

# 基于 WIA-PA 标准的农田信息传感网设计与实现

梁红杰<sup>1</sup>, 周文刚<sup>2</sup>

(1. 黄河科技学院 信息工程学院, 郑州 450006;

2. 周口师范学院 计算机科学与技术学院, 河南 周口 466001)

**摘要:** WIA-PA 是一种新兴的工业无线传感器网络协议, 提出一种基于 WIA-PA 协议的农田温湿度信息传感网的设计与实现方法; 主要从事基于分层状态机原理构建 WIA-PA 的各层协议, 并采用 QP (Quantum Platform) 量子编程平台作为任务调度的枢纽; 主要从事温湿度传感器节点通过星状网和网状网组合形式组建成自组织的无线网络, 并将信息汇聚至网关节点; 主要从事此外, 设计了传感器协议的低功耗模式和网关与服务器之间信息交互的协议, 并对设计的 WIA-PA 传感网的功耗以及丢包率等进行了实测, 验证了所设计传感网的良好性能。

**关键词:** WIA-PA 网络; QP 平台; 农田传感网; 休眠机制

## Design and Implementation of Farmland Information Sensing Network Based on WIA-PA Protocol

Liang Hongjie<sup>1</sup>, Zhou Wengang<sup>2</sup>

(1. Information Engineering College, Huanghe S & T University, Zhengzhou 450006, China;

2 School of Computer Science and Technology, Zhoukou Normal University, Zhoukou 466001, China)

**Abstract:** WIA-PA is an emerging industrial wireless sensor network protocol. This paper proposes a kind of design and implementation method for the farmland temperature and humidity sensor network based on WIA-PA protocol. The layers of the protocol are built on the basis of the principle of hierarchical state machine. And WIA-PA uses the QP (Quantum Platform) programming platform as a hub of task scheduling. Star network and mesh network are combined to form the self-organized wireless network by the temperature and humidity sensor nodes, and the sensor information will be gathered to the gateway node. In addition, the system is designed to be with low power consumption. And the interaction between the gateway and the server has also been achieved by an agreement. What's more, the power consumption of the sensor network and the packet loss rate are measured, and the design is proved to be effective and reliable.

**Keywords:** WIA-PA network; quantum platform; farmland sensor network; sleeping mechanism

## 0 引言

智能农业一直是一个概念, 并没有符合实际应用需求的优秀设计出现。如何将采集的信息及时准确地收集, 为农业专家提供决策并制定农田变量作业处方的主要数据源和参数, 一直是一个难题。无线传感器网络有监测精度高、低功耗、低成本、实时性好、大容量、覆盖区域大等显著优点, 非常适合于农业环境监控系统的实现。

WIA-PA 作为我国自主研发的无线通信标准, 与 Wireless HART 被公认为两个工业国际标准<sup>[1]</sup>。WIA-PA 改善了传统的 ZigBee 的安全性和可靠性, 为我国推进工业化与信息化相融合提供了一种新的高端技术解决方案, 也标志着我国在工业无线通信技术领域的研发已处于世界领先地位<sup>[2-6]</sup>。本文尝试结合 WIA-PA 传感网络技术, 实现对农田温度、湿度等的远程监控, 以期为新型农作物基地信息传感网设计与开发

提供有益参考。

## 1 系统模型

### 1.1 WIA-PA 网络体系构架

WIA-PA 网络的体系构架如图 1 所示, 整个网络由路由器、现场设备、手持设备、网络管理器构成, 此外, 安全管理器作为整个系统的数据加密中心负责网络核心数据的保护和诊断调度等。网络管理器充当的是管理员的角色, 负责开启一个网络过程, 并管理节点的开启和关闭等。此外, 由于 WIA-PA 网络基于 TDMA 和 FHSS 模式, 网络管理器将为节点按照链路调度规则分配时隙链路信息, 指导节点的行为模式。网关负责节点信息的汇聚以及向网络管理器和安全管理器呈现现场采集信息。

不同于传统的 WSN 网络, WIA-PA 网络的分层拓扑如图 2 所示。网络由网状网和星状网构成, 网状网为全网的路由器节点构建了统一的信息传输平台; 星状网则为路由器和若干个现场采集设备之间搭建了信息传输的桥梁。

