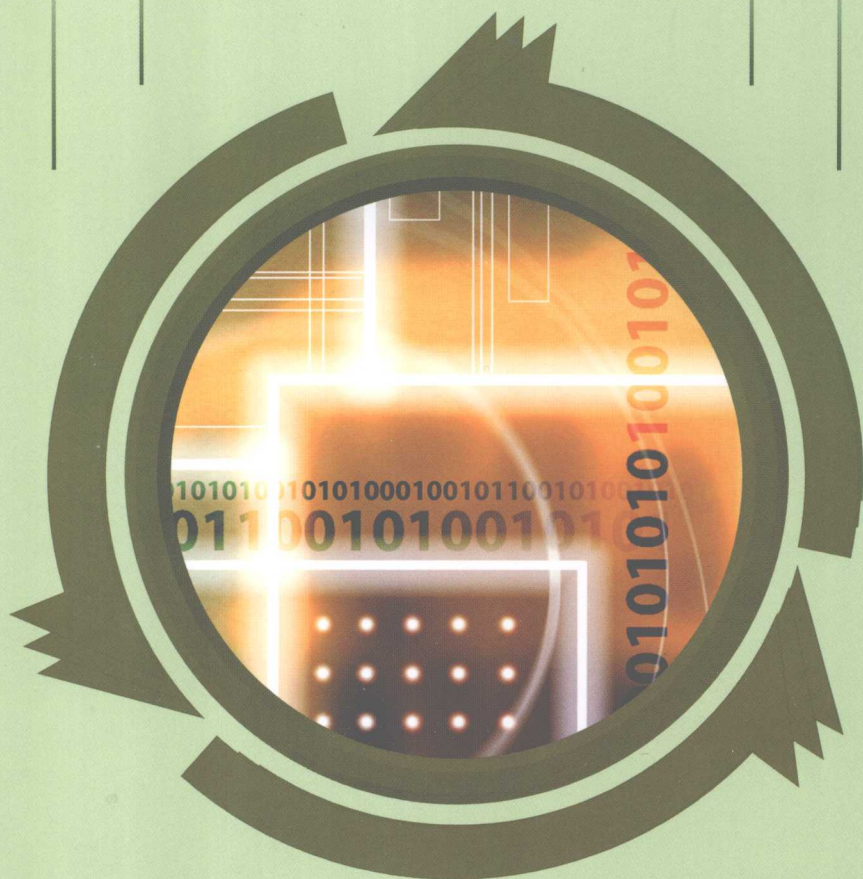


现代通信高技术丛书

无线传感器网络与人工生命

张晓彤 主编
班晓娟 段世红 宁淑荣 梁治国 编著



国防
National De

现代通信高技术丛书 内容

无线传感器网络与人工生命

□ □ □ □

张晓彤 主编

班晓娟 段世红 宁淑荣 梁治国 编著

国防工业出版社

<http://www.ndip.cn>

内 容 简 介

本书系统地介绍了无线传感器网络与人工生命的概念、特点、关键技术和研究方法等。全书共分为 11 章,首先介绍了无线传感器网络的基础协议、硬件组成等,随后对人工生命的基础理论和应用技术进行了介绍,并在此基础上讨论了基于人工生命的无线传感器网络技术,以及在人工生命研究中占有重要地位的数据处理技术,总结了当前最新的研究成果。最后介绍了无线传感器网络仿真技术,并给出一些简单的实例。

本书内容翔实,深入浅出,覆盖面广,具有先进性、科学性和很高的使用价值,是适合于高等院校计算机、通信、信息等专业师生和科研人员、工程技术人员的参考用书,还可作为相关领域人员了解无线传感器网络的参考资料。

图书在版编目(CIP)数据

无线传感器网络与人工生命 / 张晓彤主编;班晓娟等编著.

