



国家出版基金项目
NATIONAL PUBLICATION FOUNDATION

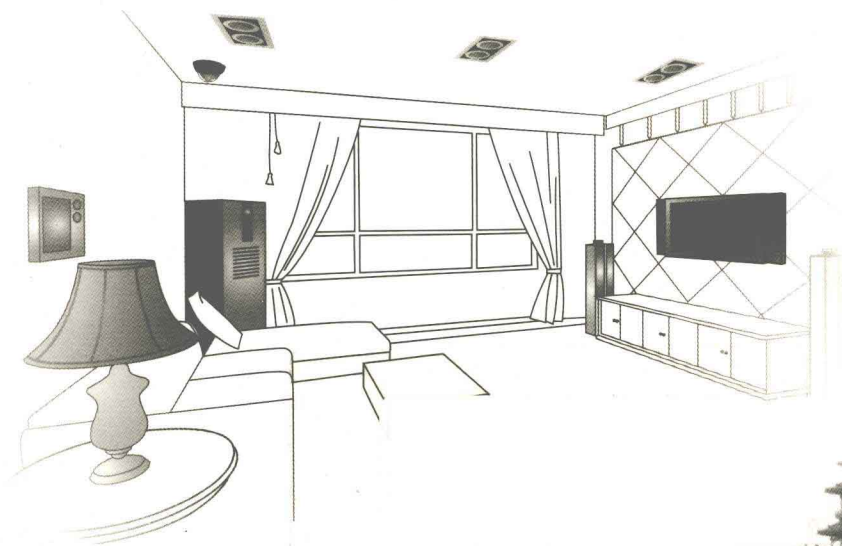
物联网在中国

“十二五”国家重点图书出版规划项目

邵亦华

物联网与数字家庭 网络技术

吴 巍 骆连合 王召福 编著



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY
<http://www.phei.com.cn>

物联网在中国

“十二五”国家重点图书出版规划项目

国家出版基金项目

物联网与数字家庭网络技术

吴 巍 骆连合 王召福 编著

電子工業出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京 • BEIJING

内 容 简 介

本书从物联网的数字家庭应用和组网应用出发,定义了数字家庭的概念,描述了数字家庭的国内外发展过程、体系结构、发展现状、技术体制和实现方案,全面阐述了面向无须新布线家庭网络的家庭低压电力线载波通信技术(PLC)的原理、标准化情况、信道与传输特性、协议及产业化情况,以及家庭电力线设备的设计和实现,并介绍了实际的设计实现和典型应用示范案例。

本书源自课题组对数字家庭网络技术的研究,对关键设备的研制,以及典型应用示范的实际经验。本书可为从事数字家庭领域的领导、工程设计和智慧社区及城市集成人员提供参考。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。
版权所有,侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

物联网与数字家庭网络技术 / 吴巍, 骆连合, 王召福编著. —北京: 电子工业出版社, 2012.6

(物联网在中国)

ISBN 978-7-121-17445-2

I. ①物… II. ①吴… ②骆… ③王… III. ①互联网络—应用—家庭生活 ②智能技术—应用—家庭生活 IV. ①TS976.9-39

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 140035 号

策划编辑: 刘宪兰

责任编辑: 李 蕊

印 刷: 三河市鑫金马印装有限公司
装 订:

出版发行: 电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

开 本: 787×1092 1/16 印张: 18.75 字数: 387.6 千字

印 次: 2012 年 6 月第 1 次印刷

印 数: 4 000 册 定价: 49.00 元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题, 请向购买书店调换。若书店售缺, 请与本社发行部联系, 联系及邮购电话: (010) 88254888。

质量投诉请发邮件至 zltz@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线: (010) 88258888。

信息技术的高速发展与广泛应用，引发了一场全球性的产业革命，正推动着各国经济的发展与人类社会的进步。信息化是当今世界经济和社会发展的的大趋势，信息化水平已成为衡量一个国家综合国力与现代化水平的重要标志。中国政府高度重视信息化工作，紧紧抓住全球信息技术革命和信息化发展的难得历史机遇，不失时机地将信息化建设提到国家战略高度，大力推进国民经济与社会服务的信息化，以加快实现我国工业化和现代化，并将信息产业作为国家的先导、支柱与战略性产业，放在优先发展的地位上。

