

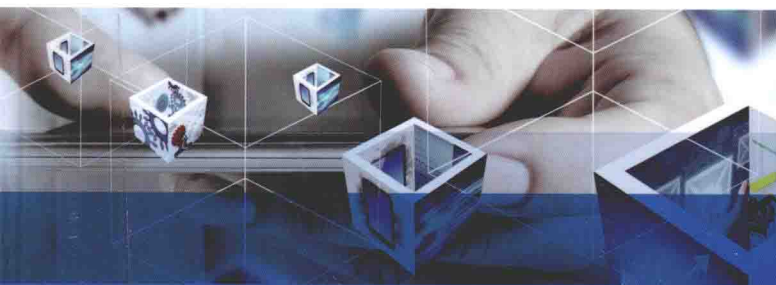
基于智能工厂的 M2M通信

架构、技术、标准与应用

[加拿大] 沃伊斯拉夫·米西奇 (Vojislav B. Mišić) 主编
叶莲那·米西奇 (Jelena Mišić)
段瑞飞 赵永梅 译

MACHINE-TO-MACHINE COMMUNICATIONS

ARCHITECTURES, TECHNOLOGY, STANDARDS, AND APPLICATIONS



基于智能工厂的 M2M 通信

——架构、技术、标准与应用

[加拿大] 沃伊斯拉夫·米西奇 (Vojislav B. Mišić) 主编
叶莲娜·米西奇 (Jelena Mišić)

段瑞飞 赵永梅 译



机械工业出版社

Machine to Machine Communications, Architectures, Technology, Standards and Applications/by Vojislav B. Mišić, Jelena Mišić/ISBN: 9781466561236

Copyright© 2015 by Taylor & Francis Group, LLC.

Authorized translation from English language edition published by CRC Press, part of Taylor & Francis Group LLC. All rights reserved. 本书原版由 Taylor & Francis 出版集团旗下, CRC 出版公司出版, 并经其授权翻译出版。版权所有, 侵权必究。

China Machine Press is authorized to publish and distribute exclusively the Chinese (Simplified Characters) language edition. This edition is authorized for sale throughout Mainland of China. No part of the publication may be reproduced or distributed by any means, or stored in a database or retrieval system, without the prior written permission of the publisher. 本书中文简体翻译版授权由机械工业出版社独家出版并限在中国大陆地区销售。未经出版者书面许可, 不得以任何方式复制或发行本书的任何部分。

Copies of this book sold without a Taylor & Francis sticker on the cover are unauthorized and illegal. 本书封面贴有 Taylor & Francis 公司防伪标签, 无标签者不得销售。

北京市版权局著作权合同登记 图字: 01-2015-4290 号。

图书在版编目 (CIP) 数据

基于智能工厂的 M2M 通信: 架构、技术、标准与应用 / (加) 沃伊斯拉夫·米西奇, (加) 叶莲娜·米西奇主编; 段瑞飞, 赵永梅译. —北京: 机械工业出版社, 2016.7

书名原文: Machine to Machine Communications
ISBN 978-7-111-54285-8

I. ①基… II. ①沃… ②叶… ③段… ④赵… III. ①互联网络-应用②智能技术-应用③移动通信-研究 IV. ①TP393.4②TP18③TN929.5

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2016) 第 166305 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑: 孔 劲 责任编辑: 孔 劲 范成欣

