

中国电子学会物联网专家委员会推荐
普通高等教育物联网工程专业系列规划教材

物联网技术与应用开发

Application and Development Based on the Internet of Things Technologies

熊茂华 熊昕 编著



西安电子科技大学出版社
<http://www.xduph.com>

中国电子学会物联网专家委员会推荐

普通高等教育物联网工程专业系列规划教材

物联网技术与应用开发

熊茂华 熊昕 编著



西安电子科技大学出版社

内 容 简 介

本书共 11 章, 内容包括物联网概论、物联网体系架构、传感器及检测技术、射频识别技术、物联网通信与网络技术、无线传感器网络技术、物联网安全技术、物联网 M2M、物联网数据融合技术、云计算和物联网系统平台设计。

本书内容深入浅出, 可作为高等院校电子信息类、计算机类专业物联网技术应用课程的教材或参考书, 也可作为物联网技术培训教材或者 IT 科研人员和管理人员的参考读物。

图书在版编目(CIP)数据

物联网技术与应用开发/熊茂华, 熊昕编著. —西安: 西安电子科技大学出版社, 2012.8

普通高等教育物联网工程专业系列规划教材

ISBN 978-7-5606-2813-4

I. ① 物… II. ① 熊… ② 熊… 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. ① TP393.4 ② TP18

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 111666 号

策 划 邵汉平

责任编辑 王 瑛 邵汉平

出版发行 西安电子科技大学出版社(西安市太白南路 2 号)

电 话 (029)88242885 88201467 邮 编 710071

网 址 www.xduph.com 电子邮箱 xdupfb001@163.com

经 销 新华书店

印刷单位 西安文化彩印厂

版 次 2012 年 8 月第 1 版 2012 年 8 月第 1 次印刷

开 本 787 毫米×1092 毫米 1/16 印 张 18.5

字 数 438 千字

印 数 1~3000 册

定 价 32.00 元

ISBN 978-7-5606-2813-4/TP·1341

XDUP 3105001-1

如有印装问题可调换

前 言

物联网(Internet of Things, IoT)是继个人电脑、网络之后信息技术的又一次革命性突破。经过十多年的孕育,物联网近年来引起了世界各国的强烈关注。为满足各地物联网技术与应用人才培养的迫切需要,我们编写了本书。本书可作为高等院校电子信息类、计算机类专业物联网技术应用课程的教材或参考书,也可作为物联网技术培训教材或者IT科研人员和管理人员的参考读物。

本书详细介绍了物联网的概念、实现技术和典型应用。首先讨论物联网的基本概念、物联网的国内外发展现状、产业链、体系架构、软硬件平台的系统组成、关键技术以及应用领域;其次介绍传感器及检测技术、智能传感器技术与智能检测系统的设计、RFID的工作原理及系统组成、RFID中间件技术、RFID应用系统开发示例等;然后介绍物联网通信与网络技术,包括无线通信技术、蓝牙技术、Wi-Fi技术、ZigBee技术、超宽带(UWB)技术以及无线局域网的组成与工作原理、无线局域网的网络安全、无线城域网和WiMAX网络构建、无线传感器网络技术及无线传感器网络的系统设计与开发、物联网安全技术等;最后介绍物联网数据融合技术、云计算技术及应用示例、物联网系统平台设计及物联网典型应用系统设计与开发等,使课程理论与实践紧密地结合起来。

本书由熊茂华、熊昕编著,周顺先教授主审。全书由熊茂华负责全面内容规划、编排。第1章~第4章以及第5章的5.1~5.4节由熊昕编写,第6章~第11章以及第5章的5.5~5.8节由熊茂华编写。

在本书编写过程中,得到了部分老师和北京博创公司的帮助,部分内容参考了书后所列的参考文献,在此谨向所有给予帮助的同志和所列参考文献的作者深表谢意。

由于时间紧,加之作者的认知领悟能力有限,书中难免存在缺点与疏漏,敬请各位专家以及广大读者批评指正。

编 者

2012年2月

目 录

第 1 章 物联网概论 1	2.4.1 应用层的功能..... 29
1.1 物联网概述..... 1	2.4.2 应用层的关键技术..... 29
1.2 国内外物联网发展现状..... 1	2.5 物联网的关键技术..... 32
1.2.1 国外物联网发展现状..... 1	练习题..... 32
1.2.2 国内物联网发展现状..... 4	第 3 章 传感器及检测技术 35
1.2.3 物联网目前存在的问题..... 6	3.1 传感器..... 35
1.3 物联网的产业链..... 7	3.1.1 传感器概述..... 35
1.3.1 物联网产业链..... 7	3.1.2 传感器的分类..... 35
1.3.2 基于 RFID 的物联网产业..... 8	3.1.3 传感器的性能指标..... 37
1.3.3 基于 MEMS 传感器的物联网产业..... 8	3.1.4 传感器的组成..... 38
1.3.4 物联网产业主导..... 9	3.1.5 传感器在物联网中的应用..... 39
1.4 物联网的应用..... 9	3.2 检测技术基础..... 39
1.4.1 物联网的应用领域..... 9	3.2.1 检测系统概述..... 39
1.4.2 物联网应用实例展示..... 10	3.2.2 检测技术的分类..... 41
1.5 物联网的发展趋势..... 13	3.2.3 检测系统的组成..... 42
练习题..... 14	3.3 典型传感器原理简介..... 43
第 2 章 物联网体系架构 16	3.3.1 电阻式传感器..... 43
2.1 物联网体系架构概述..... 16	3.3.2 压电式传感器..... 45
2.1.1 物联网的自主体系结构..... 16	3.3.3 生物传感器..... 46
2.1.2 物联网的 EPC 体系结构..... 17	3.3.4 磁电式传感器..... 49
2.1.3 物联网的 UID 技术体系..... 19	3.3.5 光纤传感器..... 50
2.1.4 构建物联网体系结构的原则..... 19	3.4 智能检测系统..... 52
2.1.5 实用的层次性物联网体系架构..... 20	3.4.1 智能检测系统的组成..... 52
2.2 感知层..... 21	3.4.2 智能检测系统的设计..... 53
2.2.1 感知层的功能..... 21	3.4.3 智能传感器技术..... 54
2.2.2 感知层的关键技术..... 22	练习题..... 56
2.3 网络层..... 26	第 4 章 射频识别技术 58
2.3.1 网络层的功能..... 27	4.1 射频识别技术概述..... 58
2.3.2 网络层的关键技术..... 27	4.1.1 射频识别..... 58
2.4 应用层..... 29	

