

Wireless Sensor Network and its Application Conception in Mine

Wang Man

Department of Spatial Information Science & Engineering, Xiamen University of Technology, Xiamen, China
Email: manwang@xmut.edu.cn

Abstract: A brief outline is given on the concept, features and application of wireless sensor network. The author put forward some typical application conception of the wireless sensor network in mine, such as mine environmental monitoring, inspection of large equipment, mine personnel orientation and target pursuit, roof pressure and roof activities monitoring and mine surface subsidence monitoring. The future of the wireless sensor network application is forecasted.

Keywords: Wireless sensor network; mine environment monitoring; mine safety; digital mine

无线传感器网络及其在矿山中的应用构想

满 旺

厦门理工学院空间信息科学与工程系, 厦门, 中国, 361024
Email: manwang@xmut.edu.cn

摘 要: 简述了无线传感器网络的概念、特点及其应用, 提出无线传感器网络在矿井中的应用构想, 如矿井环境监测、矿井大型设备状态监测、矿井人员定位及目标追踪、矿井顶板压力的监测及矿井地表沉降监测, 展望了无线传感器网络的未来应用。

关键词: 无线传感器网络; 矿井环境监控; 矿山安全; 数字矿山

1. 引言

微电子技术、计算技术和无线通信等技术的进步, 推动了低功耗多功能传感器的快速发展, 使其在微小体积内能够集成信息采集、数据处理和无线通信等多种功能。由大量此类传感器节点组成的传感器网络是一种新型的对地观测系统^[1], 可以为观测者提供目标对象连续、实时、高精度的信息流。按照数据传输方式, 传感器网络一般分有线传感器网络与无线传感器网络, 本文所指的传感器网络一般为无线传感器网络。

传感器网络将逻辑上的信息世界与客观上的物理世界融合在一起, 改变了人和自然的交互方式。人们可以通过传感器网络直接感知客观世界, 从而极大地扩展了现有网络的功能和人类认识世界的能力。美国商业周刊和 MIT 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^[2]。

本文在介绍传感器网络的概念、特点及国内外应用研究现状的基础上, 对传感器网络如何在矿井生产中应用提出了设想。希望能推动这一新的信息技术在

矿山中应用, 加快矿山数字化、信息化进程。

2. 传感器网络概念及组成

2.1. 传感器网络的概念

美国 JPL 传感器网络应用研究计划组提出的传感器网络是指将多个异构传感器通过近距离通信和数据交换技术组成的网络, 它可以嵌入到目标环境中, 监测并控制目标环境^[4,5]。

传感器网络是监控和探测环境的一种新手段, 是一种新型的 GIS^[3], 有人形象地比喻传感器网络编织了一套地球的电子皮肤^[2]。它可以提供不同尺度上一—全球、区域、当地——大空间、高时间分辨率的传感信息。传感器网络是一个革命性的概念, 它意在达到不同传感器之间能够提供协作、一致、稳定、统一的感应数据, 并对这些数据进行收集、融合和发布。

2.2. 传感器网络节点的组成

传感器网络最主要的组成部分是传感器节点。传感器网络节点由电源、感知部件、嵌入式处理器、存储器、通信部件和软件这几部分构成, 如图 1 所示。

资助信息: 福建省自然科学基金项目(2009J05108); 厦门理工学院科研启动项目(YKJ08017R)

电源为传感器提供正常工作所必需的能源。感知部件用于感知、获取外界的信息，并将其转换为数字信号。处理部件负责协调节点各部分的工作，如对感知部件获取的信息进行必要的处理、保存，控制感知部件和电源的工作模式等。通信部件负责与其它传感器或观察者的通信。软件则为传感器提供必要的软件支持，如嵌入式操作系统、嵌入式数据库系统等。

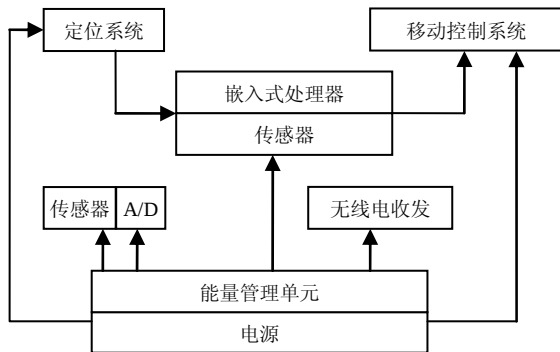


Figure 1. Schematic drawing of sensor node
图 1 传感器节点结构示意图

2.3. 传感器网络的拓扑结构

传感器网络没有固定的拓扑结构，它的一大特点就是动态组网。典型的传感器网络拓扑结构如图 2 所示。传感器网络节点能够自组织成网络，传感器节点监测到的数据沿着其它节点逐跳地进行传输，在传输的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，最后通过互联网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布置，发布监测任务以及收集监测数据。

