



普通高等教育
物联网工程类规划教材

INTERNET OF THINGS, IOT



物联网

导论

Introduction of Internet of Things

魏旻 王平◎主编



人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS

普通高等教育
物联网工程类规划教材

INTERNET OF THINGS, IOT



物联网

导论

魏旻 王平◎主编

人民邮电出版社
北京

图书在版编目(CIP)数据

物联网导论 / 魏旻, 王平主编. — 北京: 人民邮电出版社, 2015. 8
普通高等教育物联网工程类规划教材
ISBN 978-7-115-39778-2

I. ①物… II. ①魏… ②王… 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(2015)第157125号

内 容 提 要

本书针对高等院校物联网工程类专业的需求, 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制定的《高等学校物联网工程专业实践教学体系与规范》的要求编写而成。全书分为5篇共17章, 包括: 绪论、物联网体系架构、自动识别技术、传感器智能设备及智能终端、无线传感器网络、因特网、宽带无线接入网、移动通信网、物联网数据融合与管理、云计算、物联网中间件、物联网安全技术、物联网的测试技术、智能电网、智能工业、智能交通及智能建筑等内容。

本书引入了物联网的最新研究成果, 特别包括了作者参与ISO/IEC JTC1 WG10物联网工作组的最新成果, 融入了应用系统研发的相关案例, 既体现了前沿技术研究成果, 又与产业需求紧密结合。本书结构紧凑, 语言通俗, 深入浅出, 可读性强, 便于自学。

本书适合高等院校物联网工程专业的本科生、研究生作为专业教材使用, 也适合其他各专业作为选修课教材使用, 亦适合对物联网感兴趣的各类读者参考阅读。

-
- ◆ 主 编 魏 旻 王 平
责任编辑 邹文波
执行编辑 税梦玲
责任印制 沈 蓉 彭志环
 - ◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市丰台区成寿寺路11号
邮编 100164 电子邮件 315@ptpress.com.cn
网址 <http://www.ptpress.com.cn>
北京昌平百善印刷厂印刷
 - ◆ 开本: 787×1092 1/16
印张: 21.25 2015年8月第1版
字数: 531千字 2015年8月北京第1次印刷

定价: 49.80元

读者服务热线: (010)81055256 印装质量热线: (010)81055316

反盗版热线: (010)81055315

广告经营许可证: 京崇工商广字第0021号

前言

本书结合作者所在的国家工业物联网国际合作示范基地、工业物联网与网络化控制教育部重点实验室与重庆市物联网工程技术研究中心的最新研究成果，针对高等院校物联网类专业的需求，从物联网基本概念入手，针对物联网感知识别层、网络层、管理服务层进行深入阐述，并对物联网在智能电网、智能工业和智能交通等典型应用给出具体案例分析，深入浅出地为读者揭示物联网的技术特征与内涵，帮助读者把握物联网的方向，引领求知者渐渐步入物联网世界。

本书作者所在的国家工业物联网国际合作示范基地、工业物联网与网络化控制教育部重点实验室与重庆市物联网工程技术研究中心牵头承担了包括“基于 IPv6 的无线传感器网的网络协议研发及验证”“面向工业无线网络协议 WIA-PA 的网络设备研发及应用——专用芯片研发”及“高实时 WIA-PA 网络片上系统 (SoC) 研发与示范应用”3 项国家科技重大专项项目在内的 15 项国家级物联网项目，突破了一系列物联网关键技术问题，与台湾达盛电子联合推出全球首款工业物联网核心芯片，核心技术初步形成了专利保护群，参与甚至主导了 10 余项物联网相关国际标准的制定，主要成果得到了国际上的广泛认可。在国际合作方面，与全球领先的网络解决方案供应商——思科公司 (CISCO) 共建“重庆邮电大学——思科公司绿色科技联合研发中心”，联合研发基于 WSN、3G/LTE 与 IPv6 这 3 种技术的高可适性多用途物联网技术标准与产品架构，共同推进 IETF 标准的制定；与韩国汉阳大学、建国大学等共建中韩工业物联网联合研发中心，中韩（重庆）嵌入式软件和系统研发中心，中韩（重庆）嵌入式系统与泛在网络联合研究中心，中韩（重庆）无线传感器网络研究中心及中韩（重庆）泛在网络应用技术研发中心等。在物联网特别是工业物联网领域拥有国际认可的核心技术，形成了具有国际影响的研究特色与技术优势。

本书既引入了实验室参加制定国际标准的最新成果，又融入了应用系统研发的相关案例；既体现了前沿技术研究成果，又与产业需求紧密结合；既可以作为物联网工程专业的教学用书，又可作为工程技术人员从事物联网研究开发的参考资料。本书共分 5 篇，第一篇为概述，包括绪论和物联网体系结构，其他 4 篇根据物联网的网络架构，分别介绍感知层、网络传输层、管理服务层和应用层。

本书在编写过程中，作者参考了近年来国内外出版的多本同类教材，在教材体系、内容安排和例题配置等方面吸取了它们的优点，同时结合作者多年来在“物联网导论”课程教学上的经验，形成了本书如下主要特点。

