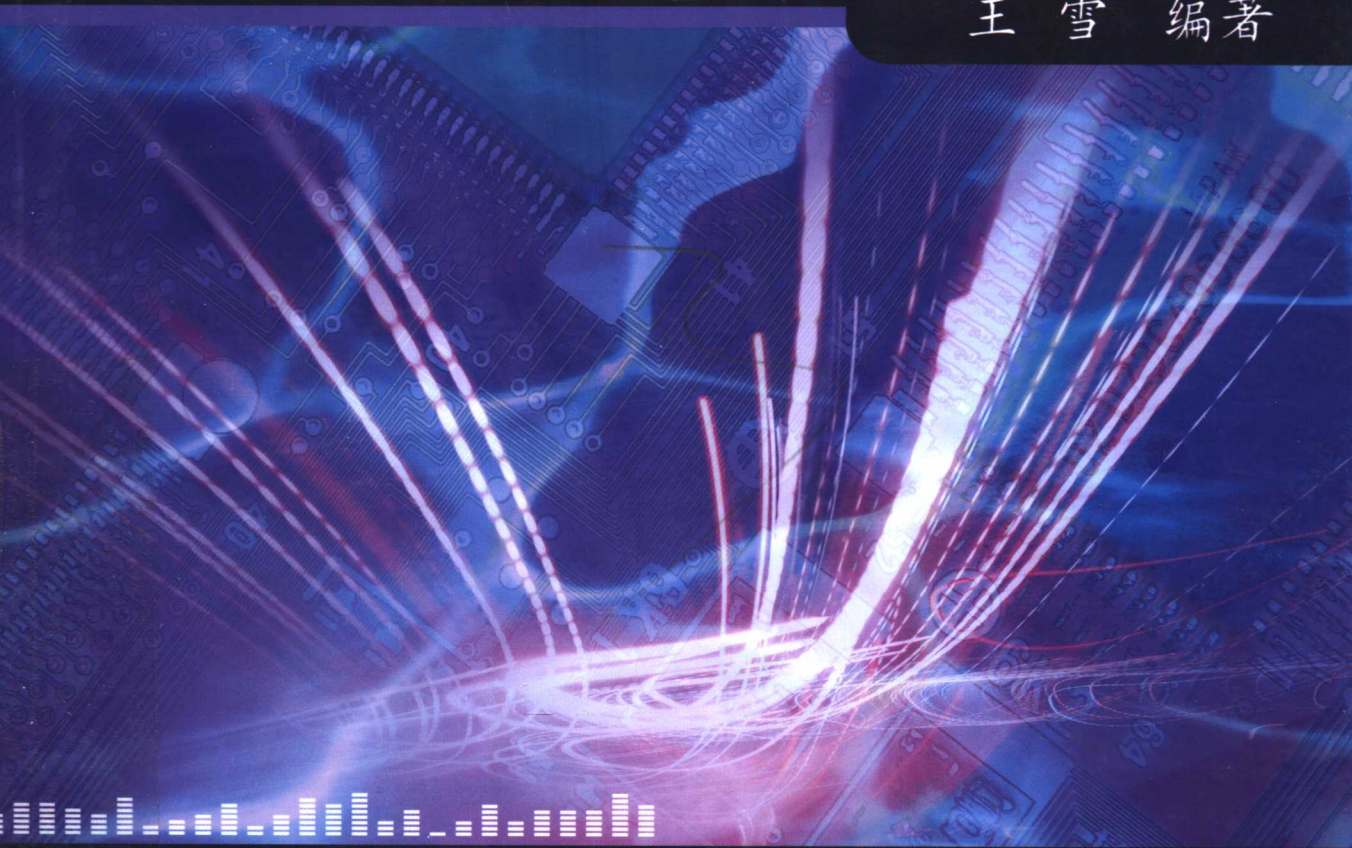


无线传感网络 测量系统

Wireless Sensor Networks Measurement Systems

王雪 编著



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



TN925/31

2007



国家自然科学基金



国家重点基础研究发展计划

无线传感网络测量系统

Wireless Sensor Networks

Measurement Systems

王 雪 编著

机械工业出版社

本书介绍了无线传感网络测量系统领域的最新研究成果和应用技术。全书分为4篇共15章。第一篇是绪论,主要介绍了无线传感网络测量系统研究的目的、意义和发展趋势;第二篇是无线传感网络系统管理技术,包括无线传感网络的体系结构、通信协议分类、能效设计、网络性能优化、动态能量管理、安全涉密保护与可靠性;第三篇是无线传感网络测试技术,包括:无线传感节点小型化及低功耗设计、移动代理数据融合、网络计算与信息融合、协作信号处理;第四篇是无线传感网络应用,包括无线传感网络的覆盖技术、定位跟踪技术、工业领域传感网络及开发仿真平台、无线传感网络测量系统在各相关领域的应用。