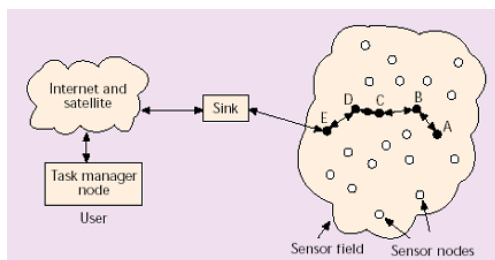


Figure 2. A typical sensor network topological structure
图 2 一种典型的传感器网络拓扑结构

2.4. 传感器网络的数据传输

传感器节点处理的信息来自四个方面：第一，它本身具有感知功能，可以测量一定的信息；第二，来

自其它传感器单元的信息，每个传感器单元采集到数据后，同时向其它节点广播自己采集到的信息；第三，终端用户发给它的命令；第四，传感器网络自身发给它的命令^[10]。

在数据传输上，传感器网络可以有线的，也可以是无无线传输，由于无线传感器网络具有布置快，无需布线等诸多优势，当前大部分研究的热点都集中在无线传感器网络上。无线传输时，节点之间通过相互传递信息，通过多跳，将最终数据通过 Sink 节点传给监控中心。

3. 传感器网络的特点

传感器网络在检测精度、空间的广度与采样时间分辨率等方面都将传感器技术推向了一个新的高度，更为重要的是，传感器网络能够嵌入到目标环境中，对目标环境进行监控——获取数据，同时又能对获取的数据进行分析，并对环境的变化，相应调整传感器网络自身，即能够控制环境。传感器网络具有异构、智能、动态、高精度及鲁棒性等特点。

3.1. 异构网络、协同工作

传感器网络由分布的不同种类的传感器组成，包括不同厂商、不同监测目标、不同型号、不同规格的传感器。这些不同的传感器协同工作，对目标环境进行一种综合的监测。这些传感器可以是现场的也可以是远程的，联网的信息中心负责数据存储、发布、交换、管理、显示、分析传感器传来的信息。可协同工作是集成整个传感器网络的重要特征。

3.2. 智能

传感器节点具有一定的数据处理功能。随着计算技术的不断发展，计算处理单元正变得廉价可靠，每个传感器单元都可以嵌入一个计算单元，这个计算单元可以在嵌入式操作系统支持下，用来同其它传感器单元通信、数据采集，并且可以做一定的逻辑判断等工作。每个传感器单元可以进行数据的处理、传感器自身状态的调整，每个传感器单元就像人脑的每个神经元一样，有一定的智能。传感器之间可以通信，它们整体上具有一种宏观智能。就像单个神经元智能有限，但是大量的神经元联合在一起协同工作的时候，它们的宏观智能却远远大于它们个体智能的简单相加，即神经网络有一种宏观的智能。同样，由大量

智能传感器组成的传感器网络，也具有一种宏观的智能，这种智能绝非所有传感器智能的简单相加。

3.3. 动态性网络

传感器网络能够提供数量巨大的分布的异类感应资源。新的传感器节点能够轻松的加入到传感器网络，并且不用更改现有网络结构。所有传感器节点可以自适应、自组织成为网络，因此，可以不经复杂的设计，将传感器随意布置到目标区域，即可自组织成网络。

可扩展是传感器网络的另外一大特征，对于因为电池失效或者其它故障废弃的节点，布置上新的节点就可以代替老的节点，新的节点会根据通信协议自动加入传感器网络。而不用改变整个网络的拓扑结构。

传感器网络在某种意义上来说是一种 Ad Hoc 网络，但它不同于 Ad Hoc 网络。通常情况下，它的节点被布置到没有通信基础设施的地方。它能够自组织成为网络。因此在布置传感器网络时，在大的监测范围内，甚至可以使用飞机撒播传感器节点。在通信方式上，主要采用无线通信，因此，相对于有线的监控网络，无线传感器网络可以实现快速布置。