(1) 在书的体系和内容上，按照物联网的应用体系架构对有关内容进行了整合，加强了知识间的联系。

(2) 给出了国内外对物联网的最新研究成果，如物联网体系架构研究、基于 IPv6 的物联网技术研究、体域网、面向视频通信的传感网、工业 4.0 等。

(3) 注重物联网技术的发展对传统网络技术的影响讨论，设置了万维物联网，社交物联网等章节。

(4) 注重物联网的实际应用，编选了大量的物联网应用案例，为学生后续学习物联网相关知识，从事物联网相关研究提供方便。

(5) 注重学法指导，每章前列出学习要求，使学生明确目标，帮助学生把握学习重点，提出一些启发性的问题激发学生思考。

(6) 注重物联网学习与研究中所蕴含的思维方法的分析与揭示，使读者受到一定的物联网应用系统设计的训练。

(7) 内容简明，层次清晰，深入浅出，语言表述准确、通俗易懂，习题丰富，可读性强，便于自学。

本书由魏旻统稿，王平参与了第 1 篇的编写，陈瑞祥、曹志豪参与了第 2 篇的编写，张帅东参与了第 3 篇的编写，谢昊飞、王浩参与了第 4 篇的编写，付蔚、李永福、王震参与了第 5 篇的编写。

本书汇集了产业界与学术界对物联网技术的最新认识与实践。如果本书能对期望了解物联网的读者带来一些收获和启示，就是对所有编写人员的最大奖励。对于书中存在的不足之处，请读者原谅，并提出宝贵意见。

编者

2015 年 3 月

目 录

第 1 篇 概述

第 1 章 绪论	1
1.1 物联网的发展历程	1
1.1.1 国外物联网的发展	1
1.1.2 国内物联网的发展	4
1.2 物联网的定义	6
1.3 物联网的特点与相关概念辨析	7
1.3.1 物联网的主要特点	7
1.3.2 物联网的其他特点	7
1.3.3 物联网相关概念辨析	8
1.4 物联网的演进路径	10
1.4.1 电信网和传感网的区别	11
1.4.2 电信网和传感网的联系	11
1.5 物联网的标准	11
1.5.1 国际物联网标准的发展	11
1.5.2 国内物联网标准的发展	13
1.6 物联网的市场分析及应用前景	14
1.6.1 物联网市场的技术驱动	14
1.6.2 物联网的应用前景	16
第 2 章 物联网体系架构	18
2.1 物联网的参考体系架构	18
2.1.1 物联网的参考体系架构概述	18
2.1.2 物联网的参考体系架构需求	19
2.1.3 物联网的体系架构研究现状	20
2.1.4 物联网的网络架构	25
2.2 物联网的形态结构	26
2.2.1 开放式物联网的形态结构	26

2.2.2 闭环式物联网的形态结构	27
2.2.3 融合式物联网的形态结构	29
2.3 物联网的技术体系	31
2.4 物联网的知识体系	33
2.5 物联网的产业体系	35
2.6 物联网的资源体系	37
2.7 物联网的参考体系架构发展趋势	38
第 2 篇 感知层	
第 3 章 自动识别技术	41
3.1 自动识别技术概述	41
3.1.1 自动识别技术的基本概念	41
3.1.2 自动识别技术的种类	42
3.2 条形码技术	42
3.2.1 条形码概述	42
3.2.2 条形码的分类和编码方法	43
3.2.3 条形码的生产方法	46
3.2.4 条形码识读原理与技术	47
3.2.5 二维码	50
3.2.6 条形码技术的应用	53
3.3 射频识别技术	53
3.3.1 射频识别技术概述	53
3.3.2 射频识别系统的组成	54
3.3.3 射频识别系统的主要技术	55
3.3.4 射频识别系统的分类	60
3.3.5 射频识别技术标准	61
3.3.6 EPC 规范	61
3.3.7 射频识别的应用	66

