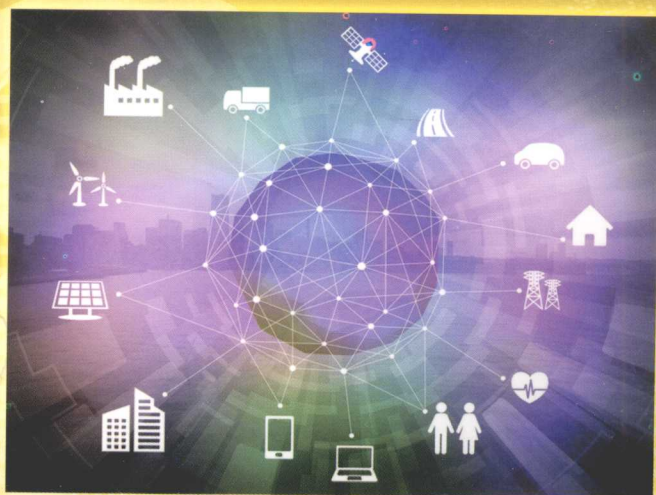


“十三五”国家重点出版物出版规划项目

高等教育规划教材

无线传感器网络 技术与应用

张蕾 主编



提供电子教案

<http://www.cmpedu.com>



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



“十三五”国家重点出版规划项目
高等教育规划教材

无线传感器网络技术与应用

张 蕾 主编



机械工业出版社

本书主要内容包括无线传感器网络的网络与通信技术协议栈, IEEE 802.15.4 标准和 ZigBee 协议, 以覆盖技术、时间同步技术、定位技术、数据管理技术、目标跟踪技术、安全技术等为支撑的无线传感器网络应用, 无线传感器网络的国内外标准、无线传感器网络的软/硬件设计, 以及无线传感器网络在智能家居、智能温室系统和远程医疗监护系统中的应用。本书最后是工程实验指导, 均给出了完整的实现细节。

本书可以作为普通本科高等院校、高等职业技术学院的计算机网络、通信技术、智能技术等专业的教材, 也可以作为计算机、通信、建筑电气、网络管理等领域的工程技术人员和从事智能建筑等工作的技术人员的参考书。

本书配有授课电子课件, 需要的教师可登录 www.cmpedu.com 免费注册, 审核通过后下载, 或联系编辑索取 (QQ: 2850823885, 电话: 010-88379739)。

图书在版编目 (CIP) 数据

无线传感器网络技术与应用 / 张蕾主编. —北京: 机械工业出版社, 2016.6
高等教育规划教材

ISBN 978-7-111-53736-6

I. ①无… II. ①张… III. ①无线电通信—传感器—高等学校—教材
IV. ①TP212

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2016) 第 099460 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: 郝建伟 责任编辑: 郝建伟

责任校对: 张艳霞 责任印制: 常天培

唐山三艺印务有限公司印刷

2016 年 7 月第 1 版·第 1 次印刷

184mm×260mm·12.5 印张·300 千字

0001—3000 册

标准书号: ISBN 978-7-111-53736-6

定价: 35.00 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

服务咨询热线: (010) 88379833

读者购书热线: (010) 88379649

封面防伪标均为盗版

网络服务

机工官网: www.cmpbook.com

机工官博: weibo.com/cmp1952

教育服务网: www.cmpedu.com

金书网: www.golden-book.com

出版说明

当前,我国正处在加快转变经济发展方式、推动产业转型升级的关键时期。为经济转型升级提供高层次人才,是高等院校最重要的历史使命和战略任务之一。高等教育要培养基础性、学术型人才,但更重要的是加大力度培养多规格、多样化的应用型、复合型人才。

为顺应高等教育迅猛发展的趋势,配合高等院校的教学改革,满足高质量高校教材的迫切需求,机械工业出版社邀请了全国多所高等院校的专家、一线教师及教务部门,通过充分的调研和讨论,针对相关课程的特点,总结教学中的实践经验,组织出版了这套“高等教育规划教材”。

本套教材具有以下特点:

1)符合高等院校各专业人才的培养目标及课程体系的设置,注重培养学生的应用能力,加大案例篇幅或实训内容,强调知识、能力与素质的综合训练。

2)针对多数学生的学习特点,采用通俗易懂的方法讲解知识,逻辑性强、层次分明、叙述准确而精炼、图文并茂,使学生可以快速掌握,学以致用。

3)凝结一线骨干教师的课程改革和教学研究成果,融合先进的教学理念,在教学内容和方法上做出创新。

4)为了体现建设“立体化”精品教材的宗旨,本套教材为主干课程配备了电子教案、学习与上机指导、习题解答、源代码或源程序、教学大纲、课程设计和毕业设计指导等资源。

5)注重教材的实用性、通用性,适合各类高等院校、高等职业学校及相关院校的教学,也可作为各类培训班教材和自学用书。

欢迎教育界的专家和老师提出宝贵的意见和建议。衷心感谢广大教育工作者和读者的支持与帮助!