本书内容丰富,覆盖面广,理论联系实际、叙述深入浅出,可作为高等院校机械、仪器、自动化、信息等专业的研究生课程指导教材,也可作为无线传感网络相关领域工程技术人员的专业参考书。

图书在版编目(CIP)数据

无线传感网络测量系统/王雪编著. —北京:机械工业出版社, 2007. 8
ISBN 978-7-111-22117-3

I. 无… II. 王… III. 无线电通信-传感器-测量系统 IV. TP212

中国版本图书馆CIP数据核字(2007)第122333号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)

责任编辑:闫晓宇 版式设计:霍永明 责任校对:刘志文

封面设计:王伟光 责任印制:杨曦

北京四季青印刷厂印刷(三河市兴旺装订厂装订)

2007年9月第1版第1次印刷

185mm×230mm · 28.5印张·612千字

标准书号:ISBN 978-7-111-22117-3

定价:43.00元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

销售服务热线电话:(010) 68326294

购书热线电话:(010) 88379639 88379641 88379643

编辑热线电话:(010) 88379727

封面无防伪标均为盗版

感 谢

973 国家重点基础研究发展计划资助
(项目编号: 2006CB303000)

国家自然科学基金资助
(项目编号: 60673176、60373014、50175056、59805009)

序

无线传感网络作为一种新的计算模式推动科技发展和社会进步,已成为国际技术竞争的焦点和制高点之一,关系到国家政治、经济和社会安全。无线传感网络能够实时监测、感知和采集网络分布区域内的各种环境或监测对象的信息,并对这些信息进行处理,从而获取详尽而准确的信息。随着无线传感网络技术的发展,仪器测量技术也向智能化和网络测量的方向发展。本书介绍的无线传感网络测量系统技术是综合了现代传感器、微电子、通信、嵌入式计算和分布式信息处理等多项技术的一门多学科交叉的、新兴的网络测控技术。它在仪器测控、机械电子、信息通信和国防等国民经济的各个领域都有广阔的应用前景,因此受到了广泛的关注。国家“十一五”规划和《国家中长期科学与技术发展规划纲要》都已经将该领域列为重要的研究课题。对无线传感网络测量系统技术的深入研究与推广应用将对推动我国新一代网络产业的跨越式发展,确立我国在21世纪的国际战略地位起到至关重要的作用。

研究无线传感网络测量系统不仅具有重要的理论价值,同时也具有现实的指导意义。本书通过总结无线传感网络领域的研究成果,全面、系统地介绍了无线传感网络测量系统作为新的学科增长点所体现的新问题和发展潜力。本书的作者及其所在团队在国家自然科学基金和国家973重大基础研究项目的支持下,在国内率先开展了无线传感网络测量技术的研究工作,具有很深的学术造诣。

本书理论框架结构严谨,内容新颖丰富、论述精辟、博采众长,覆盖面广,并注重理论与实际的有机结合,具有很强的可读性。本书既可以作为计算机应用、仪器测控和传感器技术等专业的研究生教材,也可以供广大对无线传感网络测量技术感兴趣的工程技术人员参考。本书的出版必将对无线传感网络测量系统的研究与发展起到重要的推动作用。

倪明送

“973”国家重大基础研究项目

“无线传感网络及其关键技术研究”首席科学家

香港科技大学讲座教授

2007年5月12日

前 言

在网络通信技术迅速发展的同时,一个非常有意义且充满挑战的研究领域——无线传感网络也正迅速发展并走向成熟。无线传感网络及智能信息处理技术综合了现代传感器技术、微电子技术、通信技术、嵌入式计算技术和分布式信息处理技术等多个学科。无线传感网络能够实时监测、感知和采集网络分布区域内的各种环境或监测对象的信息,并对这些信息进行处理,从而获取详尽而准确的信息。

无线传感网络包含大量传感节点,这些节点将被随机密集地布置于待测区域中。传感节点是一种用于感知多种环境信息的智能微传感器。近年来的研究进展使无线传感节点变得更小、能量更充足、能源利用率更高,通常被称为“智能尘埃”。无线传感网络能够获取现实的环境信息,具有十分广阔的应用前景,已经在军事国防、工农业生产、城市管理、生物医疗、环境监测、抢险救灾、反恐反恐、危险区域远程控制等诸多领域开始得到应用。