3.4 机器视觉识别技术·····70	5.4.4 IEEE 802.15.4 物理层协议·····117
3.4.1 机器视觉识别概述·····70	5.4.5 IEEE 802.15.4 的 MAC 协议·····120
3.4.2 机器视觉系统的典型结构·····70	5.5 ZigBee 技术·····126
3.4.3 机器视觉识别技术的应用·····73	5.5.1 ZigBee 技术的发展·····126
3.5 生物识别技术·····74	5.5.2 ZigBee 协议体系·····127
3.5.1 生物识别技术概述·····74	5.5.3 ZigBee 网络的构成·····132
3.5.2 指纹识别·····77	5.6 6LoWPAN 技术·····135
3.5.3 声纹识别·····78	5.6.1 6LoWPAN 技术的发展·····135
3.5.4 人脸识别·····80	5.6.2 6LoWPAN 标准协议 栈架构·····135
3.5.5 手掌静脉识别·····82	5.6.3 6LoWPAN 网络拓扑和 路由协议·····137
3.5.6 生物识别技术的应用·····83	5.6.4 6LoWPAN 网络层帧格式·····138
第 4 章 传感器智能设备及智能终端·····84	5.6.5 IPv6 邻居发现协议·····139
4.1 传感器设备·····84	5.7 蓝牙及蓝牙 4.x 技术·····142
4.1.1 概述·····84	5.7.1 蓝牙技术概述·····142
4.1.2 传感器的特性和分类·····86	5.7.2 蓝牙 4.x 技术·····144
4.1.3 代表性传感器原理·····88	5.8 体域网技术·····146
4.1.4 传感器产业发展与现状·····94	5.8.1 体域网技术的背景·····146
4.2 智能终端·····95	5.8.2 体域网的架构·····146
4.2.1 智能终端的定义·····95	5.8.3 无线体域网的节点设计·····149
4.2.2 智能终端特点·····95	5.8.4 体域网面临的挑战·····150
4.2.3 智能传感器与智能终端·····97	5.9 面向视频通信的无线传感网 技术·····153
4.2.4 智能终端的应用·····97	5.9.1 简介·····153
4.2.5 智能终端发展现状与趋势·····100	5.9.2 关键技术·····153
4.2.6 智能终端产业发展情况·····103	5.9.3 面临的挑战·····154
第 3 篇 网络传输层	第 6 章 因特网·····156
第 5 章 无线传感器网络·····106	6.1 因特网概述·····156
5.1 无线传感器网络的发展·····107	6.1.1 因特网发展历史·····156
5.2 无线传感器网络的体系结构·····107	6.1.2 互联网发展趋势·····158
5.2.1 无线传感器网络结构·····107	6.1.3 因特网与物联网·····159
5.2.2 无线传感器网络设备 技术架构·····108	6.2 因特网的组成结构·····162
5.3 低速无线网络规范概述·····111	6.2.1 通信子网·····162
5.3.1 无线传感器网络标准协议·····111	6.2.2 资源子网·····163
5.3.2 无线传感器网络协议架构·····112	6.3 因特网的协议及体系结构·····163
5.4 IEEE 802.15.4 技术·····114	6.3.1 网络协议·····163
5.4.1 IEEE 802.15 系列标准·····114	6.3.2 网络的体系结构·····163
5.4.2 IEEE 802.15.4 协议簇·····115	
5.4.3 IEEE 802.15.4 协议栈结构·····116	

6.3.3	OSI 基本参考模型	164
6.4	TCP/IP 协议	167
6.4.1	TCP/IP 协议的分层结构	167
6.4.2	TCP/IP 协议集	168
6.4.3	TCP/IP 的数据链路层	168
6.4.4	TCP/IP 网络层	169
6.4.5	TCP/IP 的传输层	176
6.4.6	TCP/IP 的会话层至应用层	178
第 7 章	宽带无线接入网	179
7.1	宽带无线接入网概述	179
7.2	无线局域网	180
7.2.1	IEEE 802.11X 系列无线 局域网标准	180
7.2.2	无线局域网的构建	181
7.3	无线城域网	183
7.3.1	IEEE 802.16 系列无线 城域网标准	183
7.3.2	IEEE 802.16 协议体系结构	185
7.3.3	WiMAX 组网实例	185
第 8 章	移动通信网	187
8.1	移动通信网发展史	187
8.2	3G 通信技术	191
8.3	4G: LTE 通信技术	195
8.3.1	LTE 通信技术概述	195
8.3.2	LTE 通信技术特性	195
8.3.3	LTE 的网络结构	196
8.3.4	系统架构	197
8.3.5	LTE 语音通话	199
8.4	5G: 下一代移动网络	200
8.4.1	5G 概念	200
8.4.2	5G 核心架构	200
8.4.3	5G 关键技术	202
8.5	移动互联网	204
8.5.1	移动互联网概述	204
8.5.2	移动互联网的目标	204
8.5.3	移动互联网的基础协议	205
8.5.4	移动互联网的扩展协议	206

第 4 篇 管理服务层

第 9 章	物联网数据融合与管理	209
9.1	数据融合概述	209
9.1.1	数据融合的发展	209
9.1.2	数据融合的定义	210
9.1.3	数据融合的应用	210
9.2	数据融合的基本原理	211
9.2.1	数据融合的体系结构	211
9.2.2	数据融合技术的理论方法	213
9.2.3	数据融合模型介绍	215
9.3	物联网中的数据融合技术	216
9.3.1	物联网数据融合的作用	216
9.3.2	传感网数据融合的 基本原理	217
9.3.3	基于信息抽象层次的数据 融合模型	218
9.3.4	多传感器算法	220
9.4	物联网数据管理技术	220
9.4.1	物联网数据管理系统的 特点	220
9.4.2	传感网数据管理系统结构	220
第 10 章	云计算	222
10.1	云计算概述	222
10.2	云计算系统及其关键技术	224
10.2.1	云计算体系结构	224
10.2.2	云计算关键技术	225
10.2.3	云计算技术层次	226
10.3	典型云计算原理	227
10.3.1	谷歌文件系统	227
10.3.2	分布式数据处理 MapReduce	230
10.3.3	分布式锁服务	232
10.3.4	分布式结构化数据表 Bigtable	232
10.3.5	分布式存储系统 Megastore	234

