

“十一五”国家重点图书出版规划项目



海军新军事变革丛书

总策划：魏 刚 主 编：马伟明

# 分布式传感器网络 (上)

Distributed Sensor Networks

[美] S. Sitharama Iyengar 编  
Richard R. Brooks

夏 立 江汉红 主译

魏 刚 吴正国 主审



电子工业出版社

PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

<http://www.phei.com.cn>

总策划：魏 刚

主 编：马伟明

海军新军事变革丛书

**Distributed Sensor Networks**

# 分布式传感器网络(上)

[美] S. Sitharama Iyengar 编  
Richard R. Brooks

電子工業出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京 • BEIJING



Copyright © 2005 by CHAPMAN & HALL. Neither this book nor any part may be reproduced or transmitted in any form or by any means, electronic or mechanical, including photocopying, microfilming, and recording, or by any information storage or retrieval system, without prior permission in writing from the publisher.

All rights reserved. Authorized translation from English language edition published by CHAPMAN & HALL, part of Taylor & Francis Group LLC.

本书英文版由 CHAPMAN & HALL 出版, CHAPMAN & HALL 已将中文版版权授予中国电子工业出版社及北京美迪亚电子信息有限公司。未经许可,不得以任何形式和手段复制或抄袭本书内容。

版权贸易合同登记号 图字:01-2005-5935

### 图书在版编目(CIP)数据

分布式传感器网络/(美)艾杨格等编;夏立,江汉红译. —北京:电子工业出版社, 2010. 2

(海军新军事变革丛书)

书名原文: Distributed Sensor Networks

ISBN 978-7-121-10222-6

I. 分… II. ①艾…②夏…③江… III. 传感器—分布型网络 IV. TP393

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 006605 号

责任编辑: 吴 源

文字编辑: 姜 影 易 昆

印 刷: 北京天竺颖华印刷厂

装 订: 三河市鑫金马印装有限公司

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

北京市海淀区翠微东里甲 2 号 邮编: 100036

开 本: 850×1168 1/32 印张: 24.375 字数: 650 千字

印 次: 2010 年 2 月第 1 次印刷

定 价: 160.00 元 (上下册)

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 [zlts@phei.com.cn](mailto:zlts@phei.com.cn), 盗版侵权举报请发邮件至 [dbqq@phei.com.cn](mailto:dbqq@phei.com.cn)。

服务热线: (010) 88258888。

## 海军新军事变革丛书

|        |           |     |     |     |
|--------|-----------|-----|-----|-----|
| 丛书总策划  | 魏 刚       |     |     |     |
| 编委会主任  | 马伟明       |     |     |     |
| 编委会副主任 | 敖 然       | 高敬东 | 李 安 | 李敬辉 |
|        | 赵晓哲       | 曹跃云 |     |     |
| 常务副主任  | 贲可荣       |     |     |     |
| 编委会委员  | (以姓氏笔画为序) |     |     |     |
|        | 王公宝       | 王永生 | 王永斌 | 王德石 |
|        | 朱 锡       | 朱建冲 | 邱志明 | 宋裕农 |
|        | 何 琳       | 吴正国 | 吴晓锋 | 张永祥 |
|        | 张明敏       | 张晓晖 | 郁 军 | 侯向阳 |
|        | 高 俊       | 夏惠诚 | 鲁 明 | 察 豪 |
|        | 蔡志明       | 黎 放 |     |     |
| 选题指导   | 鞠新春       | 徐 韬 | 唐宗礼 | 胡 颀 |
|        | 裴晓黎       | 胡 波 | 邹时禧 |     |
| 出版策划   | 卢 强       | 吴 源 |     |     |

# 分布式传感器网络

## 上 册

|     |     |     |     |     |
|-----|-----|-----|-----|-----|
| 主 审 | 魏 刚 | 吴正国 |     |     |
| 主 译 | 夏 立 | 江汉红 |     |     |
| 审 稿 | 吴传利 | 王 岩 |     |     |
| 翻 译 | 杨 武 | 周卫平 | 卜乐平 | 顾 健 |
|     | 尹 洋 | 马 赛 | 石 敏 | 杨忠林 |
|     | 宋立忠 | 徐 袭 | 张 超 | 魏建华 |
|     | 王智勇 | 陈丹丹 | 陈晓娟 | 吕照瑞 |
|     | 高俊吉 | 李华志 |     |     |

