

无线传感器网络应用系统综述

《电子技术应用》2007年第9期

梁玉芬, 高德云, 牛延超, 霍宏伟

北京交通大学 电子信息工程学院, 北京 100044

2008-03-14

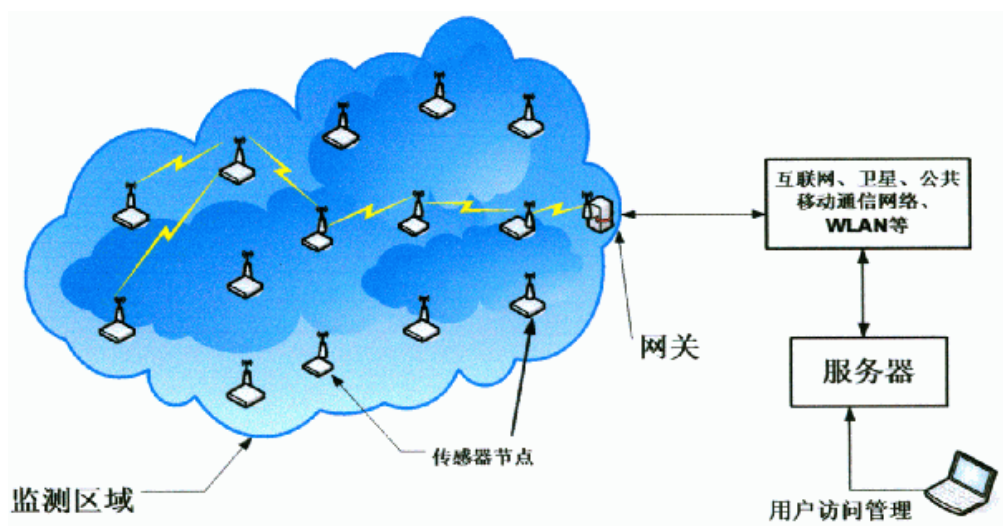
摘要: 介绍了无线传感器网络的系统结构, 列举了无线传感器网络技术在军事、环境监测、建筑物监测、智能交通等应用领域的典型应用实例, 总结了制约无线传感器网络实际应用的因素及目前研究热点。

关键词: 无线传感器网络 应用 综述

无线传感器网络是由部署在监测区域内部或附近的大量廉价的、具有通信、感测及计算能力的微型传感器节点通过自组织构成的“智能”测控网络^{[1][2]}。无线传感器网络在军事、农业、环境监测、医疗卫生、工业、智能交通、建筑物监测、空间探索等领域有着广阔的应用前景和巨大的应用价值, 被认为是未来改变世界的十大技术之一、全球未来四大高技术产业之一。目前, 国内外众多研究机构都已开展了无线传感器网络技术及其应用的相关研究。本文主要针对无线传感器网络在不同领域的应用情况及未来发展趋势和制约因素进行介绍。

无线传感器网络概述

无线传感器网络体系结构如图1所示, 系统通常包括传感器节点、网关和服务器。



传感器节点可以完成环境监测、目标发现、位置识别或控制其他设备的功能; 此外还具有路由、转发、融合、存储其他节点信息等功能。

网关负责连接无线传感器网络和外部网络的通信, 实现两种网络通信协议之间的转换, 发送控制命令到传感器网络内部节点, 以及传送节点的信息到服务器。

服务器用于接收监测区域的数据, 用户可远程访问服务器, 从而获得监测区域内监测目标的状态以及节点和设备的工作情况。无线传感器网络通常具有如下主要特点:

- (1) 自组织。传感器网络系统的节点具有自动组网的功能, 节点间能够相互通信协调工作。
- (2) 多跳路由。节点受通信距离、功率控制或节能的限制, 当节点无法与网关直接通信时, 需要由其他节点转发完成数据的传输, 因此网络数据传输路由是多跳的。
- (3) 动态网络拓扑。在某些特殊的应用中, 无线传感器网络是移动的, 传感器节点可能会因能量消耗完或其他故障而终止工作, 这些因素都会使网络拓扑发生变化。
- (4) 节点资源有限。节点微型化要求和有限的能量导致了节点硬件资源的有限性。