—北京:国防工业出版社,2008.6

(现代通信高技术丛书/周贤伟,邓忠礼,郑雪峰主编)

ISBN 978-7-118-05711-9

I. 无… II. ①张…②班… III. 无线电通信-传感器-应用-生物模拟 IV. TP212 Q811.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 062312 号

※

国防工业出版社出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路 23 号 邮政编码 100044)

腾飞印务有限公司印刷

新华书店经售

*

开本 787×1092 1/16 印张 15½ 字数 350 千字

2008 年 6 月第 1 版第 1 次印刷 印数 1—4000 册 定价 32.00 元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

国防书店:(010)68428422

发行邮购:(010)68414474

发行传真:(010)68411535

发行业务:(010)68472764

《现代通信高技术丛书》编委会

名誉主任 周炯槃(院士)

总 编 宋俊德

主 编 周贤伟 邓忠礼 郑雪峰

副主编 曾广平 景晓军 雷雪梅 王丽娜 杨裕亮 马伍新
 王祖珮 班晓娟 刘蕴络 王昭顺 王建萍 黄旗明
 李新宇 杨 军 覃伯平 薛 楠

编 委 (按姓名笔画排序)

马伍新	王 丹	王 华	王 培	王 强	王庆梅
王丽娜	王建萍	王祖珮	王昭顺	王淑伟	韦 炜
尹立芳	邓忠礼	申吉红	付娅丽	白浩瀚	冯 震
冯晓莹	吕 越	朱 刚	闫 波	安 然	刘 宁
刘 宾	刘 潇	刘志强	刘晓娟	刘蕴络	关靖远
孙 硕	孙亚军	孙辰宇	孙晓辉	李 杰	李宏明
李新宇	苏力萍	肖超恩	吴齐跃	宋俊德	张海波
张臻贤	陈建军	林 亮	杨 军	杨文星	杨裕亮
周 蓉	周贤伟	郑如鹏	郑雪峰	孟 潭	赵鹏(男)
赵鹏(女)	赵会敏	胡周杰	施德军	姜 美	姚恒艳
班晓娟	崔 旭	黄旗明	韩 旭	韩丽楠	覃伯平
景晓军	曾广平	雷雪梅	薛 楠	霍秀丽	戴昕昱

丛书策划 王祖珮

序

当今世界已经进入了信息时代,信息成为一种重要的战略资源,信息科学成为最为活跃的学科领域之一,信息技术改变着人们的生活和工作方式,信息产业已经成为国民经济的主导产业,作为信息传输基础的通信技术则成为信息产业中发展最为迅速,进步最快的行业。目前,个人通信系统和超高速通信网络迅猛发展,推动了信息科学的进一步发展,并成为 21 世纪国际社会和全球经济的强大动力。

随着通信技术日新月异,学习通信专业知识不但需要扎实的专业基础,而且需要学习和了解更多的现代通信技术和理论,特别是数字通信、卫星通信以及传感器网络的现代通信技术方面的知识。从有线通信到无线通信,从固定设备间的通信到移动通信,从无线通信到无线因特网,到传感器网络技术。未来的通信将为人们提供全方位以及无缝的移动性接入,最终实现任何人在任何地方、任何时间进行任何方式的通信,使得通信技术适应社会的发展需要呈现经久不衰的势头。

网络技术的飞速发展,通信技术在经济发展中的重要地位日趋重要,世界各国特别重视通信技术的理论研究和通信技术专业人才的培养,国外有关通信领域的文献资料和专著较多。就国内来讲,通信专业人才大量急需,为适应社会经济发展的需要,各高校和科研单位都在培养社会所需的通信专业人才。

为了增进通信及安全技术领域的学术交流,为了满足通信及信息安全专业领域的读者的需要,提供一套能系统、全面地介绍和讲解通信技术原理及新技术的系列丛书,北京科技大学等组织编写了这套《现代通信高技术丛书》。这套丛书内容涵盖了通信技术的主要专业领域,既可作为高等院校通信类、信息类、电子类、计算机类专业高年级本科生或研究生的教材,又可作为有关通信技术和科研人员的技术参考书。

我觉得这套丛书的特点是内容全面、技术新颖、理论联系实际,针对目前

我国通信技术发展情况与目前已有的相关出版物之间已有一定距离这一情况,本丛书立足于现在,通过对基本的技术进行分析,由浅入深,努力反映通信技术领域的新成果、新技术和进展,是国内目前较为全面、技术领先、适用面广的一套丛书。在我国大量培养通信专业人才的今天,这套丛书的出版是非常及时和十分有益的。

