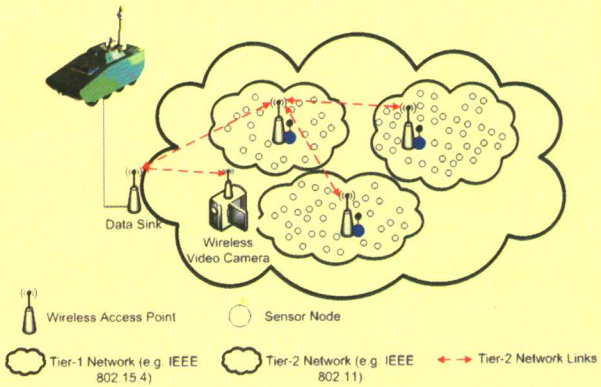
无线传感网技术及其军事应用

张西红 周顺 陈立云 等编著



国防工业出版社
National Defense Industry Press

无线传感网技术及其军事应用

张西红　周　顺　陈立云
高秀峰　于　虎　编著
刘树贵　李永浩

国防工业出版社
·北京·

内 容 简 介

本书系统地介绍了无线传感网的概念、特点、关键技术及其军事应用。内容包括 RFID 标签与传感网的区别与整合，网络安全算法、网络覆盖算法、定位算法、目标检测算法以及容错问题，硬件、软件应用程序设计，并给出一些简单实例。

本书内容新颖，理论与实践相结合，具有很高的学术价值，适合作为高等院校计算机、通信、信息、网络工程等专业的师生和科研人员、工程技术人员的参考用书，还可作为相关领域研究人员了解无线传感网的自学用书。

图书在版编目(CIP)数据

无线传感网技术及其军事应用／张西红等编著. —北京：国防工业出版社，2010.3

ISBN 978-7-118-06661-6

Ⅰ.①无… Ⅱ.①张… Ⅲ.①无线电通信—传感器—应用—军事—高等学校—教材 Ⅳ.①TP212②E919

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 038354 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 100048)

天利华印刷装订有限公司印刷

新华书店经售

*

开本 850×1168　1/32　印张 10¼　字数 268 千字

2010 年 3 月第 1 版第 1 次印刷　印数 1—3000 册　定价 36.00 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

感 谢

国家自然科学基金资助

（项目编号:60672143）

军队立项项目资助

（项目编号:装陆[2009]343）

前　言

传感网是一个全新的技术领域，实现了物与物的互联而被称作“物联网”。它通过射频识别、红外感应器、全球定位系统、激光扫描器等信息传感技术，与互联网结合起来，将物与物连接起来，实现智能识别和管理。当前，世界不少发达国家都提出了与“物联网”相关的信息化战略，加大了这方面投入，研究开发新技术，力图占据领先位置。我国也将这项技术发展列入国家中长期科技发展规划。

2009年8月7日下午，温家宝总理来到中国科学院无锡高新微纳传感网工程技术研发中心考察。在展板前，温家宝总理驻足许久，听取我国传感网发展和应用的汇报。他不时问道，我们的传感网核心技术处于什么样的水平？与世界先进水平有多大差距？中心负责人回答道，我们起步比较早，标准化和技术有一定优势，但不是最领先的。总理听后说，当计算机和互联网产业大规模发展时，我们因为没有掌握核心技术而走过一些弯路。在传感网发展中，要早一点谋划未来，早一点攻破核心技术，至少三件事情可以尽快去做：**一是把传感系统和3G中的TD技术结合起来；二是在国家重大科技专项中，加快推进传感网发展；三是尽快建立中国的传感信息中心，或者叫“感知中国”中心。**

在2010年上海世博会的安全保障中，无线传感网主要用于在一些重要设施和场所对爆炸物、有毒气体等目标进行静态和动态检测。

在核生化战争、核辐射监测中，利用无线传感网及时、准确地探测爆炸中心，将会为我军提供宝贵的反应时间，最大限度地减少伤亡。2009年春运期间，由南京军区某防化技术大队研制的“核

辐射监测无线传感网系统”，在南京大型公共场所部署使用，进行核辐射实时自动监测。据介绍，该系统采用控制与数据处理终端、网关、辐射传感器等构件组网，可容纳65000个节点，作业区域达到200平方千米。