热点专题

- 2008--嵌入式技术创新及应用高峰论坛
- 2008飞思卡尔技术论坛
- Altera公司SOPC World 2008专题报道
- 第十届高交会电子展
- 科技闪耀北京奥运
- ADLINK DAY—2008年量测与自动化技术国际高峰论坛
- 中国电子学会Xilinx杯开放源码硬件创新大赛
- 赛灵思公司Virtex-5系列FPGA
- 3G知识
- IPTV
- 触摸屏技术
- RoHS

杂志精华

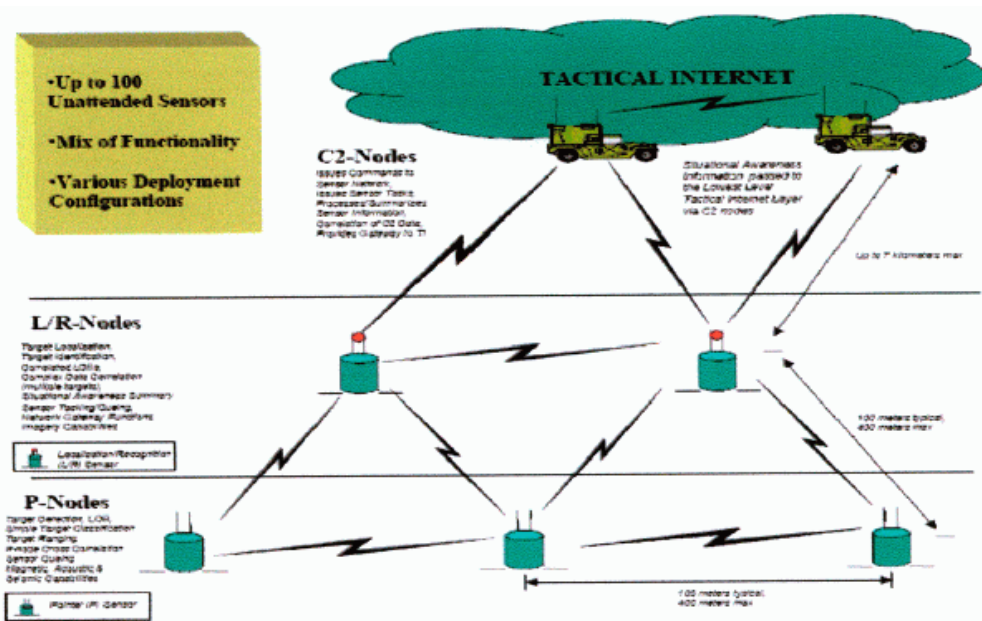
- 基于CC2430的无线传感器...
- 无线传感器网络应用系统综述
- 无线传感器网络在野外测量中的...
- 基于竞争的无线传感器网络
- 用于矿井环境监测的无线传感器...
- 具有自适应通信能力的无线传感...
- 基于传感器网络技术的深孔测径...
- 基于无线传感器网络的家庭安防...
- 基于ATmega128L与C...
- 无线传感器网络中移动节点设备...

传感器网络的应用与具体的应用环境密切相关，因此针对不同的应用领域，存在性能不同的无线传感器网络系统^[3]。

军事领域应用

在军事应用领域，利用无线传感器网络能够实现监测敌军区域内的兵力和装备、实时监视战场状况、定位目标物、监测核攻击或者生物化学攻击等。

美国军方研究的用于军事侦查的NSOF (Networked Sensors for the Objective Force) 系统^[4]是美国军方目前研究的未来战斗系统的一部分，能够收集侦查区域的情报信息并将此信息及时地传送给战术互联网。系统由大约100个静态传感器和用于接入战术互联网的指挥控制节点C2 (command and control) 构成，系统架构如图2所示。



2005年，美国军方采用Crossbow公司节点构建了枪声定位系统^[5]，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络，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^[5]，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。

环境监测应用

无线传感器网络应用于环境监测，能够完成传统系统无法完成的任务。环境监测应用领域包括：植物生长环境、动物的活动环境、生化监测、精准农业监测、森林火灾监测、洪水监测等。