## 下 册

|     |     |     |     |     |
|-----|-----|-----|-----|-----|
| 主 审 | 魏 刚 | 吴正国 |     |     |
| 主 译 | 夏 立 | 江汉红 |     |     |
| 审 稿 | 吴传利 | 王 岩 |     |     |
| 翻 译 | 王 征 | 王黎明 | 尹为民 | 王全喜 |
|     | 欧阳华 | 钱 美 | 李 辉 | 单 勇 |
|     | 吴汉松 | 易曙光 | 张朝亮 | 王 洁 |
|     | 侯重远 | 邵建鹏 | 金朝红 | 李洪柯 |
|     | 李腊梅 |     |     |     |

## 《海军新军事变革丛书》第二批总序

当今世界，国际战略格局正在发生深刻变化。传统安全和非传统安全威胁因素相互交织，霸权主义、强权政治有新的表现，恐怖主义、极端主义、民族分裂主义此起彼伏，和平与发展的车轮在坎坷的道路上艰难前行。

发端于上世纪七十年代的世界新军事变革，从酝酿、产生到发展，经历了近四十年由量变到质变的过程。海湾战争、科索沃战争、阿富汗战争以及伊拉克战争这几场高技术条件下局部战争确定了世界新军事变革的发展轨迹和基本走向，展现了未来信息化战争的主体框架。这场新军事变革就是一场由信息技术推动，以创新发展信息化的武器装备体系、军队编制体制和军事理论为主要内容的世界性军事变革。

世界军事变革大势促使军队改革步伐加快。世界范围的军事变革正在加速推进，这是人类军事史上具有划时代意义的深刻变革。美国凭借其超强的经济和科技实力，加快部队结构重组和理论创新，大力研发信息化武器装备，积极构建数字化战场与数字化部队。目前正大力深化军事转型建设，通过发展航空航天作战力量等40多项措施，进一步提高军队信息化程度和一体化联合作战能力。俄军也以压缩规模、优化结构、组建航天军、争夺制天权等为重点，全面推行军事改革，着力恢复其强国强军地位。英、法、德等欧洲国家和日、印等亚洲大国，则分别推出军队现代化纲领，努力发展最先进的军事科技，谋求建立独立自主的信息化防务力量。

世界新军事变革的发展趋势是：在人才素质方面，加速由简单操作型向复合知识型转化；在军事技术方面，加速由军事工程革命向军事信息革命转化；在武器装备方面，加速由机械化装备向信息

化装备过渡；在战争形态方面，加速由机械化战争向信息化战争转变；在作战理论方面，正在酝酿着全方位突破；在军事组织体制方面，正朝着小型化、一体化、多能化的方向发展。此外诸如战争本质、军事文化、军事法规等方面都在悄然发生变化。

胡锦涛主席指出：“我们要加强对世界新军事变革的研究，把握趋势、揭示规律，采取措施、积极应对，不断加强国防和军队现代化建设，为全面建设小康社会、加快推进社会主义现代化提供可靠的安全保障。”今天的人民海军正承担着完成机械化和信息化建设的双重历史任务，时不我待，形势逼人，必须顺应潮流，乘势而上，积极推进中国特色军事变革，努力实现国防和军队现代化建设跨越式发展。

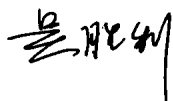
信息时代的人民海军，责无旁贷地肩负着国家利益拓展、保卫领土完整的历史重任，我们只有以大胆创新和求真务实的精神全面推进军事技术、武器装备、作战理论、体制编制、人才培养等方面的变革，才能赶上时代的步伐，逐步缩小与西方强国之间的差距，最终完成信息化军队建设的重大任务，打赢未来的信息化战争。