传感（物联）网技术产业联盟筹备工作组目前在京召开会议，计划2010年正式成立传感（物联）网技术产业联盟，工业和信息化部宣布中国传感网标准工作组正式成立，这意味着我国在物联网产业方面的推进正在加快。

信息技术正推动着一场新的军事革命，信息化战争要求作战系统“看得明，反应快，打得准”，谁在信息上取得制信息权，谁就能掌握战争的主动权。无线传感网（WSN）技术以其独特的优势，可以协助实现有效的战场态势感知，能在多种场合满足军事信息获取的实时性、准确性和全面性等需求。

本书是作者近年来从事传感网研究工作的总结，得到了国家自然科学基金项目（项目编号：60672143）和军队科研项目资助。在本书编写过程中，高彦彦、妙文亮、角阳飞、卢伟、朱秀锋、王连国、方锡宁、左彪、陈平、张文学、班北方、王琰、申吉红、张晓博士、殷承浩等参加了全书的资料收集和相关实验及部分章节的编写工作。中国工程院孙玉院士获悉本书即将出版后，指出无线传感网是当前信息技术领域的研究热点，并愿意推荐此书；本书完稿之后，同济大学资深教授、原北京交通大学校长张树京审阅了初稿，提出了若干建议。国防工业出版社王坡麟编辑为本书出版付出了辛勤劳动和汗水，在此一并表示感谢。

由于传感网技术发展迅猛，各种相关新技术不断涌现，同时限于作者的理论水平和实际开发经验，书中难免存在一些错误或不足之处，恳请广大读者和相关专家批评指正。

张西红

2009年11月30日

于解放军军械工程学院

目 录

第1章 概 述

1.1 简 介

1.1.1 无线传感网概述

随着通信网络的快速发展,一个崭新的并且充满挑战的领域——无线传感网(Wireless Sensor Networks,WSN)快速地发展起来了。无线传感节点由微型电子原件组成,具有探测多种信息的能力,例如:温度、湿度、地质特征以及生命特征等。近年来的技术进步使传感网向小型化、高效能、低功耗等方面发展,并且可以在无线电通信领域应用中实现高性价比的批量生产。传感节点具有汇聚、处理和传输信息的能力。因此,凭借其强大的信息操纵能力和密集的配置,被经常比喻成"智能尘埃"。传感网可以在独立的环境下运行,也可以通过网关连接到 Internet,从而真正实现"无处不在的计算"理念。网络结构如图 1-1 所示。

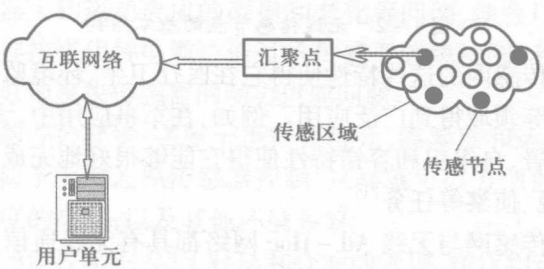


图 1-1 无线传感网结构图

无线传感网是由许多密集分布的传感节点组成的。它具有两个特性:①各传感节点位置随机分布,具有自组织特性;②各节点

将收集到的信息进行本地化处理,共同协作完成数据收集路由任务,具有很好的协作特性。节点是无线传感网中部署到研究区域里用于收集和转发信息、协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。无线传感节点由传感器模块、处理器模块、无线电通信模块和能量供应模块四部分组成,整个机构如图 1-2 所示。目前在无线传感网的研究和实际应用中,较常用的硬件节点是 UC Berkeley 研发的 Mica、Mica2 和 Mica2DOT。而构筑在无线传感节点之上的操作系统大多数采用伯克利(UC Berkeley)专门开发的操作系统——TinyOS。以 TinyOS 为基础,很多应用也应运而生,如查询处理方面的 TinyDB、Cougar 等。