我代表编委会对丛书的作者和广大读者表示感谢!欢迎广大读者提出宝贵意见,以使丛书进一步修改完善。

周炯槃

2005年3月20日

前 言

与集成电路领域中的 Moore 定律相对应,微软公司的 Gordon Bell 提出著名的“Bell 定律”:从 20 世纪中后期开始,每隔 10 年左右就会出现一种新的计算类型(Computer Class),每一种类型都伴随着一种新的硬件平台、新的编程环境、新的网络环境、新的人机接口或信息处理系统。以典型计算设备为例,如大型机(Mainframe)、小型机(Minimal Computers)、工作站(Workstation)、个人计算机(PC)、笔记本电脑(Laptop)、移动蜂窝电话(Cell)、掌上电脑(PDA)、集成电话功能的个人视频/音频设备(Cell Phone, Personal Audio/Video Device),甚至再集成 GPS 和相机等于一体的个人计算平台,未来无线传感器网络(Wireless Sensor Network Class)将会成为所有人或物的一部分,其特征是以微尘规格芯片构成的无所不在(Ubiquitous)的集无线网络、可移植性(Implantable)和传感(Sensing)于一体的计算平台。20 世纪 80 年代后期诞生的人工生命是当前生命科学、信息科学、系统科学及工程技术科学等学科交叉研究的热点,也是人工智能、计算机、自动化科学技术的发展动向之一。人工生命的开拓者 Langton 曾把人工生命的研究定义为:“展示具有自然生命系统行为特性的人造系统的研究(The study of man-made systems that exhibit behaviors characteristic of natural living systems)”。人工生命侧重于研究生命系统的过程特性,如自组织、自繁殖、新陈代谢、合作、涌现、生序、学习和进化等,开发对应的计算上可实现的模型。

无线传感器网络是多学科交叉的新兴前沿研究热点领域,它综合了传感技术、嵌入式技术、无线通信和网络技术、分布式信息处理技术以及微机电技术等,具有低功耗、多节点的分布式协作能力,能实时监测、感知和采集各种环境或监测对象信息,通过嵌入式系统对信息进行加工和处理,并通过自组织无线通信网络以多跳中继方式将信息传送到远处的终端或用户,从而实现“无处不在的计算”理念。因为无线传感器网络实现了人们在“任何时间、任何地点、任何环境条件下获得需要信息”的愿望。所以,2003 年 2 月,美国《技术评论》杂志(Technology Review)将无线传感器网络列为深远影响(Tremendous Influence)人类未来的 10 大新兴技术之首。美国《今日防务》杂志认为,无线传感器网络技术的应用和发展将引发军事技术革命和未来战争的划时代变革。美国陆军实施的“灵巧传感器网络通信”计划,目标是建设一个通用通信基础设施,将无人值守式弹药、智能武器、传感器和未来战斗系统所用的机器人系统连成网络,使作战指挥员能更好、更快地做出决策,从而改进未来战斗系统的生存能力。在反恐和安全领域,美国 Sandia 国家实验室与美国能源部合作,共同研究能够尽早发现以地铁、车站等场所为目标的生化武器袭击,并及时采取防范对策的系统。此外,无线传感器网络在野外环境监测、预防医学、森林防火、

海洋监测和资源探测、高速列车、空间飞行器、道路交通、工业环境监测与控制、物流系统等领域已经取得一定的成绩。

学术研究方面,美国加州大学伯克利分校、麻省理工学院、哈佛大学、康奈尔大学等学校,英国、日本、韩国和意大利等国家研究机构都开始了传感器网络的基础理论和关键技术的研究,并开发出多种原型系统,如智能尘埃 Smart Dust, iMote、Mica2、MicaZ、Telos 等。我国“十一五”规划和“中长期”发展规划明确提出信息领域优先发展“传感器网络及智能信息处理”技术,国家“973”、“863”、“自然科学基金”等积极配合国家发展和政策支持了一大批包括“重大项目”在内的无线传感器网络相关的科技项目,使我国在无线传感器网络研究方面与国际同步。我国已有一大批科研所在无线传感器网络的基础理论研究、应用研究中取得了成果,比较有代表的应用包括中国科学院计算所煤矿安全和文物保护应用项目、中国科学院软件所车辆管理系统应用、北京科技大学冶金和流程工业的应用项目。此外,哈尔滨工业大学、清华大学、上海交通大学、中国科学院沈阳自动化所等科研院所也进行了相关的研究和应用。