党的十五届五中全会明确指出：信息化是覆盖现代化建设全局的战略举措；要优先发展信息产业，大力推广信息技术应用。党的“十六大”把大力推进信息化作为我国在 21 世纪头 20 年经济建设和改革的一项重要任务，明确要求“坚持以信息化带动工业化，以工业化促进信息化”，“走新型工业化道路”。党的“十七大”进一步提出了“五化并举”与“两化融合发展”的目标，再次强调了走新型工业化道路，大力推广信息技术应用与推动国家信息化建设的战略方针。在中央领导的亲切关怀、指导，各部门、各地方及各界的积极参与和共同努力下，我国的信息产业持续高速发展，信息技术应用与信息化建设坚持“以人为本”、科学发展，取得了利国惠民、举世瞩目的骄人业绩。

近几年来，在全球金融危机的大背景下，各国政要纷纷以政治家的胆略和战略思维提出了振兴本国经济、确立竞争优势的关键战略。2009 年，美国奥巴马政府把“智慧地球”上升为国家战略；欧盟也在同年推出《欧洲物联网行动计划》；我国领导在 2009 年提出了“感知中国”的理念，并于 2010 年把包含物联网在内的新一代信息技术等 7 个重点产业，列入“国务院加快培育和发展的战略性新兴产业的决定”中，同时纳入我国“十二五”重点发展战略及规划。日本在 2009 年颁布了新一代信息化战略“i-Japan”；韩国 2006 年提出“u-Korea”战略，2009 年具体推出 IT839 战略以呼应“u-Korea”战略；澳大利亚推出了基于智慧城市和智能电网的国家发展战略；此外，还有“数字英国”、“数字法国”、“新加坡智慧国 2015 (iN2015)”等，都从国家角度提出了重大信息化发展目标，作为各国走出金融危机、重振经济的重要战略举措。

物联网在中国的迅速兴起绝非炒作。我们认为它是我国战略性新兴产业——信息产业创新发展的新的增长点，是中国信息化重大工程，特别是国家金卡工程最近 10 年的创新应用、大胆探索与成功实践所奠定的市场与应用基础，是中国信息化建设在更高层次，

向更广领域纵深发展的必然结果。

近两年来，胡锦涛总书记、温家宝总理等中央领导同志深入基层调研，多次强调要依靠科技创新引领经济社会发展，要注重经济结构调整和发展模式转变，重视和支持战略性新兴产业发展，并对建设“感知中国”、积极发展物联网应用等做出明确指示。中央领导在视察过程中，充分肯定了国家金卡工程银行卡产业发展及城市多功能卡应用和物联网 RFID 行业应用示范工程取得的成果，鼓励我国信息业界加强对超高频 UHF 等核心芯片的研发，并就推动物联网产业和应用发展等问题发表了重要讲话，就加快标准制定、核心技术产品研发、抢占科技制高点、掌握发展主动权等，做出一系列重要指示。我们将全面贯彻落实中央领导的指示精神，进一步发挥信息产业对国家经济增长的“倍增器”、发展方式的“转换器”和产业升级的“助推器”作用，促进两化融合发展，真正走出一条具有中国特色的信息产业发展与国家信息化之路。

我们编辑出版“物联网在中国”系列丛书（以下简称“丛书”），旨在探索中国特色的物联网发展之路，通过全面介绍中国物联网的发展背景、体系架构、技术标准体系、关键核心技术产品与产业体系、典型应用系统及重点领域、公共服务平台及服务业发展等，为各级政府部门、广大用户及信息业界提供决策参考和工作指南，以推动物联网产业与应用在中国的健康有序发展。

“丛书”首批 20 分册将于 2012 年 6 月正式发行，我们衷心感谢国家新闻出版总署的大力支持，将“丛书”列入“十二五”国家重点图书出版规划项目，并给予国家出版基金的支持；感谢国务院各相关部门、行业及有关地方，以及我国信息产业界相关企事业单位对“丛书”编写工作的指导、支持和积极参与；感谢社会各界朋友的支持与帮助。谨以此“丛书”献给为中国的信息化事业奋力拼搏的人们！

“物联网在中国”系列丛书编委会

潘云鹤

2012 年 5 月于北京

INTRODUCTION

随着信息网络技术的迅猛发展和普遍运用，人类已迈入信息社会和网络时代，信息网络已成为重要的社会基础设施。其应用领域和服务对象不断拓展，信息网络的主体从过去主要沟通人与人之间信息联络的互联网，逐步发展为实现人与人、人与机器、机器与机器之间信息交互的物联网，从过去主要为国民经济、社会管理、公共事业及国防等各部门和行业服务，演进到为全社会广大公众提供普遍服务，它已渗透到人们日常生活的各个角落，甚至进入每个家庭。物联网已被认为是将取代互联网的网络演进新阶段，以家庭网络为基础构建数字家庭成为物联网应用的热点领域之一。