10.4	云计算与物联网结合方式	235
第 11 章	物联网中间件	238
11.1	物联网中间件简介	238
11.1.1	什么是物联网中间件	238
11.1.2	中间件在物联网中的作用	239
11.1.3	物联网中间件现状与 发展趋势	240
11.2	物联网中间件系统总体架构	240
11.3	物联网中间件设计方法	242
11.4	物联网典型中间件	243
11.4.1	传感网网关中间件	243
11.4.2	传感网节点中间件	244
11.4.3	传感网安全中间件	246
第 12 章	物联网安全技术	248
12.1	物联网的安全概述	248
12.1.1	物联网安全特征	248
12.1.2	物联网安全威胁分析	249
12.1.3	物联网安全体系结构	250
12.2	物联网的安全关键技术	251
12.2.1	密钥管理机制	251
12.2.2	数据处理与隐私性	252
12.2.3	安全路由	252
12.2.4	认证与访问控制	253
12.2.5	恶意代码防御	255
12.2.6	入侵检测与容错容错技术	255
12.2.7	基于 IPv6 物联网的 安全技术	255
12.3	物联网的安全管理	256
第 13 章	物联网的测试技术	259
13.1	物联网的测试技术概述	259
13.1.1	需求分析	259
13.1.2	测试标准	263
13.1.3	传感网网络测试的特点	263
13.1.4	传感网测试架构	265
13.2	物联网安全测试	266
13.2.1	安全测试系统概述	266
13.2.2	系统的搭建与测试报告	270

第 5 篇 综合应用层

第 14 章	物联网应用案例—— 智能电网	272
14.1	智能电网概述	272
14.1.1	智能电网背景	272
14.1.2	智能电网定义	273
14.1.3	常用术语	273
14.2	智能电网体系架构	273
14.3	智能电网典型案例：核心网络	275
14.3.1	基于智能电网的 配电自动化	275
14.3.2	基于物联网的输电线路 在线监测系统	276
14.3.3	基于云计算的智能电网 信息平台	278
14.4	智能电网典型案例：智能电表	280
14.5	智能电网典型案例：家庭网络	281
14.5.1	用电信息采集系统	281
14.5.2	智能电网家庭综合能源 管理系统	282
第 15 章	物联网应用案例—— 智能工业	285
15.1	工业物联网概述	285
15.1.1	工业物联网的发展历程	285
15.1.2	工业物联网面临的挑战与 机遇	286
15.2	工业物联网体系架构	287
15.3	工业物联网标准和关键技术	289
15.3.1	工业无线技术	289
15.3.2	工业无线标准情况	290
15.3.3	工业以太网技术	291
15.4	工业物联网的发展趋势	292
15.5	智能制造	293
15.5.1	工业 4.0	294
15.5.2	工业 4.0 的关键特征	295
15.5.3	新的商业机会和模式	295
15.5.4	工业 4.0 愿景	296

15.6 工业物联网应用.....	297	16.3.2 智能交通管理系统的 建设案例.....	310
15.6.1 制造业供应链管理方面的 应用.....	297	16.4 车联网.....	311
15.6.2 环保监测及能源管理方面的 应用.....	298	16.4.1 车联网概述.....	311
15.6.3 工业安全生产管理方面的 应用.....	298	16.4.2 国内外车联网的发展史.....	312
15.6.4 生产过程工艺优化方面的 应用.....	299	16.4.3 车联网的功能与关键技术.....	313
第 16 章 物联网应用案例——		16.4.4 车联网发展展望.....	314
智能交通.....	301	第 17 章 物联网应用案例——	
16.1 智能交通概述.....	301	智能建筑.....	316
16.1.1 智能交通系统概述.....	301	17.1 智能化住宅小区.....	316
16.1.2 智能交通系统功能与特征.....	303	17.1.1 智能化住宅小区概述.....	316
16.1.3 智能交通中的物联网技术.....	304	17.1.2 物联网小区安防系统 设计与应用.....	316
16.2 智能交通系统平台架构.....	305	17.2 智能楼宇.....	317
16.3 城市智能交通管理系统.....	308	17.3 智能家居.....	319
16.3.1 城市智能交通管理系统 方案设计.....	309	17.3.1 智能家居感知层设备.....	321
		17.3.2 智能家居网络层设备.....	323
		17.3.3 智能家居应用层.....	327
		参考文献.....	330