人工生命主要研究基于网络或单机环境中的虚拟生命,利用人工生命理论可以研究生态系统、网络管理和复杂环境的探测等,是一门新兴的交叉学科。将无线传感器网络应用于人工生命研究,既拓宽了无线传感器网络的研究范围,又为人工生命研究找到新的应用领域,因而具有很高的学术价值和应用价值。本书利用人工生命理论研究了无线传感器网络的数据发布、数据存储、低功耗、定位、数据融合等问题,并进行了仿真。

本书编写过程中得到了北京科技大学微体系结构与集成电路实验室、人工鱼与智能软件研究室教师和学生的大力支持,结合了许多年来教师和研究生们的实践,并参阅了国内外相关文献资料。参与全书编写工作的教师有张晓彤、班晓娟、段世红、宁淑荣、梁治国,以及北京时代凌宇科技有限公司的樊勇博士,北京科技大学计算机系的耿蕾、梁静、于锋、何杰、程柯楠、邓长宏、邹坤、田苗、赵敬超、李焕博、靳宏亮、李欣、张佳伟、孙大明、周瑜等博士研究生和硕士研究生;本书人工生命的部分研究来源于涂序彦教授指导下所获得的研究成果;低功耗技术部分研究成果来源于北京科技大学“微体系结构与集成电路实验室”王沁教授和哈佛大学“大规模集成电路实验室”Woodward Yang 教授的合作研究结果;本书的出版还得到北京科技大学校基金、北京科技大学研究生教育基金、国家“863”计划和国家自然科学基金的资助,在此作者对所有参与编写和提供、整理材料的教师、学生和支持单位表示衷心感谢。

本书共 11 章,包含 5 个主要部分。第 1 部分为前 5 章内容,主要介绍无线传感器网络的基础协议;第 2 部分为第 6 章,介绍目前常见的无线传感器网络硬件;第 3 部分,介绍人工生命的基础理论和应用技术,包括第 7 章、第 8 章;第 4 部分,介绍基于人工生命的无线传感器网络技术,以及在人工生命研究中占有重要地位的数据处理技术,包括第 9 章和第 10 章;第 5 部分,无线传感器网络仿真技术,介绍目前主要的仿真工具并给出一些简单的实例,供初学者快速掌握无线传感器网络、人工生命等研究的实验与仿真技巧。无线传感器网络操作系统、传感器技术也是重要内容,但是鉴于篇幅限制本书没有给出相关介

绍,请参考其他书籍和资料。

书中有些内容已开始应用到实际中,因而比较完善和系统;有些内容还只是局限在理论探索阶段,有待发展和深化。同时,由于作者学识有限,因此,难免存在错误和不妥之处,殷切期望广大同行和读者给予批评指正。

编著者

2008年3月于北京

目 录

第1章 无线传感器网络概述	1
1.1 传感器网络体系结构	2
1.1.1 传感器网络结构	2
1.1.2 传感器网络节点	2
1.2 传感器网络的特征	5
1.3 传感器网络协议栈	6
1.4 传感器网络的研究进展	8
1.5 传感器网络的关键技术	10
参考文献	11
第2章 网络协议	12
2.1 传感器网络 MAC 层描述	12
2.2 典型的 MAC 层协议	13
2.2.1 固定分配类 MAC 层协议	13
2.2.2 基于竞争类 MAC 层协议	15
2.3 路由协议	18
2.4 典型的路由协议	19
2.4.1 泛洪式路由协议	19
2.4.2 以数据为中心的路由协议	19
2.4.3 基于位置的路由协议	21
2.4.4 分层次的路由协议	22
2.5 传感器网络的可靠传输	24
2.5.1 传输的可靠性	24
2.5.2 建立安全路由	25
2.5.3 跨层设计问题	26
参考文献	26
第3章 传感器网络低功耗技术	28
3.1 低功耗技术概述	28
3.2 无线传感器网络能量效率分析	29
3.3 通信子系统的能耗模型	31
3.3.1 通信子系统的通用结构	31
3.3.2 通信子系统的状态机	31
3.3.3 参数化	32