本书主要论述数字家庭和家庭网络的概念、技术、标准与应用。首先，介绍物联网、数字家庭与家庭网络的初步知识，综述了射频标志、传感器网络及互联网等基本技术。接着，以国内外发展过程、概念定义、体系结构、发展现状、技术体制和实现方案为脉络，深入浅出地阐述了家庭网络总体技术。然后，用较大篇幅讨论了家庭网络涉及的关键技术与工程实现问题。一是家庭网络利用电力线进行传输的技术，包括低压电力线载波通信技术（PLC）原理、标准化情况、信道与传输特性、协议及芯片设计等；二是家庭网络的管理技术，包括管理模型、管理系统组成与体系结构、管理协议、管理策略及标准化情况等；三是家庭网络的安全技术，包括安全的概念、家庭网络安全需求、安全网关、安全服务等；四是家庭网络的应用设计，包括多业务平台设计、不同类型家庭网络设计和应用试点方案等。最后，概要分析了家庭网络与智能电网和建筑电子等相关产业的关系，描述了家庭网络技术在这些新兴产业中的广阔应用前景。

本书与同类书籍相比具有明显的特色。一是题材新颖。家庭网络和数字家庭是近几年才逐步兴起并走入百姓视野的电子信息技术领域，本书及时反映了该领域的概况和最新进展，具有较强的时效性。二是内容充实。书中涉猎数字家庭和家庭网络技术与应用的方方面面，既包括概念内涵、历史沿革、系统组成、工作原理和体制标准等技术的自身核心内容的介绍，又延展到相关产业应用前景、工程实现方法和典型案例设计等的具体分析，具有较高的参考价值。三是基础扎实。本书作者均为长期从事信息技术领域科学研究和工程应用的专家，并且以广东省“数字家庭行动计划”和广州市大学城“国家数字家庭应用示范产业基地”试点工程的丰富实践经验为基础，使本书内容扎实可信，具有很好的实用性。四是浅显易懂。本书文字描述深入浅出，图文并茂，尽量避免使用

晦涩难懂的公式、算法，适合多阶层广大读者阅读使用。

总而言之，本书是数字家庭和家庭网络方面的一本有较高参考价值的书籍。随着信息网络技术的发展和社會信息化进程的加快，家庭网络技术的应用将越来越广。相信本书的出版，将为从事物联网特别是家庭网络技术推广应用、产品开发、研究与教学等工作的读者提供有益的帮助。

徐启建

2012年5月

物联网目前已经成为未来信息化战略的代名词，广义的物联网涉及的范围非常广泛，包括机器与机器、人与人、人与机器之间广泛的通信和信息交流，泛指各种网络的连接和各种信息采集终端的应用。物联网现阶段的核心是以感知为目的，实现人与人、人与物、物与物的互连网络，它包括感知层、网络层和应用层三层体系。

本书探讨的是涉及信息社会千家万户的物联网——家庭网络的概念、组网技术、技术体制，以及经济型、基本型、标准型和扩展型家庭网络产品及家庭网络的应用场景。

2005年，广东省提出了“数字家庭行动计划”。随后在广东省及其他省份相继开展了数字家庭技术研发和应用试点工作。这些工作得到了国家工业和信息化部、国家广播电视总局的有力支持。

2009年，各省数字家庭技术研发和应用试点都取得了实质性进展。位于广州市大学城的“国家数字家庭应用示范产业基地”经过三年多的试点，为第一代数字家庭技术产业（互动电视）奠定了技术基础。2010年初提出了第二代数字家庭技术产业（家庭网络和多业务平台）发展目标，并开始进行第二代数字家庭技术研究、相关产品的研制和应用试点工作。本书讨论了数字家庭网络技术，以及在研究、设计和研发过程中遇到的问题及分析，为家庭网络的设备研发、试点集成和大规模应用提供技术支持。