加州大学伯克利分校利用传感器网络监控大鸭岛 (Great Duck Island) 的生态环境^[6]，在岛上部署30个传感器节点，传感器节点采用Berkeley大学的Mica mote^[7]节点，包括监测环境所需的温度、光强、湿度、大气压力等多种传感器。系统采用分簇的网络结构，传感器节点采集的环境参数传输到簇首(网关)，然后通过传输网络、基站、Internet网络传输数据到数据库中。用户或管理员可以通过Internet远程访问监测区域。

加州大学在南加利福尼亚San Jacinto山建立了可扩展的无线传感器网络系统^[8]，主要监测局部环境条件下小气候和植物甚至动物的生态模式。监测区域(25公顷)分为100多个小区域，每个小区域包含各种类型的传感器节点，该区域的网关负责传输数据到基站，系统由多个网关，经由传输网络到Internet互联网。

加州大学伯克利分校利用部署于一颗高70m的红杉树上的无线传感器系统来监测其生存环境^[9]，节点间距2m，监测周围空气温度、湿度、太阳光强(光合作用)等变化。

文献^[10]利用无线传感器网络系统监测牧场中牛的活动，目的是防止两头牛相互争斗。系统中节点是动态的，因此要求系统采用无线通信模式和高数据速率。

在印度西部多山区域监测泥石流部署的无线传感器网络系统^[11]，目的是在灾难发生前预测泥石流的发生，采用大规模、低成本的节点构成网络，每隔预定的时间发送一次山体状况的最新数据。Intel公司利用Crossbow公司的Mote系列节点在美国俄勒冈州的一个葡萄园中部署了监测其环境微小变化的无线传感器网络^[12]。

建筑结构监测

无线传感器网络用于监测建筑物的健康状况，不仅成本低廉，而且能解决传统监测布线复杂、线路老化、易受损坏等问题。

斯坦福大学提出了基于无线传感器网络的建筑物监测系统^[13]，采用基于分簇结构的二层网络系统。传感器节点由EVK915模块和ADXL210加速度传感器构成，簇首节点由Proxi m Range1 LAN2无线调制器和EVK915连接而成。

南加州大学的一种监测建筑物的无线传感器网络系统NETSHM^[14]，该系统除了监测建筑物的健康状况外，并且能够定位出建筑

物受损伤的位置。系统部署于Los Angeles的The Four Seasons大楼内。系统采用分簇结构，采用Mi ca-Z系列节点。

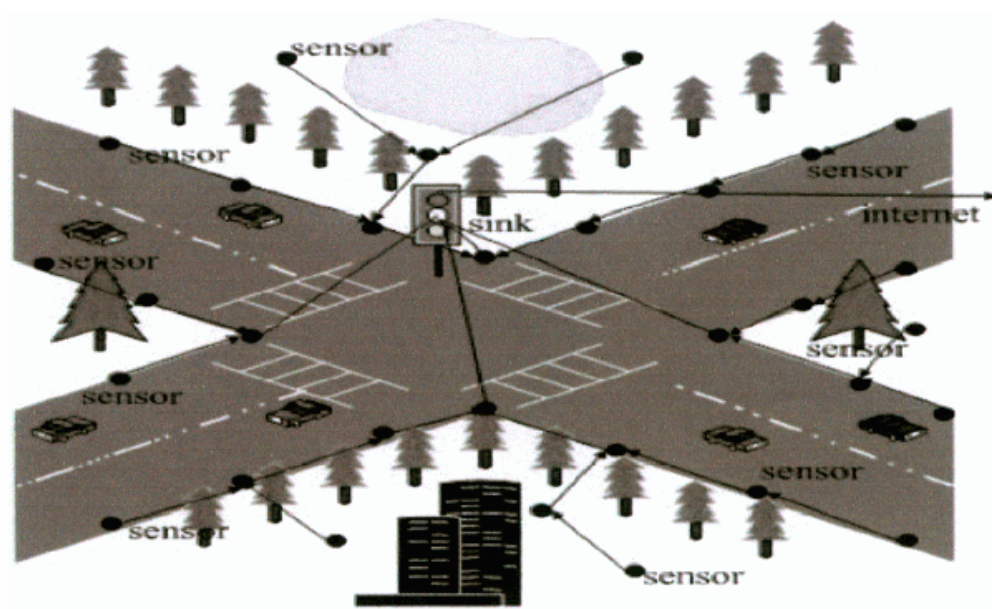
医疗卫生应用

加利福尼亚大学提出了基于无线传感器网络的人体健康监测平台CustMed[15]，采用可佩戴的传感器节点，传感器类型包括压力、皮肤反应、伸缩、压电薄膜传感器、温度传感器等。节点采用加州大学伯克利分校研制、Crossbow公司生产的dot-mote节点，通过放在口袋里的PC机可以方便直观地查看人体当前的情况。