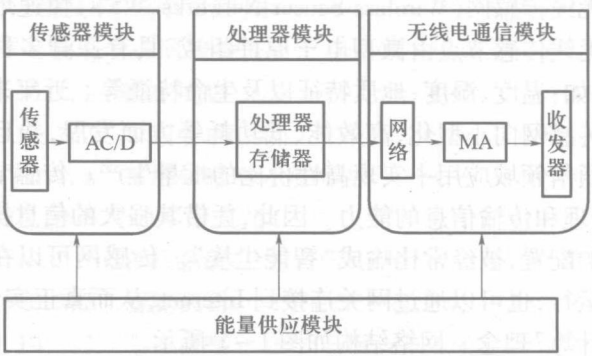


图 1-2 无线传感节点的基本结构

无线传感网的这些特性使得它在医疗卫生、环境监测、军事和智能家庭等领域得到广泛应用。例如:在军事应用中,无线传感网的快速部署、自组织和容错特性使得它能够很好地完成军事控制、通信、监视、侦察等任务[1]。

无线传感网与无线 Ad-Hoc 网络都具有无线通信、自组织等特性,但是它们之间存在着明显的差别:

(1) 无线传感网中的节点数目远远大于无线 Ad-Hoc 网络。

(2) 传感节点的部署密度很高。

(3) 传感节点容易失效,无线传感网拓扑更易变化。

(4) 无线传感网主要使用广播通信技术,而无线 Ad - Hoc 网络则主要使用点到点的通信技术。

(5) 传感节点在能量、计算能力和存储等方面有更多的限制。

(6) 传感节点的路由是基于数据的,所以节点没有全局的 ID。

1.1.2 无线传感网存在的机遇与挑战

1. 机遇

近年来对无线传感网的研究和商业用途正在呈指数增长,跟使用一些昂贵但精度较高的传感器相比,配置大量便宜的传感器具有许多方面的优点,如小型化、低功耗、高分辨率、健壮性好、覆盖范围广、隐蔽性好、配置简单等。最关键的一点就是传感器的配置尽可能地接近潜在问题的发生源以使得获得的数据具有最好的效果和影响。总的来看,无线传感网主要应用于以下几个领域[2]。

1) 普通工程学

汽车的远程信息处理:在汽车上安装传感器和启动器,并将其纳入网络来提高其安全性能和交通效率。

工厂里的保养和维护:复杂的工业机器人通常至少由 200 个传感器组成,并且通过电缆与一台计算机连接。由于电缆价格昂贵并且机器人的运动造成的磨损和老化等问题,使各厂家逐渐地采用无线连接来代替电缆。通过给传感器缠绕线圈,利用感应原理可以很好地解决传感器的动力供应问题。