本书的内容主要从物联网在家庭的应用出发，针对国内外对家庭信息化和智能家庭的认识，提出了数字家庭的概念、数字家庭的体系结构和产业结构，以及支撑数字家庭的家庭网络的几种形态。在分析家庭网络技术标准化的基础上，从总体上提出了数字家庭网络系统体系、应用体系和技术体系，描述了数字家庭网络的服务对象、工作环境、支持的业务种类、关键要素等问题，明确了数字家庭应该依托一个家庭混合网络，是可以支持计算机、电视机、电话机、电器、手机等的应用平台，满足安防、医疗、娱乐等信息的应用。本书分析了CSMA、令牌等协议，对需要突破的家庭电力线传输、数字家庭网络管理、数字家庭网络安全等关键技术进行了论述，重点描述了在家庭低压电力线环境下PLC的标准化进展，以及家庭电力线信道特性分析、测量和设计实现。最后介绍了几种家庭网络的实现方案和应用示范情况，以及数字家庭网络与目前国家大力提倡的智能电网、建筑电子和三网融合的产业关系。

本书收集了作者与同事们多年来在数字家庭和家庭网络等方面共同研究的成果。特

别提出的是，中国电子科技集团公司第五十四研究所的孙玉院士，以及王俊芳、韩卫占、赵玉明、许书彬、郭建立、阮建英等同志的帮助和支持，广州数字家庭产业应用示范基地的赵仲明主任、罗笑南教授，以及陈任、高怀恩、齐鹏飞等同志给予的帮助和支持，在此作者对他们的工作和贡献表示衷心的感谢！

由于数字家庭和家庭网络是一门新兴技术，有些方面还不完善，规模化的设备研制和应用示范刚刚起步，加上作者的水平和经验有限，错误和不当之处在所难免，期盼专家、读者批评指正！

编 者

2012 年 5 月

第 1 章 数字家庭与物联网	1
1.1 物联网的体系结构	2
1.2 支持物联网的基础技术	3
1.2.1 射频标志识别 (RFID) 技术	3
1.2.2 传感器 (Sensor) 网络技术	4
1.2.3 互联网技术	4
1.3 数字家庭与物联网的关系	4
1.4 面向数字家庭的物联网应用实例	5
1.4.1 智能建筑	5
1.4.2 智能家居	6
小结	7
第 2 章 数字家庭和家庭网络	9
2.1 对数字家庭的认识历程	10
2.1.1 认识数字家庭	11
2.1.2 数字家庭的发展现状	13
2.2 数字家庭的概念与内涵	22
2.2.1 概念	22
2.2.2 内涵	23
2.3 数字家庭的体系结构	24
2.3.1 基础网络	25
2.3.2 应用平台	25
2.3.3 多种服务系统	25
2.3.4 多种工作环境	25
2.4 家庭网络和多业务平台	25
2.4.1 家用计算机应用平台	26
2.4.2 家用电视机应用平台	27
2.4.3 家用电话机应用平台	29
2.4.4 家用移动智能手机应用平台	30
2.4.5 家用电器应用平台	31

2.5	各种业务平台之间的关系	33
2.6	家庭网络的研制实现	33
2.6.1	经济型家庭网络	34
2.6.2	基本型家庭网络	35
2.6.3	扩展型家庭网络	35
2.6.4	标准型家庭网络	36
	小结	37
第3章	家庭网络技术	39
3.1	数字家庭组网技术	40
3.1.1	家庭有线组网技术	40
3.1.2	有线智能家居控制通信技术	45
3.1.3	家庭无线组网技术	53
3.2	家庭网络组网技术的进展	63
3.2.1	国内组网技术的进展	63
3.2.2	国际组网技术的进展	64
	小结	65
第4章	家庭网络技术的标准化状况	67
4.1	公共网络提供的信息类业务的标准化组织	69
4.1.1	ITU-T 的标准	69
4.1.2	ETSI 的标准	70
4.1.3	国家和行业数字家庭的标准	78
4.1.4	IETF 标准	81
4.1.5	OSGI 的标准	82
4.2	家庭内部信息共享业务的标准化组织	84
4.2.1	数字生活网络联盟 DLNA	84
4.2.2	信息设备资源共享协同服务 (IGRS 闪联)	89
4.2.3	UPnP	90
4.3	控制类业务的标准化组织	91
4.3.1	ECHONET	91
4.3.2	消费电子总线 (CEBus)	92
4.3.3	欧洲安装总线 (EIB)	94
4.3.4	控制类总线的标准	96
4.4	建筑与社区信息化领域的标准化组织	98
4.5	家电行业的标准化组织	99
4.6	以家庭网络传输技术为研究对象的标准化组织	100
4.7	数字家庭系列标准的特点分析	100
	小结	102

