

# 基于无线传感器网络的农田信息采集系统的研究

余 华, 吕宁波  
(河南农业大学 信息与管理科学学院, 河南 郑州 450002)

**摘要:** 针对农田种植区域广、数据采集量大、信息实时传输难的特点, 设计了基于无线传感器网络的农田信息采集系统, 构建了一个切实可行的农田信息无线传感网络系统, 解决了节点定位、路由协议应用等问题。该系统能够在实际生产过程中减少人力操作和人工测量的误差, 降低农业生产的成本, 并可以最大程度地实现农田信息自动精确的实时采集、汇聚和传输, 农业生产的自动化操作。

**关键词:** 无线传感网络; 节点定位; 路由协议

**中图分类号:** S126      **文献标识码:** A      **文章编号:** 1004-3268(2011)05-0177-04

## Study on Information Acquisition System in the Farmland Based on Wireless Sensor Networks

YU Hua, LÜ Ning-bo  
(College of Information and Management Science, Henan Agricultural University, Zhengzhou 450002, China)

**Abstract:** In view of the wide area, large number of data and the difficulty of real time information transmission in the farmland, an information acquisition system based on wireless sensor networks was put forward. The system should be designed to be practical and could solve problems such as node positioning and routing protocol application. In the process of practical production, the system could reduce human error in operation and measurement, cut down the cost of agricultural production, and realize real-time information collection, aggregation and transport accurately and automatically to a maximum degree, and thus, to achieve automatic operation in agricultural production.

**Key words:** Wireless sensor network; Node localization; Routing protocol

农业生产过程不可避免地受到温度、湿度、水分等多种农田环境因素的影响, 因此, 将现代信息技术应用到农业生产过程中<sup>[1-3]</sup>, 可及时、高效地收集农田信息, 这对提高农产品产量有着重要意义。随着微电子技术、无线通信技术、嵌入式计算技术和传感器技术的发展和融合, 无线传感器网络技术逐步成熟, 近年来出现了很多采用无线传感器网络通信方式进行工业、农业等远程监测的研究。加州大学克伯利分校等联合完成的 Sens 计划在研究战场高度动态环境及反应式网络技术后, 实现了具有网络化观测优势的协作信息处理技术<sup>[4]</sup>。美国海军研究办

公室的 SeaWeb 计划研究基于水声通信的 WSN 组网技术, 验证了水声传感器网络系统在水声监控方面应用的可行性<sup>[5]</sup>。东南大学、厦门大学等结合煤矿环境中的特定条件和无线传感器网络的特性, 研究了基于无线传感器网络的、低成本的、分布式的煤矿安全检测网络系统的关键技术<sup>[6]</sup>。蓝会立等针对目前我国仓储行业粮情检测系统存在的不足, 提出了一种基于无线传感器网络的设计方案, 主要进行了无线温度传感器节点的硬件结构和软件设计, 用来监测粮食储备库温度的变化, 具有精确度高、稳定、使用方便的特点<sup>[7]</sup>。目前, 对传感器的研究主要

收稿日期: 2010-12-21  
基金项目: 河南省农业领域重点科技攻关项目(082102140004)  
作者简介: 余 华(1957), 男, 河南信阳人, 副教授, 硕士生导师, 主要从事数字化农业技术的教学和科研工作。  
E-mail: yuhua\_11@126.com

应用于工业领域和农业领域, 农业方面传感器的应用多数用来收集信息, 涉及到系统及时做出相应回应操作的较少。

农田信息采集系统数据采集量大, 传统有线网络成本高并且对传输距离、安全性、布线要求较高, 大面积使用会给农田耕作带来不必要的麻烦。本研究设计一种基于无线传感器网络的农田信息采集系统, 通过在待测区域安放不同功能的传感器组成的网络, 长期大面积地监测微小的气候变化, 包括温度、湿度、水分等农田信息, 从而根据作物生长需要及时对环境做出相应的改变, 有助于农业抗灾、减灾, 科学种植。该系统能够在实际生产过程中减少人力的操作和人工测量的误差, 降低农业生产的成本, 并可以最大程度地实现农田信息自动精确的实时采集、汇聚和传输、农业生产的自动化操作; 农业生产管理人员可以实时收到关于农业生产和农业灾害的即时信息和建议, 并迅速做出有关反应和调整。

## 1 无线传感器网络概述

无线传感器网络(wireless sensor network, WSN)综合了微电子技术、无线通信技术、嵌入式计算技术和传感器技术, 由监测区域内大量的微型传感器节点通过无线通信方式形成的一个多跳的自组织的网络系统, 传感器节点具有数据收集处理、无线