3.3.4	CSECM	33
3.4	2 种不同工作周期机制的能耗模型	33
3.4.1	2 种工作周期机制	33
3.4.2	与通信子系统状态模型的映射关系	35
3.4.3	2 种工作周期机制的能耗	36
3.4.4	验证	37
3.5	基于能量效率的休眠调度机制标准	41
3.5.1	映射关系的选择标准	42
3.5.2	选择工作周期的标准	43
3.6	结论	45
	参考文献	45
第 4 章	定位技术	47
4.1	定位技术简介	47
4.1.1	基本概念和评价指标	47
4.1.2	定位算法分类	49
4.1.3	定位的其他相关技术	51
4.1.4	定位的基础方法	52
4.2	基于测距技术的定位	54
4.2.1	基于 TOA 的定位	54
4.2.2	基于 TDOA 的定位	55
4.2.3	基于 AOA 的定位	58
4.2.4	基于 RSSI 的定位	60
4.3	无需测距的定位技术	61
4.3.1	质心算法	61
4.3.2	Bounding Box 算法	62
4.3.3	DV - Hop 算法及 APS 分布式算法	62
4.3.4	Amorphous 定位算法	64
4.3.5	APIT(Approximate PIT Test) 定位算法	65
4.3.6	凸规划定位算法	66
4.3.7	MDS - MAP 定位算法	66
4.4	小结	67
	参考文献	67
第 5 章	传感器网络安全与安全协议	69
5.1	传感器网络安全	69
5.1.1	WSN 与传统网络的比较	69
5.1.2	WSN 的安全需求	69
5.1.3	WSN 可能受到的攻击及相应的防御措施	70
5.2	密钥管理	73
5.2.1	密钥预共享协议	73

5.2.2	随机密钥预分配协议	76
5.3	传感器密码算法的选择	78
5.3.1	传感器网络的特点	78
5.3.2	加密算法的选择	79
5.3.3	消息认证算法的选择	90
5.3.4	随机数发生器	90
5.3.5	公开密钥算法的选择	91
	参考文献	94
第6章	硬件	96
6.1	概述	96
6.2	节点体系结构	96
6.3	节点设计的技术要素	97
6.4	处理器模块	97
6.5	射频通信模块	99
6.6	电源模块	99
6.7	传感器模块	100
6.8	常见传感器节点介绍	101
6.8.1	BTnode	101
6.8.2	Imote	101
6.8.3	Tmote Sky	102
6.8.4	Crossbow 公司的 MICA 系列	102
6.8.5	北京科技大学的 LPnode	103
	参考文献	104
第7章	人工生命的概念及研究方法	105
7.1	生命的本质	105
7.1.1	生命现象的本质	105
7.1.2	生命系统的本质	105
7.2	人工生命	105
7.2.1	人工生命的诞生	106
7.2.2	人工生命的概念	106
7.3	人工生命理论体系	107
7.3.1	人工生命的研究方法	107
7.3.2	人工生命的研究内容	107
7.3.3	人工生命的基础理论	109
7.3.4	人工生命的实现方法	115
7.4	基于人工生命的行为机制	116
7.4.1	人工生命系统的行为特征	116
7.4.2	低级行为—高级行为的进化	116
7.4.3	简单行为—复杂行为的群体性涌现	116