4.1.2 RFID 技术的分类.....	59	5.5.1 UWB 技术的概念	109
4.1.3 RFID 技术的应用.....	64	5.5.2 UWB 无线通信系统的关键技术 ...	110
4.1.4 RFID 技术标准	67	5.5.3 UWB 技术在家庭和有线电视	
4.2 RFID 系统的组成.....	69	网络中的应用.....	113
4.2.1 RFID 的工作原理及系统组成.....	69	5.6 无线局域网.....	115
4.2.2 RFID 系统中的软件组件.....	71	5.6.1 IEEE 802.11 协议简述.....	115
4.3 几种常见的 RFID 系统.....	73	5.6.2 几种无线通信标准比较.....	117
4.3.1 电感耦合 RFID 系统.....	73	5.6.3 无线局域网的组成及工作原理.....	117
4.3.2 反向散射耦合 RFID 系统.....	74	5.6.4 无线局域网的网络安全.....	120
4.4 RFID 中间件技术.....	76	5.7 无线城域网.....	121
4.4.1 RFID 中间件的组成及功能特点	77	5.7.1 IEEE 802.16x 标准和机制.....	121
4.4.2 RFID 中间件体系结构	78	5.7.2 WiMAX 网络构建.....	123
4.4.3 常见的 RFID 中间件.....	80	5.8 无线广域网.....	130
4.5 RFID 应用系统开发示例.....	81	5.8.1 广域网的常用标准.....	130
4.5.1 RFID 系统开发技术简介.....	81	5.8.2 无线接入广域网连接拓扑结构.....	131
4.5.2 基于 RFID 技术的 ETC 系统设计 ...	84	练习题.....	134
练习题.....	88		
第 5 章 物联网通信与网络技术	91	第 6 章 无线传感器网络技术	136
5.1 无线通信技术概述	91	6.1 无线传感器网络简介.....	136
5.2 蓝牙技术	93	6.1.1 无线传感器网络概述.....	136
5.2.1 蓝牙技术概述.....	93	6.1.2 无线传感器网络的特点.....	137
5.2.2 蓝牙协议体系结构	94	6.2 无线传感器网络的体系结构及	
5.2.3 蓝牙网关的主要功能.....	96	协议系统结构.....	138
5.2.4 蓝牙移动终端(MT)	96	6.2.1 无线传感器网络的体系结构.....	138
5.2.5 蓝牙网络的结构和蓝牙		6.2.2 无线传感器网络的通信协议栈.....	140
系统的组成	97	6.3 无线传感器网络 MAC 协议.....	141
5.2.6 蓝牙技术的硬件设计	98	6.3.1 基于竞争的无线传感器网络	
5.3 Wi-Fi 技术.....	100	MAC 协议.....	142
5.3.1 Wi-Fi 技术的概念.....	100	6.3.2 基于时分复用的无线传感器网络	
5.3.2 Wi-Fi 网络结构和原理.....	101	MAC 协议.....	145
5.4 ZigBee 技术	103	6.3.3 混合型的无线传感器网络	
5.4.1 ZigBee 技术概述	103	MAC 协议.....	146
5.4.2 ZigBee 协议栈	104	6.4 无线传感器网络路由协议.....	147
5.4.3 ZigBee 的网络系统	105	6.4.1 广播式路由协议.....	148
5.4.4 ZigBee 网络系统的应用	106	6.4.2 坐标式路由协议.....	149
5.5 超宽带(UWB)技术	109	6.4.3 分簇式路由协议.....	150
		6.5 无线传感器网络的关键技术.....	151