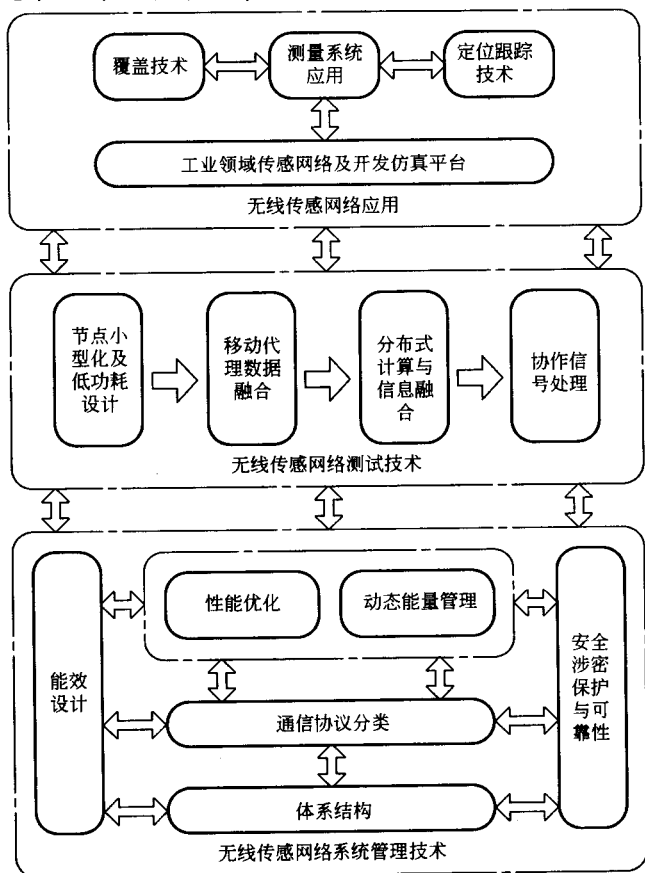
无线传感网络具有巨大的应用前景,被认为是将对 21 世纪产生巨大影响力的技术之一。2003 年 2 月份的美国《技术评论》杂志评选出对人类未来生活产生深远影响的十大新兴技术,无线传感网络即被列为其中之一。美国《商业周刊》在 2003 年 8 月的技术评论中,已经将无线传感网络定位成 21 世纪高技术领域的四大支柱型产业之一,其潜在的市场需求十分巨大。

从 2001 年开始,作者有幸到美国威斯康星大学“国家智能维护研究中心”参加研究工作,进行有关“智能维护系统”方面的研究课题。智能维护系统是采用无线网络测量技术,利用性能衰退分析和预测方法,研究嵌入 Web 服务器的机器生产信息技术,将所有的机器设备都连接到 Internet 上,用户可以在任何时间和地点通过 Web 浏览器进行远程监控和维护,从而减少停工现象的发生,提高服务水平与产品价值。从那时起作者开始研究和关注无线传感网络测量的研究课题。2003 年,“嵌入式 Internet 环境下传感网络计算及其移动代理方法研究”获得中国国家自然科学基金项目的资助。2006 年 4 月,国家“十一五”规划和《国家中长期科学与技术发展规划纲要》将“传感网络及信息处理”列入其中。2006 年 8 月,课题组获得批准参加国家 973 重大基础研究“无线传感网络基础理论及关键技术的研究”项目的研究工作。

本书作为无线传感网络测量系统的专著,以无线传感网络测量系统为主线,从信息获取、信息处理、信息传输三部分内容出发,介绍了无线传感网络测量系统及其关键技

术。智能传感技术是信息技术中的源头技术。本书介绍的无线传感网络测量系统重点论述了无线传感网络的管理支撑技术、节点设计、网络分布式计算、数据融合、协作信号处理技术以及无线传感网络的开发技术平台和应用实例等内容。

书中介绍的内容反映了无线传感网络研究领域中的许多最新研究成果和应用技术。全书共分为4篇。第1篇是绪论,主要介绍了无线传感网络测量系统研究的目的、意义和发展趋势;第2篇是无线传感网络系统管理技术,主要包括无线传感网络体系结构、通信协议分类、能效设计、网络性能优化、动态能量管理、安全涉密保护与可靠性;第3篇是无线传感网络测试技术,主要介绍了无线传感节点小型化及低功耗设计、移动代理数据融合、网络计算与信息融合、协作信号处理等内容;第4篇是无线传感网络的应用,主要介绍了无线传感网络的覆盖技术、定位跟踪技术、工业领域传感网络及开发仿真平台、无线传感网络测量系统在智能维护、船只设备监测、高尔夫球场设施维护、半导体工业、国防反恐、医疗监护系统等领域的应用。本书的基本框架如下:



本书的策划、提纲制定和撰稿过程中,除作者本人外,王晟参与了第4~5章、第11章和第13章的编写工作,马俊杰参与了第6章的编写工作,毕道伟参与了第15章的编写工作,另外课题组的马俊杰、毕道伟、丁梁、谢歆、姜爱国、付振波等也曾参与前期讨论和后期的文字校对、录入等工作,在此一并表示感谢。这里要特别感谢我的学生王晟,在本书的编写过程中除了参与撰稿工作以外,还承担了大量的绘图和文字润色等相关工作,为此付出了大量心血。

特别要感谢清华大学王伯雄教授在百忙中审阅了全书并提出了许多宝贵意见和建议,感谢哈尔滨电工仪表研究所张明远研究员对书稿的审阅并给予的支持和鼓励,感谢清华大学尤政教授对课题组工作给予的鼎力支持和帮助,没有他们的支持和帮助本书是难以呈现在读者面前的。

特别感谢我的妻子和可爱女儿的支持和鼓励,还要感谢我的父母家人和所有给予我支持和帮助的朋友,谨以此书献给他们。

最后还要特别感谢机械工业出版社的支持,出版社的编辑们在本书的编写过程中给予了很多富有建设性的意见和建议。

本书中体现的研究成果均得到了国家基础研究973项目(2006CB303000)和国家自然科学基金4个项目(60673176、60373014、50175056、59805009)的资助,在此表示衷心的感谢!

目前,无线传感网络正处于飞速发展阶段,面临的许多新问题正待探索和研究。由于水平有限,加之时间仓促,书中缺点和不足在所难免,希望得到广大读者的批评指正。

作 者

2007年5月

于清华园

目 录

序 前言

第 1 篇 绪 论

第 1 章 无线传感网络概述	1	1.3 无线传感网络的关键技术	6
1.1 引言	1	1.4 无线传感网络的发展趋势及应用 前景	10
1.2 无线传感网络面临的机遇及其应用	2	参考文献	13
1.2.1 面临的机遇	2		
1.2.2 无线传感网络的应用	4		

第 2 篇 无线传感网络系统管理技术

第 2 章 无线传感网络的体系结构	15	2.9.2 路由机制	36
2.1 引言	15	2.9.3 聚类机制	37
2.2 无线传感网络体系结构的特点与 需求	16	2.10 层次化结构路由与寻址	39
2.3 无线传感节点的构成	17	2.10.1 层次化结构路由	40
2.4 无线传感网络的节点介绍	20	2.10.2 层次化寻址	40
2.5 无线传感网络的嵌入式系统	27	2.11 小结	43
2.6 层次化结构问题	29	参考文献	43
2.6.1 性价比	30	第 3 章 无线传感网络通信协议分类	46
2.6.2 网络寿命	30	3.1 引言	46
2.6.3 可扩展性	31	3.2 应用层协议	47
2.7 无线传感网络的硬件结构	31	3.2.1 传感器管理协议	47
2.7.1 小型传感节点	31	3.2.2 任务分派与数据广播协议	47
2.7.2 大型传感节点	33	3.2.3 传感器查询与数据分发协议	47
2.8 任务分解与分配	34	3.3 定位协议	48
2.8.1 网络测量	34	3.4 时钟同步协议	49
2.8.2 信息处理	35	3.5 传输层协议	50
2.8.3 网络通信	35	3.6 网络层协议	52
2.9 层次化结构的组成	36	3.7 数据链路层协议	54
2.9.1 工程化网络	36	3.8 无线传感网络路由技术	56
		3.8.1 无线传感网络路由设计相关	

