

# 基于物联网的变电站安全作业系统<sup>①</sup>

武海艳, 宫娜娜

(黄河科技学院 物联网传感技术及其应用郑州市重点实验室, 郑州 450063)

**摘要:** 为加强对变电站巡检工作的规范性和安全性的监督, 设计了基于物联网技术的变电站安全作业系统, 主要给出了现场采集系统中的设备选择方案、安装注意事项、所用的定位算法及具体实施方案. 系统定位工作人员的当前所处区域, 对其所处位置、巡视路线进行跟踪, 对误入工区、漏巡等行为进行监测和管理.

**关键词:** 物联网; 智能变电站; 传感器; 智能监测; 智能巡检

## Safe Operation System in Substation Job Based on the Internet of Things

WU Hai-Yan, GONG Na-Na

(Key Laboratory of Sensor Technology and Application of IOT, Huanghe Science and Technology College, Zhengzhou 450063, China)

**Abstract:** To strengthen the standardization of substation inspection and safety supervision, this paper designs the substation safe operating system based on internet of things technology. This paper mainly presents the on-site acquisition system scheme. It introduces the equipment selection, installation notes, localization algorithm and detailed implementation programs. In the work area the system locates the position of staff and tracks the patrol route. It is more efficient to detect and manage the behavior as straying into the restricted area and dropping inspection, etc.

**Key words:** internet of things; smart substation; sensor; smart monitoring; intelligent inspection

### 1 引言

物联网技术的核心是通过各种传感和传输手段, 获取并传输实体的重要信息, 实现实时的识别、定位、跟踪和管理, 实现智能化的远程监控. 在电力系统中运用物联网技术<sup>[1-5]</sup>, 实现对电力设施的安全监测, 对作业人员监控、规范和入站作业行为警示, 能有效防止违规作业(比如随意穿越间隔、不按巡视路径巡视等), 保障人身安全, 提高电网管理效率和管理范围, 进而促进电力系统管理水平的提高.

### 2 变电站安全作业系统功能设计

变电站的状态检修是通过对其历史运行、检修及试验状态和连续监测数据, 分析其趋势, 加以预测、诊断, 估计设备的寿命, 然后确定检修项目、频度与检修内容, 保证变电站的正常运行<sup>[6]</sup>. 状态检修危险性高, 在检修中存在一些潜在的不足和安全隐患. 如误入间

隔、巡视不到位等违规作业行为时有发生, 而国内大多数变电站的监控技术, 没有专门针对工作人员的监控和报警系统. “五防”系统和视频监控系统在一定程度上对工作人员进行了规范和管理, 但是在对站内人员的实时监控和主动防御方面却存在很多问题<sup>[7-10]</sup>.

本文针对变电站安全作业管理存在的问题, 提出了基于 WSN 技术的变电站安全作业管理系统, 通过基于 Web 的远程实时监控系统, 定位作业人员的当前位置, 跟踪其在站内的移动轨迹, 自动感知误入工区等行为, 自动记录巡视人员的巡视轨迹, 监控人员通过后台监控系统界面, 对现场出现的违规行为进行及时的提醒或警告. 该系统可辅助后台管理部门做出决策, 防止事故的发生.

### 3 变电站安全作业系统结构

系统包括变电站采集现场和监控中心两个部分,

① 基金项目: 郑州市科技攻关项目(20120473); 郑州市物联网传感技术及其应用重点实验室(114PYFZX504); 郑州市物联网信息技术科技创新团队(112PCXTD343)

收稿时间: 2014-06-19; 收到修改稿时间: 2014-08-14

在变电站现场需安装数据采集、数据传输、数据预处理相关设备,包括:锚节点、网关节点、前置机.采集现场系统上传的数据给监控中心,同时接受监控中心下发的控制命令.

在监控中心部署服务器,完成数据通信、存储、显示以及控制命令的下发.用户通过普通的计算机或终端设备,连入 Internet 实现和监控系统的交互.具体结构如图 1 所示.