通信和自动组网的能力, 整个网络的目的是感知、采集和处理网络覆盖区域中感知对象的信息, 并发送到数据服务器<sup>[8]</sup>。典型的传感器网络结构通常由传感器节点、汇聚节点和任务管理节点三部分组成。无线传感器网络有监测精度高、低功耗、低成本、实时性好、高容量、传输距离远、一次部署可长期使用等显著优点。无线传感器网络的应用前景非常广阔, 能够广泛应用于军事、环境监测和预报、健康管理、智能家居、建筑物状态监控、复杂机械监控、城市交通、空间探索、大型车间和仓库管理, 以及机场、大型工业园区的安全监测等领域<sup>[9]</sup>。

## 2 农田信息采集系统功能及整体设计

在充分考虑无线传感网络特点的基础上, 根据农田信息的具体情况, 简化一般无线传感网络的体系结构, 重点考虑系统结构、路由协议和节点定位算法的设计。农田信息主要涉及到其所处环境的土壤水分、风速风向、大气压力、湿度, 因此, 本系统采用土壤水分传感器、风速风向传感器、大气压力传感器和环境湿度传感器作为网络中的节点。

基于无线传感器的农田信息采集系统主要是实现有关农作物生长相关环境参数的综合监测和待处理环境信息的及时预报, 系统结构如图 1 所示, 主要由传感器节点、汇聚节点和任务管理节点三部分构成<sup>[10-11]</sup>。

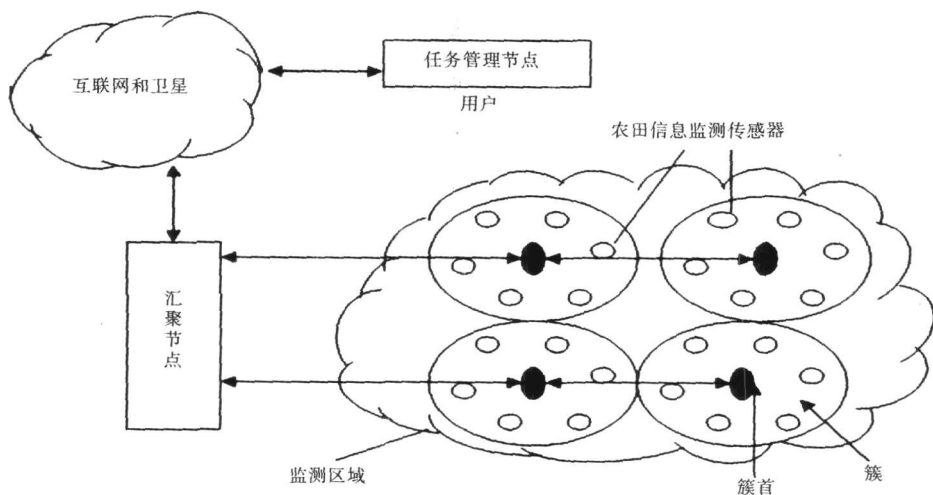


图 1 无线传感器网络体系结构

传感器节点是部署在监测区域内的组成无线传感器网络的基本单元。传感器节点之间可以相互通信, 通过自组织形成节点网络。网络中相邻节点组成簇, 簇中每个节点将采集到的数据发送至簇首, 由簇首经过数据融合后再将压缩得到的数据发送给汇

聚节点。各节点位置可通过 GPS 定位或节点自身定位算法得到。它们根据任务管理节点发来的指令采集信息, 融合数据, 然后发送给对应的汇聚节点。

汇聚节点的处理能力、存储能力和通信能力相对较强, 一般由能量较强的传感器节点或者只有无

线网关能力的路由器构成。汇聚节点接受传感器节点发送来的数据, 然后进行数据筛选和整理后, 通过互联网或者通信卫星发送给任务管理节点。汇聚节点同时担负着任务管理节点和传感器节点通信的任务。

任务管理节点是 WSN 的数据和指令管理中心, 一般由若干台服务器组成。用户通过任务管理节点配置和管理传感器网络, 发布监测任务以及收集监测数据, 任务管理节点可分析和存储采集到的信息, 并可以实时对传感器节点发布指令。

### 3 系统工作过程

农田信息采集系统中整个无线传感器网络工作过程如下:

(1) 任务管理节点发出对农田信息各项指标进行查询的请求命令, 通过 Internet 和 ZigBee 网络传到汇聚节点。

(2) 汇聚节点根据请求命令的具体要求选择所要查询的簇, 簇首接收命令后唤醒并激活本簇内所有的节点, 进行数据的采集和通信。节点根据命令要求及时采集数据, 经过数模转换后发送至相应的簇首节点, 簇首融合所有传来的数据, 并将融合的数据发回汇聚节点。