### 1.2 农业信息传感网构架

基于 WIA-PA 的农业信息传感网是一个综合的平台, 该平台分为 3 个部分, 分别为田间温湿度无线传感器和路由器节点; 网关以及管理控制平台; 电磁阀控制系统。

田间温湿度传感器网络采用 WIA-PA 组网, 将土壤温湿度信息实时发送给服务器。服务器端的管理控制平台将滴灌等

收稿日期: 2014-10-21; 修回日期: 2015-03-31。

基金项目: 国家自然科学基金(61103143); 河南省科技厅基础与前沿技术研究计划项目(132300410276)。

作者简介: 梁红杰(1975-), 男, 河南内黄人, 讲师, 主要从事传感器网络、算法设计等方向的研究。

周文刚(1972-), 男, 河南人, 硕士, 副教授, 主要从事智能算法分析与设计等方向的研究。

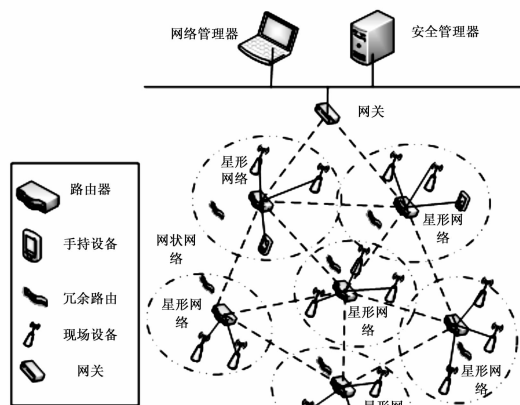


图 1 WIA-PA 网络构架

节水设施同气象、水分挥发监测、土壤肥力分布等系统连接, 通过农田墒情空间变异规律监测、水肥灌溉模型等途径运算水肥投放量, 并将命令下达至电磁阀水肥控制系统, 实现对棉花水肥的精准控制。

我们的示范区域中, 灌溉区大约 500 \* 500 平方米, 我们采用的传感器节点传感半径 100 米, 因此布满整个灌溉区只要 30 个传感器节点, 整体拓扑结构如图 1 所示。传感器收集的信息发给灌溉区外的网关, 网关把收集到的信息传给电脑终端。每个节点附近有一个电磁阀, 电磁阀需蓄电池供电, 节点通过无线控制电磁阀的开关, 电磁阀通电时打开, 水可以流出, 电磁阀断电时关闭, 水流停止。

综上所述, 整个流程: 传感器把采集的信息发送给网关, 网关把数据收集起来一起发给电脑终端, 电脑终端根据收集的信息, 然后给某些节点发送命令, 节点收到控制命令后对电磁阀发出相应的开关命令, 控制电磁阀的开关, 从而达到水流的通断。另外, 摄像头负责给灌溉区拍照, 把农作物的长势情况照片通过 3G 传送给电脑。

电磁阀控制实现如图 2 所示。对遥控器进行改装, 如图把传感器节点两根控制管脚引出两条线分别接到遥控器的两个按压式开关对应的两根引脚, 这样电脑通过 ZigBee 网络给传感器下命令, 引起节点那两根管脚上电平的高低, 从而导致遥控器开关的闭合, 进而遥控器产生无线信号控制无线电磁阀的通断。

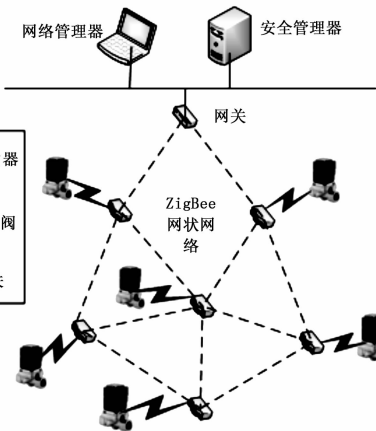


图 2 电磁阀控制系统

### 2 系统硬件设计

传感器节点是由微控制器模块 (MCU)、无线通信模块 (RF)、传感器模块 (sensor) 和电源 (source) 组成。微处理器模块负责控制整个传感器节点, 存储、处理和转发自身采集以及其他节点发送来的数据信息; 无线通信模块负责与其他的节点进行通讯, 交换控制信息和收发数据; 传感器模块是由温湿度传感芯片组成, 负责采集温度、湿度等参数和实现数据的模数转换功能; 电源部分主要给微处理模块、无线通信模块和传感器模块等供电。其硬件结构如图 3 所示。