6.6 无线传感器网络系统设计与开发	152	练习题	201
6.6.1 无线传感器网络系统设计的基本 要求	152	第 9 章 物联网数据融合技术	202
6.6.2 无线传感器网络的实现方法	154	9.1 数据融合概述	202
6.6.3 车载无线传感器网络监测系统	159	9.1.1 数据融合简介	202
练习题	163	9.1.2 物联网中的数据融合	203
第 7 章 物联网安全技术	165	9.2 数据融合的原理	204
7.1 信息安全基础知识	165	9.2.1 数据融合的基本原理	204
7.1.1 信息安全概述	165	9.2.2 物联网中数据融合的层次结构	208
7.1.2 信息安全的基本属性	168	9.3 数据融合技术与算法	208
7.2 物联网的安全	169	9.3.1 传感器网络数据传输及 融合技术	209
7.2.1 物联网的安全特点	169	9.3.2 多传感器数据融合算法	213
7.2.2 物联网安全机制	170	9.3.3 传感器网络的数据融合 路由算法	216
7.2.3 物联网的安全层次模型及 体系结构	171	9.4 物联网数据管理技术	219
7.3 RFID 系统的安全	174	9.4.1 传感器网络的数据管理系统	219
7.3.1 RFID 系统面临的安全攻击	174	9.4.2 数据模型、存储及查询	222
7.3.2 RFID 系统的安全风险分类	175	9.4.3 数据融合及管理技术的 研究与发展	224
7.3.3 RFID 系统的安全缺陷	176	练习题	224
7.3.4 RFID 安全需求及研究进展	177	第 10 章 云计算	225
7.4 传感器网络的安全	178	10.1 云计算概述	225
7.4.1 传感器网络的安全分析	178	10.1.1 云计算的定义	226
7.4.2 传感器网络的安全性目标	179	10.1.2 云计算的类型	227
7.4.3 传感器网络的安全策略	183	10.1.3 云计算与物联网	228
练习题	184	10.2 云计算系统的组成及其技术	230
第 8 章 物联网 M2M	186	10.2.1 云计算系统的组成	230
8.1 M2M 概述	186	10.2.2 云计算系统的服务层次	232
8.1.1 M2M 的基本概念	186	10.2.3 云计算的关键技术	233
8.1.2 M2M 的系统架构和通信协议	187	10.3 典型云计算系统简介	234
8.1.3 M2M 的支撑技术	191	10.3.1 Amazon 云计算基础架构平台	234
8.2 M2M 的应用	193	10.3.2 Google 云计算应用平台	236
8.2.1 M2M 业务应用	193	10.3.3 Microsoft 云计算服务	239
8.2.2 M2M 的发展现状	194	10.3.4 IBM 蓝云计算平台	243
8.3 M2M 的应用举例——基于嵌入式 ARM 处理器的 M2M 终端总体设计	197	10.4 云计算的应用示例	246

10.4.1	云计算体系	246	11.3	基于物联网的智能家居控制 系统设计	273
10.4.2	云脑系统的设计	247	11.3.1	智能家居系统的体系结构	273
10.4.3	云脑系统的主要功能界面	250	11.3.2	系统主要模块的设计	273
10.4.4	云脑系统机群的搭建	251	11.3.3	系统部分软件的设计	277
	练习题	259	11.4	基于 RFID 的超市物联网导购 系统的设计	279
第 11 章	物联网系统平台设计	261	11.5	基于 GPRS 的物联网终端的污水 处理厂网络控制系统	283
11.1	物联网系统设计基础	261	11.5.1	概述	283
11.1.1	物联网系统的基本组成	261	11.5.2	污水处理网络控制系统设计	284
11.1.2	物联网网关系统设计	264			
11.2	面向物联网的系统及其 中间件设计	269	参考文献		288
11.2.1	TOA 思想及 TOC 结构	269			
11.2.2	TOC 设计	270			

第1章 物联网概论

读完本章，读者将了解以下内容：

- ※ 国内外物联网发展现状；
- ※ 物联网的产业链；
- ※ 物联网的应用；
- ※ 物联网的发展趋势。

1.1 物联网概述

物联网(Internet of Things)的概念是在 1999 年提出的，又名传感网，它的定义很简单：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。物联网把新一代 IT 技术充分运用在各行各业之中，具体地说，就是把感应器嵌入和装备到电网、铁路、桥梁、隧道、公路、建筑、供水系统、大坝、油气管道等各种物体中，然后将这一物物相连的网络与现有的互联网整合起来，实现人类社会与物理系统的整合。在这个整合的网络当中，存在能力超级强大的中心计算机群，能够对整合网络内的人员、机器、设备和基础设施实施实时的管理和控制，在此基础上，人类可以以更加精细和动态的方式管理生产和生活，达到“智慧”状态，提高资源利用率和生产力水平，改善人与自然间的关系。

国际电信联盟 2005 年的一份报告曾描绘“物联网”时代的图景(如图 1.1 所示)：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。

物联网有如下基本特点：

(1) 全面感知。利用射频识别(RFID)技术、传感器、二维码及其它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。利用网络(有线、无线及移动网)将感知的信息进行实时的传送。

(3) 智能控制。对物体实现智能化的控制和管理，真正达到了人与物的沟通。

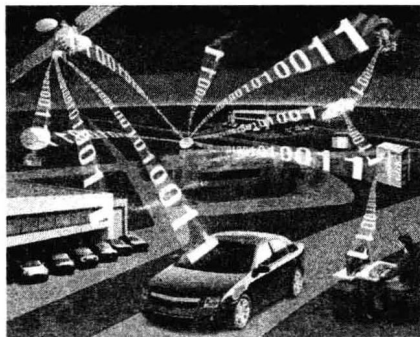


图 1.1 物联网示意图

1.2 国内外物联网发展现状

1.2.1 国外物联网发展现状

物联网在国外被视为“危机时代的救世主”，许多发达国家将发展物联网视为新的经济



增长点。物联网的概念虽然仅是最近几年才趋向成熟的,但物联网相关产业在当前的技术、经济环境的助推下,在短短几年内已成星火燎原之势。

1. 美国物联网发展现状

1995年,比尔·盖茨在其《未来之路》一书中已提及物联网的概念。2005年11月17日,在突尼斯举行的信息社会世界峰会(WSSIS)上,国际电信联盟(ITU)发布了《ITU 互联网报告 2005: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信息交换。射频识别(RFID)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。