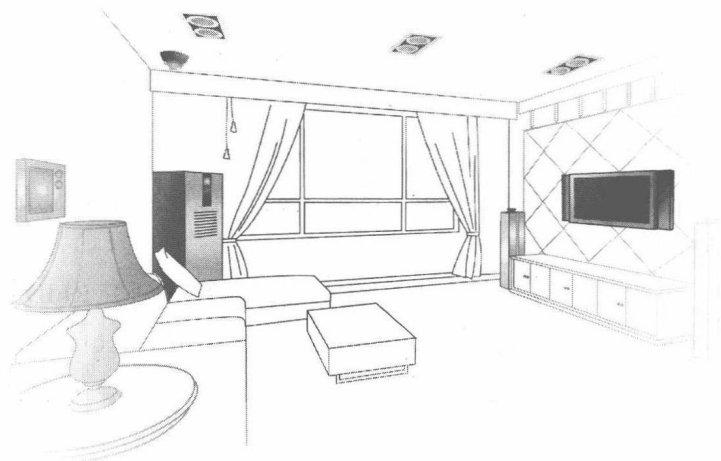
第 5 章 家庭网络总体技术	103
5.1 家庭网络技术体制问题	104
5.1.1 家庭网络需要完成的功能需求	104
5.1.2 家庭网络工作环境	104
5.1.3 家庭网络需要考虑的关键要素	104
5.1.4 家庭网络需要支持的接入设备	104
5.1.5 家庭网络需要支持的业务种类	105
5.2 家庭网络技术体制比较	105
5.3 家庭网络技术方案的对比	106
5.3.1 几种有线组网的方案对比	107
5.3.2 家庭组网技术方案	113
5.4 家庭局域网技术体制选择	114
5.4.1 CSMA/CD 网络协议	115
5.4.2 令牌总线网络协议	115
5.5 家庭网络优选技术体制评估	115
5.6 家庭网络需要突破的关键技术	116
5.6.1 家庭电力线带通滤波器设计	116
5.6.2 基于电力线的传输系统设计	116
5.6.3 基于电力线的多电话业务系统设计	117
5.6.4 可搬移数字电视系统设计	117
5.6.5 系列电猫设计	118
5.6.6 网络安全问题	118
5.6.7 基本型家庭网关功能设计	118
5.6.8 标准型家庭网关功能设计	118
5.6.9 网络管理	119
小结	119
第 6 章 家庭低压电力线载波通信技术	121
6.1 PLC 技术的发展历史	122
6.2 PLC 技术分类	122
6.3 电力公司对 PLC 技术的功能定位	123
6.4 宽带 PLC 技术的主要用途	124
6.5 基于 PLC 的网络体系结构	124
6.6 宽带 PLC 可能支持的业务种类	125
6.7 PLC 在家庭环境中的应用	125
6.7.1 家庭环境	125
6.7.2 PLC 在家庭网络中支持的业务种类	126
6.7.3 PLC 网络支持家庭应用业务类型的端到端 QoS 参数	126

6.8 国外 PLC 的研究现状	127
6.9 国内 PLC 的研究现状	128
6.10 PLC 标准化的情况	129
6.10.1 概述	129
6.10.2 电力线通信国际组织或标准	129
小结	131
第 7 章 家庭低压电力线信道特性分析	133
7.1 低压电力线上的阻抗和衰减特性	134
7.2 低压电力线的噪声模型	135
7.2.1 噪声分类	135
7.2.2 噪声分析	138
7.3 低压电力线的传递函数模型	139
7.4 低压电力线的通信信道模型	141
7.4.1 多径传播造成的衰减	141
7.4.2 线路损耗衰减	142
7.4.3 延时衰减	142
7.4.4 家庭低压电力线的信道模型	142
7.5 低压电力线的通信信道容量	143
小结	145
第 8 章 家庭低压电力线传输特性测试	147
8.1 室内低压电力线的家庭网络环境构建	148
8.2 家居电力线环境的实际线路参考数据	148
8.3 实验室搭建的低压电力线传输特性测试环境	149
8.3.1 测试方案	149
8.3.2 家庭低压电力线在不加电情况下的传输特性	149
8.3.3 家庭低压电力线在加电情况下的传输特性	157
8.3.4 数字电表测试	162
小结	164
第 9 章 家庭网络低压电力线传输总线设计	165
9.1 传输速率要求	166
9.2 总线传输系统参数	167
9.3 基于 PLC 的传输系统构成	168
9.4 主流 PLC 芯片概述	168
9.5 电猫核心芯片自主设计	170
9.6 逻辑令牌协议设计	170