责任校对: 刘 岚 封面设计: 鞠 杨

责任印制: 李 洋

北京振兴源印务有限公司印刷

2016 年 10 月第 1 版·第 1 次印刷

169mm×239mm·15.5 印张·284 千字

0001—2500 册

标准书号: ISBN 978-7-111-54285-8

定价: 99.00 元

凡购本书, 如有缺页、倒页、脱页, 由本社发行部调换

电话服务

网络服务

服务咨询热线: 010-88361066

机工官网: www.cmpbook.com

读者购书热线: 010-68326294

机工官博: weibo.com/cmp1952

010-88379203

金书网: www.golden-book.com

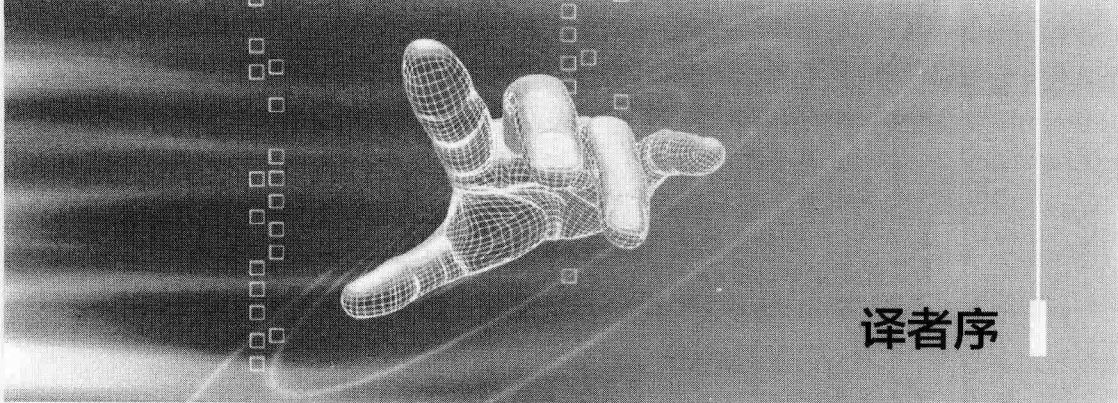
封面防伪标均为盗版

教育服务网: www.cmpedu.com

M2M 是构成物联网的物质基础,本书由 M2M 通信领域专家撰写,详细介绍了 M2M 通信相关的广泛交叉问题,包括 M2M 通信、架构和流量建模的通用观点,旨在实现或促进 M2M 通信的技术与应用的发展。

本书第 1 章结合案例,阐述了 M2M 通信的共性问题,介绍了传统数据通信和 M2M 通信技术之间的差异。第 2 章概述了 M2M 通信不同架构的解决方案和欧盟发起的框架计划 7 中设备扩展 LTE 项目。第 3 章就先进架构、标准和系统发展的前提条件——M2M 流量表征和建模最新结果进行了深入研究。第 4 章描述了前向纠错编码设计的实际方案。第 5 章研究 IEEE 802.15.4 低数据速率无线体域网标准在 M2M 通信中使用的有效性,特别关注隐藏终端的影响、帧碰撞以及由于噪声的帧损坏。第 6 章论述了 M2M 网络中使用 802.15.4 兼容设备的作用和问题的各种观点,重点关注通信的可靠性和多重随机效应的影响。第 7 章详细讨论了海量接入控制、资源分配、中继、路由和休眠调度的问题,同时还介绍了大量 M2M 设备中可能的供电方式——能量收集及其在绿色通信 M2M 网络中的作用。第 8 章讨论了在智能电网以及某些应用情况下使用 M2M 通信所带来的挑战,并从其是否适合智能电网应用的观点出发,概述了众多无线通信技术。第 9 章从安全方面论述了智能电网中的 M2M 通信,提出了一种有效的入侵探测系统以应付多种可能的攻击。最后第 10 章提出了利用 M2M 通信的能力来实现另一种新兴的计算模式——云计算中手机群智感知的应用。

本书适合 M2M 领域工程技术人员、研究人员以及高校师生参考使用,可帮助他们解决 M2M 通信网络和系统中相关的设计、部署和运行等问题。



译者序

M2M 是一种理念，也是所有增强机器设备通信和网络能力的技术的总称。人与人之间的沟通很多都是通过机器实现的，如通过手机、电话、计算机、传真机等。另外一类技术是专为机器和机器建立通信而设计的，如许多智能化仪器仪表都带有 RS-232 接口和 GPIB 通信接口，增强了仪器与仪器之间、仪器与计算机之间的通信能力。随着科学技术的发展，越来越多的设备具有了通信和联网能力，网络一切（Network Everything）逐步变为现实。人与人之间的通信需要更加直观、精美的界面和更丰富的多媒体内容，而 M2M 的通信更需要建立一个统一规范的通信接口和标准化的传输内容。