美国很多大学在无线传感器网络方面开展了大量工作,如加州大学洛杉矶分校的嵌入式网络感知中心实验室、无线集成网络传感器实验室、网络嵌入系统实验室等。另外,麻省理工学院从事着极低功耗的无线传感器网络方面的研究;奥本大学也从事了大量关于自组织传感器网络方面的研究,并完成了一些实验系统的研制;宾汉顿大学计算机系统研究实验室在移动自组织网络协议、传感器网络系统的应用层设计等方面做了很多研究工作;州立克利夫兰大学(俄亥俄州)的移动计算实验室在基于IP的移动网络和自组织网络方面结合无线传感器网络技术进行了研究。

除了高校和科研院所之外,国外的各大知名企业也都先后参与开展了无线传感器网络的研究。克尔斯博公司是国际上率先进行无线传感器网络研究的先驱之一,为全球超过2000所高校以及上千家大型公司提供无线传感器解决方案;Crossbow公司与软件巨头微软、传感器设备巨头霍尼韦尔、硬件设备制造商英特尔、网络设备制造巨头美国网件(NETGEAR)公司、著名高校加州大学伯克利分校等都建立了合作关系。

2009年1月,IBM首席执行官彭明盛提出“智慧地球”构想,其中物联网为“智慧地球”不可缺少的一部分,而奥巴马在就职演讲后已对“智慧地球”构想提出积极回应,并将其提升到国家级发展战略中。

2009年,IBM与美国智库机构向奥巴马政府提出通过信息通信技术(ICT)投资可在短期内创造就业机会,美国政府新增300亿美元的ICT投资(包括智能电网、智能医疗、宽带网络三个领域),鼓励物联网技术的发展。

2. 欧盟物联网发展现状

2009年,欧盟委员会向欧盟议会、理事会、欧洲经济和社会委员会及地区委员会递交了《欧盟物联网行动计划》,以确保欧洲在构建物联网的过程中起主导作用。行动计划共包括14项内容:管理、隐私及数据保护、“芯片沉默”的权利、潜在危险、关键资源、标准化、研究、公私合作、创新、管理机制、国际对话、环境问题、统计数据 and 进展监督等。该行动方案描绘了物联网技术应用的前景,并提出要加强欧盟政府对物联网的管理,其提出的政策建议主要包括:

- (1) 加强物联网管理。
- (2) 完善隐私和个人数据保护。
- (3) 提高物联网的可信度、接受度、安全性。

2009年10月,欧盟委员会以政策文件的形式对外发布了物联网战略,提出要让欧洲在基于互联网的智能基础设施发展上领先全球,除了通过ICT研发计划投资4亿欧元,启



动 90 多个研发项目提高网络智能化水平外, 欧盟委员会还将于 2011—2013 年间每年新增 2 亿欧元进一步加强研发力度, 同时拿出 3 亿欧元专款, 支持物联网相关公私合作短期项目建设。

3. 日本物联网发展现状

自 20 世纪 90 年代中期以来, 日本政府相继制定了 e-Japan、u-Japan、i-Japan 等多项国家信息技术发展战略, 从大规模开展信息基础设施建设入手, 稳步推进, 不断拓展和深化信息技术的应用, 以此带动本国社会、经济发展。其中, 日本的 u-Japan、i-Japan 战略与当前提出的物联网概念有许多共同之处。

2004 年, 日本信息通信产业的主管机关总务省提出 2006 至 2010 年间 IT 发展任务——“u-Japan”战略。该战略的理念是以人为本, 实现所有人人与人、物与物、人与物之间的连接(即 4U, Ubiquitous、Universal、User-oriented、Unique), 希望在 2010 年将日本建设成一个“实现随时、随地、任何物体、任何人均可连接的泛在网络社会”。

2008 年, 日本总务省提出将 u-Japan 政策的重心从之前的单纯关注居民生活品质提升拓展到带动产业及地区发展, 即通过各行业、地区与 ICT 的深化融合, 进而实现经济增长的目的。具体来说, 通过 ICT 的有效应用, 实现产业变革, 推动新应用的发展; 通过 ICT 以电子方式联系人与地区社会, 促进地方经济的发展; 有效应用 ICT 达到生活方式变革, 实现无所不在的网络社会环境。

2009 年 7 月, 日本 IT 战略本部颁布了日本新一代的信息化战略——“i-Japan”战略, 为了让数字信息技术融入每一个角落, 首先, 将政策目标聚焦在三大公共事业: 电子化政府治理、医疗健康信息服务、教育与人才培养。该项战略提出到 2015 年, 通过数字技术完成“新的行政改革”, 使行政流程简化、效率化、标准化、透明化, 同时推动电子病历、远程医疗、远程教育等应用的发展。日本政府对企业的重视也毫不逊色。另外, 日本企业为了能够在技术上取得突破, 对研发同样倾注极大的心血。在日本爱知世博会的日本展厅, 呈现的是一个凝聚了机器人、纳米技术、下一代家庭网络和高速列车等众多高科技和新产品的未来景象, 支撑这些的是大笔研发经费的投入。