第1篇 概述

第1章 绪论

学习要求

知识要点	能力要求
物联网的发展历程	(1) 掌握物联网产生的原因 (2) 了解物联网的发展现状与趋势
物联网的定义	(1) 了解各种物联网定义的出发点 (2) 掌握定义物联网的技术特点
物联网的主要特点	(1) 了解物联网的产业特征 (2) 掌握物联网的技术特点
相关概念辨析	(1) 了解“E 社会”与“U 社会”的概念 (2) 掌握物联网、传感网、泛在网等网络之间的关联与区别 (3) 理解广义物联网、泛在网和 CPS 的关系
物联网的演进	了解电信网主导和传感网主导两种物联网演进模式
物联网的标准	了解正在制定物联网标准的国际国内组织
物联网的应用	(1) 理解物联网的应用的技术需求 (2) 了解物联网在军事、民用及工商业领域的应用

1.1 物联网的发展历程

1.1.1 国外物联网的发展

国外物联网的实践最早可以追溯到 1990 年施乐公司的网络可乐贩售机 (Networked Coke Machine)。这台可乐贩售机虽然并不会发微博,可是它却早在 1985 年 5 月就已经联网了。用户可以通过向它发送邮件来获取它的状态。它能够告诉用户机器里有没有可乐,还能够分析出可乐机六排储藏架上的可乐哪一排最凉爽,使你能够买到最凉爽的可乐。

1995 年,比尔盖茨在其《未来之路》一书中已提及了物物互联的概念。

1999 年在美国召开的移动计算和网络国际会议上首先提出物联网 (Internet of Things),麻省理工学院自动识别 (MIT Auto-ID) 中心的 Ashton 教授提出了结合物品编码、射频识别

(Radio Frequency Identification, RFID) 和互联网技术的解决方案。当时基于互联网、RFID 技术、产品电子代码标准, 在计算机互联网的基础上, 利用射频识别技术、无线数据通信技术等, 构造了一个实现全球物品信息实时共享的实物互联网“Internet of Things”, 这也是在 2003 年掀起第一轮物联网热潮的基础。

2004 年日本提出 u-Japan (泛在日本, 其中 u 是 Ubiquitous——泛在无处不在的缩写) 构想, 希望 2010 年能在日本建设成一个“Anytime+Anywhere+ Anything+Anyone”(任何时间+任何地点+任何物体+任何人) 联网的环境。u-Japan 战略的主要理念是以人为本, 实现所有人 与人、物与物、人与物之间的连接(见图 1-1)。为了实现 u-Japan 战略, 日本进一步加强官、产、学、研的有机联合, 在具体政策实施上, 将以民、产、学为主, 政府的主要职责就是统 筹和整合。

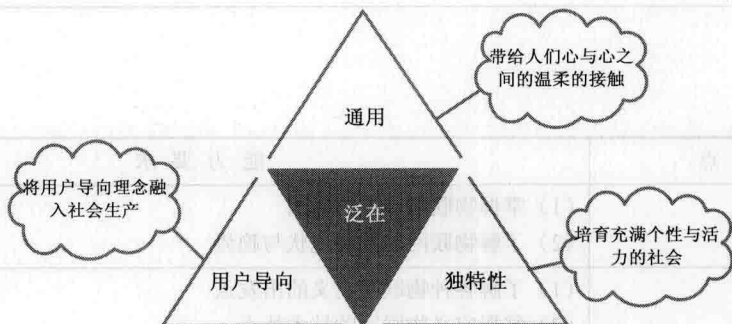


图 1-1 日本“u-Japan”的主要理念

2004 年, 韩国政府制定了 u-Korea (泛在韩国) 战略。韩国信通部发布了《数字时代的人本主义: IT839 战略》以具体呼应 u-Korea。这个战略旨在使所有人可以在任何地点、任何时间享受现代信息技术带来的便利。u-Korea 意味着信息技术与信息服务的发展不仅要满足产业和经济的增长, 而且将在人们日常生活中带来革命性的进步。其发展战略思想如图 1-2 所示。

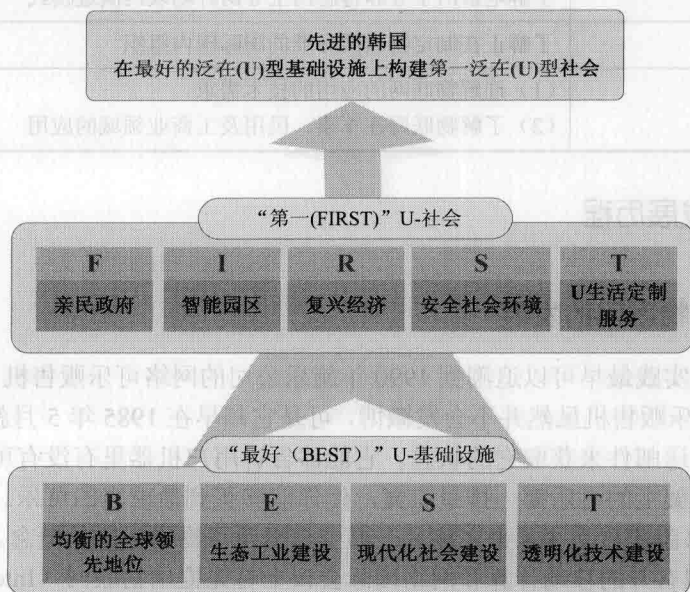


图 1-2 韩国 u-Korea 发展战略图

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《ITU 互联网报告 2005: 物联网》,引用了“物联网”的概念。物联网的定义和范围已经发生了变化,覆盖范围有了较大的拓展,不再只是指基于射频识别技术的物联网。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。为此,国际电信联盟专门成立了“泛在网络社会(Ubiquitous Network Society)国际专家工作组”,提供了一个在国际上讨论物联网的常设咨询机构。