在本设计中, MCU 采用 CC2530, 其集成了业界领先的 RF 收发器、增强工业标准的 8051MCU, 在系统可编程 Flash 存储器, 8 kB RAM 和许多其它强大功能, 十分适合需要超低功耗的系统。这由它的多种运行模式所保证。不同运行模式间的短的转换时间更加保证了它的低功率消耗。

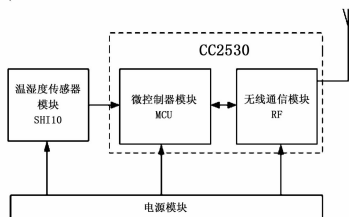


图 3 WIA-PA 传感器节点结构图

### 3 系统软件设计

#### 3.1 WIA-PA 协议栈组网设计

WIA-PA 整体协议栈构架采用 UML 建模实现, 建模形式则给予状态机模式。首先根据系统框架设计系统成分, 根据系统成分设计主动对象; 其次, 为各个主动对象设计状态机和任务模式; 最后, 对各个状态机按照顺序进行组合, 并进行联合调试。协议栈的软件平台基于 Miro Samek 博士的量子编程平台 QP (quantum platform)<sup>[7]</sup>。结合 QP 平台和状态机设计思想, 可以完成 WIA-PA 最简单有效的实现。

如图 4 所示, QP 平台主要由 5 个部分组成, 分别为 QF 实时框架、QK 可抢占式运行至完成的内核、QS 软件跟踪组件、QEP 分层事件处理器和板级支持包。WIA-PA 协议被分解为各个状态机模式, 作为应用程序运行于稳定的 QP 平台。

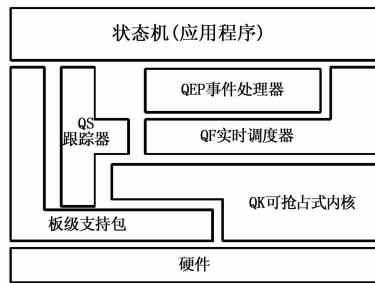


图 4 基于 QP 和状态机的系统架构

WIA-PA 协议栈由物理层、数据链路层、网络层、传输层和应用层构成, 层与层之间由数据服务接口和管理服务接口联接。图 4 为 WIA-PA 协议栈架构图。

如图 5 所示, 首先是初始化过程。初始化为第一个状态, 网络管理器将为每个节点分配指定的时隙和链路用于通信。当节点处于接收状态时, 节点将转换至接收状态, 并且开始扫描

15 个可用信道，如果在某个信道收到扫描到广播信息，这时候就需要切换到接收模式。在接受模式中，节点需要对网关节点发出的广播信息进行解析。广播信息分为指令性和内容性两种，指令性信息用于对节点的操作进行配置；内容性信息则是对节点进行信息的灌输，只是信息的传输而已。通过解析广播信息得到指令性信息为传感器信息采集，这时候节点状态变为传感信息采集。