4. 韩国物联网发展现状

韩国也经历了类似日本的发展过程。韩国是目前全球宽带普及率最高的国家, 同时它的移动通信、信息家电、数字内容等也居世界前列。面对全球信息产业新一轮战略, 韩国制定了 u-Korea 战略。在具体实施过程中, 韩国信通部推出 IT839 战略以具体呼应 u-Korea。

韩国信通部发布的《数字时代的人本主义: IT839 战略》报告指出: 无所不在的网络社会(UNS)将是由智能网络、最先进的计算技术, 以及其它领先的数字技术基础设施武装而成的技术社会形态。在无所不在的网络社会中, 所有人可以在任何地点、任何时刻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于产业和经济的增长, 而且在国民生活中将为生活文化带来革命性的进步。由此可见, 日、韩两国各自制定并实施的“u”计划都是建立在两国已夯实的信息产业硬件基础上的, 是完成“e”计划后启动的新一轮国家信息化战略。从“e”到“u”是信息化战略的转移, 能够帮助人类实现许多“e”时代无法企及的梦想。

继日本提出 u-Japan 战略后, 韩国在 2006 年确立了 u-Korea 战略。u-Korea 旨在建立无



所不在的网络社会，也就是在民众的生活环境里，布建智能型网络、最新的技术应用等先进的信息基础设施建设，让民众可以随时随地享有科技智慧服务。其最终目的是，除运用 IT 科技为民众创造衣食住行娱乐各方面无所不在的便利生活服务，亦希望扶植 IT 产业发展新兴应用技术，强化产业优势与国家竞争力。

为实现上述目标，u-Korea 包括了四项关键基础环境建设以及五大应用领域的研究开发。四项关键基础环境建设是平衡全球领导地位、生态工业建设、现代化社会建设、透明化技术建设；五大应用领域是亲民政府、智慧科技园区、再生经济、安全社会环境、u 生活定制化服务。

u-Korea 主要分为发展期与成熟期两个执行阶段。发展期(2006 至 2010 年)的重点任务是基础环境的建设、技术的应用以及 u 社会制度的建立；成熟期(2011 至 2015 年)的重点任务为推广 u 化服务。

自 1997 年起，韩国政府出台了一系列推动国家信息化建设的产业政策。目前，韩国的 RFID 发展已经从先导应用开始全面推广。2009 年，韩通信委员会通过了《物联网基础设施构建基本规划》，将物联网市场确定为新增长动力。该规划树立了到 2012 年“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 ICT 强国”的目标，为实现这一目标，确定了构建物联网基础设施、发展物联网服务、研发物联网技术、营造物联网扩散环境等 4 大领域、12 项详细课题。

1.2.2 国内物联网发展现状

1. 国内物联网发展概况

中国科学院早在 1999 年就启动了物联网研究，组建了 2000 多人的团队，先后投入数亿元，目前已拥有从材料、技术、器件、系统到网络的完整产业链。总体而言，在物联网这个全新产业中，我国的技术研发和产业化水平已经处于世界前列，已掌握物联网的世界话语权。当前，政府主导与产、学、研相结合共同推动物联网发展的良好态势正在形成。

2009 年 8 月，温家宝总理在无锡视察中国科学院物联网技术研发中心时指出，“在传感网发展中，要早一点谋划未来，早一点攻破核心技术”，江苏省委省政府立即制定了“感知中国”中心建设的总体方案和产业规划，力争建成引领传感网技术发展和标准制定的物联网产业研究院。2009 年 8 月中国移动总裁王建宙访台期间解释了物联网概念。

2009 年，工业和信息化部李毅中部长在《科技日报》上发表题为“我国工业和信息化发展的现状与展望”的署名文章，首次公开提及传感网络，并将其上升到战略性新兴产业的高度，指出信息技术的广泛渗透和高度应用将催生出一批新增长点。

2009 年，“传感器网络标准工作组成立大会暨‘感知中国’高峰论坛”在北京举行，标志着传感器网络标准工作组正式成立，工作组未来将积极开展传感器网络标准制定工作，深度参与国际标准化活动，旨在通过标准化为产业发展奠定坚实的技术基础。2009 年 11 月，国务院总理温家宝在北京人民大会堂向北京科技界发表了《让科技引领可持续发展》的讲话，指出要将物联网并入信息网络发展的重要内容，并强调信息网络产业是世界经济复苏的重要驱动力。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重点研究领域，已列入国家高技术研究发



展计划(863 计划)。

2009 年 11 月,无锡市国家传感网创新示范区(传感信息中心)正式获得国家批准。该示范区规划面积 20 平方公里。根据规划,三年后这一数字将增长近 6 倍。到 2012 年完成传感网示范基地建设,形成全市产业发展空间布局和功能定位,产业规模达到 1000 亿元,具有较大规模各类传感网企业 500 家以上,形成销售额 10 亿元以上的龙头企业 5 家以上,培育上市企业 5 家以上。到 2015 年,产业规模将达 2500 亿。按照国家传感器网络标准化工作组的规划,2012 年 4 月 19 日,国家传感器网络国际标准化组和测试项目联合会议在重庆顺利召开,国际标准化项目组组长郭楠与参会成员通报了项目组工作进展,并对国际标准 WG7 的进展及无锡会议提出的问题做了详细汇报。国家传感器网络标准有望 2012 年底制定完成。