7.4.4 基于人工生命行为机制的应用	117
7.5 与相关理论比较	117
7.5.1 人工生命与人工智能	117
7.5.2 人工生命与复杂系统	117
7.5.3 人工生命与认知理论	118
7.6 人工生命的应用	118
参考文献	118
第8章 人工生命的研究实例	122
8.1 人工生命平台研究	122
8.1.1 可实时交互的研究平台 A - Volve	122
8.1.2 数字生命 Tierra	124
8.1.3 自适应遗传基因系统 Avida	126
8.2 人工动物	127
8.2.1 基于硬件的人工动物——进化机器人	127
8.2.2 基于软件的人工动物——虚拟生物	128
8.2.3 虚拟动物的一个典型实例——晓媛的鱼	129
8.2.4 当今机器动物的一些新进展	129
8.3 小结	130
参考文献	131
第9章 人工生命在无线传感器网络中的应用	132
9.1 基于人工生命的分布式等级索引	132
9.1.1 DBA 模型的基本思想	132
9.1.2 范围查询机制 DBA	133
9.1.3 仿真实验	137
9.2 无线传感器网络中的数据融合策略	137
9.2.1 无线传感器网络中数据融合的概念及其作用	138
9.2.2 无线传感器网络中的数据融合策略	138
9.2.3 能量有效的基于模式码的安全数据汇聚	141
9.2.4 独立的数据融合协议层	141
9.2.5 基于移动代理的数据融合	142
9.2.6 小结	144
9.3 本章的工作	144
参考文献	144
第10章 无线传感器网络中的数据融合策略	146
10.1 无线传感器网络数据融合技术	146
10.1.1 无线传感器网络数据融合的概念	146
10.1.2 无线传感器网络数据融合的作用	146
10.1.3 无线传感器网络数据融合的示意图	147
10.2 基于无线传感器网络的数据融合策略	148

10.2.1	集中式数据融合方案	149
10.2.2	基于树的数据融合方案	149
10.2.3	静态分簇数据融合方案	151
10.2.4	动态分簇数据融合方案	154
10.3	仿真	154
10.3.1	传送数据包数目和数据融合率	155
10.3.2	网络寿命	156
10.4	结论	158
	参考文献	158
第 11 章	无线传感器网络仿真	160
11.1	网络仿真工具简介	161
11.2	无线传感器网络仿真工具简介	165
11.2.1	无线传感器网络的仿真特点	165
11.2.2	无线传感器网络的仿真的发展状况工具	166
11.3	基于 NS2 的无线传感器网络仿真	167
11.3.1	仿真工具 NS2 的概述	167
11.3.2	NS2 的仿真基础	168
11.3.3	基于 NS2 仿真的无线传感器网络模块设计	181
11.4	基于 OMNeT++ 的无线传感器网络仿真平台	185
11.4.1	仿真工具 OMNeT++ 概述	185
11.4.2	OMNeT++ 仿真基础	185
11.4.3	基于 OMNeT++ 的无线传感器网络模块	188
11.5	TOSSIM 仿真	216
11.5.1	使用 TOSSIM 模拟 TinyOS 应用程序	216
11.5.2	使用 P-TOSSIM 模拟 TinyOS 应用程序	223
	参考文献	231

第1章 无线传感器网络概述

科技发展的脚步越来越快,人类已经置身于信息时代。而作为信息获取最重要和最基本的技术——传感器技术,也得到了极大的发展。传感器信息获取技术已经从过去的单一化渐渐向集成化、微型化和网络化方向发展,并将带来一场信息革命。

无线传感器网络的构想最初是由美国军方提出的,美国国防部高级研究所计划署(DARPA)于1978年开始资助卡耐基-梅隆大学进行分布式传感器网络的研究,这被看成是无线传感器网络的雏形。

无线传感器网络涉及传感器技术、网络通信技术、无线传输技术、嵌入式计算技术、分布式信息处理技术、微电子制造技术、软件编程技术等研究领域,具有鲜明的跨学科特点。微型传感器技术和节点间的无线通信能力为传感器网络赋予了广阔的应用前景,主要表现在军事、民防、环境、生态、农业、健康、家庭和其他商业领域。在空间探索和灾难拯救等特殊的领域,传感器网络也有其得天独厚的技术优势。美国国防部远景计划研究局已投资几千万美元,帮助大学进行无线传感器网络技术的研发。美国所有著名的院校几乎都有研究小组从事传感器网络相关技术的研究,著名的有 UC Berkeley 的 Smart Dust 项目、UCLA 的 WINS 项目,以及多所机构联合攻关的 SensIT 计划等。中情局的风险投资公司已购买了微尘网络公司的股份,美国国土安全部研究人员也已将微型传感器的研发列为最优先课题。

随着相关学科的不断发展和进步,以及与传感器网络相关项目取得进展的同时,其应用也从军用转向民用。在森林火灾、洪水监测之类的环境应用中,在人体生理数据监测、药品管理之类的医疗应用中,在家庭环境的智能化应用以及商务应用中都已出现了它的身影。这时的传感器网络同时还具有了获取多种信息信号的综合处理能力,并通过与传感控制器的相联,组成了有信息综合和处理能力的传感器网络,现场总线技术也开始应用于传感器网络,人们用其组建智能化传感器网络,大量多功能传感器被运用,并使用无线技术连接,无线传感器网络逐渐形成。