“机器端对端（M2M）”或“机器型通信”已应用于许多领域，包括但不限于智能电力和智能电网、电子医疗、交通管理、安全和安保以及城市自动化。大多数情况下设备被互联成为庞大的网络，这个庞大的网络通常就是指“物联网（IoT）”。物联网使得我们可以对日常生活的许多方面（包括办公室和家庭）进行智能监控、报告和控制。因此，M2M 通信技术将影响和改变目前的能源生产、传输和配送系统、交通系统以及人类每天使用的其他系统和物品。

M2M 通信的规模巨大，预计通过 M2M 驱动的设备数量到 2020 年将达到 200 ~ 500 亿台，几乎超过迄今为止在通信技术领域完成的任何项目。为此需要研究这一令人激动的新领域发展中的相关问题，并进一步从理论和实践上加强对 M2M 通信系统的理解。

翻译本书也是机缘巧合，译者的专业主要在半导体材料、器件以及设计和应用（如 MEMS 传感器）方面，在与机械工业出版社的交流过程中，出版社不经意间问起这本书的翻译，因为在传感器应用方面多些了解，针对国家提出的物联网（IoT）中“万亿个传感器计划”，对物联网体系架构中涉及的传感器感知层、网络层的通信技术和应用领域的技术特点方面略有了解，抱着学习的态度，就应承了下来。但是真正开始翻译才发现，难度还是相当大的，因为好多涉及细节的词汇还没有国标，只有相关研究人员各自的翻译和文章可供参考。专业书籍的翻译我们希望还是先解决“信”的问题，至于“雅”，限于文学修养实在不敢说可以达到，但求通顺达意，让读者不要有歧义。

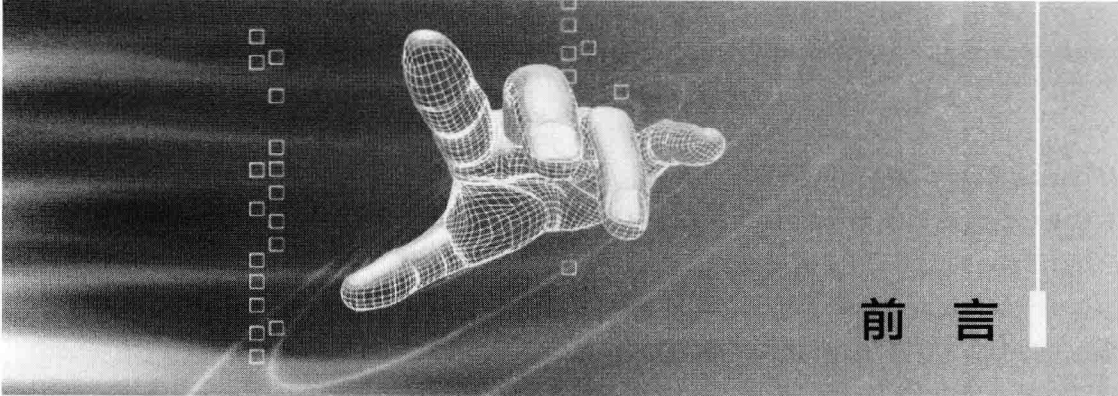
经过了此书翻译过程中查找标准词汇的痛苦历程，我们也真心希望国家相关标准部门能够尽快出台有关标准，首先是专业术语的统一，这对行业交流是十分重要和有意义的工作。另外，为了保证本书的准确，没有对编者的名字进行翻译。

感谢机械工业出版社的编辑对本书翻译出版工作的支持，没有他们的帮助这本书很难和大家见面。

同时要对本书的翻译团队说声辛苦了，在工作之余辛苦的翻译、编辑和校对，尤其有些不太熟悉的部分需要加班加点去完成。即使如此，还是难免有或多或少、这样或那样的错误出现，还请各位读者海涵，并请提出宝贵意见。