根据海军现代化建设的实际需求，二〇〇四年九月以来，海军装备部与海军工程大学以高度的政治责任感和思想敏锐性，组织部分学术造诣深、研究水平高的专家学者，翻译出版了《海军新军事变革丛书》。丛书着重介绍和阐释世界新军事变革的“新”和“变”。力求讲清世界新军事变革进入质变阶段后的新变化、新情况，讲清信息化战争与机械化战争、信息化军队建设与机械化军队建设在各个领域的区别和发展。其中二〇〇四年至今陆续出版的第一批丛书，集中介绍了信息技术及其应用，出版以来深受读者好评。为更好地满足读者的需求，丛书编委会编著出版了第二批系列丛书。与第一批丛书相比，更加关注武器装备、军事思想、战争形态、军队建设编制等全局性问题，更加关注大型水面舰艇、新型潜艇、作战飞机、远射程导弹等新一代武器装备，是第一批系列丛书的发展深化。

丛书编委会和参加编写的同志投入了很大精力，付出了辛勤劳动，取得了很好的成果。相信第二批丛书为深入学习领会军委国防和军队建设思想、了解和研究世界新军事变革提供有益的辅助材料和参考读物，在加速推进中国特色军事变革的伟大实践中发挥应有的作用。

中央军委委员

海军司令员

A handwritten signature in black ink, appearing to read '吴胜利' (Wu Zili), written in a cursive style.

二〇〇九年七月十五日

# 译者序

分布式传感器网络是目前覆盖计算机、通信、信息、控制、电气、军事等多个学科领域的最热门新兴技术之一,具有宽泛的理论基础和广阔的应用前景。分布式传感器网络技术在我军尤其是海军新军事装备中的推广应用,必将大大提高信息化作战条件下的装备技术性能和装备作战效能。

《分布式传感器网络》一书汇集了近年来诸多 WSN 研究机构及其专家学者的成果。全书分为 10 部分 56 章。

第一部分共 4 章,简要概述了传感器网络。通过讨论传感器网络的定义、应用以及与传统系统的区别来介绍这一主题。

第二部分共 10 章,讨论了分布式传感器网络中的信号处理和传感器数据解释问题,其内容在本质上具有指导性,有些章节是综述和对重要问题的概论,有些章节是对该领域最新进展的深入研究,力求本书能够为懂技术的读者所接受。

第三部分共 9 章,主要研究信息和数据融合的有关问题。在不同层次可以用很多不同的方法进行数据融合,这一部分的主要内容就是概述最重要的融合技术。

第四部分共 9 章,考虑两个重要问题,即怎样配置网络和怎样维持节点之间的通信。这两个问题其实是相互关联的,敌方环境能使传感器瘫痪,或者使通信不能实现。这一部分,大多数的通信问题讨论都是以无线为基础,并且上述两个问题也都需要监测节点的能量消耗。

第五部分共 5 章,概括了不同作者在能量管理方面所作的贡献。传感器节点一般都靠电池来维持运行,在能量上有一定限制,而这些能量则是传感器网络和其他嵌入式系统的重要能量来源。

在传感器节点布设之后,为延长其工作寿命,可以使用静态或动态能量管理技术来实现节能。

第六部分共 6 章,讨论传感器网络防失效的各种不同问题。主要有:软件对网络的适应,适应软件重构的移动代码后台程序的实现,协同处理中基于移动代理的计算,分布式服务以及用于实现主动查询的机制等。

第七部分共 7 章,主要介绍自组织分布式传感器网络的组织机制。自治传感器网络是无组织的分布式计算环境,由大量不可靠的节点和通信链接所组成,容易遭受间歇故障的影响,甚至可能被彻底破坏,并且只有有限的能量来源。而自组织系统能够适应各种复杂环境,譬如自治传感器网络所面对的那些环境。

第八部分共 1 章,重点研究分布式传感器网络的模型和控制器问题。这里,分布式传感器网络由多个协同节点所组成,而每个由电池供电的节点都有无线通信、局部处理、传感器输入、数据存储和有限移动的能力。