机械工业出版社

前 言

无线传感器网络是信息科学领域的一个全新发展方向，是物联网的支撑技术之一。传感器技术在遥控、监测、传感和智能化等高科技应用领域中发挥着重要作用。目前从全球总体情况看，美国、日本、德国等少数经济发达国家占据了传感器市场优势地位，发展中国家所占份额还相对较少。由于市场需求的不断增长，全球传感器技术市场一直保持快速增长。随着网络和通信技术的进步，无线数据传输与控制的无线传感器网络（WSN）技术脱颖而出，成为传感技术领域的一大亮点，在智能领域中有着十分广阔的应用空间。

为进一步增强传感器及智能化仪表产业的创新力和国际竞争力，推动传感器及智能化仪表产业创新、持续协调发展。2013年，国务院办公厅发布了《国务院关于推进物联网有序健康发展的指导意见》，其中着重提出“加强低成本、低功耗、高精度、高可靠、智能化传感器的研发与产业化，着力突破物联网核心芯片、软件、仪器仪表等基础共性技术，加快传感器网络、智能终端、大数据处理、智能分析、服务集成等关键技术研发创新”。工业和信息化部、科技财政国家标准管理委员会组织制定了《加快推进传感器及智能化仪表产业发展行动计划》。此外，工业和信息化部、国家发展和改革委员会等14个部门联合发布了10个物联网发展专项行动计划，其中物联网政府扶持专项行动计划、物联网技术研发专项行动计划和物联网标准研制专项行动计划都对传感器的发展提出了明确的发展目标和要求。因此，国内相关高校纷纷将无线传感器网络技术列入物联网工程专业及智能化工程专业的必修课程中。

本书作为普通高校本科生无线传感器网络课程的基础教材，旨在帮助读者对无线传感器网络技术及应用的重点、难点和未来走向有一定的认识和理解。本书也可以为对无线传感器网络感兴趣的工程类和计算机专业读者提供技术参考。希望更多学生和科技爱好者参与到无线传感器网络相关的研究和开发工作中来，从而更广泛地推动我国无线传感器网络和智能化工程的基础建设。本书反映了无线传感器网络领域的新技术和成果，采用理论与实际并进的编写模式。

本书由从事无线传感器网络教学科研的教师和技术人员合作编写。本书共分为8章，具体分工如下：第1章由宋军编写；第2、3、4、6章由张蕾编写；第5章由张昱编写；第7、8章由吕召勇编写。全书由张蕾主编并统稿。

在本书的编写过程中，北京建筑大学郝莹教授、赵春晓教授、衣俊艳副教授，北京邮电大学田辉教授、胡铮副教授以及诸多同事给予了支持和帮助，在此表示衷心的感谢。本书参考了大量书刊资料，并引用了部分资料，在此向这些书刊资料的作者表示诚挚的谢意。