问题	57	5.2 异构多级无线传感网络优化设计	
3.8.2 无线传感网络路由面临的挑战	58	模型	116
3.9 无线传感网络路由协议设计	60	5.3 无线传感网络的改进 GASA 优化设计	
3.10 无线 Ad hoc 网络的媒体访问控制		方法	117
方案	72	5.4 无线传感网络的优化设计仿真实验	119
3.10.1 IEEE 802.11	74	5.5 无线传感网络布局优化问题模型与	
3.10.2 能量唤醒多路访问协议	75	假设	120
3.11 无线传感网络媒体访问控制的设计		5.6 虚拟力导向微粒群优化策略基本	
挑战	77	原理	122
3.12 无线传感网络媒体访问协议	80	5.6.1 虚拟力算法基本原理	122
3.13 小结	83	5.6.2 基于微粒群算法的无线传感网络	
参考文献	83	布局优化基本原理	123
第4章 无线传感网络能效设计	87	5.6.3 虚拟力导向微粒群优化过程	125
4.1 引言	87	5.7 虚拟力导向微粒群优化策略仿真	
4.2 无线传感网络拓扑能效设计的技术		实验	126
背景	89	5.8 动态节点选择优化问题	128
4.3 无线传感网络拓扑结构设计问题	89	5.9 动态节点选择优化策略的基本原理	131
4.4 无线传感网络通信能耗分析	93	5.9.1 基于遗传算法的动态节点优化	
4.5 无线传感网络路由能效性分析	94	选择过程	131
4.6 定向源感知路由协议	96	5.9.2 基于 Hopfield 网络的局部搜索	132
4.7 DSAP 能效性分析	97	5.9.3 无线传感网络动态节点选择优化	
4.8 无线传感节点能效设计背景	102	步骤	132
4.9 无线传感节点能效设计模型	102	5.10 动态节点选择优化仿真实验	133
4.9.1 无线传感节点能耗模型	102	5.11 对等无线传感网络及任务分配	
4.9.2 可变电压微处理器	103	指标	136
4.9.3 消息头文件	104	5.11.1 对等无线传感网络	136
4.10 包含消息头文件的动态电压调节		5.11.2 任务分配控制策略	137
技术	105	5.12 采用蚁群算法的能效性任务分配控制	
4.10.1 无线传感网络的安全需求	105	策略	140
4.10.2 数据加密与解密的能耗	105	5.13 能效性任务分配控制实验分析	142
4.10.3 无线传感节点动态电压调节	106	5.14 小结	143
4.11 无线传感网络动态电压调节实验		参考文献	144
仿真	107	第6章 无线传感网络动态能量管理	147
4.12 小结	111	6.1 引言	147
参考文献	112	6.2 空闲能量管理	148
第5章 无线传感网络性能优化	114	6.2.1 多种关闭状态	148
5.1 引言	114	6.2.2 传感节点的构成	149

6.2.3 睡眠状态转换策略	149	7.2 无线传感网络的安全性及授权机制 ...	171
6.3 有功能量管理	151	7.2.1 安全性	171
6.4 系统实现	151	7.2.2 系统层安全性	171
6.4.1 DVS 电路	152	7.2.3 移动代码	172
6.4.2 空闲能量管理硬件实现	154	7.2.4 安全指标	172
6.4.3 处理器能量模式	154	7.3 安全体系	173
6.4.4 操作系统结构	155	7.4 保密技术	179
6.4.5 传感器特定应用编程接口扩展 ...	156	7.4.1 最小泛化原则	179
6.5 动态能量管理实验	156	7.4.2 定位信息的保密	180
6.6 目标预测动态能量优化模型	158	7.5 无线传感网络中的可靠性问题	182
6.6.1 协作测量模型	158	7.5.1 可靠性支持问题	182
6.6.2 能耗模型	159	7.5.2 可靠性的分布式支持	183
6.7 动态能量优化基本原理	160	7.5.3 分布式传感器系统的体系结构 ...	184
6.7.1 唤醒机制比较	160	7.5.4 定向扩散网络	184
6.7.2 采用粒子滤波的目标状态预测 ...	161	7.6 分布式服务	185
6.7.3 分布式遗传模拟退火算法能量 优化	162	7.6.1 可重构的智能节点	186
6.8 动态能量优化的机动目标跟踪	163	7.6.2 分布式查询服务器	186
6.8.1 机动目标模型	163	7.6.3 管理服务器	188
6.8.2 空闲时间规划	163	7.6.4 自适应服务器	188
6.8.3 通信路径规划	164	7.7 分布式系统服务的原理和方法	188
6.8.4 节点选择优化	165	7.7.1 远程执行过程	188
6.9 仿真实验	166	7.7.2 链接器	189
6.9.1 环境设置	166	7.7.3 传感网络任务拓扑	190
6.9.2 动态能量优化仿真	166	7.8 动态自适应分布式传感网络的应用 ...	190
6.10 小结	168	7.8.1 一致性规划	191
参考文献	169	7.8.2 自适应控制	191
第 7 章 无线传感网络安全涉密保护与 可靠性	170	7.8.3 传感器功能的故障与性能恢复 ...	191
7.1 引言	170	7.9 小结	192
		参考文献	193

第 3 篇 无线传感网络测试技术

第 8 章 无线传感节点小型化及低功耗 设计	195	8.2.1 微机械制造技术	196
8.1 引言	195	8.2.2 高度集成过程	197
8.2 MEMS 基本原理	196	8.3 MEMS 测量模块设计理论	198
		8.3.1 MEMS 技术选择标准	198
		8.3.2 集成电路传感器	199