舒适的办公环境:在屋子里安装灯光、温湿度和运动传感器,以安装在椅子上的遥控传感器控制,这样就可以方便控制空气的流动和温度的高低,以及其他环境参数。

货物的监控状态:用于存储和仓库的管理,在货物运走之前帮助公司监控货物的状态。

社会调研:通过给人安装传感节点可以对人的相互影响以及社会行为进行调研。

安全防护:微加速度传感器在汽车的防撞气袋控制等领域有广泛的用途;社区利用传感器进行火灾、危险气体监测报警等。

2)农业以及环境监控

精确农业:农作物和家畜的管理、肥料的集中精确控制成为现实。

行星探测:对荒凉地区,例如偏僻地区的探测和监督可以实现。

地理探测:通过使用装有加速计的传感网进行大量精确测量可以预测地震活动。

监控淡水质量:由于在水文资料、化学以及生态学参数的复杂的时空可变性以及在一些地区特别是偏远地区和不利条件下取样的复杂性,使水质化学领域对传感器有着非常大的需求。

斑马网络:普林斯顿开展的斑马网络工程目的是跟踪非洲斑马的活动。

生活环境监控:美国伯克利州和亚特兰大大学的研究者在美国缅因州的 Great Duck 岛配置大量传感器用来测量湿度、气压、温度等。

灾难预警:通过密集地配置传感网可以及时地预防森林火灾和洪水以及精确地确定灾害起源的位置。

污染物的运输:对污染程度的评估依赖于 WSN 提供的密集的时间和空间的取样率。

3)民事工程学

结构监控:传感器安装在桥梁上用于监控和预警桥梁结构上的弱点以及检测水库蓄水池中的危险成分。还可监控风、地震对高大房屋的影响,并且对材料的老化进行及时的监控。

城市计划:城市计划者探测地下水的分布图以及城市 CO_2 的排放量。

灾难救援:当大楼被地震夷为平地时,可以通过传感器机器人来探测并确定生命的确切位置。

4）军事上的应用

资产监控和管理：指挥官可以通过监控部队、武器和供给的状态和位置来提高军事指挥、通信、控制和运算的能力。

监视以及战场空间监控：振动传感器可以监控车辆和人员的行动，使我方能近距离地监视敌方的行动。

城市战争：安装在城市大楼里的传感器可以在士兵的手持设备上清楚地显示敌我的行动。通过多个声音传感器的共同计算可以准确地确定狙击手的位置。

防护：通过装备传感器可以将不同类别的入侵者区别对待，进而可以有效地保护原子能工厂、桥梁、通信塔、弹药库等敏感目标的安全。通过在战场预警系统中安装传感器可以保护甚至避免敌方生物和化学武器的袭击。

2. 技术上的挑战

无线传感网带来的机遇是随处可见的。然而，在这些应用成为现实之前一些巨大的挑战必须得以解决。要使我们居住的场所与传感网相结合需要我们对如何在通信网络中连接和管理传感节点的知识有基础性的掌握，并且应采用可以升级和高性价比的方式来组建传感网。显而易见，传感网属于自组网络但又有自组网络所没有的一些特性。自组网络和传感网面临着共同的挑战，例如：能量的限制和路由问题等。另外，普通自组网络的通信模式不同于传感网，对寿命有特殊的要求并且通常包含移动节点。在WSN中，大部分节点都是静态配置的。然而，由一些基本节点组成的网络通常被一些动力强劲的移动节点覆盖。这些被基本传感器控制的节点通常可以移动到目标区域甚至用于军事用途上的监控入侵者[3]。

1）性能挑战

因为目前传感网最大的挑战在于能量供应问题，所以许多研究者致力于从不同方面改进能量的利用率。在传感网中，能量主要消耗在三个方面：数据传输、信号处理以及硬件操作。现在被认为可行的高效方法是最小化网络协议方面的能量需求，以及最小

化用于网络控制和调节的信息传输。

能量效率/系统寿命:传感器是采用电池供电的,这决定了它在能量供应方面所受的限制,因此,必须采取合理的管理方式以提高整个网络的寿命。

潜伏期:大多数传感器应用需要延迟—保证服务。网络协议必须保证探测到的数据在一定的时延内传输给用户。在这方面突出的例子就是传感器—启动器网络。

精确度:获得高精确度是第一位的目标。可以通过节点结合处的监控等手段来提高系统的精确度。比率扭曲理论是评价精确度最好的方法。

容错:对传感器的健壮性和非简装性的判断需要通过冗余和协作处理与通信来完成。

可测量性:因为传感网可能包含上千个节点,因此可测量性作为一个因素来保证网络性能不会随着节点数的增加而下降。

传输能力/吞吐量:探测到的数据需要通过网络中的基站、汇总中心等节点传送出去。而这些节点实质上是通过网络中的所有节点来传送数据的。因此,即便是在平均通信量很低的情况下,通信量在这些临界节点也非常大。显然,这些部位对整个系统的寿命、数据包的传输时延、可测量性等有着极其重要的影响。

安全性:网络必须具有入侵检测和预防的能力,同时具备强大的操作功能来应对故障,因为在很多情况下感应网络节点没有受到抵抗物理操作失误或者攻击的保护。监听、干扰以及接收返回攻击会妨碍或阻止正常工作,因此,必须保证做到出入可控、信息完整、安全保密。

因为能量消耗、传输时延以及吞吐量等问题相互依赖,所以这些问题被紧紧地联系在一起,跨层的设计将取代传统的逐层设计。

2)服务质量挑战

服务质量涉及到网络传输可靠性数据和及时性数据的容量。一个高效率的服务,例如:生产和运输容量通常不能用于满足一个运用延迟的要求,因此,信息的传播速度和信息的产生同样关键。