9.6.1	协议支持的业务类型	170
9.6.2	协议帧格式	171
9.6.3	协议流程	173
9.7	实验室中几种 PLC 设备的测试情况	178
9.7.1	测试环境	179
9.7.2	测试结果	179
9.7.3	测试结论	184
小结		186
第 10 章	家庭网络管理技术	187
10.1	系统管理模型	188
10.1.1	公共网络管理域的总体功能	188
10.1.2	家庭网络内部管理域的总体功能	189
10.1.3	系统管理体系	189
10.2	系统组成	190
10.3	软件体系结构	191
10.3.1	数据接口与适配层	191
10.3.2	管理应用服务层	192
10.3.3	应用表示层	193
10.4	网络管理实现策略	193
10.5	基于 TR-069 协议的家庭网络管理	193
10.5.1	功能组件	193
10.5.2	协议栈	194
10.5.3	通信过程	196
10.5.4	系统实现	196
小结		198
第 11 章	家庭网络安全技术	199
11.1	网络安全防卫	200
11.2	网络安全自律	200
11.3	家庭网络的安全	200
11.4	家庭网络的安全需求	201
11.5	家庭网关支持的网络安全	201
11.5.1	多 SSID 和 VLAN 技术	201
11.5.2	IEEE 802.1x 认证	201
11.5.3	WEP 和 WPA	202
11.5.4	IDS 技术	202
11.5.5	其他家庭网络安全防护技术	202

11.6	OSGI 家庭网络安全服务架构	204
11.6.1	家庭设备安全控制服务	204
11.6.2	基于传输状态的防火墙	205
11.6.3	用户管理服务	206
11.7	UPnP 标准框架下的家庭网络安全服务架构	206
11.7.1	UPnP Device Security 框架	207
11.7.2	安全机制建立框架	209
	小结	210
第 12 章	数字家庭网络和多业务平台系统的设计和应用示范	211
12.1	经济型家庭网络和多业务平台的设计	212
12.1.1	设计目标	212
12.1.2	总体结构	213
12.1.3	技术体制和技术实现	214
12.2	基本型家庭网络设计	216
12.2.1	设计目标	217
12.2.2	总体结构	218
12.2.3	技术体制和技术实现	219
12.3	标准型家庭网络设计	222
12.3.1	设计目标	222
12.3.2	总体结构	222
12.3.3	接收同一个电视节目的多 CATV 电视机方案	226
12.3.4	接收不同电视节目的多 CATV 电视机方案	227
12.4	扩展型家庭网络设计	227
12.4.1	设计目标	227
12.4.2	总体结构	229
12.4.3	两级有线家庭局域网解决方案	229
12.4.4	两级有线/无线家庭局域网解决方案	230
12.4.5	技术体制	230
12.5	经济型和基本型家庭网络的试点方案和试点内容	234
12.5.1	试点目标	234
12.5.2	试点方案一	235
12.5.3	试点方案二	238
	小结	241
第 13 章	家庭网络与智能电网	243
13.1	智能电网与数字家庭的关系	244
13.2	家庭网络在智能能源系统中的应用实例	245

13.3 国家电网公司的智能电网研制规划	246
小结	250
第 14 章 家庭网络与建筑电子	251
14.1 建筑电子的产业规模	252
14.2 建筑电子的发展趋势	253
14.3 数字家庭在建筑电子中的应用实例	253
小结	255
第 15 章 家庭网络与三网融合	257
15.1 三网融合和家庭网络	258
15.1.1 三网融合的建设原则和目标	258
15.1.2 三网融合的试点提出	259
15.1.3 国家高科技计划三网融合演进技术与系统研究项目	260
15.1.4 三网融合和家庭网络的关系	261
15.2 家庭网络中的三网融合方案	261
小结	263
附录 A 缩略语	265
附录 B 网络管理技术标准	269
附录 C 家庭网络速率分级设计	275
参考文献	279



第 1 章

数字家庭与物联网

内容提要

本章包括 4 节，1.1 节描述了物联网的体系结构。1.2 节介绍了支持物联网的基础技术，包括 **RFID** 技术、传感器网络技术和互联网技术。1.3 节简述了物联网与数字家庭的关系。1.4 节从智能建筑和智能家居的实际案例中介绍了物联网的引入，为家居从自动化走向智能化奠定了技术基础，同时还介绍了面向家庭的物联网典型应用，从这些应用可以看出家庭中信息装备互连系统就是一种家庭物联网，数字家庭是物联网最基本也是规模最大的组成单元。