8.3.3 纳米传感器	199	9.6.1 分簇融合计算基本模型	229
8.4 MEMS 通信模块设计理论	199	9.6.2 分簇融合计算优化方法	230
8.4.1 射频通信技术	200	9.6.3 仿真实验	232
8.4.2 光通信	202	9.7 基于分层动态委员会的多代理决策 方法	236
8.5 MEMS 供能模块设计理论	204	9.7.1 委员会决策的基本原理	236
8.5.1 能量存储单元	204	9.7.2 分层动态委员会决策方法	237
8.5.2 能量再生单元	205	9.7.3 仿真实验	242
8.6 基于 MEMS 的节点封装技术	205	9.8 小结	245
8.7 MEMS 系统集成技术	206	参考文献	245
8.8 无线传感节点的低功耗设计基本 理论	208	第 10 章 分布式传感网络计算与信息 融合	247
8.9 网络布局的低功耗设计	208	10.1 引言	247
8.10 节点测量模块的低功耗设计	209	10.2 分布式传感网络的基本构成	248
8.11 节点计算模块的低功耗设计	209	10.2.1 传统网络结构	248
8.12 硬件与软件交互的低功耗设计	211	10.2.2 基于移动代理的分布式传感 网络	248
8.13 无线传感节点通信模块的低功耗 设计	212	10.2.3 信息融合方法	249
8.14 小结	215	10.3 传感网络布置优化	250
参考文献	215	10.3.1 计算复杂性	250
第 9 章 无线传感网络移动代理数据 融合	218	10.3.2 采用遗传算法的优化传感器 布置	252
9.1 引言	218	10.4 分布式传感网络的路由策略	253
9.2 无线传感网络的移动代理调度问题 ..	219	10.4.1 采用遗传算法的移动代理 路由	253
9.3 无线传感网络的移动代理调度机制 ..	220	10.4.2 随时间变化的移动无线网络 连接性	255
9.3.1 移动代理派遣的关键因素	220	10.4.3 通信协议的适应性路由	260
9.3.2 综合评价指标设计	222	10.5 传感网络信息融合基本原理	262
9.3.3 采用遗传算法优化移动代理调度 机制	222	10.5.1 传感网络信息融合的目的	262
9.3.4 符合综合评价指标的移动代理 调度过程	223	10.5.2 传感网络信息融合的层次与 结构	262
9.4 移动代理调度机制的性能评估	223	10.5.3 典型的信息融合方法	263
9.5 采用移动代理的生产过程质量检测 实验	226	10.5.4 传感网络信息融合方法的 特点	266
9.5.1 不同工序的缺陷定位	228	10.6 分布式自适应动态信息融合方法	268
9.5.2 采用前馈神经网络识别裸板 缺陷	228	10.6.1 测量模型与方法简述	268
9.6 移动代理分簇融合计算优化原理	229		

第 11 章 无线传感网络协作信号

11.8 基于智能信息的 SPIN 协议与定向

第4篇 无线传感网络应用

第 12 章 无线传感网络覆盖技术 307效果 320第 13 章 无线传感网络定位跟踪技术 32613.1 引言 32613.2 无线通信系统的节点定位 32713.3 无线传感网络中的节点定位 33413.4 网络定位算法的基本原理 343

13.5 无线传感网络的定位和跟踪算法基本

原理 34513.5.1 三边测量法 34513.5.2 多边测量法 346

13.5.3 模板匹配法	347	15.1 引言	399
13.5.4 节点位置跟踪	349	15.2 无线传感网络测量系统结构	400
13.5.5 无线传感网络的目标跟踪	350	15.3 远程虚拟测量技术的基本原理	402
13.6 典型的网络定位系统	351	15.4 无线传感网络的远程虚拟测量	404
13.7 无线传感网络的滤波跟踪	352	15.5 无线传感网络的远程虚拟测量仿真 实验	405
13.7.1 模型与假设	353	15.6 基于无线传感网络的智能维护	407
13.7.2 径向基粒子滤波算法基本 原理	354	15.7 船只设备监测的应用	409
13.7.3 实验仿真	357	15.8 高尔夫球场设施维护的应用	413
13.8 小结	359	15.9 半导体工业的应用	415
参考文献	360	15.9.1 预测性维护技术	416
第14章 工业领域传感网络及开发		15.9.2 设计要求	417
仿真平台	364	15.9.3 现场勘察与无线传感节点布置	417
14.1 引言	364	15.9.4 层次结构	418
14.2 工业传感器的通信协议	365	15.9.5 系统容错性设计	420
14.3 IEEE 1451 智能传感器接口标准	375	15.9.6 实验结果	420
14.4 基于互联网的传感网络	378	15.10 国防反恐的应用	420
14.4.1 IEEE 1451.1 的基本概念	378	15.10.1 目标定位基本原理	421
14.4.2 IEEE 1451.1 网络化	378	15.10.2 目标定位方法	422
14.4.3 多播通信	379	15.10.3 系统结构	422
14.4.4 互联网联结结构	379	15.10.4 中间件技术	423
14.4.5 互连结构	380	15.10.5 现场实验	423
14.5 工业网络互联	380	15.11 医疗监护系统的应用	424
14.5.1 互连结构	381	15.11.1 系统背景	425
14.5.2 执行器-传感器-接口标准	381	15.11.2 医疗监护系统要求	425
14.6 无线传感网络的开发环境与仿真 平台	382	15.11.3 系统硬件设计	426
14.6.1 无线传感网络硬件系统	382	15.11.4 系统软件实现	428
14.6.2 无线传感网络软件环境	386	15.11.5 终端监控界面	429
14.6.3 无线传感网络仿真平台	392	15.11.6 应用前景	430
14.7 小结	397	15.12 小结	431
参考文献	398	参考文献	431
第15章 无线传感网络测量系统		附录 部分缩写中英文对照表	433
应用	399		