传感信息待机完成之后会有信息的转发，继而进入休眠状态，等待下一个链路的内容和指令安排。

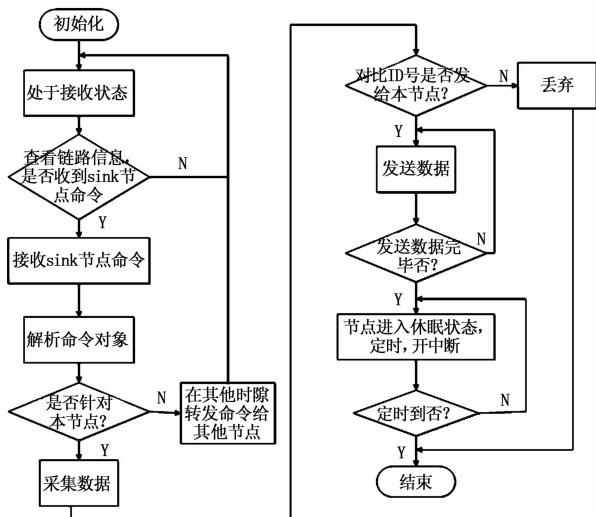


图 5 WIA-PA 传感器节点结构图

### 3.2 温湿度信息采集实现

SHT10 是一款优秀的温湿度采集传感器，我们在 QP 量子平台上为其开发了相应的驱动。在开发 SHT10 温湿度驱动程序时，主要是根据 SHT10 的时序编写代码使处理器向传感器输入各种命令，例如系统的开启和结束、测量的指令、数值读取以及数值解析等。驱动程序的流程图如图 6 所示。

### 3.3 网关-服务器通信协议实现

为了实现田间温湿度传感器网路与外部世界之间进行便利的交互，有必要为 Server 端提供一个监控平台，用来连接和管理 WIA-PA 网络数据。该监控平台可以设计为一个应用软件，其作用是提供数据路由和支持文件、数据库、socket 数据的解析和转发，给网关 PC 和 mesh 网络提供一个原始的接口。

Server 进行一次完整的监测流程如图 7 所示，传感器节点定期检测土壤温湿度信息，并将信息汇聚到 sink 节点。sink 节点由于与 PC 用串口相连，共同组成一个网关，故 sink 节点的信息会通过串口通信传输至 PC 端，而此时 PC 端与 Server 同属于 Internet 网络，可以进行 IP 通信。Server 端流程如下：首先启动 Server，这样数据就会以 Socket 数据流的形式发送到服务器端设定的 Socket 端口，接下来服务器端监控软件将对数据进行读取、解析，同时按照规定的模式模拟显示，从而达到对整个网络的实时监测。当程序接受到监测结束命令时，系统完成一次完整的待测目标监测任务，当系统需要长时间不间断监测时，监测程序将循环执行监测任务。工作流程中涉及的 socket 通信属于 TCP/IP 协议，可以直接使用开源代码，监控界面以及操作事件实现可以使用 java 语言实现，不属于讨论重点，故不再赘述。