由于编者水平有限，书中难免会有不妥之处，恳请各位读者和同仁批评指正，提出宝贵的建议和意见。

编 者

目 录

出版说明

前言

第 1 章 无线传感器网络	1	2.3.1 MAC 概述	26
1.1 无线传感器网络概述	1	2.3.2 基于竞争的 MAC 协议	27
1.1.1 发展历程	2	2.3.3 基于时分复用的 MAC 协议	29
1.1.2 定义	3	2.3.4 其他类型的 MAC 协议	30
1.2 无线传感器网络的应用领域	4	2.4 ZigBee	32
1.2.1 军事	5	2.4.1 ZigBee 与 IEEE 802.15.4 的 分工	32
1.2.2 农业	5	2.4.2 ZigBee 与 IEEE 802.15.4 的 区别	33
1.2.3 医疗	6	2.4.3 ZigBee 协议框架	34
1.2.4 建筑工程与建筑物	7	2.4.4 ZigBee 技术的特点	34
1.2.5 智能建筑与市政建设管理	7	2.4.5 网络层规范	35
1.3 无线传感器网络的特点	9	2.4.6 应用层规范	36
1.3.1 系统特点	9	2.5 拓扑控制	37
1.3.2 技术特点	9	2.5.1 拓扑控制概述	37
1.4 无线传感器网络的关键 技术	10	2.5.2 功率控制技术	39
1.4.1 技术组成	11	2.5.3 层次型拓扑结构控制	40
1.4.2 面临的挑战	12	2.6 路由协议	42
本章习题	13	2.6.1 路由协议概述	43
第 2 章 网络与通信技术	14	2.6.2 平面路由协议	44
2.1 体系结构	14	2.6.3 分簇路由协议	45
2.2 物理层	16	2.6.4 其他路由协议	47
2.2.1 物理层概述	16	2.7 覆盖技术	48
2.2.2 链路特性	21	2.7.1 覆盖的评价标准	48
2.2.3 物理层设计	22	2.7.2 覆盖的分类	49
2.2.4 低速物理层	23	2.7.3 覆盖算法	50
2.2.5 中高速物理层	24	本章习题	51
2.3 数据链路层	25		

第 3 章 管理技术	52	4.4 密钥管理	99
3.1 时间同步技术	52	4.4.1 预共享密钥分配模型	100
3.1.1 时间同步概述	53	4.4.2 随机密钥预分配模型	101
3.1.2 影响时间同步的关键因素	54	4.4.3 基于位置的密钥预分配模型	107
3.1.3 时间同步机制的基本原理	55	4.4.4 其他的密钥管理方案	108
3.1.4 同步算法	57	4.5 入侵检测技术	108
3.2 定位技术	62	4.5.1 入侵检测技术概述	109
3.2.1 定位技术概述	63	4.5.2 入侵检测技术的分类	110
3.2.2 基于距离的定位	64	4.5.3 入侵检测体系框架	110
3.2.3 与距离无关的定位	66	4.5.4 三种入侵检测方案的工作原理	111
3.3 数据管理技术	71	本章习题	114
3.3.1 数据管理概述	71	第 5 章 技术标准	115
3.3.2 系统结构	72	5.1 国内标准	115
3.3.3 数据存储与索引技术	73	5.2 无线传感器网络标准工作组	116
3.3.4 查询处理技术	76	5.2.1 WGSN 工作组简介	117
3.4 目标跟踪技术	77	5.2.2 WGSN 标准框架	117
3.4.1 目标跟踪概述	78	5.3 ISO/IEC JTC1 WG7 标准	119
3.4.2 目标跟踪的主要技术	80	5.3.1 ISO/IEC JTC1 WG7 标准工作组简介	119
3.4.3 几种目标跟踪算法中的节点调度策略	82	5.3.2 ISO/IEC JTC1 WG7 标准框架	119
本章习题	88	5.4 无线传感器网络相关标准	120
第 4 章 安全技术	89	5.4.1 ISO 系列相关标准	120
4.1 无线传感器网络安全问题概述	89	5.4.2 IEC 系列相关标准	121
4.2 无线传感器网络安全分析	91	5.4.3 ITU-T 系列相关标准	122
4.2.1 安全性目标和挑战	92	5.4.4 IEEE 802.15 系列相关标准	122
4.2.2 安全体系结构	94	5.4.5 IEEE 1451 系列相关标准	123
4.3 无线传感器网络协议栈的安全	95	5.4.6 IEEE 1588 相关标准	124
4.3.1 物理层的攻击与安全策略	95	5.4.7 ISA100 相关标准	124
4.3.2 链路层的攻击与安全策略	97		
4.3.3 网络层的攻击与安全策略	97		
4.3.4 传输层和应用层的安全策略	98		