第九部分共 4 章,主要介绍工程应用中的一些关键问题,如数据清洗等。传感器网络已成为现实生活中获取信息的重要来源,被用来监测运输和交通管制、水土的污染程度、气候、建筑结构、居住环境以及易腐食物的质量等。所以需解决设计规则、传感器选择、现场测试、数据清洗等问题。

第十部分共 1 章,讨论了波束形成技术。为了显示这项技术的重要性,我们将它从其他信号处理章节中分离出来论述。波束形成使用信号处理技术从多个时域信号中来推断信息,而这些单个时域信号可以从不同位置的传感器中收集。

该书内容丰富,涉及面广,既包括了 WSN 方面的基本概念、基本理论、关键技术,也包含了 WSN 的设计开发方法,还有诸多 WSN 应用案例。书中涉及到了一些专用词汇,为了在使用这些词汇时尽量能做到统一,在翻译过程中采用了书后的词汇索引,阅读人员也可参考这些词汇表。本书适合于高年级的本科生、研究

生以及从事计算机、通信、信息、控制、电气、军事等多个领域的工程技术人员阅读。

本书原著者都是在分布式传感器网络方面有很深造诣并做出了重大贡献的学者，他们的研究都得到国家级的研究经费支持。他们将自己的研究成果系统地收集起来，以统一的格式在本书中加以介绍，并在各章节后附有 1400 多篇参考文献。由于分布式传感器网络是一种新兴的并正在不断发展的技术，其译著在国内较为少见。因此，马伟明院士特别选定本书，推荐给我们将此书翻译成中文介绍给广大读者，在此向他表示感谢。本书中译本的出版必将有助于推动我国分布式传感器网络技术的发展和推广应用。

在本书出版过程中，有三十多名同志参与了大量的翻译和校稿工作，贾可荣教授给予了很多关心和帮助，编委会、出版社给予了大力支持。在此对他们的辛勤工作和鼎力相助表示深深的谢意！

分布式传感器网络技术本身涉及到的知识博大精深，覆盖了多个学科领域，为本书原著提供支持的作者多达 83 人。因此，本书涉及的内容十分宽泛，原著文体风格不尽相同，对翻译人员的知识广度、深度和翻译水平是个不小的考验。尽管翻译人员尽了最大努力，但译文中难免会出现不妥或错误之处，请读者给予批评指正。

# 前 言

本书的许多内容始于 10 年前,编者们在路易斯安那州立大学开始他们的合作。当时,传感器网络这个话题还有点神秘。自那时起,许多新技术已经成熟,并且原型设备已经在市场上出现。在国防部高级研究规划局 IXO 传感器信息技术计划和应急监控网络学科大学研究提案的支持下,我们非常幸运能够将我们的合作继续下去。

充分监控现实世界的唯一途径就是使用一种设备网络,这在 10 年前已比较清楚,现在更加显而易见。本书将从经济到统计推理限制等方面,给出形成这种趋势的许多原因。一旦开始使用位于现实世界中的网络,就需要适应和自我调整,这也是显而易见的。

充分设计这些系统所需研究的广度和深度,在 10 年前可能还不清楚。为此,本书前面专门介绍了传感器网络设计方面公认的领军人物,他们在主要研究机构工作,在很多技术领域都有专长。

最近几年,传感器网络技术已经大为成熟。本书作者非常荣幸能够参与这个过程,我们也特别高兴能够与做这项工作的研究团队进行交流。而这种进步也只有许多政府机构,特别是在国防部的支持下才有可能实现。高级研究规划局、海军研究局、AFRL 和 ARL 的预研计划管理人员,对这些技术研究产生了重要影响。

作者真诚希望传感器网络技术继续走向成熟,我们也希望促进这种进步的技术领域相互之间的思想交流更加深入。

献给 LSU 的 S. S. Iyengar 博士和 S. Rai 博士,感谢他们的英明指导。

——R. R. Brooks

献给所有已经毕业、现在毕业和尚未毕业的学生;献给前 ISRO 主席——Kasturirangan 教授,感谢他对航天技术的贡献;献给 Hartamanis 教授和 C. N. R. Rao 教授,感谢他们令人鼓舞的研究;献给 Harold Silverman 副院长,感谢他为我提供学习环境和在学习生涯不同阶段对我的英明指导。