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”,IBM 首席执行官彭明盛首次提出“智慧地球”这一概念,其中物联网为“智慧地球”不可或缺的一部分,奥巴马在就职演讲后已对“智慧地球”构想提出积极回应,并提升到国家级发展战略。2011年以来,美国政府先后发布了先进制造伙伴计划、总统创新伙伴计划,将以物联网技术为基础的信息物理系统(Cyber-Physical System, CPS)列为扶持重点。美国成立了物联网开放产业联盟,旨在汇聚能够给消费者带来价值的最具创新性的物联网企业,为企业产品之间的互联架起桥梁。

2013年,欧盟通过了“地平线 2020”科研计划,旨在利用科技创新促进增长、增加就业,以塑造欧洲在未来发展的竞争新优势。“地平线 2020”计划中,物联网领域的研发重点集中在传感器、架构、标识、安全和隐私等方面。2013年4月,在汉诺威工业博览会上,德国正式发布了关于实施“工业 4.0”战略的建议。工业 4.0 将软件、传感器和通信系统集成于 CPS,通过将物联网与服务引入制造业重构全新的生产体系,改变制造业发展范式,形成新的产业革命。2013年,韩国政府发布了信息通信技术(ICT)研究与开发计划“信息通信技术浪潮计划(ICT WAVE)”,目标是未来 5 年投入 8.5 万亿韩元(约 80 亿美元),发展包括“物联网平台”的 10 大 ICT 关键技术和 15 项关键服务。2014年3月,AT&T、思科、通用电气、IBM 和 Intel 成立了工业互联网联盟(Industrial Internet Consortium, IIC),将促进物理世界和数字世界的融合,并推动大数据应用。IIC 计划提出一系列物联网互操作标准,使设备、传感器和网络终端在确保安全的前提下立即可辨识、可互联、可互操作,未来工业互联网产品和系统可广泛应用于智能制造、医疗保健、交通等新领域。

物联网技术已成为信息产业的第三次革命,物联网的应用也相继部署。其中比较代表性的是瑞典的 ZigBee 城市项目和瑞士阿尔卑斯山监控项目。瑞典的 ZigBee 城市计划主要是指瑞典于 2007 年启动的,在哥特堡为 27 万户居民实施的基于 ZigBee 技术的自动抄表系统。因此,哥特堡便有了世界首个 ZigBee 城市之称。瑞士的阿尔卑斯山监控项目主要是希望通过利用物联网中的无线传感器技术实现对瑞士阿尔卑斯山地质和环境状况的长期监控。监控现场不再需要人为的参与,而是通过无线传感器对整个阿尔卑斯山脉实现大范围深层监控,监测包括:温度的变化对山坡结构的影响及气候对土质渗水的变化。该项目将物联网中的无线传感网络技术应用于长期监测瑞士阿尔卑斯山的岩床地质情况,所收集到的数据除可作为自然环境研究的参考外,经过分析后的信息也可以用于山崩、落石等自然灾害的事前警示。通过物联网来检测自然灾害和预警如图 1-3 所示。

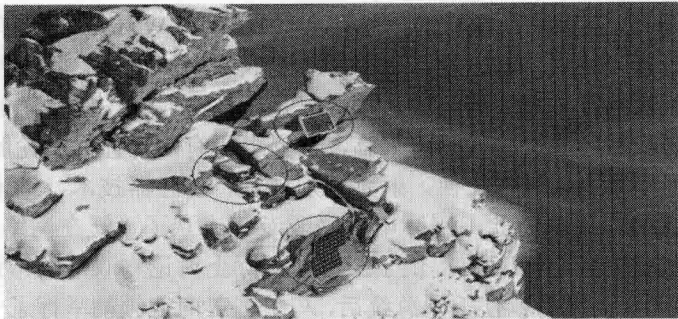


图 1-3 瑞士阿尔卑斯山通过物联网来检测自然灾害和预警图

1.1.2 国内物联网的发展

我国对物联网发展也非常重视，早在 1999 年中国科学院就开始研究传感网。2006 年，我国制定了信息化发展战略，《国家中长期科学与技术发展规划（2006—2020）》和“新一代宽带移动无线通信网”重大专项中均将传感网列入重点研究领域。“射频识别（RFID）技术与应用”也被作为先进制造技术领域的重大项目列入国家高技术研究发展计划（863 计划）。2007 年党的十七大提出工业化和信息化融合发展的构想。2009 年，“感知中国”又迅速地进入了国家政策的议事日程。2013 年 9 月，国家发展和改革委员会、工业和信息化部等部委联合下发《物联网发展专项行动计划（2013—2015 年）》，从物联网顶层设计、标准制定、技术研发、应用推广、产业支持、商业模式、安全保障、政府扶持、法律法规、人才培养等方面进行了整体规划布局。2015 年政府工作报告中首次提出“互联网+”行动计划，再次将物联网提高到一个更高的关注层面。