最后，感谢每位读者，你们的支持和指正将是我们进一步完善本书的动力源泉，也希望本书能够对 M2M 领域的发展有所帮助。

译者 段瑞飞，赵永梅



前言

数据通信网络可能是现代社会中技术的最普遍形式。最初开发用于人与人之间的通信,现在数据通信正越来越多地用于连接不需要人类监督或互动的智能电子设备。这种数据通信,恰当地命名为“机器端对端(M2M)”或“机器型通信”,已在许多领域应用,包括但不限于智能电力和智能电网、电子医疗、交通管理、安全和安保以及城市自动化。大多数情况下这些设备被互联成为庞大的网络,这个庞大的网络通常就是指“物联网”。物联网使得我们可以对日常生活的许多方面(包括办公室和家庭)进行智能监控、报告和控制。因此,M2M通信技术将影响和改变目前的能源生产、传输和配送系统、交通系统以及人类每天使用的其他的系统和物品。

M2M通信的规模巨大,预计通过M2M驱动的设备数量到2020年将达到200~500亿台,几乎超过迄今为止在通信技术领域完成的任何项目。因此,需要研究这一令人激动的新领域发展的各个方面,并进一步从理论和实践上加强对M2M通信系统的理解。

本书内容可分为3个部分,每部分侧重于M2M技术的不同方面。

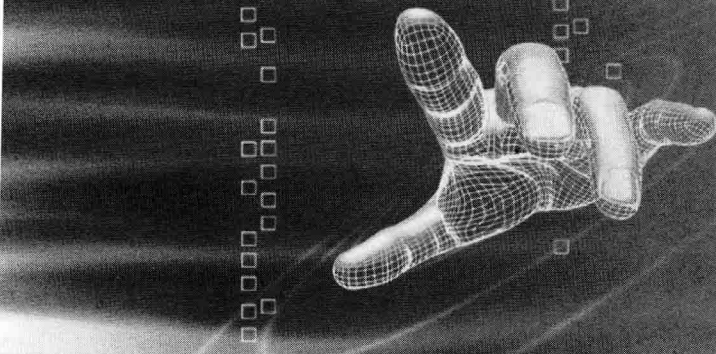
本书第1~3章综述了M2M通信、架构和流量建模的通用观点。第1章由Jiafu Wan、Min Chen和Victor C. M. Leung编写,探讨M2M通信的共性方面,勾勒出这种新技术给予设计者和应用开发者的问题和挑战,并提供了一些案例研究,以突出传统数据通信和M2M通信技术之间的差异。第2章由Dejan Drajić、Nemanja Ognjanović和Srdjan Krčo编写,概述了M2M通信不同架构的解决方案,并对当前对各个方面的标准化给出建议,还介绍了欧盟发起的框架计划7中设备扩展LTE项目(EXALTED)的概况。该项目的目标是将M2M通信与正迅速在全球获得认可的4G蜂窝通信标准——LTE集成。第3章由Markus Laner、Navid Nikaein、Dejan Drajić、Philipp Svoboda、Milica Popović和Srdjan Krčo编写,介绍了M2M流量表征和建模最新结果的深入研究,这是本领域先进架构、标准和系统发展的前提条件。

第4~7章重点关注一些通信技术,旨在实现或促进M2M通信。第4章由Yuxing Peng、Yonghui Li、Mohammed Atiquzzaman和Lei Shu编写,描述了前向纠错