加拿大、英国、德国、芬兰、日本和意大利等发达国家的研究机构较早加入了传感器网络的研究。英特尔公司、波音公司、摩托罗拉公司及西门子公司等在内的许多公司都在研究这项技术。中国科学院上海微系统研究所、沈阳自动化所、软件研究所、计算所、电子所、自动化所和合肥智能技术研究所等科研机构,以及哈尔滨工业大学、清华大学、北京邮电大学、北京科技大学等院校也在国内较早开展了传感器网络的研究。

目前,无线传感器网络的商业化应用也已逐步兴起。为满足广大研究人员及工业领域对该项技术研究和应用的迫切需要,近些年,以美国 Crossbow 公司为代表的高科技公司,借助顶尖高校的科研力量,迅速推出无线传感器网络系列配套产品,以其功能多、体积小、质量小、开发方便等特点,得到世界各国科技工作者和工业界人士的青睐。以这类产品为基础所开发的实验、实用系统逐年增多。例如, Crossbow 公司利用 Smart Dust 项目的

成果开发出了名为 Mote 的智能传感器网络节点,还有用于研究机构二次开发的 Mote-WorkTM 开发平台。这些产品都很受使用者欢迎。

如果说因特网构成了逻辑上的信息世界,改变了人与人之间的沟通方式,那么无线传感器网络就是将逻辑上的信息世界与客观上的物理世界融合在一起,改变人类和自然界的交互方式。美国商业周刊和 MIT 技术评论在预测未来技术发展的报告中,已分别将无线传感器网络列为 21 世纪最有影响的 21 项技术和改变世界的 10 大技术之一。

1.1 传感器网络体系结构

1.1.1 传感器网络结构

传感器网络结构如图 1-1 所示,传感器网络系统通常包括传感器网络节点 (Sensor Node)、汇聚节点 (Sink Node) 和管理节点。大量传感器网络节点随机部署在监测区域 (Sensor Field) 内部或附近,具有无线通信与计算能力的微小传感器网络节点通过自组织方式构成的能根据环境自主完成指定任务的分布式智能化网络系统,并以协作的方式实时感知、采集和处理网络覆盖区域中的信息,最后通过多跳网络将数据经由 Sink 节点链路将整个区域内的信息传送到远程控制管理节点。反之,远程管理节点也可以对网络节点进行实时控制和操纵。

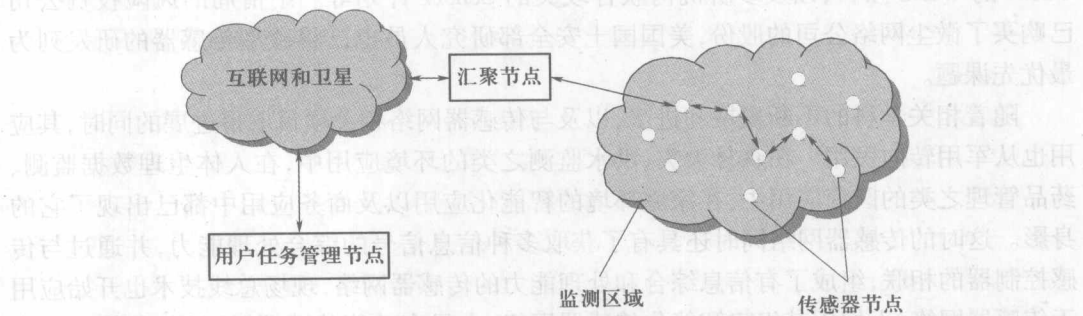


图 1-1 传感器网络体系结构

1.1.2 传感器网络节点

传感器网络节点是无线传感器网络中部署到研究区域中孕育收集和转发信息、写作完成指定任务的对象。每个节点上运行的程序可以是完全相同的,唯一不同的是其 ID。

传感器网络节点由传感器模块、处理器模块、无线通信模块和能量供应模块四部分组成,如图 1-2 所示。传感器模块负责监测区域内的信息的采集和数据转换;处理器模块负责控制整个传感器网络节点的操作、存储和处理本身采集的数据以及其他节点发来的数据;无线通信模块负责与其他传感器网络节点进行无线通信、交换控制信息和收发采集数据;能量供应模块为传感器网络节点提供运行所需要的能量。