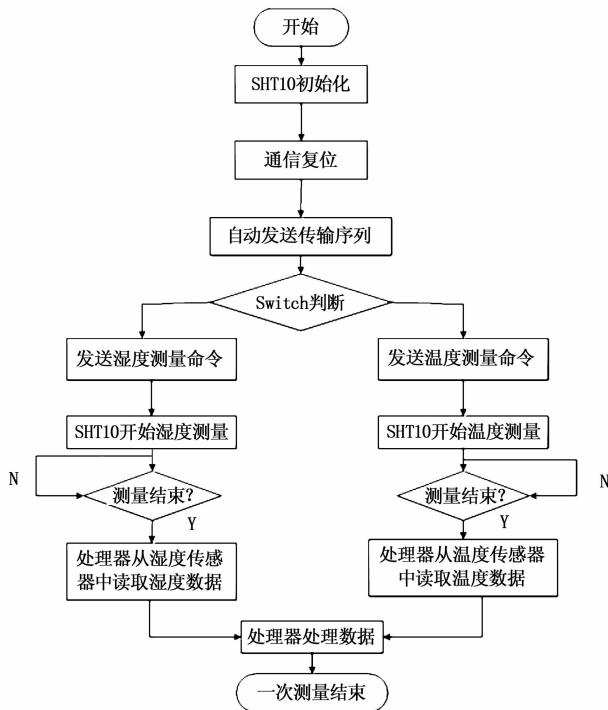


图 6 SHT10 驱动程序流程图

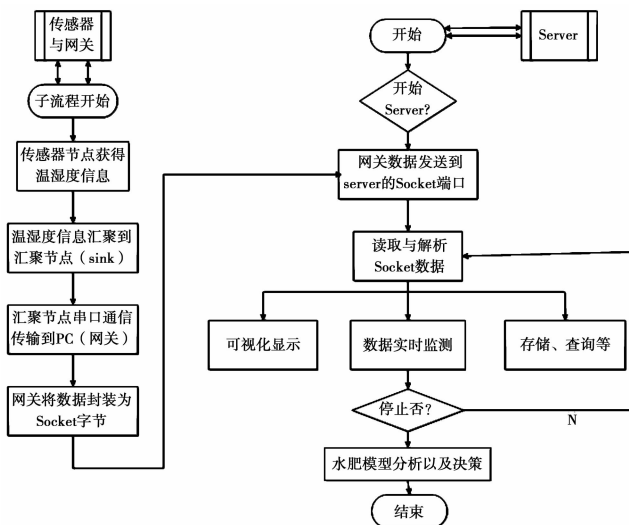


图 7 网关与服务器软件框架

## 4 测试结果

为了对完成的整个系统进行验证，我们将设计的系统放在 500 \* 500 米的棉田进行实测，对比了 WIA-PA 协议和 Zig-Bee 协议在相同的硬件配置上导致的信号强度和丢包率的差异。

在 WIA-PA 网络中，节点与节点之间的实测距离在 50、100、150 米之间变换，通过节点的返回日志查看接收信号的强度。此外，我们还对接收到数据进行了完整细致的分析，通过对比预设数据和实际收到的数据，得到了 WIA-PA 网络在不同情况下的丢包率。最后，烧录 TI 公司提供的 ZigBee 协议进行实测，我们也得到了同样的数据，表 1 对这些数据进行了对比。

表 1 实验测试结果

测试条件	测试环境	测试距离/m	信号强度	丢包率/(%)
WIA-PA	棉田	50	-20	0
WIA-PA	棉田	100	-11	0.5
WIA-PA	棉田	150	-8	0.8
ZigBee	棉田	50	-18	0.2
ZigBee	棉田	100	-11	1
ZigBee	棉田	150	-6	1.7

从表 1 可以看出, WIA-PA 和 ZigBee 协议在接收信号强度上影响不大, 但是协议栈的不同网络拓扑结构和路由算法、抗干扰能力等因素导致了 WIA-PA 网络拥有更为出色的信息传输正确率, 能够使用于对于安全稳定性严苛要求的工业需求。

对于 WIA-PA 系统, 在经过 1 天的长时间测试之后, 我们通过分析节点的返回日志, 获取了节点在各个时间点上的 CPU 功耗、射频功耗, 并根据测量的统计数据进行了平均分析, 获得的结果如图 8 所示。图中左边表示不使用休眠机制的情况, 后面表示使用休眠机制后的情况, 说明休眠机制对于 WIA-PA 的节能作用较为明显。

### 5 结论

WIA-PA 软硬件平台的设计是 WIA-PA 可靠性能分析的前提, 也是 WIA-PA 应用于工业过程的基础。本文基于事件驱动架构的协议栈设计法, 采取 QP 量子平台给出了协议栈的实现过程, 并将其应用于农业无线传感网, 实现了温湿度信息的无线采集和智能传输。此外, 本文通过在棉田对所设计系