5.4.8 ZigBee 联盟标准	125	7.2 智能温室系统	147
5.4.9 IETF 相关标准	125	7.2.1 需求分析	147
5.4.10 OGC OpenGIS 相关标准	126	7.2.2 系统架构	148
本章习题	127	7.2.3 功能模块	149
第 6 章 软、硬件设计与测试	128	7.2.4 软件设计与评测	150
6.1 传感器节点的分类	129	7.3 智能化远程医疗监护系统	152
6.1.1 标量感知节点	129	7.3.1 需求分析	152
6.1.2 媒体感知节点	130	7.3.2 系统架构	153
6.2 传感器节点硬件设计	130	7.3.3 功能模块	154
6.2.1 节点的设计原则	130	7.3.4 软件设计与评测	156
6.2.2 节点的硬件设计	131	本章习题	160
6.3 网络开发测试平台技术	135	第 8 章 工程实验指导	161
6.3.1 操作系统	135	8.1 建立一个简单的实验工程	161
6.3.2 WSN 专用的软件开发平台 TinyOS	136	8.2 看门狗定时器实验	165
本章习题	141	8.3 液晶 LCD 显示	167
第 7 章 典型应用设计	142	8.4 温度传感器数据读取及 LCD 显示实验	170
7.1 智能家居系统	142	8.5 无线点亮 LED 灯实验	173
7.1.1 相关技术	143	8.6 点对点无线通信实验	177
7.1.2 需求分析	143	附录 CC2530 芯片简介	185
7.1.3 系统架构	144	参考文献	192
7.1.4 功能模块	144		
7.1.5 软件设计与评测	146		

第1章 无线传感器网络

物联网是新一代信息技术的重要组成部分，作为物联网神经末梢的无线传感器网络也日益凸显其重要作用。随着无线通信、传感器、嵌入式计算机及微机电技术的飞速发展和相互融合，具有感知能力、计算能力和通信能力的微型传感器开始在各领域得到应用，这些微型传感器所构建的无线传感器网络可以通过各类高度集成化的微型传感器密切协作，实时监测、感知和采集各种环境或检测对象的信息，以无线方式传送，并以自组织多跳的网络方式传送到用户终端，从而实现物理世界、计算机世界及人类社会的连通。

无线传感器网络是由一组传感器节点以自组织的方式构成的有线或无线网络，其目的是协作地感知、采集和处理网络覆盖的地理区域中感知对象的信息，并发布给观察者。针对每个具体应用来研究传感器网络技术，这是无线传感器网络设计不同于传统网络的显著特征。

无线传感器网络作为物联网的重要组成部分，其应用涉及人类日常生活和社会生产活动的许多领域。无线传感器网络不仅在工业、农业、军事、环境、医疗等传统领域具有巨大的应用价值，还将在许多新兴领域体现其优越性，如家用、保健、交通等。可以预见，未来无线传感器网络将无处不在，将更加密切地融入人类生活的方方面面。

1.1 无线传感器网络概述

无线传感器网络（Wireless Sensor Network, WSN）是新兴的下一代网络，被认为是21世纪最重要的技术之一。传感器设计、信息技术以及无线网络等领域的快速进步，为无线传感器网络的发展铺平了道路。传感器通过捕获和揭示现实世界的物理现象，将其转换成一种可以处理、存储和执行的形式，从而将物理世界与数字世界连接起来。传感器已经集成到众多设备、机器和环境中，产生了巨大的社会效益。无线传感器网络可以把虚拟（计算）世界与现实世界以前所未有的规模结合起来，并开发大量实用型的应用，包括保护民用基础设施、精准农业、有毒气体检测、供应链管理、医疗保健和智能建筑与家居等诸多方面。

然而，无线传感器网络的应用与设计也面临着严峻的挑战，因为其所需知识包



括了电子、计算机工程和计算机科学领域的几乎所有研究方向。同时，无线传感器网络也是很多科研项目和研究论文的关注点。

1.1.1 发展历程

无线传感器网络研究的初期是在军事领域。1978年，美国国防部高级研究计划局（DARPA）举办了分布式传感器网络研讨会，会议重点关注了传感器网络研究的挑战，包括网络技术、信号处理技术以及分布式算法等，对无线传感器网络的基本思路进行了探讨。DARPA开始资助卡耐基梅隆大学进行分布式传感器网络的研究，该分布式传感器网络被看成无线传感器网络的雏形。1980年，DARPA启动了分布式传感器网络计划，后来又启动了传感器信息技术 SensIT 项目。

20世纪80~90年代，无线传感器网络的研究主要集中在军事领域，成为网络战的关键技术；从90年代中期开始，美国和欧洲等发达国家和地区先后开始了大量的关于无线传感器网络的研究工作。