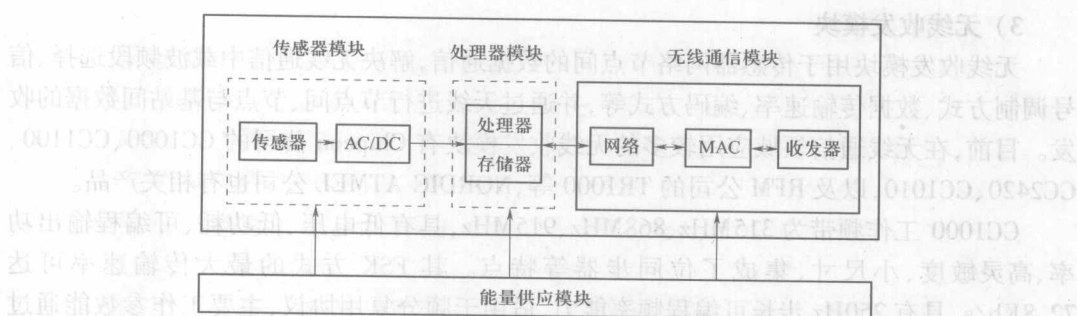


图 1-2 传感器网络节点组成

1) 传感器模块

传感器模块是硬件平台中真正与外部信号量接触的模块,一般包括传感器探头和变送系统两部分,探头采集外部的温度、光度和磁场等需要传感的信息,将其送入变送系统,后者完成将上述物理量转化为系统可以识别的原始电信号,并且通过积分电路、放大电路的整形处理,最后经过 A/D 转换成数字信号送处理器模块。

对于不同的探测物理量,传感器模块将采用不同的信号处理方式。因此,对于温度、湿度、光度、声音等不同的信号量,需要设计相应的检测与传感器电路,同时,需要预留相应的扩展接口,以便于扩展传感等更多的物理信号量。

2) 处理器模块

处理器模块是无线传感器网络节点的核心,负责整个节点的设备控制、任务分配与调度、数据整合与传输等多个关键任务,考虑无线传感器网络的实际特点,作为硬件平台的中心模块,除了应具备一般单片机的基本性能外,还应该有适合整个网络需要的特点。

(1) 尽可能高的集成度。受外形尺寸限制,模块必须能够集成更多的节点的关键部件。

(2) 尽可能低的能源消耗。处理器的功耗一般很大,而在无线网络中,没有持续的能源供给,这就要求节点的设计必须将节能作为一个重要因素来考虑。

(3) 尽量快的运行速度。网络对节点的实时性要求很高,要求处理器的实时处理能力要强。

(4) 尽可能多的 I/O 和扩展接口。多功能的传感器产品是发展的趋势,而在前期设计中,不可能把所有的功能包括进来,这就要求系统有很强的可扩展性。

(5) 尽可能低的成本。如果传感器网络节点成本过高,必然会影响网络化的布局。

目前,处理器模块中使用较多的是 ATMELE 公司的 AVR 系列单片机,它采用 RISC 结构,吸取了 PIC 及 8051 单片机的优点,具有丰富的内部资源和外部接口。集成度方面,其内部集成了几乎所有关键部件;指令执行方面,微控制单元采用 Harvard 结构,因此,指令大多为单周期;能源管理方面,AVR 单片机提供了多种电源管理方式,尽量节省节点能源;可扩展性方面,提供了多个 I/O 口,并且和通用单片机兼容,另外,AVR 系列单片机提供的 USART(通用同步异步收发器)控制器、SPI(串行外围接口)控制器,与无线收发模块相结合,实现了大吞吐量、高速率的数据收发。此外,TI 公司的 MSP430 超低功耗处理器、摩托罗拉公司和 Renesas 公司的处理器以及作为 32 位嵌入式处理器的 ARM 单片机,都在无线传感器网络方面得到了广泛应用。