(Forward Error Correction, FEC) 编码设计的实际方案, 它允许聚类、多端协同和分布式 turbo 编码以及解码。第 5 章由 Chao Ma、Jianhua He、Hsiao-hwa Chen 和 Zuoyin Tang 编写, 研究在多个无线传感器网络实现中相当流行的 IEEE 802. 15. 4 低数据速率无线体域网 (Low Data Rate Wireless Personal Area Network, LR-WPAN) 标准在 M2M 通信中使用的有效性, 特别关注隐藏终端的影响、帧碰撞以及由于噪声的帧损坏。第 6 章由 Lei Zheng 和 Lin Cai 编写, 论述了 M2M 网络中使用 802. 15. 4 兼容设备的作用和问题, 重点关注通信的可靠性和多重随机效应的影响, 包括影子、衰减和网络拓扑。第 7 章由 Burak Kantarci 和 Hussein T. Mouftah 编写, 重点关注能源效率及其多面性, 详细讨论了涉及海量接入控制、资源分配、中继、路由和休眠调度的问题。同时, 还介绍了大量 M2M 设备中可能的供电方式 (能量收集) 及其在绿色通信 M2M 网络中的作用。

第 8 ~ 10 章介绍有关 M2M 通信的应用。第 8 章由 Melike Erol-Kantarci 和 Hussein T. Mouftah 编写, 讨论了在智能电网以及某些应用情况下, 使用 M2M 通信所带来的挑战, 并从其是否适合智能电网应用的观点出发, 概述了众多无线通信技术。第 9 章由 Nasim Beigi Mohammadi、Jelena Mišić、Vojislav B. Mišić 和 Hamzeh Khazaei 编写, 从安全方面论述了智能电网中的 M2M 通信, 提出了一种有效的入侵探测系统以应付多种可能的攻击。第 10 章由 Symeon Papavassiliou、Chrysa Papagianni、Salvatore Distefano、Giovanni Merlino 和 Antonio Puliafito 编写, 提出了通过使用志愿者计算模型的框架, 利用 M2M 通信的能力来实现另一种新兴的计算模式——云计算中手机群智感知的应用。

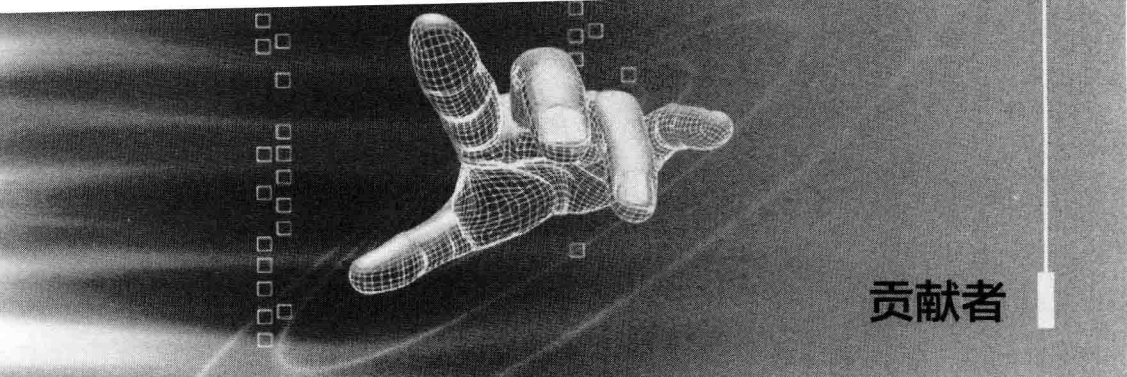
总体来说, 这些章节不仅可以了解本领域已有的工作, 同时也为进一步研究 M2M 通信技术的各个方面奠定了基础, 特别是其架构和架构方案、现有系统的升级路径、性能相关问题以及安全性。读者将因此能够更好地解决有关 M2M 通信网络和系统中相关的设计、部署和运行问题。



主编简介

Jelena Mišić, 加拿大安大略省多伦多市瑞尔森大学计算机科学教授。在无线网络领域,尤其是无线体域网和无线传感器网络协议、性能评估和安全等方面发表了 100 余篇索引论文和 140 余篇国际会议论文。担任 IEEE Transactions on Vehicular Technology, IEEE Network、Computer Networks、Ad Hoc Networks、Wiley Security and Communication Networks, Ad Hoc & Sensor Wireless Networks 等期刊的编委。IEEE 高级会员、ACM 会员。