短短几年之内，物联网已由一个单纯的科学术语变成了活生生的产业现实。其中比较有代表性的是“浦东机场防入侵系统”和“感知太湖”物联网系统。下面对这两个系统进行简单的介绍。

2010 年，国家启动了重大专项项目《面向太湖蓝藻爆发监测的传感器网络研发与应用验证》，利用物联网技术对蓝藻湖泛发生进行感知和智能车船调度，并实现相关业务数据的集中管理，建设一个具有智能感知、智能调度和智能管理能力的一体化综合管理及服务系统。

（1）智能感知：构建基于物联网的先进感知系统，对太湖内饮用水的水质、水量等水文指标实时监测；重点实时感知近岸打捞点的蓝藻规模和程度；进行全程定位、跟踪和监控。

（2）智能调度：构建双向可控的车船资源与人力的网络化信息交互与调度系统，包括蓝藻打捞船的智能调度、蓝藻运输车的智能调度以及水利管理人员与智慧水利信息中心之间的实时双向信息交互。

（3）智能管理：将物联网技术与现有信息中心资源进行整合，扩充其智能化管理功能。对蓝藻打捞、运输、处理、再利用过程的数据集中管理；结合地理信息系统动态定位蓝藻发生位置；通过智能化的应急方案处理蓝藻湖泛；藻水分离站传感系统数据的整合和集中管理，提高生产效率。

采用四层模式进行管理，智能感知调度在最底层，负责信息的采集，包括水质、蓝藻等信息；收集到的信息通过 GPRS 等手段传输至水利局中的信息中心设备进行处理，而最底层，智能管理服务层则利用处理过的数据监控水质和打捞船情况，以达到智能的目的。图 1-4 为

“感知太湖”系统中重要的组成部分——“水上哨兵”，即为水质自动监测站。



图 1-4 水质自动监测站

2010年起,上海浦东机场成功应用物联网技术搭建机场防入侵系统,能够全天候、全天时地对周界安防进行主动防御。这个利用物联网技术进行协同感知的新一代防入侵系统,由三大部分组成:前端入侵探测模块、数据传输模块、中央控制模块。当入侵行为发生时,前端入侵模块对所采集的信号进行特征提取和目标特性分析,将分析结果通过数据传输模块传输至中央控制系统;中央控制模块通过信息融合进行目标行为识别,并启动相应报警策略。系统安装实景图如图 1-5 所示。

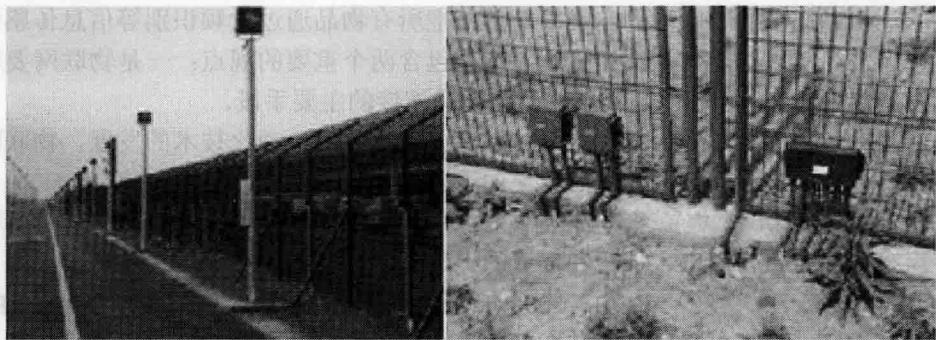


图 1-5 系统安装实景图

系统能够有效地针对攀爬翻越围栏、掘地挖掘、高空抛物等行为进行全天候防控。系统主要通过振动传感器进行目标分类探测,并结合多种传感器组成协同感知的网络,实现全新的多点融合和协同感知,可对入侵目标和入侵行为进行有效分类和高精度区域定位。系统的主要特征如下。

- (1) 多种传感手段协同感知,目标识别、多点融合和协同感知,实现无漏警、低虚警。
- (2) 拥有自适应机制,抑制环境干扰,可适用于各种恶劣天气。
- (3) 设备状态实时监控,实现设备维护与故障自动检测。
- (4) 可为用户定制化开发,实现系统与用户业务的高度耦合。
- (5) 可灵活适应不同地形地貌的防范要求。
- (6) 具有声光联动、视频联动的功能,可对现场实习喊话、照明,可进行视频回放等操作。
- (7) 快速响应,报警响应时间 ≤ 1 秒。
- (8) 软件系统平台操作简单直观,集成布防、撤防、报警、设备故障自检、GIS 地图精确报警定位等功能。