3.4. 高精度、大规模

由于在传感器网络中，大部分传感器节点是直接嵌入到被监测监控的环境中，因此传感器节点采集到的信息相对于遥感采集到的信息精度更高更可靠。不同传感器之间的协作，以及感应信息的集成可提供全面的综合的感应信息，这些信息可以涵盖很广阔的空间，并且有很高的瞬时清晰度。遥感信息可以覆盖广阔的空间领域，现场传感器可以提供高瞬时清晰度的信息。传感器网络可以连接遥感和现场传感器，可以将它们的信息加以融合集成。由于传感器网络中布置了大量的节点，使得系统具有很好的容错性。

3.5. 鲁棒性

已有的实验证明^[7-10]，传感器网络具有非常好的鲁棒性，对环境的适应能力非常强。在极热、极冷、湿地等环境中都可以稳定工作。

4. 传感器网络在矿山中的应用设想

传感器网络具有十分广阔的应用前景，在军事国防、工农业、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许多重要领域都有潜在的实用价值，已经引起了许多国家学术界和

工业界的高度重视。在军事领域，传感器网络已经成为 C4ISRT (command, control, communication, computing, intelligence, surveillance, reconnaissance and targeting) 系统必不可少的一部分，受到了军事发达国家的普遍重视，各国均投入了大量的人力物力和财力进行研究。在环境监测中，可以监测农作物灌溉、土壤、空气等环境状况。现已有研究者用来研究其在农业^[6]、生物特征气体监测^[7]、洪水预测预报^[8]、降雪量监测、极地探测^[9]等。NASA 的 Sensor Web 甚至试图监测火星地表^[5]。他们的研究表明，传感器网络技术是健壮的、稳定的、可靠的，在陆地环境（包括极热、极冷、海岸线等）中均可稳定工作^[10]。

鉴于传感器网络特点及其强大的功能，以及其一网多用等优势，我们试图将传感器网络引入到矿井环境监控、顶板稳定性监控、大型设备监控以及开采沉陷监控等，以期能促进传感器网络在矿山中应用研究。

4.1. 矿井环境监测

矿井下环境是非常复杂的，矿井巷道内的风速、温度、湿度、煤尘、各类气体含量、矿井水对矿井下工作人员的健康乃至生命安全有着重要的影响，传感器网络具有一网多目标监测的优点。可以使用传感器网络来监测多种目标，而无需重新建网，达到实时、快速、连续对多目标的联合监控。在统一的数据库基础上，可以对监测到的数据进行实时分析与融合，更好的做到对灾害的预测与预报。

4.2 矿井大型设备健康监测

在矿井中，如采区变电硐室等设备无人值守，此类设备的安全运转对矿井生产尤其重要，对此类设备，可以采用传感器网络，对设备的运行情况、健康情况进行实时监测，并汇总到监控中心，做到对矿井整个机电设备的实时监测监控。可以达到减员增效、同时能够清晰、全面、准确的掌握设备运转情况，做到安全生产。

4.3. 矿井人员定位及目标追踪

在传感器网络中的许多实际应用中，跟踪运动目标是一项基本功能。由于传感器节点体积小，价格低廉，采用无线通信方式，以及传感器网络部署随机，具有自组织性、鲁棒性和隐蔽性等特点，传感器网络非常适合与目标的定位与跟踪。

现在的井下人员定位系统^[13,14]都是采用的射频识别技术(RFID)。这类技术的缺点就是无法对井下人员进行准确的定位,只能大体确定人员所在的区域。如果想增加定位精度,就必须增加识别点或基站的数量,带来成本大量增加。采用传感器网络技术,大量的密集的传感器节点形成的传感器网络,只要人员进入到此类区域,通过RFID或者其它的传感器,可以准确地确定人员的位置,从而形成了对人员实时定位。对于人员考勤、灾后搜救等具有重要意义。