Vojislav B. Mišić, 加拿大安大略省多伦多市瑞尔森大学计算机科学教授。1993 年于塞尔维亚贝尔格莱德大学获计算机科学博士学位。他的研究兴趣包括无线网络的性能评估以及系统和软件工程。曾撰写、与人合著图书 6 本,参与编写图书 18 本,在期刊和著名国际会议上发表论文超过 220 篇。担任 IEEE Transactions on Parallel and Distributed Systems、IEEE Transactions on Cloud Computing、Ad Hoc Networks、Peer-to-Peer Networks and Applications、International Journal of Parallel、Emergent and Distributed Systems 的编委。IEEE 高级会员、ACM 和 AIS 会员。



贡献者

Mohammed Atiquzzaman

俄克拉何马大学

计算机学院

俄克拉荷马州诺曼

Lin Cai

维多利亚大学

电机和计算机工程系

加拿大不列颠哥伦比亚省维多利亚

Hsiao-Hwa Chen

成功大学

工程科学系

中国台湾省台南市

Min Chen

华中科技大学

计算机科学与技术学院

中国武汉

Salvatore Distefano

米兰理工大学

电子信息和生物工程系

意大利米兰

Dejan Drajić

爱立信公司

塞尔维亚贝尔格莱德

Melike Erol-Kantarci

渥太华大学

电气工程与计算机科学学院

加拿大安大略省渥太华

Jianhua He

阿斯顿大学

工程和应用科学学院

英国伯明翰

Burak Kantarci

渥太华大学

电气工程与计算机科学学院

加拿大安大略省渥太华

Hamzeh Khazaei

IBM

研究开发中心

加拿大安大略省万锦市

Srdjan Krčo

爱立信公司

塞尔维亚贝尔格莱德

Markus Laner

维也纳科技大学

电信研究院

奥地利维也纳

Victor C. M. Leung

英属哥伦比亚大学

电气与计算机工程系

加拿大不列颠哥伦比亚省温哥华

Yonghui Li

悉尼大学

电气与信息工程学院电信卓越中心

澳大利亚新南威尔士

Chao Ma

阿斯顿大学

工程和应用科学学院

英国伯明翰

Giovanni Merlino

墨西哥大学

工程系 (DICIEAMA)

意大利墨西哥

Jelena Mišić

瑞尔森大学

计算机科学系

加拿大安大略省多伦多

Vojislav B. Mišić

瑞尔森大学

计算机科学系

加拿大安大略省多伦多

Nasim Beigi Mohammadi

西安大略大学

计算机与电气工程系

加拿大安大略省伦敦

Hussein T. Mouftah

渥太华大学

电气工程与计算机科学学院

加拿大安大略省渥太华

Navid Nikaein

Eurecom

移动通信部门

法国索菲亚安提波利斯

Nemanja Ognjanović

塞尔维亚电信

塞尔维亚贝尔格莱德

Chrysa Papagianni

雅典国立技术大学

电气和计算机工程学院

网络管理和优化设计实验室

希腊雅典

Symeon Papavassiliou

雅典国立技术大学

电气和计算机工程学院

网络管理和优化设计实验室

希腊雅典

Yuexing Peng

北京邮电大学

泛网无线通信教育部重点实验室

中国北京

Milica Popović

塞尔维亚电信

塞尔维亚贝尔格莱德

Antonio Puliafito

墨西哥拿大学

工程系 (DICIEAMA)

意大利墨西哥拿

Lei Shu

广东石油化工学院

广东省石化装备故障诊断重点实验室

中国广东省茂名市

Philipp Svoboda

维也纳科技大学

电信研究院

奥地利维也纳

Zuoyin Tang

阿斯顿大学

工程和应用科学学院

英国伯明翰

Jiafu Wan

华南理工大学 (广东机电职业技术学院)