1993年，美国加州大学洛杉矶分校与洛克韦尔科学中心（Rockwell Science Center）合作开始了无线集成网络传感器（Wireless Integrated Network Sensors, WINS）项目，其目的是将嵌入在设备、设施和环境中的传感器、控制器和处理器建成分布式网络，并能够通过 Internet 进行访问，这种传感器网络已多次在美军的实战环境中进行了试验。1996年发明的低功率无线集成微型传感器（LWIM）是 WINS 项目的成果之一。

2001年，美国陆军提出了“灵巧传感器网络通信”计划，其基本思想是在整个作战空间中放置大量的传感器节点来收集敌方的数据，然后将数据汇集到数据控制中心融合成一张立体的战场图片。当作战组织需要时，就可以及时地发送给他们，使其及时了解战场上的动态，并以此及时调整作战计划。稍后美军又提出了“无人值守地面传感器群”项目，其主要目标是使基层部队人员具备在他们希望部署传感器的任何地方部署的灵活性。部署的方式依赖于需要执行的任务，指挥员可以将多种传感器进行最适宜的组合来满足任务需求。该计划的一部分就是研究哪种组合最优，可以最有效地部署，并满足任务需求。

在工商业领域中，1995年美国交通部提出了“国家智能交通系统项目规划”，该计划试图有效地集成先进的信息技术、数据通信技术、传感器技术、控制技术、计算机处理技术，并应用于整个地面交通管理，建立一个大范围、全方位、实时高效的综合交通运输管理系统。该系统有效地使用传感器网络进行交通管理，对车速、车距进行控制，还能提供道路通行状况信息、最佳的行驶路线，发生交通事故时可以自动联系事故抢救中心。

随着无线传感器网络研究的不断深入，其应用领域也越来越广泛。2002年5月，



美国能源部与美国 Sandia 国家实验室合作, 共同研究用于地铁、车站等场所的防范恐怖袭击的对策系统。该系统融检测有毒的、奇特的化学传感器和网络技术于一体, 传感器一旦检测到某种有害物质, 就会自动向管理中心通报, 并自动采取急救措施。2002 年 10 月, 美国英特尔公司公布了“基于微型传感器网络的新型计算发展规划”。该计划显示出英特尔公司将致力于微型传感器网络在预防医学、环境监测、森林防火乃至海底板块调查、行星探查等领域的广泛研究并投入应用。美国国家自然科学基金委员会 (ANSFC) 于 2003 年制定了传感器网络研究计划, 投资 3400 万美元, 在加州大学成立了传感器网络研究中心, 并联合加州大学伯克利分校和南加州大学等科研机构进行相关基础理论的研究。

对传感器的应用程度能够大体反映出国家的科技经济实力。目前, 从全球总体情况来看, 美国、日本等少数经济发达国家占据了传感器市场 70% 以上份额, 发展中国家所占份额相对较少。其中, 市场规模最大的 3 个国家分别是美国、日本、德国, 分别占据了传感器市场整体份额的 29.0%、19.5%、11.3%。未来, 随着发展中国家经济的持续增长, 对传感器的研究与应用的需求也将大幅增加。

我国在 20 世纪 80~90 年代将传感器技术列入国家重点攻关项目, 开展了以机械、力敏、气敏、湿敏、生物敏为主的五大敏传感技术研究。但是对无线传感器网络的研究起步较晚, 首次正式启动出现于 1999 年中国科学院《知识创新工程重点领域方向研究》的“信息与自动化领域研究报告”中, 无线传感器网络是该领域的五大重点项目之一。20 世纪 90 年代后期和 21 世纪初, 出现了基于现场总线技术的智能传感器网络。该网络采用现场总线连接传感控制器, 构建局域网络, 其局部测控网络通过网关和路由器可以实现与 Internet 无线连接, 引起了国家建设和管理领域的重视。

近年来, 中国科学院、清华大学、南京大学、北京邮电大学等一批高校对无线传感器网络展开了相关的研究, 并且取得了一定的研究成果。无线传感器技术智能化研究与应用水平不断提升, 逐步接近世界水平。

1.1.2 定义

无线传感器网络是由部署在监测区域内大量的廉价微型传感器通过无线通信方式形成的一个多跳的自组织的网络系统, 其目的是协作地感知、采集和处理网络覆盖区域中被感知对象的信息, 并经过无线网络发送给观察者。传感器、感知对象和观察者构成了无线传感器网络的三个要素。无线传感器网络体系结构如图 1-1 所示。