——S. S. Iyengar

## 编著此书的贡献者

Mohiuddin Ahmed

加州洛杉矶,加利弗尼亚大学电气工程系

N. Balakrishnan

印度班加罗尔,印度科学院超级计算研究中心

Steve Beck

得克萨斯州奥斯丁,BAE 系统 IDS

Edo Biagioni

夏威夷檀香山 Manoa,夏威夷大学信息与计算机科学系

N. K. Bose

宾夕法尼亚州大学城,宾夕法尼亚州立大学电气工程系

Cliff Bowman

马萨诸塞州波士顿,Ember 公司

K. W. Bridges

夏威夷檀香山 Manoa,夏威夷大学生物系

R. R. Brooks

南卡罗莱纳州 Clemson, Clemson 大学电气与计算机工程 Holcombe 系

David W. Carman

马里兰州 Rockville 镇, McAfee 研究所

Krishnendu Chakrabarty

北卡罗莱纳州 Durham, Duke 大学电气与计算机工程系

G. Chen

宾夕法尼亚州大学城, 宾夕法尼亚州立大学微系统设计实验室

J. C. Chen

加州洛杉矶, 加利福尼亚大学电气工程系

Eungchun Cho

肯塔基州法兰克福, 肯塔基州立大学数学科学系

A. Choudhary

伊利诺斯州 Evanston, 西北大学电气与计算机工程系

Eiman Elnahrawy

新西兰 Rutgers, Rutgers 大学计算机科学系

Deborah Estrin

加州 Marina del Rey, 南加利福尼亚大学信息科学学院; 加州洛杉矶, 加利福尼亚大学计算机科学系

D. S. Friedlander

宾夕法尼亚州立学院, 宾夕法尼亚州立大学应用研究实验室

N. Gautam

宾夕法尼亚州大学城,宾夕法尼亚州立大学

Johannes Gehrke

加州伯克利,加利福尼亚大学;纽约伊萨卡,科内尔大学、

Ramesh Govindan

加州 Marina del Rey,南加利福尼亚大学信息科学学院;加州洛杉矶,南加利福尼亚大学计算机科学系

Lynne Grewe

加州 Hayward,加利福尼亚州立大学数学与计算机科学系

C. Griffin

宾夕法尼亚州立学院,宾夕法尼亚州立大学应用研究实验室

Leonidas Guibas

加州斯坦福,斯坦福大学计算机科学系

David L. Hall

宾夕法尼亚州大学城,宾夕法尼亚州立大学

John Heidemann

加州 Marina del Rey,南加利福尼亚大学信息科学学院

Yu Hen Hu

威斯康星州麦迪逊,威斯康星州立大学电气与计算机工程系

M. J. Irwin

宾夕法尼亚州大学城,宾夕法尼亚州立大学微系统设计实验室;宾夕法尼亚州立学院,宾夕法尼亚州立大学计算机科学与工程应用研究实验室

S. S. Iyengar

路易斯安那州 Baton Rouge,路易斯安那州立大学计算机科学系

Vijay S. Iyer

印度班加罗尔,印度科学院超级计算研究中心

I. Kadayif

宾夕法尼亚州大学城,宾夕法尼亚州立大学微系统设计实验室

M. Kandemir

宾夕法尼亚州大学城,宾夕法尼亚州立大学微系统设计实验室;宾夕法尼亚州立学院,宾夕法尼亚州立大学计算机科学与工程应用研究实验室

B. Kang

宾夕法尼亚州大学城,宾夕法尼亚州立大学微系统设计实验室

Rajgopal Kannan

路易斯安那州 Baton Rouge,路易斯安那州立大学计算机科学系

M. Karakoy

英国伦敦,伦敦大学皇家学院计算机系

T. Keiser