计算机科学与工程学院

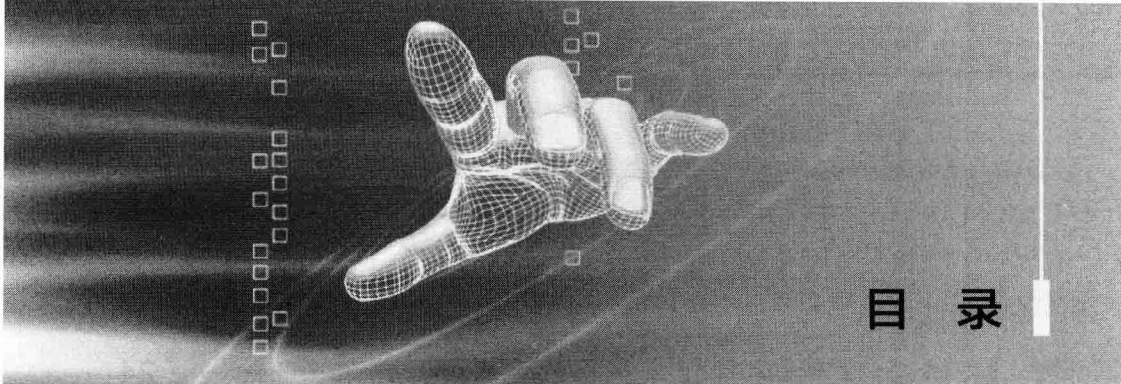
中国广州

Lei Zheng

维多利亚大学

电机和计算机工程系

加拿大不列颠哥伦比亚省维多利亚



目 录

译者序

前言

主编简介

贡献者

第1章 网络—物理世界的 M2M 通信——案例分析和研究挑战 1

1.1 简介	2
1.2 几个相关术语：IoT、WSNs、M2M 和 CPS	3
1.2.1 IoT、WSNs、M2M 和 CPS 简介	3
1.2.2 IoT、WSNs、M2M 和 CPS 之间的相关性	6
1.3 M2M 通信：案例研究	7
1.3.1 M2M 应用块	7
1.3.2 M2M 用于历史文物保存	8
1.3.3 M2M 用于制造系统	8
1.3.4 M2M 用于家庭网络	9
1.3.4.1 家庭网络	9
1.3.4.2 健康监测系统	10
1.3.4.3 智能电网	11
1.4 M2M 通信的问题和挑战	11
1.4.1 节能 MAC 协议	12
1.4.2 具有多射频接口终端的 MAC 协议	13
1.4.3 跨层设计	13
1.4.4 M2M 网络的安全机制	14
1.5 M2M 通信演化：从 M2M 到 CPS	14
1.5.1 M2M 和 CPS 的比较	15

1.5.2 使用 WSN 定位的多个无人驾驶车辆	16
1.5.3 CTS 辅助车辆左转	17
1.5.4 CPS 设计的问题和挑战	19
参考文献	20
第2章 M2M 通信的架构和标准	24
2.1 3GPP MTC 架构	25
2.2 ETSI 的 M2M 架构	30
2.2.1 系统架构和域	30
2.2.2 ETSI SC 框架和参考点	33
2.2.3 资源	35
2.2.4 3GPP 和 ETSI	35
2.3 EXALTED 系统架构	36
2.3.1 ND 中的组件	39
2.3.2 DD 中的组件	40
参考文献	41
第3章 M2M 流量和模型	42
3.1 简介	43
3.2 M2M 流量建模	44
3.2.1 3GPP、ETSI 和 IEEE 的 M2M 流量建模活动	45
3.2.1.1 IEEE 802.16p 的 M2M 活动	45
3.2.1.2 ETSI 的 M2M 活动	45
3.2.1.3 3GPP 提出的 M2M 流量模型	46
3.2.2 M2M 业务建模框架	48
3.3 M2M 流量对当代网络 (HSDPA) 的影响	57
3.4 总结	60
参考文献	61
第4章 大规模 M2M 网络的实际分布编码	64
4.1 简介	65
4.2 相关工作	67
4.2.1 基于单用户的协同编码	67

