之后。

ITU 是电信行业最有影响的国际组织之一。从 1997 ~ 2005 年，ITU 从研究互联网到移动互联网对电信业发展影响的角度，发布了七份“ITU Internet Reports”研究报告 (如图 1-3 所示)。从这七份研究报告的内容中，我们可以看出 ITU 提出物联网概念的技术基础与产业发展背景。

(1) 1997 年:《Challenges to the Network: Telecoms and the Internet》(《挑战网络:电信和互联网》)

1997 年 9 月, ITU 发布了第 1 个研究报告——《Challenges to the Network: Telecoms and the Internet》。报告论述了互联网的发展对电信业的挑战,同时指出互联网给电信业带来了重大的发展机遇。1999 年发布的第 2 个研究报告的题目是《Internet for Development》(《互联网发展》); 2001 年发布的第 3 个研究报告的题目是《IP Telephony》(《IP 电话》)。

(2) 2002 年:《Internet for a Mobile Generation》(《移动互联网时代》)

2001 年 9 月, ITU 发布了第 4 个研究报告——《Internet for a Mobile Generation》。报告讨论了移动互联网发展的背景、技术与市场需求,以及手机上网与移动互联网服务。报告指出:移动互联网的发展将带领我们进入一个移动的信息社会。

(3) 2003 年:《Birth of Broadband》(《宽带的诞生》)

2003年10月, ITU 发布了第5个研究报告——《Birth of Broadband》。报告讨论了计算机、通信和广播电视网络的三网融合问题, 以及宽带网络发展与未来新的应用。报告介绍了宽带网络发展比较好的国家的成功案例, 描述了宽带技术对未来信息社会的影响。

(4) 2004年: 《The Portable Internet》(《便携式互联网》)

2004年9月, ITU 发布了第6个研究报告——《The Portable Internet》。报告讨论了移动互联网技术、市场发展趋势、未来移动互联网技术的发展及其对信息社会的影响。

(5) 2005年: 《The Internet of Things》(《物联网》)

ITU 于2005年11月在突尼斯举行的“信息社会峰会”上发布了第7个研究报告——《The Internet of Things》。“物联网”这个术语也随之广为流传。报告描述了世界上的万事万物, 小到钥匙、手表、手机, 大到汽车、楼房, 只要嵌入一个微型的 RFID 芯片或传感器芯片, 通过互联网就能够实现物与物之间的信息交互, 从而形成一个无所不在的“物联网”。世界上所有的人和物在任何时间、任何地点, 都可以方便地实现人与人、人与物、物与物之间的信息交互。报告预见: RFID、传感器技术、智能嵌入式技术及纳米技术将广泛应用。

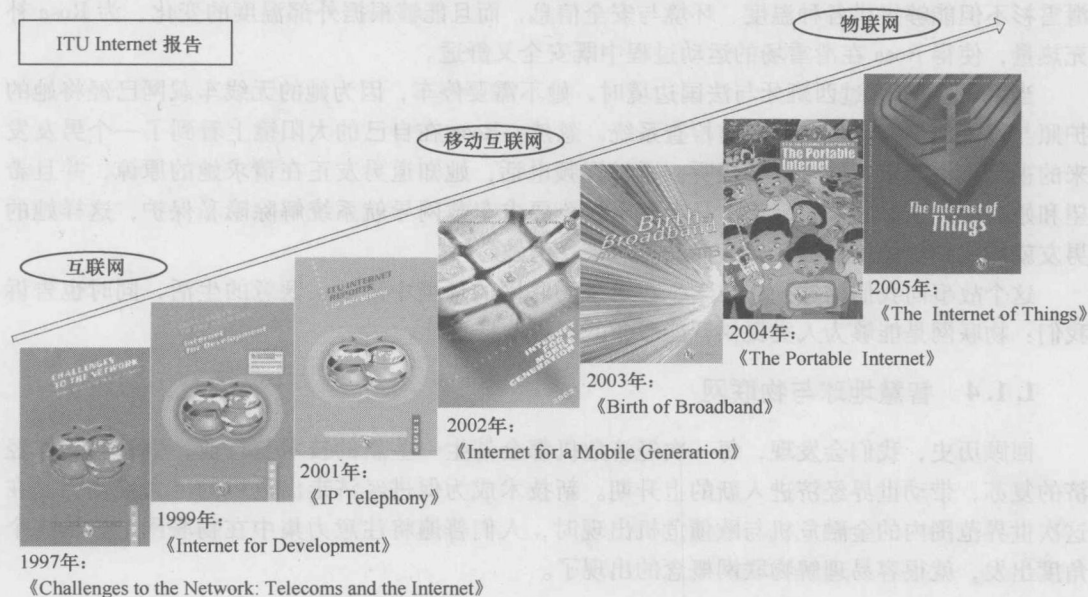


图 1-3 ITU 提出物联网概念的过程

ITU 是在研究从互联网形成、信息基础设施建设、互联网应用、移动互联网应用、移动终端发展的基础上, 预见到在计算机、PDA、智能手机接入到互联网、移动互联网, 实现人与人信息交互、共享的基础上, 由于 RFID、传感器与控制设备的接入, 将进一步扩大到人与人、人与物的互联, 实现物理世界与信息世界的融合, 构成一个“无所不在的网络社会”。从这七份研究报告讨论的主题与内容中, 我们可以清晰地看出 ITU 的专家逐步认识到物联网发展的必然性和重要性, 前瞻性地提出了物联网概念的思路发展与演变过程。

为了帮助读者理解物联网的概念, ITU 在第7个报告的第6部分以一位居住在西班牙的23岁女学生 Rosa 一天的生活, 展现物联网对未来每一个地球公民的生活的影响。

报告中是这样描述的: Rosa 刚刚与男友发生争吵, 心情不好, 需要自己一个人静一静。她打算驾驶自己的智能汽车到法国一个滑雪胜地度周末。但是她首先要去汽修厂给汽车做一次维修, 因为汽车的 RFID 与传感器系统通过报警告诉她: 车胎出现了故障。当她把车开到