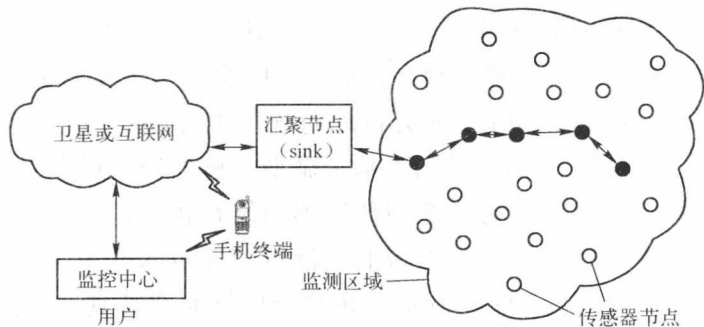


图 1-1 无线传感器网络体系结构

无线传感器网络系统通常包括传感器节点 (sensor)、汇聚节点 (sink node) 和管理节点。大量传感器节点随机部署在监测区域 (sensor field) 内部或附近, 能够通过自组织方式构成网络。传感器节点监测的数据沿着其他传感器节点逐跳地进行传输, 在传输过程中监测数据可能被多个节点处理, 经过多跳后路由到汇聚节点, 最后通过 Internet 或卫星到达管理节点。用户通过管理节点对传感器网络进行配置和管理, 发布监测任务以及收集监测数据。传感器网络技术的发展过程见表 1-1。

表 1-1 传感器网络技术的发展过程

年代	连接	覆盖
1965~1979	直接连接	点覆盖
1980~1994	接口连接	线覆盖
1995~2004	总线连接	面覆盖
2005~至今	网络连接	域覆盖

无线传感器网络节点的组成和功能包括以下 4 个基本单元。

1) 传感单元: 由传感器和模/数转换功能模块组成, 传感器负责对感知对象的信息进行采集和数据转换。

2) 处理单元: 由嵌入式系统构成, 包括 CPU、存储器、嵌入式操作系统等。处理单元负责控制整个节点的操作, 存储和处理自身采集的数据以及传感器其他节点发来的数据。

3) 通信单元: 由无线通信模块组成, 无线通信负责实现传感器节点之间以及传感器节点与用户节点管理控制节点之间的通信, 交互控制消息和收/发业务数据。

4) 电源部分。

此外, 可以选择的其他功能单元包括定位系统、运动系统以及发电装置等。

1.2 无线传感器网络的应用领域

无线传感器网络有着极其广阔的应用领域, 大到卫星定位, 小到购物防盗码。



1.2.1 军事

无线传感器网络最早就是从军事应用起步的。在战争中,指挥员往往需要及时、准确地了解部队、武器装备和军用物资供给的情况,铺设的无线传感器网络将采集相应的信息,并通过汇聚节点将数据送至指挥所,再转发到指挥部,最后融合来自各战场的的数据形成完备的战区态势图。在战争中,对冲突区和军事要地的监视也是至关重要的,通过铺设传感器网络,以更隐蔽的方式近距离地观察敌方的布防;当然也可以直接将传感器节点撒向敌方阵地,在敌方还未来得及反应时迅速收集利于作战的信息。无线传感器网络也可以为火控和制导系统提供准确的目标定位信息。在生物和化学战中,利用无线传感器网络及时、准确地探测爆炸中心,将会为军方提供宝贵的反应时间,从而最大可能地减少伤亡,同时也可避免核反应部队直接暴露在核辐射的环境中。无线传感器网络已成为美国网络中心战体系中面向武器装备的网络系统,是其侦查(C4KISR)系统的重要组成部分。该系统的目标是利用先进的高科技技术,为未来的现代化战争设计一个集命令、控制、通信、计算、智能、监视、侦查和定位于一体的战场指挥系统,因此受到了军事强国的普遍重视。

美国国防部较早开始启动无线传感器网络的研究,将其定位为指挥、控制、通信、计算机、打击、情报、监视、侦查系统不可缺少的一部分。自2001年起,DARPA已投资几千万美元,帮助大学进行“智能尘埃”传感器技术的研发。美陆军2001年提出了“灵巧传感器网络通信”计划,旨在通过在战场上布置大量传感器为参战人员搜集和传输信息。2005年又确立了“无人值守地面传感器群”项目,其主要目标是使基层部队指挥员根据需要能够将传感器灵活部署到任何区域。而“传感器组网系统”研究项目,其核心是一套实时数据库管理系统,对从战术级到战略级的传感器信息进行管理。