该系统的正常稳定运行,极大地提升了机场安检部门在该区域的安全防范能力,改善了以前单独依赖人防、完全依靠现场巡逻的防范方式,为机场安防构建了一个新的现代化模式,也必将为机场周界安防工作带来质的突破。

图 1-6 给出了物联网发展历程的示意图。



图 1-6 物联网发展历程示意图

1.2 物联网的定义

1999 年 MIT 提出的物联网的定义很简单：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。这里包含两个重要的观点：一是物联网要以互联网为基础发展起来；二是 RFID 是实现物品与物品连接的主要手段。

后来，随着各种感知技术、现代网络技术、人工智能和自动化技术的发展，物联网的内涵也在不断地完善，一些具有代表性的定义如下。

定义 1: 由具有标识、虚拟个体的物体/对象所组成的网络，这些标识和个体运行在智能空间，使用智慧的接口与用户、社会 and 环境的上下文进行连接和通信。

——2008 年 5 月，欧洲智能系统集成技术平台 (EPoSS)

定义 2: 物联网是未来互联网的整合部分，它是以标准、互通的通信协议为基础，具有自我配置能力的全球性动态网络设施。在这个网络中，所有实质和虚拟的物品都有特定的编码和物理特性，通过智能界面无缝连接，实现信息共享。

——2009 年 9 月，欧盟第七框架 RFID 和互联网项目组报告

定义 3: 物联网是通过信息传感设备，按照约定的协议，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。它是在互联网基础上延伸和扩展的网络。

——2010 年 3 月，我国政府工作报告所附的注释中物联网的定义

定义 4: 物联网实现人与人、人与物、物与物之间任意的通信，使联网的每一个物件均可寻址、使联网的每一个物件均可通信、使联网的每一个物件均可控制。

——2010 年，邬贺铨院士

定义 5: 物联网是一个将物体、人、系统和信息资源与智能服务相互连接的基础设施，可以利用它来处理物理世界和虚拟世界的信息并做出反应。

——2014 年，ISO/IEC JTC1 SWG5 物联网特别工作组

作者认为，定义 5 简单明确，易于理解，其中包含了物联网重要的特征和特点，比如互联、处理事件的能力等。事实上，物联网是现代信息技术发展到一定阶段后出现的一种聚合性应用与技术提升，将各种感知技术、现代网络技术和人工智能与自动化技术聚合与集成应用，使人与物智慧对话，创造一个智慧的世界。

1.3 物联网的特点与相关概念辨析

1.3.1 物联网的主要特点

从物联网的本质来看，物联网具备以下3个特点。

(1) 互联网：对需要联网的物一定要能够实现互联互通的互连网络。

(2) 识别与通信：纳入联网的“物”一定要具备自动识别与物物通信（Machine-To-Machine, M2M）的功能。

(3) 智能化：网络系统应该具有自动化、自我反馈与智能控制的特点。

从产业的角度看，物联网具备以下6个特点。

(1) 感知识别普适化：无所不在的感知和识别将传统上分离的物理世界和信息世界高度融合。

(2) 异构设备互联化：各种异构设备利用通信模块和协议自组成网，异构网络通过“网关”互通互联。

(3) 联网终端规模化：物联网时代每一件物品均具有通信功能，将成为网络终端，5~10年内联网终端规模有望突破百亿。

(4) 管理调控智能化：物联网高效可靠组织大规模数据，运筹学、机器学习、数据挖掘、专家系统等决策手段将广泛应用于各行各业。

(5) 应用服务链条化：以工业生产为例，物联网技术覆盖了原材料引进、生产调度、节能减排、仓储物流到产品销售、售后服务等各个环节。

(6) 经济发展跨越化：物联网技术有望成为从劳动密集型向知识密集型，从资源浪费型向环境友好型国民经济发展过程中的重要动力。

1.3.2 物联网的其他特点

从传感信息本身来看，物联网具备以下3点特征。

(1) 多信息源：在物联网中会存在难以计数的传感器，每一个传感器都是一个信息源。

(2) 多种信息格式：传感器有不同的类别，不同的传感器所捕获，传递的信息内容和格式会存在差异。

(3) 信息内容实时变化：传感器按照一定的频率周期性的采集环境信息，每一次新的采集就会得到新的数据。

从传感信息的组织管理角度来看，物联网具备以下三点特征。

(1) 信息量大：物联网上的传感器难以计数，每个传感器定时采集信息，不断地积累，形成海量的信息。

(2) 信息的完整性：不同的应用可能会使用传感器采集到的部分信息，存储的时候必须保证信息的完整性，以适应不同的应用需求。

(3) 信息的易用性：信息量规模的扩大导致信息的维护、查找、使用的困难也迅速增加，从海量的信息中方便使用需求的信息，要求易用性保证。

从传感信息使用角度来看，物联网具备多角度过滤和分析的特征。对海量的传感信息进行过滤和分析，是有效利用这些信息的关键，面对不同的应用要求要从不同的角度进行过滤