目前我国物联网产业、技术还处于概念和科研阶段,物联网整个产业模式还没有彻底形成,处于起步阶段,但物联网的发展趋势是令人振奋的,未来的产业空间是巨大的。

2. 中国物联网技术研究现状

2009 年 10 月,在第四届民营科技企业博览会上,西安优势微电子有限公司宣布:中国的第一颗物联网的芯——“唐芯一号”芯片研制成功,已经攻克了物联网的核心技术。“唐芯一号”芯片是一颗超低功耗射频可编程片上系统(SOPC),可以满足各种条件下无线传感网、无线个域网、有源 RFID 等物联网应用的特殊需要,为我国物联网产业的发展奠定了基础。

目前,我国的无线通信网络已经覆盖了城乡,从繁华的城市到偏僻的农村,从海岛到珠穆朗玛峰,到处都覆盖了无线通信网络。无线通信网络是实现物联网必不可少的基础设施,安置在动物、植物、机器和物品上的电子介质产生的数字信号可随时随地通过无处不在的无线通信网络传送出去。“云计算”技术的运用,使数以亿计的各类物品的实时动态管理变为可能。

物联网在高校的研究,当前的聚焦点在北京邮电大学和南京邮电大学。作为“感知中国”的中心,无锡市 2009 年 9 月与北京邮电大学就传感网技术研究和产业发展签署合作协议,标志着物联网进入实际建设阶段。协议声明,无锡市政府将与北京邮电大学合作建设研究院,内容主要围绕传感网,涉及光通信、无线通信、计算机控制、多媒体、网络、软件、电子、自动化等技术领域,此外,相关的应用技术研究、科研成果转化和产业化推广工作也同时纳入议程。

为积极参与“感知中国”中心及物联网建设的科技创新和成果转化工作,2009 年 9 月 10 日,全国高校首家物联网研究院在南京邮电大学正式成立。南京邮电大学“无线传感器网络研究中心”的研究者与物联网打交道已有五六年,一些物联网产品已经初见雏形。此外,南京邮电大学还有一系列举措推进物联网建设的研究:设立物联网专项科研项目,鼓励教师积极参与物联网建设的研究;启动“智慧南邮”平台建设,在校园内建设物联网示范区等。

江苏省把传感网列为全省重点培育和发展的 6 大新兴产业之一。浙江省尤其是杭州市的物联网研发与应用近年来发展很快。2005 年,杭州市电子信息产业发展“十一五”规划已经将传感网技术列为重点发展方向。2008 年和 2009 年杭州市还连续两年承办了无线传感网国际高峰论坛。目前,杭州市从事物联网技术研发和应用的企业已经达到 100 多家。



福建省也在加快这一新兴产业的发展。2009 年底省政府一连出台三份物联网相关报告, 提出 3 年内建立物联网产业集群和重点示范区, 力争在全国率先实现突破。福建省目前拥有传感器、网络传输、数据处理等基本完善的产业链, 2009 年全省物联网产值达 20 亿元以上。

山东省 RFID 技术研发的突飞猛进已经为其发展物联网产业做了深厚铺垫, 2008 年 1 月和 6 月, 山东和济南 RFID 产业联盟相继成立。目前, 全省 RFID 产业从芯片设计、制造、封装, 到读写机具、软件开发、系统集成等各方面已经具备了相当的基础, 济南市是全省 RFID 产业发展的重点城市。

2009 年 11 月, 中关村物联网产业联盟正式成立, 成员包括了北京移动、清华同方股份有限公司、北京邮电大学、中科院软件所、北京交通委信息中心等十二家单位, 囊括了政府、院校和企业。

3. 中国物联网标准状况

在世界物联网领域, 中国与德国、美国、韩国一起, 成为国际标准制定的主导国之一。2009 年 9 月, 经国家标准化管理委员会批准, 全国信息技术标准化技术委员会组建了传感器网络标准工作组。标准工作组聚集了中国科学院、中国移动等中国传感网主要的技术研究和应用单位, 旨在积极开展传感网标准制定工作, 深度参与国际标准化活动, 通过标准化为产业发展奠定坚实的技术基础。目前, 我国传感网标准体系已形成初步框架, 向国际标准化组织提交的多项标准提案已被采纳, 物联网标准化工作已经取得积极进展。

1.2.3 物联网目前存在的问题

作为一个新兴产业, 物联网的发展受到很多因素的制约, 有观念、体制、机制、技术、安全等方面的因素。目前制约物联网亟待解决的主要问题包括以下 9 个方面:

(1) 国家安全问题成为首要的技术重点。大型企业、政府机构与国外机构进行项目合作, 如何确保企业商业机密、国家机密不被泄漏。

(2) 保证个人隐私不被侵犯。在物联网中, 射频识别技术是一个很重要的技术。在射频识别系统中, 标签有可能预先被嵌入任何物品(比如人们的日常生活物品)中, 但由于该物品(比如衣物)的拥有者不一定能够觉察该物品预先已嵌入有电子标签以及自身可能不受控制地被扫描、定位和追踪, 这势必会使个人的隐私受到侵犯。因此, 如何确保标签物的拥有者个人隐私不受侵犯便成为射频识别技术以至物联网推广的关键问题。而且, 这不仅是一个技术问题, 还涉及政治和法律问题。

(3) 物联网商用模式有待完善。移动通信研究所专家表示, “要发展成熟的商业模式, 必须打破行业壁垒, 充分完善政策环境, 并进行共赢模式的探索。”

(4) 物联网的相关政策和法规。物联网的普及不仅需要相关技术的提高, 它更是牵涉到各个行业、各个产业, 需要多种力量的整合。这就需要国家在产业政策和立法上要走在前面, 要制定出适合这个行业发展的政策和法规, 保证行业的正常发展。

(5) 技术标准的统一与协调。物联网是基于网络的多种技术的结合, 应该有相关协议标准做支撑。如网络层互联协议有 TCP/IP 协议; 接入层面的协议有 GPRS、传感器、TD-SCDMA、有线等多种通道。物联网发展历程中, 传感、传输、应用各个层面会有大量

的技术出现，急需尽快统一技术标准，形成一个管理机制。

(6) 管理平台的开发。在物联网时代，大量信息需要传输和处理，假如没有一个与之匹配的网络体系，就不能进行管理与整合，物联网也将是空中楼阁。因此，建立一个全国性的、庞大的、综合的业务管理平台，将各种传感信息进行收集，进行分门别类的管理，进行有指向性的传输，这是物联网能否被推广的一个关键问题。而建立一个如此庞大的网络体系仅依靠相关企业是无能为力的，由此，必须要由专门的机构组织开发管理平台。

(7) 行业内需建立相关安全体系。物联网目前的传感技术主要是 RFID，植入这个芯片的产品，是有可能被任何人进行感知的，它对于产品的主人而言，有这样的一个体系，可以方便地进行管理。但是，它也存在着一个巨大的问题：其他人也能进行感知，比如产品的竞争对手。那么要做到在感知、传输、应用过程中，这些有价值的信息可以为我所用，却不被别人所用，尤其不被竞争对手所用，就需要形成一套强大的安全体系。

(8) 物联网的应用开发。要将物联网应用到生活及各行各业中，必须根据行业的特点，进行深入的研究和有价值的开发。这些应用开发不能依靠运营商，也不能仅仅依靠所谓的物联网企业，而是需要将一些应用形成示范，让更多的传统行业感受到物联网的价值，这样才能有更多企业理解物联网的意义，了解物联网有可能带来的经济和社会效益。

(9) 多种技术的融合问题。物联网的开发还应解决传感器技术、射频识别技术、通信技术、控制技术、智能技术等融合问题。

1.3 物联网的产业链

1.3.1 物联网产业链

物联网产业链可以细分为标识、感知、处理和信息传送四个环节，每个环节的关键技术分别为 RFID、传感器、智能芯片和电信运营商的无线传输网络。

EPoSS(欧洲智能系统集成技术平台)在《Internet of Things in 2020》报告中分析预测，未来物联网的发展将经历四个阶段：

- (1) 2010 年之前 RFID 被广泛应用于物流、零售和制药领域；
- (2) 2010 至 2015 年物体互联；
- (3) 2015 至 2020 年物体进入半智能化；
- (4) 2020 年之后物体进入全智能化。

物联网产业主要包括 M2M(机器对机器)的产业和物联网的信息传感设备两个方面。

① M2M 的产业：包括与感知物理设备相关的芯片、终端、软件开发、系统集成制造等的相关产业和新的智能服务产业(包括商务、政务、公务和个人服务等)。

② 物联网的信息传感设备：包括射频识别装置、红外感应器、全球定位系统、激光扫描器等装置。物联网的信息传感设备与互联网相结合，可以实现所有物品的远程感知和控制，由此生成一个更加智慧的生产生活体系。物联网的信息传感设备广泛用于智能交通、环境保护、政府工作、公共安全、智能家居、智能消防、工业监测、老人护理、个人健康等多个领域。



1.3.2 基于 RFID 的物联网产业

作为物联网发展的排头兵，RFID 成为了市场最为关注的技术。数据显示，2008 年全球 RFID 市场规模已从 2007 年的 49.3 亿美元上升到 52.9 亿美元，这个数字覆盖了 RFID 市场的方方面面，包括标签、阅读器、其他基础设施、软件和服务等。2008 年，RFID 卡和卡相关基础设施占市场的 57.3%，达 30.3 亿美元。来自金安防行业的应用也推动了 RFID 卡类市场的增长。美国权威咨询机构 forrester 预测，到 2020 年，世界上物物互联的业务，跟人与人通信的业务相比，将达到 30 : 1，因此，物联网被称为是下一个万亿级的信息产业。如图 1.2 所示的是物联网基础设施。图 1.3 所示的是 RFID 的物联网产业。