(3) 汇聚节点将得到的数据筛选和整理后, 通过外部网络发送给任务管理节点, 任务管理节点将返回的数据存入农田信息数据库, 为以后的分析决策提供依据。

## 4 关键技术的实现

### 4.1 节点定位

对监测的数据进行分析, 如果发现某监测区域内农作物生长条件不优, 如肥料不足等, 需要及时改善该环境状况, 必须精确知道监测到缺肥料的传感器的位置, 节点所采集到的数据必须结合其在测量坐标系内的位置信息才有意义, 没有位置信息的数据几乎没有利用价值<sup>[12]</sup>。因此, 需要在无线传感器网络中进行节点定位。最简单的定位方法是利用 GPS 进行定位, 定位精度高、实时性好、抗干扰能力强, 但成本高、对节点要求高, 其更适合大型高成本的自组织传感器网络。根据农田信息采集系统的基本要求, 本系统采用距离无关的定位机制<sup>[13-14]</sup>来确定节点位置, 该算法对节点的硬件要求较低, 能源损耗小, 成本低。

算法的基本思路是充分利用传感器网络中每个信标节点 (beacon node) 的冗余信息, 在采用不准确

距离估算方法的基础上获得未知节点 (unknown node) 的节点定位。该算法定位过程分 3 个阶段实现: 首先所有的信标节点向网络中的邻居节点发出包括自己位置信息、跳数为 0 的信息包, 接收节点忽略来自同一个信标节点的较大跳数只记录最小跳数, 将跳数加 1 并转发给其他邻居节点, 依此类推, 最后每个未知节点都获得每个信标节点的位置信息及该节点到信标节点的最小跳数; 未知节点根据收到的其他信标节点的未知信息和最小跳数, 利用如下公式计算出网络中平均每跳的实际距离, 并公布该信息。

$$\text{HopSize} = \frac{\sum_{i \neq j} \sqrt{(x_i - x_j)^2 + (y_i - y_j)^2}}{\sum_{i \neq j} h_{ij}}$$

其中,  $(x_i, y_i)$ 、 $(x_j, y_j)$  是信标节点  $i$ 、 $j$  的坐标,  $h_{ij}$  是信标节点  $i$  与  $j$  ( $i \neq j$ ) 之间的最小跳数; 最后将未知节点与参考的信标节点的中间跳数乘以平均每跳的实际距离, 即得到该节点到每个参考节点的估计距离, 根据三边测量法可得到未知节点的坐标。

距离无关的定位算法可克服其他定位算法对无线传感器节点要求高、硬件成本大、能耗大等困难, 实现未知节点的较精确定位, 能基本满足农田信息采集系统的要求。

### 4.2 路由协议

在无线网络中, 路由协议主要包括 2 个方面的功能: 寻找源节点和目的节点间的优化路径, 将数据分组沿着优化路径正确转发。许多研究者认为, 在众多的路由协议中, 地理位置路由是解决能量和处理资源严重受限的 WSN 网络最有效方案之一<sup>[15-16]</sup>。在这类路由协议中, 将传感器节点划分为多个簇, 监测数据首先传到簇首领, 簇首领可以对采样数据进行融合, 然后再转发到 Sink 节点, 以减少网络流量。农田信息系统的提出是为了更加及时准确地了解农作物的生长需求, 及时改善生长环境, 力争实现农作物优质高产。因而, 及时获取节点的位置信息才会使采集的数据有现实意义。

本系统采用 GEAR (geographical and energy aware routing) 路由机制, 这是一种地理位置路由。GEAR 路由假设已知事件区域的位置信息, 每个节点知道自己以及所有邻居节点的位置信息和剩余能量信息。查询信息到达事件区域后, GEAR 路由使用实际代价和估计代价来表示路径代价, 估计代价公式如下:

$$c(N, R) = ad(N, R) + (1 - a)e(N)$$

其中,  $c(N, R)$  为节点  $N$  到事件区域  $R$  的估计

代价,  $d(N, R)$  为节点  $N$  到事件区域  $R$  的距离,  $e(N)$  为节点  $N$  的剩余能量,  $a$  为比例参数。路径建立过程中采用贪婪算法, 节点在邻居节点中选择到时间区域代价最小的节点作为下一跳节点, 并将自己的路由代价设为该下一跳节点的路由代价加上到该节点一跳通信的代价。