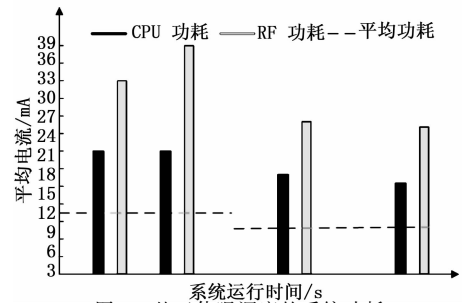


图 8 基于休眠调度的系统功耗

统进行了严格的测试, 验证了所设计的协议栈的逻辑功能。

### 参考文献:

- [1] 于海斌, 梁 炜, 曾 鹏. 工业无线网络技术体系与 WIA 标准 [J]. 自动化博览, 2009 (1): 17-20.
- [2] 李 巧, 刘 枫. 基于 WIA-PA 的工业无线网关开发及实现 [J]. 自动化仪表, 2012 (3): 69-72.
- [3] 王 沁, 赵金东. WIA-PA 网络中的无冲突资源调度算法 [J]. 小型微型计算机系统, 2010 (9): 1726-1730.
- [4] 忽海娜, 孟 雷, 张志立. WIA-PA 多径路由协议 WMDSR 研究 [J]. 工业无线网络, 2011 (1): 53-56.
- [5] 黄 月, 魏茂强. WIA 无线网络和 PLC 控制系统互联方法研究 [J]. 工业无线通信技术, 2010 (2): 16-18.
- [6] 刘志强, 赵雪峰, 李金英, 等. WIA 工业无线仪表整体解决方案 [J]. 仪器仪表标准化与计量, 2013 (2): 24-27
- [7] MIRO SAMEK PH. D Quantum Platform Programmer's Manual [EB/OL]. [http://www.Quantum-leeps.com/doc/QP\\_mannual.pdf](http://www.Quantum-leeps.com/doc/QP_mannual.pdf).

(上接第 1735 页)

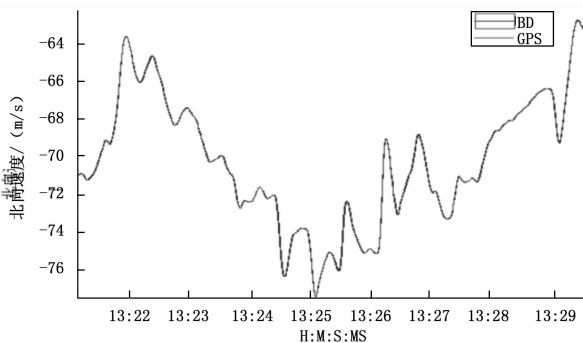


图 5 北斗 (BD) 与 GPS 的北向速度数据对比

### 2.3 对比结果

鉴于商用 GPS 定位系统在飞行试验中已较早使用, 并且其定位精度已达到飞行试验的相关要求, 所以我们在数据分析中默认以 GPS 数据为参考, 重点对比北斗数据与 GPS 数据的差异。经过数据对比计算得出, 北斗定位系统与 GPS 定位系统单点定位数据高度最大差值小于 6.18 m (GPS 单点定位, 高度的精度一般为: 10~15 m), 速度最大差小于 0.2 m/s, 两者结果已非常接近, 如图 4 和图 5 所示。可以预知, 通过进一步对数据进行差分后, 两者数据的结果将更加接近。这也进一步验证了我国北斗定位系统的定位精度。

### 3 北斗技术应用展望

北斗定位系统所属的 3 个频段: B1, B2, B3。目前我国

北斗定位系统在飞行试验中的应用仍然是个空白, 对此技术研究和应用的必然性和紧迫性已然成型。虽然国内多个研究机构已经研发了多个基于北斗定位系统的相关产品, 但目前在使用方面仍以军用为主, 在民用方面具体应用还是比较少, 民用领域仍然被美国的 GPS 所垄断。无论从国防事业的诸多应用需求还是民用方面, 北斗定位系统都有着广阔的技术应用前景, 主要表现在精确目标定位及武器制导、高精度数字地图、地质勘察与测绘、民用导航与救援、精准农业等国防、科研及农业诸多领域。在飞行试验中的应用前景主要表现在: 测试系统精确授时、高精度的实时差分、飞行指挥系统、北斗短报文通信在实时监控中的应用等领域。相信在不久的将来, 我国自主研发的北斗定位系统必将为我国国防现代化建设做出巨大贡献。

### 参考文献:

- [1] 谢 钢. GPS 原理与接收机设计 [M]. 北京: 电子工业出版社, 2011.
- [2] 北斗卫星导航系统空间信号接口控制文件公开服务信号 B1I (2.0 版) [Z]. 2012: 27-34.
- [3] 白效贤, 李 宏, 等. 飞行试验数据与图像远程传输系统方案设计 [J]. 计算机工程, 2005 (17): 177-178.
- [4] 袁炳南, 霍朝晖, 等. 航空飞行试验遥测标准概况 [J]. 测控技术, 2010 (11): 10-11.
- [5] 白效贤, 杨廷梧, 等. 航空飞行试验遥测技术发展趋势与对策 [J]. 测控技术, 2010 (11): 6-9.