第 1 篇 绪 论

第 1 章 无线传感网络概述

1.1 引言

无线传感网络测量系统综合了现代传感器技术、微电子技术、通信技术、嵌入式计算技术和分布式信息处理技术等多个学科，是一个新兴的交叉研究领域。无线传感网络能够实时监测、感知和采集网络分布区域内的各种环境或监测对象的信息，并对这些信息进行处理，从而获取详尽而准确的信息。

无线传感网络^①（WSNs^②，Wireless Sensor Networks）具有巨大的应用前景，被认为是将对 21 世纪产生巨大影响力的技术之一。2003 年 2 月份美国的《技术评论》杂志评选出对人类未来生活产生深远影响的十大新兴技术，无线传感网络即被列为其中之一。美国《商业周刊》在 2003 年 8 月的技术评论中，已经将无线传感网络定位成 21 世纪高技术领域的四大支柱型产业之一，其潜在的市场需求十分巨大。传感器应用领域包括：军事侦察、环境监测、医疗和建筑物监测等。随着传感器技术、无线通信技术和计算技术的不断发展和完善，各种传感网络将遍布生活的各个层面，特别是在国防和重大灾害事件监测等领域，将对我国的现代化建设起到十分重要的作用。

随着无线通信和电子技术的进步，低花费、低功耗、多功能传感网络的开发受到越来越广泛的关注。其中的传感器尺寸小，能够感知、处理数据，彼此通信（通常是通过一个无线电频道）。传感网络设计用来探测事件和现象、采集和处理数据、将感知到的信息传输给感兴趣的用戶。无线传感网络的基本特征如下：

- 1) 自组织能力。
- 2) 短距离广播通信和多跳路由。

① 其他文献上也有称为“无线传感器网络”的，本书作者认为称“无线传感网络”更恰当。——编者注

② 其他文献上也有简写为“WSN”的，本书作者认为“WSNs”的缩写形式更恰当。——编者注

- 3) 无线传感节点 (Wireless Sensor Node) 稠密布置、协作感知。
- 4) 根据节点能力退化和失效, 频繁改变布局。
- 5) 有限的能量供应、传输能耗、存储空间、计算功耗。

这些特征, 特别是后面 3 个特征, 使得传感网络不同于其他无线 Ad hoc 网络或者网状网络。对无线传感网络的研究是目前信息领域的一个热点, 学术界和产业界对它的学术价值和应用前景非常瞩目。国际上许多著名的大学和公司纷纷从不同的层次和角度对传感网络进行了研究。

无线传感网络测量系统技术的研究, 将极大地推动无线传感网络和节点的国产化研究, 为中国提供具有自主知识产权的高科技产品。无线传感网络测量系统在军事国防、工农业、城市管理、生物医疗、环境监测、抢险救灾、防恐反恐、危险区域远程控制等许多领域有着巨大的实用价值, 具有广阔的市场发展空间。

1.2 无线传感网络面临的机遇及其应用

1.2.1 面临的机遇

无线传感网络的研究和商业价值目前呈几何级数增长, 从许多方面都可以证明这一点。

(1) 网页的数量 Google 搜索结果显示: 2003 年 8 月, “传感网络”有 26000 次点击, “无线传感网络”有 8000 次点击。

(2) 在以下方面数量的增加

1) 专题年度研讨会, 例如 IPSN (传感网络中的信息处理); SenSys; EWSN (无线传感网络欧洲研讨会); SNPA (传感网络的协议与应用) 和 WSNA (无线传感网络与应用)。