4.2.2 基于多用户的协同编码	68
4.2.3 建议的编码方案	68
4.3 信号模型	69
4.4 灵活的 GMSJC	71
4.4.1 GMSJC 的过程	72
4.4.2 GMSJC 码字的结构	73
4.4.3 DN 上 GMSJC 的解码	74
4.5 性能分析	77
4.5.1 基于距离频谱的误码概率性能分析	77
4.5.2 基于 PEP 的空间分集性能分析	80
4.5.3 能效性能分析	81
4.6 性能评估	83
4.6.1 模拟系统和参考方案	83
4.6.2 模拟结果	84
4.6.3 能效分析	86
4.7 结论	88
致谢	88
参考文献	88
第5章 M2M 通信中 IEEE 802.15.4 网络的效率评估	94
5.1 简介	95
5.2 信道接入方案	96
5.3 模型假设	97
5.3.1 场景 1	97
5.3.2 场景 2	97
5.4 系统模型	98
5.4.1 帧丢失概率	98
5.4.2 帧碰撞概率	99
5.5 数值结果与性能分析	103
5.6 结论	108
参考文献	108
第6章 无线 M2M 通信网络的可靠性	110
6.1 简介	111

6.2 智能电网中通信对 DR 的影响	112
6.2.1 DR 控制策略	112
6.2.2 通信错误的影响	113
6.3 无线通信网络的模型和分析	117
6.3.1 系统模型	117
6.3.1.1 可靠性指标	118
6.3.1.2 网络拓扑结构和路由	118
6.3.1.3 MAC 协议	118
6.3.1.4 无线信道模型	119
6.3.2 链路可靠性分析	120
6.3.2.1 中断概率	120
6.3.2.2 链路可靠性	121
6.3.2.3 链路中断概率的近似	121
6.3.3 网络级可靠性分析	123
6.3.3.1 单跳网络中的可靠性	123
6.3.3.2 多跳网络中的可靠性	124
6.4 模型验证与应用	125
6.4.1 模型验证	125
6.4.2 模型应用：最大覆盖范围	130
6.5 总结	131
参考文献	132

第7章 高效 M2M 网络 134

7.1 简介	135
7.2 高效的大规模访问控制和资源分配	137
7.2.1 高效大规模访问控制	137
7.2.2 大规模访问管理中的最优功率和资源配置	140
7.3 M2M 网络中的节能中继	143
7.4 M2M 网络中的节能报告	144
7.4.1 高效集中报告	146
7.4.2 高效分布报告	147
7.5 M2M 网络中的节能路由	149
7.5.1 节能路由	149

7.5.2 节能和 QoS 保证路由	150
7.5.3 节能路由和信道调度	151
7.5.4 节能和重发感知路由	152
7.6 M2M 网络中的高效率休眠调度	152
7.7 M2M 设备域中的能量收集	155
7.7.1 能量收集类型	155
7.7.2 能量收集的挑战和当前解决方案	156
7.7.3 基于射频的能量收集应用	157
7.8 M2M 网络中的能源效率和安全	158
7.9 绿色通信语境下的 M2M 网络能源效率	160
7.10 小结和讨论	162
7.11 词汇表	163
参考文献	164
第8章 智能电网中的 M2M 通信	168
8.1 简介	169
8.2 智能电网基础	171
8.2.1 发电	171
8.2.2 输电和配电	172
8.2.3 消费	173
8.3 智能电网中 M2M 通信的挑战	174
8.3.1 可扩展性	175
8.3.2 能源效率	175
8.3.3 安全性	175
8.3.4 可靠性	176
8.3.5 标准化	176
8.3.6 服务差异化	178
8.3.7 频谱使用	178
8.3.8 移动性	178
8.3.9 数据处理和计算	179
8.4 用于 M2M 通信的无线通信技术	179
8.4.1 蜂窝 M2M 通信	179
8.4.2 IEEE 802.16/WIMAX	180