纽约Stony Brook大学针对当前社会老龄化的问题提出了监测老年人生理状况的无线传感器网络系统（Health Tracker 2000），除了监测用户的生理信息外，还可以在生命发生危险的情况下及时通报其身体情况和位置信息。节点采用Crossbow公司的MICA2和MICA2DOT系列节点，采用温度、脉搏、呼吸、血氧水平等类型传感器。

智能交通应用

图3所示为上海市重点科技研发计划中的智能交通监测系统[17]，采用声音、图像、视频、温度、湿度等传感器，节点部署于十字路口周围，部署于车辆上的节点还包括GPS全球定位设备。重点强调了系统的安全性问题，包括耗能、网络动态安全、网络规模、数据管理融合、数据传输模式等。



1995年，美国交通部提出了到2025年全面投入使用的“国家智能交通系统项目规划”。该计划利用大规模无线传感器网络，配合GPS定位系统等资源，除了使所有车辆都能保持在高效低耗的最佳运行状态、自动保持车距外，还能推荐最佳行使路线，对潜在的故障可以发出警告。

中国科学院沈阳自动化所提出了基于无线传感器网络的高速公路交通监控系统，节点采用图像传感器，在能见度低、路面结冰等情况下，能够实现对高速路段的有效监控。

除了上述提到的应用领域外，无线传感器网络还可以应用于工业生产、智能家居、仓库物流管理、空间海洋探索等领域。

无线传感器网络应用的制约因素

无线传感器网络技术的实际应用过程中，主要存在着以下制约因素：

- (1)成本：传感器网络节点的成本是制约其大规模广泛应用的重要因素，需根据具体应用的要求均衡成本、数据精度及能量供应时间。
- (2)能耗：大部分的应用领域需要网络采用一次性独立供电系统，因此要求网络工作能耗低，延长网络的生命周期，这是扩大应用的重要因素。
- (3)微型化：在某些领域中，要求节点的体积微型化，对目标本身不产生任何影响，或者不被发现以完成特殊的任务。
- (4)定位性能：目标定位的精确度和硬件资源、网络规模、周围环境、锚点个数等因素有关，目标定位技术是目前研究的热点之一。
- (5)移动性：在某些特定应用中，节点或网关需要移动，导致在网络快速自组上存在困难，该因素也是影响其应用的主要问题之一。
- (6)硬件安全：在某些特殊环境应用中，例如海洋、化学污染区、水流中、动物身上等，对节点的硬件要求很高，需防止受外界的破坏、腐蚀等。

影响无线传感器网络实际应用的因素很多，而且也与应用场景有关，需要在未来的研究中克服这些因素，使网络可以应用到更多的领域。

目前研究的热点问题

通信协议

(1)物理层通信协议:研究传感器网络的传输媒体、频段选择、调制方式等。

(2)数据链路层协议:研究网络拓扑、信道接入方式,拓扑包括平面结构、分层结构、混合结构以及Mesh结构,信道接入包括固定分配、随机竞争方式或以上两者的混合方式。

(3)网络层协议:即路由协议的研究,路由协议分为平面和集群两种,平面协议节点地位平等,简单易扩展,但缺乏管理;集群路由即分簇为簇首和簇成员,便于管理和维护,研究的热点是集成两种路由方式的优点。