美国军方采用Crossbow公司的节点构建了枪声定位系统,节点部署于目标建筑物周围,系统能够有效地自组织构成监测网格,监测突发事件(如枪声、爆炸等)的发生,为救护、反恐提供了有力的帮助。美国科学应用国际公司采用无线传感器网络构建了一个电子防御系统,为美国军方提供军事防御和情报信息。系统采用多个微型磁力计传感器节点来探测监测区域中是否有人携带枪支、是否有车辆行驶,同时系统利用声音传感器节点监测车辆或者人群的移动方向。

除美国外,日本、英国、意大利、巴西等很多国家也对无线传感器网络的军事应用表现出极大的兴趣,并各自开展了该领域的研究工作。

1.2.2 农业

无线传感器网络的一个重要应用领域是农业。民以食为天,而农业生产的特点



是面积大,植物生长环境因素随机多变,情况复杂。无线传感器网络可以监控农业生产中的土壤、农作物、气候的变化,提供一个配套的管理支持系统,精确监测一块土地并提供重要的农业资源,使农业生产过程更加精细化和自动化。

大量的传感器节点散布到要监测的区域并构成监控网络,通过各种传感器采集信息,以帮助农民及时发现问题,并且准确地确定发生问题的位置。这样,农业将有可能逐渐从以人力为中心、依赖于孤立机械的生产模式转向以信息和软件为中心的生产模式,从而大量使用各种自动化、智能化、远程控制的生产设备。

例如,变量喷药监测系统通过对杂草分布的监测获取杂草分布位置,就可以现场控制喷洒了,不仅可以电动控制喷洒,而且还可以调整除草剂的用量及混合比。在产量监测器的相关设备中都使用了质量流量传感器、湿度传感器和一个GPS接收器等,以便对产量进行远程实时监测;这些传感器能够测量谷物流量的体积或质量(谷物流量传感器)、种子清选机的速度、碾磨速度、谷粒的含水量和穗高。

在加拿大布奥克那根谷的一个葡萄园里,某个管理区域部署了一个无线传感器网络,采用65个节点,布置成网格状,用来监控和获取温度的重大变化(热量总和与冻结温度周期)。在葡萄园中,温度是最重要的参数,它既影响产量又影响品质。酿酒用的葡萄只有在 10°C 以上才会真正生长,更重要的是不同品种的酿酒用葡萄需要不同的热量,也就是不同的区域适宜不同的葡萄生长。该网络的部署主要是为了测量在生长季节里当地温度超过 10°C 的时间,即使管理者在外出或休闲时间也能随时收到相关信息,加强和方便田间管理,提高了作物的质量和产量。

1.2.3 医疗

无线传感器网络也用于多种医疗保健系统中,包括监测患有帕金森病、癫痫病、心脏病的病人,监测中风或心脏病康复者和老人等情况。开发可靠且不易被察觉的健康监护系统,可穿戴在病人身上,医生通过无线传感器网络的预警和报警来及时实施医疗干预,降低了医疗延误,也减轻了人力监护工作强度。

无线传感器网络在医疗卫生和健康护理等方面具有广阔的应用前景,包括对人体生理数据的无线检测、对医院医护人员和患者进行追踪和监控、医院的药品管理和贵重医疗设备放置场所的监测等,被看护对象也可以通过随身装置向医护人员发出求救信号。

无线传感器网络的远程医疗管理使得医生可以对在家养病的病人或在病房外活动的病人进行定位、跟踪,及时获取其生理指标参数,减少了病人就医带来的奔波劳累,也提高了医院病房的利用率。无线传感器网络为未来更发达的远程医疗提供了更加方便、快捷的技术手段。



1.2.4 建筑工程与建筑物

目前, 建筑结构往往呈现复杂化和大型化的特点, 因此大型建筑结构的安全问题引起了人们的高度重视, 科研人员考虑利用无线传感器网络进行大型建筑物的结构安全监测。美国纽约新建的世贸中心 (World Trade Center) 充分运用了无线传感器网络技术对建筑物进行全方位监测的管理, 有综合布线部分, 也有一个看不见的无线传感器网络保护着这座大厦的安全运行。