2) 在通信和移动计算体国际会议中有关传感网络的部分。

3) 由 NSF (美国国家科学基金会) 与 DARPA (美国国防高级研究计划局) 通过 SensIT (传感信息技术)、NEST (网络化嵌入式软件技术)、MSET (多传感开发)、UGS (无人看守地面传感器)、NETEX (极端环境中的网络)、ISP (集成感知和处理) 和交流者计划资助的项目。

4) 著名杂志中的特别专题, 例如在 IEEE 会议论文集和信号处理、通信、网络方面的杂志中。美国商业 Business 2.0 (<http://www.business2.com>) 将传感网络列为 6 项改变世界的关键技术之一, 麻省理工大学 (MIT) 技术评论和 Global future 认为无线传感网络是改变未来世界的 10 项新型技术之一 (<http://www.golbalfuture.com/mit-trends2003.htm>)。传感网络技术与微机电系统 (MEMS, Micro Electro Mechanical System)、纳米技术结合会大大降低传感节点的尺寸和增强网络的能力。

无线传感网络的发展受到包括能量供应、存储数据量、数据处理能力、数据传输速率、

同步率、系统鲁棒性等诸多条件的限制和挑战。如图 1-1 所示,为进一步提高无线传感网络性能,需要对无线传感网络的资源管理和信息融合两部分进行研究和优化,其中资源管理涉及传感器管理、过程管理、网络规划和网络控制 4 个部分,主要用于优化网络性能、减少网络能耗、提高网络稳定性等;而信息融合则包含:传感器融合、数据融合、数据挖掘、相关、估计和滤波跟踪 6 个部分,用于提高网络的信息有效性和网络的协作信息处理能力,如图 1-2 所示。

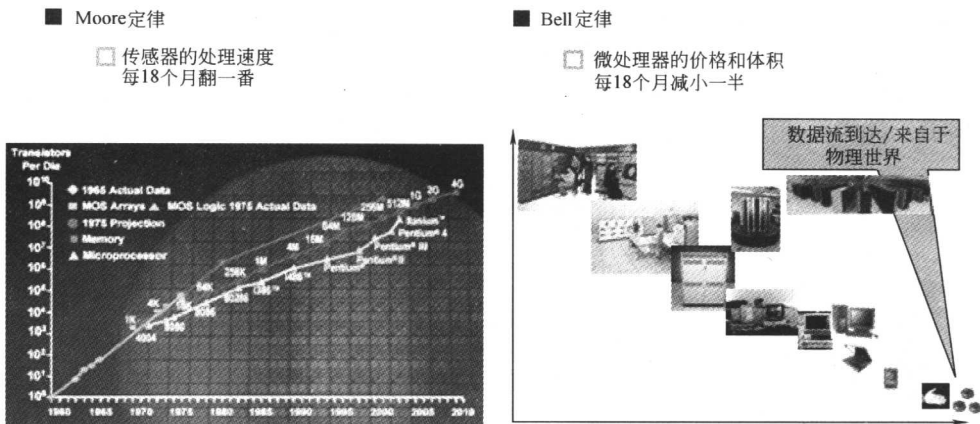


图 1-1 Moore 和 Bell 定律

无线传感网络通常包含大量无线传感节点,传感节点由感知部件、嵌入式处理器、通信部分和电源模块组成。通常传感节点部署时只能采用随机投放的方式。在任意时刻,传感节点间通过无线通信,自组织网络拓扑结构。节点间具有很强的协同能力,从系统整体行为的角度来看,网络系统是“智能”的。同时,无线传感网络由于具有分布协作性和对等性测量的特点,其测量精度高,范围更广、操作灵活和具有智能性,在军事、工业、农业生产等众多领域具有广泛的应用前景。如图 1-3 所示,无线传感节点具有可嵌入、网络化和可测量等特点。

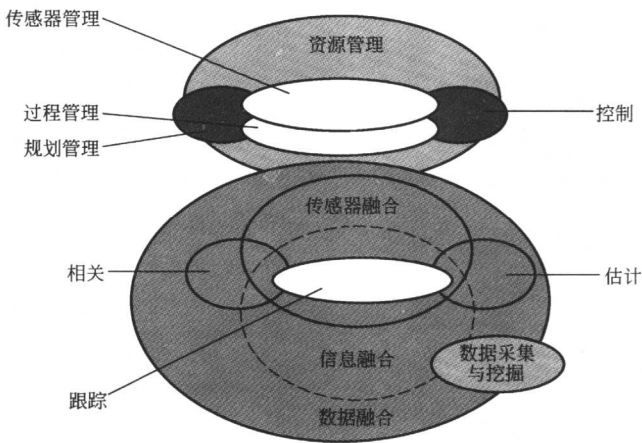


图 1-2 无线传感网络理论框架