当查询命令到达事件区域后, 由于农田信息检测传感器密度较大, 因而采用迭代地理转发策略。事件区域内首先收到查询命令的节点将事件区域分成若干子区域, 并向所有子区域的中心位置转发查询命令。在每个子区域中, 最靠近中心的节点接收查询命令, 并将自己所在的子区域再划分成若干子区域并向各个子区域中心节点转发查询命令, 当所有子区域转发过程结束时, 整个迭代过程结束。

GEAR 路由采用的贪婪算法是局部最优的算法, 对于已知的节点和相邻节点的位置信息, 其可以大大减少路由空洞的产生概率, 适合类似于农田信息采集网络等地理位置固定或变化不频繁的应用环境。

## 5 结束语

无线传感器网络被认为是影响人类未来生活的重要技术之一, 为人们提供了全新的获取和处理信息的途径。本研究针对农田信息采集系统中数据采集量大的特点, 结合无线传感器网络技术的优势, 设计了基于无线传感器的农田信息采集系统, 重点考虑系统结构、节点定位算法和路由协议的设计。该设计方案具有如下特点:

1) 灵活性大。该方案不用考虑农田区域的地形地貌, 不论是平原、丘陵均适用, 不仅适用于大型农田的环境信息采集, 而且适合于农田区域比较分散的场合, 具有很大的灵活性。

2) 针对性强。与其他无线传感网络相比, 该方案根据农田区域的布局安排, 预先设置传感器节点并生成簇, 同时确定相应簇的簇首, 从而避免了节点因自组织网络计算所消耗的能量, 同时地理位置路由的应用能更加准确地定位作物位置, 可有效延长系统使用寿命。

总之, 该系统可以最大程度地实现农田信息自动精确的实时采集、汇聚和传输, 以及农业生产的自动化操作, 是实现农产品优质高产的有效途径。

参考文献:

[1] 郑国清, 程永政, 冯晓, 等. 河南省农科院农业信息化技术研究进展与发展方向[J]. 河南农业科学, 2009(9):

212-216.

- [2] 王来刚, 黎娅, 范磊. 河南省农情遥感信息服务体系探讨[J]. 河南农业科学, 2008(8): 145-147.
- [3] 李志宏, 李敏, 范凤翠, 等. 农业减灾信息化技术平台构建[J]. 华北农学报, 2003, 18(S1): 150-153.
- [4] Heinzelman W, Chandrakasan A. An application specific protocol architecture for wireless microsensor networks[J]. Wireless Communications IEEE Transactions, 2002, 1(4): 660-670.
- [5] Dan Li, Wong, K D, Yu Hen Hu. Detection, classification and tracking of targets[J]. IEEE Signal Processing Magazine, 2002, 4: 17-29.
- [6] 张宏滔, 陆佳人, 童峰. 一种节省能量的水声传感器网络组织结构与协议[J]. 电路与系统学报, 2005, 10(3): 16-20.
- [7] 蓝会立, 张认成, 毛思文. 基于无线传感器的粮情检测系统设计[J]. 农机化研究, 2006(9): 99-102.
- [8] 王殊, 阎毓杰, 胡富平, 等. 无线传感器网络的理论及应用[M]. 北京: 北京航空航天大学出版社, 2007: 127-130.
- [9] 马祖长, 孙怡宁, 梅涛. 无线传感器网络综述[J]. 通信学报, 2004, 25(4): 114-124.
- [10] 催莉, 鞠海玲, 苗勇, 等. 无线传感器网络研究进展[J]. 计算机研究与发展, 2005, 42(1): 163-174.
- [11] 任丰原, 黄海宁, 林闯. 无线传感器网络[J]. 软件学报, 2003, 14(7): 1282-1291.
- [12] Nirupama Bulusu, John Heidemann, Vladimir Bychkovskiy, et al. Density-adaptive beacon placement algorithms for localization in ad hoc wireless networks[C]//Nirupama Bulusu, Deborah Estrin, Lewis Girod, et al. Proceedings of the Sixth International Symposium on Communication Theory and Applications. New York: IEEE Infocom, 2002: 183-191.
- [13] 衡阳, 李莹莹, 刘云辉. 基于地理位置的无线传感网络路由协议研究进展[J]. 计算机应用研究, 2008, 25(1): 18-21.
- [14] 唐勇, 周明天, 张欣. 无线传感器网络路由协议研究进展[J]. 软件学报, 2006, 17(3): 410-421.
- [15] Seada K, Helmy A. Geographic protocols in sensor networks[M]. California: American Scientific Publishers(ASP), 2006: 89-112.
- [16] Melodia T, Pompili D, Akyildiz I F. On the interdependence of distributed topology control and geographical routing in ad hoc and sensor networks[J]. IEEE JSAC, 2005, 23(3): 520-532.