我国正处在基础设施建设期, 各类大型工程的安全施工及监控是建筑设计单位长期关注的问题。采用无线传感器网络, 可以让大楼、桥梁和其他建筑物能够自身感觉并意识到它们的状况, 使得安装了传感器网络的智能建筑自动告诉管理部门它们的状态信息, 从而可以让管理部门按照优先级进行定期的维修工作。例如, 压电传感器、加速度传感器、超声传感器、湿度传感器等可以有效地构建一个三维立体的防护检测网络, 该系统可用于监测桥梁、高架桥、高速公路等道路环境。

又如, 利用多种智能传感器 (如光纤光栅传感器、纤维增强聚合物、光纤光栅筋及其应变传感器、压电薄膜传感器、形状记忆合金传感器、疲劳寿命丝传感器、加速度传感器等) 进行建筑结构的监测。许多老旧的桥梁、桥墩长期受到水流的冲刷, 传感器能放置在桥墩底部, 用以感测桥墩结构; 也可放置在桥梁两侧或底部, 搜集桥梁的温度、湿度、振动幅度、桥墩腐蚀程度等, 能减少断桥所造成的生命财产损失。

1.2.5 智能建筑与市政建设管理

传统的暖通空调系统 (Heating, Ventilating and Air Conditioning, HVAC) 无法实时监控不同部位的环境信息。将无线传感器网络技术应用到 HVAC 系统中, 在不同空间安装检测环境信息的传感器, 并与空调控制系统合理联通, 构成具有无线传感功能的无线控制网络, 分别按照需求调节环境参数, 不但节能, 而且降低了建筑安装成本, 更加体现了建筑的智能化和人性化。

由于无线传感器网络具有灵活性、移动性和可扩展性且数据采集面广、无需布线等优点, 因此可以在建筑物内灵活、方便地布置各种无线传感器, 依靠分布式传感器组成的无线网络, 获取室内诸多的环境参数, 以实施控制, 来协调并优化各建筑子系统。

在消防联动与安保控制系统中, 无线传感器网络也有广泛的应用前景。采用无线传感器网络技术, 将消防与安保控制系统中各种报警与探测传感器组合, 构建一个具有无线传感器网络功能的新型安保系统, 将大大促进智能建筑的消防联动控制



子系统与安保自动化子系统的网络化、数字化、智能化进程。

无线传感器网络也可用于公共照明控制子系统、给水排水设备控制子系统等各种参数的测量与控制。另外，无线传感器网络在智能家居中有着广阔的应用前景。智能家居系统的设计目标是将住宅中各种家居设备联系起来，使它们能够自动运行、相互协作，为居住者提供尽可能多的便利和舒适，而无线传感器网络技术可以提供一个完美的解决方案。

在市政管理和建设方面，无线传感器网络也发挥着越来越重要的作用。美国早在 1995 年就提出了“国家智能交通系统项目规划”。该计划的目的：有效集成先进的信息技术、数据通信技术、传感器技术、控制技术 & 计算机处理技术并运用于整个地面交通管理，建立一个大范围、全方位的、实时高效的综合交通运输管理系统。该系统可以利用传感器网络进行交通管理，可以监视每一辆汽车的运行状况，有效减少交通事故。

又如，困扰城市的地下通道、交通涵洞和立交桥下的积水问题造成了车辆损失，甚至威胁生命。过去是雨天派人守候，把情况上报。仅北京市就有上百处易积水的区段，派人力现场观察路段墙壁上刻划的积水深度警戒线和积水深度标尺，全人力的控制、预警和调度的工作量很大，环节较多，容易引发问题。研发和使用无线传感器网络控制系统，传感器预警水位，无线传输数据给调度中心，同时联动相关的变频水泵排水，能够使复杂工作变得简便和安全。

无线传感器网络的使用可节约能耗、降低劳动强度、减少操作危险性和节省劳动成本。传感器分类及常用元器件见表 1-2。

表 1-2 传感器分类及常用元器件

分类	元 器 件
温度	热敏电阻、热电偶
压力	压力计、气压计、电离计
光学	光敏二极管、光敏晶体管、红外传感器、CCD 传感器
声学	压电谐振器、传声器
机械	应变计、触觉传感器、电容隔膜、压阻元件
振动	加速度计、陀螺仪、光电传感器
流量	水流计、风速计、空气流量传感器
位置	全球定位系统、超声波传感器、红外传感器、倾斜仪
电磁	霍尔效应传感器、磁强计
化学	pH 传感器、电化学传感器、红外气体传感器
湿度	电容/电阻式传感器、湿度计、湿度传感器
辐射	电离探测器、Geiger-Mueller 计数器