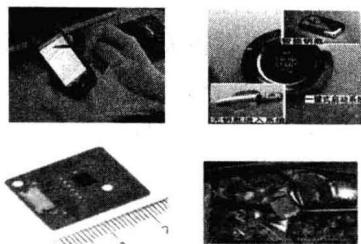


图 1.2 物联网基础设施

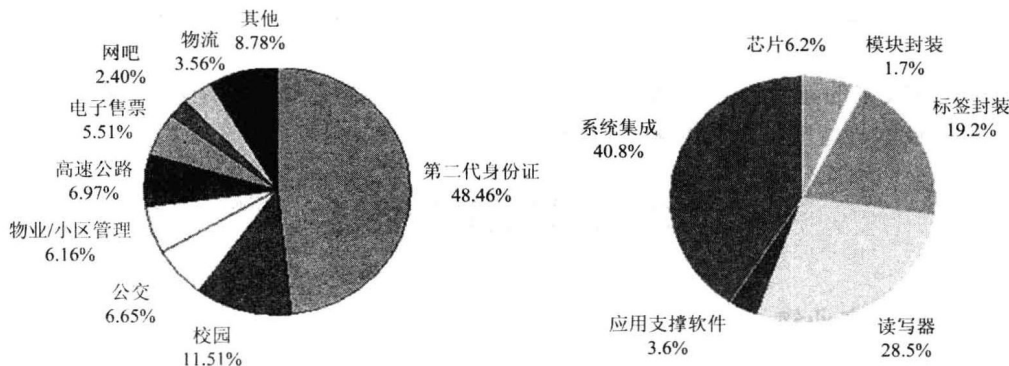


图 1.3 RFID 的物联网产业

2009 年在城市公共交通“一卡通”、高速公路不停车收费、自动化通关、城市暂住证等各类电子证照与特殊人员管理、重要物品防伪、特种设备安检、CA 认证与信息安全管理、动植物电子标识、食品/药品供应链安全监管、独生子女(新生儿)及宠物的跟踪管理、军用物资及集装箱、邮件、包裹的实时跟踪管理以及现代物流管理等领域都已先后启动了 RFID 应用试点。

1.3.3 基于 MEMS 传感器的物联网产业

MEMS(Micro-Electro-Mechanical Systems)是微机电系统的缩写。MEMS 传感器的主要优势在于体积小、大规模生产后成本下降快，目前主要应用在汽车和消费电子两大领域。早在 2007 年，IC Insight(国际电子商情网)就预测报告，预计在 2007 至 2012 年间，全球基于 MEMS 的半导体传感器和制动器的销售额将达到 19% 的复合年均增长率(CAGR)，与 2007 年的 41 亿美元相比，五年后将实现 97 亿美元的年销售额。图 1.4 所示的是 MEMS 传感器的物联网产业。



图 1.4 MEMS 传感器的物联网产业

1.3.4 物联网产业主导

物联网将成为继计算机、互联网与移动通信网之后的世界信息产业第三次浪潮，但目前国内对究竟“什么是物联网？”、“谁来主导产业链的发展？”并没有统一的答案。目前运营商涉足物联网的主要可分为智能传输通道和行业集成解决方案两种模式。

智能传输通道是指运营商在终端 M2M(机器对机器)以及应用平台上提供可靠的协议或者是模组和二次开发的环境，通过对移动网络专业性的理解和规模化运营的经验，加强产业链各方合作，以达到共赢的局面。

物联网是互联网的延伸，是新一代信息技术的重要组成部分。物联网实现了物体与物体的互联、物体和人的互联，具备全面感知、可靠传送、智能处理等特征，使人类可以用更加精细和动态的方式管理生产、生活，从而提高整个社会的信息化能力。

物联网泛指物与物之间互联的网络及应用，广泛应用于交通、物流、安防、电力、家居等领域，分为感知层、网络层和应用层三部分。感知层主要包括各种感知器件和终端设备，感知器件包括 RFID 标签、二维码、各种传感器、摄像机等；网络层分为接入、传输两部分；应用层包括各种应用服务平台。

从产业链来看，硬件企业负责生产各层次的硬件设备，如感知器件、终端设备、网络硬件、服务器等；软件企业负责各环节软件编写，以实现数据采集、传输、存储、处理和显示等功能。系统集成商通过硬件和软件的有机结合来搭建物联网系统，并交付给物联网服务商，实现具体应用。目前我国物联网产业处于发展初期，系统集成企业一般都兼备软件开发能力，并直接为客户提供服务，硬件企业相对较为独立。

1.4 物联网的应用

1.4.1 物联网的应用领域

物联网用途广泛，遍及智能交通、环境保护、政府工作、公共安全、平安家居、智能消防、工业监测、农业管理、老人护理、个人健康等多个领域。在国家大力推动工业化与信息化两化融合的大背景下，物联网将是工业乃至更多行业信息化过程中一个比较现实的突破口。一旦物联网大规模普及，无数的物品需要加装更加小巧智能的传感器，用于动物、植物、机器等物品的传感器与电子标签及配套的接口装置数量将大大超过目前的手机数量。按照目前对物联网的需求，在近年内就需要数以亿计的传感器和电子标签。在 2011 年，内嵌芯片、传感器、无线射频的“智能物件”超过 1 万亿个，物联网发展成为一个上万亿元规模的高科技市场，大大推进了信息技术元件的生产，给市场带来巨大商机。物联网目前已经在行业信息化、家庭保健、城市安防等方面有实际应用。图 1.5 展示了未来物联网的应用场景。