4.4. 矿井顶板压力及顶板活动的监测

可以将传感器网络节点布置到顶板或者锚杆锚索的适当部位,用来监测顶板损伤、来压大小、可以动态监测顶板的破损程度,来对顶板压力进行管理与预测。

4.5. 矿井地表沉陷监测

可以采用传感器网络,对地表的沉陷进行监测。采用传感器网络,可以得到地表沉陷实时连续大范围的沉陷数据。该数据具有非常高的时间分辨率和空间分辨率,可以依据此类数据建立相应的沉陷模型,彻底改变当前各种监测方式的缺点,弥补传统监测方法的不足,与不同期的DEM进行比较、分析,可以得出地表沉陷变形的规律,进而可以进行拟合、预测、反演。将遥感、GPS、水准监测与GIS一体化,建立全天候、多尺度、大范围、高精度的矿区地表沉陷监测系统,将极大地提高监测效率。

5. 展望

无线传感器网络无论是在国家安全还是国民经济诸方面均有着广泛的应用前景。未来的传感器网络将向天、空、海、陆、地下一体化综合传感器网络的方向发展,最终将成为现实世界与数字世界的接口,深入到人们生活的各个层面,像互联网一样深刻的改变人们的生活。将传感器网络应用到矿井中,对于推进矿山信息化、提高矿井生产效率、提高矿井安全监控

水平等都具有非常重要的意义,还有待我们进一步努力。

References (参考文献)

- [1] Loren Lemmermana, Carol Raymonda, Robert Shotwella, etc. Advanced platform technologies for Earth science[J]. *Acta Astronautica*.2005,(56)p 199 – 208.
- [2] Gross, N. "21 Ideas for the 21st Century". BusinessWeek online, August 30, 1999.
- [3] Steve H.L. Liang, Arie Croitoru, C. Vincent Tao. A distributed geospatial infrastructure for Sensor Web[J]. *Computers & Geosciences*,2005(31)p 221 – 231.
- [4] Kevin A. Delin. The Sensor Web: A Macro-Instrument for Coordinated Sensing[J]. *Sensors* ,2002, (2)p 270-285.
- [5] <http://sensorwebs.jpl.nasa.gov/>.
- [6] Kevin A. Delin*, Shannon P. Jackson, Scott C. Burleigh, etc. The JPL Sensor Webs Project: Fielded Technology. Space Mission Challenges for IT Proceedings. Annual Conference Series.2003 101-A0084.
- [7] Kevin A. Delin and Shannon P. Jackson. Sensor Web for In Situ Exploration of Gaseous Biosignatures. Presented at the 2000 IEEE Aerospace Conference, Big Sky, Montana, USA.
- [8] K.A. Delin, S.P. Jackson, D.W. Johnson, S.C. Burleigh, etc. Sensor Web for Spatio-Temporal Monitoring of a Hydrological Environment. Presented at the 35th Lunar and Planetary Science Conference, 15-19 March 2004, League City, TX.
- [9] Kevin A. Delin, Shannon P. Jackson, etc. The JPL Sensor Webs Project: Fielded Technology. Space Mission Challenges for IT Proceedings. Annual Conference Series, 2003 101-A0084.
- [10] Kevin A. Delin, Shannon P. Jackson, David W. Johnson, etc. Environmental Studies with the Sensor Web: Principles and Practice [J]. *Sensors* 2005, 5, 103-117.
- [11] LI Jian-Zhong, LI Jin-Bao, SHI Sheng-Fei, Concepts, Issues and Advance of Sensor Networks and Data Management of Sensor Networks[J], *Journal of Software*, 2003, 12, 10
李建中等. 传感器网络及其数据管理的概念、问题与进展[J]. 软件学报. 2003.12.10.
- [12] SUN Limin, LI Jianzhong, CHEN Yu, et al. Wireless sensor network[M]. Beijing: Tsinghua University Press, 2005.
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.
- [13] HUANG Qiang, LU Yuanyang, SUN Zhonggui et al. Development of KJ90 Following Location and Attendance Management System for Underground Personnel[J]. *Mining Safety & Environmental Protection*, 2004, 31(5)p13-14(Ch).
黄强、鲁远祥、孙中闰等. KJ90 矿井人员跟踪定位及考勤管理系统的研制[J]. 矿业安全与环保. 2004, 31(5)p13-14.
- [14] WANG Kun, LIN Ming-xing. An Integrated Communication System Based on Personnel Orientation in Mine[J]. *Application Research of Computers*, 2005, (8)p217-219(Ch).
王坤, 林明星. 一种基于人员定位的矿井综合通信系统[J]. 计算机应用研究. 2005, (8)p 217-219.