(4)传输层协议:研究提供网络可靠的数据传输和错误恢复机制。

网络管理

(1)能量管理:研究在不影响网络性能的基础上,控制节点的能耗、均衡网络的能量消耗以及动态调制射频功率和电压。

(2)安全管理:研究无线传感器网络的安全问题,包括节点认证、处理干扰信息、攻击信息等。

应用层支撑技术

(1)时间同步:针对网络时间同步要求较高情况的应用,例如基于TDMA的MAC协议和特殊敏感时间监测应用,要求网络时间同步。

(2)定位技术:针对节点定位要求较高情况的应用,基于少数已知节点的位置,研究以最少的硬件资源、最低的成本和能耗定位节点位置的技术。

硬件资源

(1)微型化:基于特定应用的要求,研究微型化的节点。

(2)低成本:在不影响节点性能情况下,研究降低节点硬件的成本。

(3)新型电源:研究太阳能电源及其他大容量可再生电源,解决制约传感器网络发展应用的能耗问题。

本文主要就无线传感器网络的广泛应用进行了探讨,介绍了其在各个领域应用的典型实例,总结了当前制约无线传感器网络实际应用的因素及目前的研究热点。无线传感器网络最终将成为联系信息世界和客观物理世界的接口,从而人类可以通过传感器网络获知客观物理世界的信息并做出相应的措施。

参考文献

[1] 孙利民,李建中,陈渝,等.无线传感器网络[M].北京:清华大学出版社,2005.

[2] 于海斌,曾鹏,梁韦华.智能无线传感器网络体系[M].北京:科学出版社,2006.

[3] KIM E, CHEVROLLIER N, KASPAR D. 6LoWPAN Design and Applications[EB/OL].2007.http://tools.ietf.org/id/draft-ekim-6lowpan-scenar-ios-00.txt

[4] NEMEROFF J, GARCIA L, HAMPLE D, et al. Application of sensor network communication.//Military Communications Conference' 01[C].336~341.

[5] http://www.chengfengtech.com.

[6] MAINWARING A, POLASTRE J, SZEWCZYK R, et al. Wireless sensor networks for habitat monitoring[A]. In the 2002 ACM International Workshop on Wireless Sensor Networks and Applications[C], 2002.

[7] HILL J, CULLER D. A wireless embedded sensor architecture for system-level optimization[R]. UC Berkeley Technical Report, 2002.

[8] SZEWCZYK R, OSTERWEIL E, POLASTRE J, et al. Habitat monitoring with sensor networks. Communications of the ACM, 2004, 47(6): 34-40.

[9] TOLLE G, POLASTRE J, SZEWCZYK R, et al. A macroscope in the redwoods[C].//Proceedings of the 3rd international conference on embedded networked sensor systems.2005.

[10] WARK T, CROSSMAN C, HU W, et al. The design and evaluation of a mobile sensor/actuator network for autonomous animal control.//Proceedings of the 6th international conference on Information processing in sensor networks.2007, 4.

[11] SHETH A, THEKKATH C A., MEHTA P, et al. Senslide: a distributed landslide prediction system. Operating Systems Review, 2007, 41(2): 75-87.

[12] http://www.xbow.com.

[13] KOTTAPALLI V, KIREMIDJIAN A, LYNCH J, et al. Two-tiered wireless sensor network architecture for structural health monitoring[A]. SPIE 10th Annual International Symposium on Smart Structures and Materials[C], 2003.

[14] CHINTALAPUDI K, PAK J, GNAWALI O, et al. Embedded Sensing of Structures: A Reality Check. RTCSA 2005: 95-101.

[15] JAFARI R, ENCARNACAO A, ZAHOORY A, et al. Wireless sensor networks for health monitoring. MobiQuitous 2005: 479-481.

[16] TEAW E, HOU G, GOUZMAN M, et al. A wireless health monitoring system. Proceedings of the 2005 IEEE International Conference on Information Acquisition, 2005.

[17] JIA X Y, WANG C. The security routing research for WSN in the application of Intelligent transport system. Proceedings of the 2006 IEEE International Conference on Mechatronics and Automation, 2006.

关于“[无线传感器网络应用系统综述](#)”，我有如下需求或意向：

用户名: 密码: 验证码:  [欢迎注册](#)

相关应用

- 分级有序路由无线传感器网络的研究与测试
- 静态时序分析在数字集成电路设计中的应用
- 超宽带通信技术及其应用
- USB On-The-Go 在移动领域中的应用
- 生物传感器在体育科学中的应用
- 软交换技术及其应用

《电子技术应用》编辑部版权所有
地址：北京海淀区清华东路25号电子六所大厦
联系电话：82306084 / 82306085 传真：62311179 京ICP备05053646号
推荐分辨率1024*768 IE6.0版本