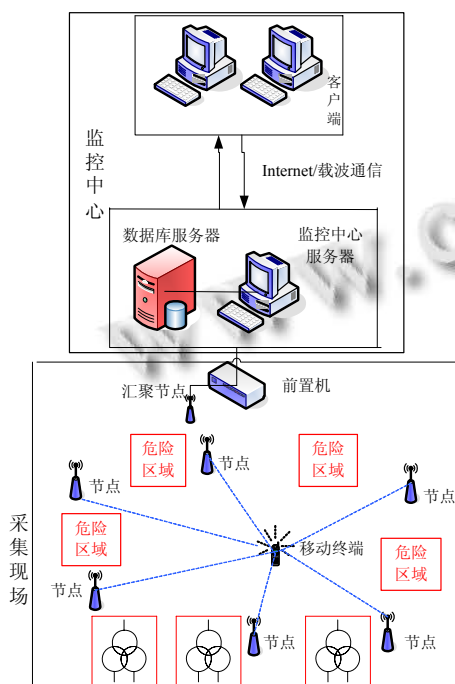


图 1 基于 WSN 的变电站安全作业系统

## 4 现场监控子系统

### 4.1 现场监控子系统的设备选型及安装

现场监控子系统包括无线传感器节点和前置机,通过串口通信实现数据交互.无线传感器节点包括网关、锚节点和移动终端.

#### 1)设备选型

经过现场勘查,使用 20 个锚节点可以覆盖变电站内目标设备及巡视路线.移动终端由工作人员执行巡检任务时随身携带.前置机、网关选择时考虑数据传输和布线因素,采用光缆接入内部局域网.现场监控子系统主要设备见表 1.

表 1 主要设备名称及数量

序号	名称	数量	型号
1	Zigbee 节点	20	SH-W102-1

(锚节点)			
2	网关	1	SH-BN302
3	移动终端	5	SH-MN101
4	前置机	1	SH-DSW102-1
5	光端机 (带 485 接口)	2	AOPRE-T/R4ZV1FD
6	太阳能电池	20	SH-P101

## 2、设备安装

### (1)锚节点的安装

锚节点是系统可靠定位并保证定位精度的关键部件,其安装时可选取现有电器设备安装立柱且远离电器设备本身,锚节点天线位置也应远离金属物体,保证无金属物体遮挡,以免影响通信链路和组网性能,其覆盖区域应覆盖目标设备及巡视路线.安装注意事项如表 2.

表 2 锚节点的安装

序号	安装距离	距离单位 m
1	距电器设备距离 $d_1$	$d_1 > 1m$
2	距地面距离 $d_2$	$1.8 < d_2 < 2m$
3	两节点间距离 $d_3$	$2m < d_3 < 8m$
4	距金属物体距离 $d_4$	$d_4 > 0.2m$

本系统设计定位精度为 2m.每个锚节点的位置坐标通过现场测绘方式确定.20 个锚节点依照变电站现有的立柱进行固定,通过镀锌抱箍固定和连接.

### (2)前置机/网关节点/光端机安装

在变电站现场,采用金属材质机柜,放置前置机、光端机、网关节点.机柜具有防水防晒特点,可有效保护柜内设备.采用 485 接口线将前置机和光端机连接,实现数据由电信号到光信号的转换,该线缆长度小于 50cm,部署于机柜内.电源线和光纤通信线缆走线方式利用变电站现有地沟走线,不需要额外进行挖沟,线缆裸露部分穿管.考虑到变电站的美观,供电线和数据线沿着排水管并紧贴墙面走线.

### 4.2 人员定位与跟踪算法

变电站安全作业管理系统中的定位功能采用区域重叠的定位算法实现,通过现场布设的若干个锚节点,感应人员的到达.若能被一个锚节点感应到,则表示人员在该锚节点的感应区域内,若能同时被几个锚节点感应到,则表示人员在几个锚节点感应区域的重叠区域<sup>[9]</sup>.

有两个或两个以上锚节点信号覆盖区域,首先计

算出重叠部分交点的坐标, 然后计算交点坐标的质心, 质心就为人员的坐标. 以图 2 中的阴影部分为例, 重叠的区域三个顶点分别为  $p_1$ 、 $p_2$ 、 $p_3$ .

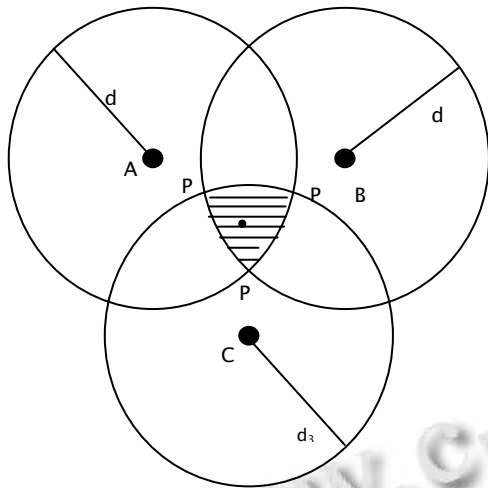


图 2 区域重叠定位分析

分别计算阴影部分三个交点  $p_1$ 、 $p_2$ 、 $p_3$  的坐标  $(x_1, y_1)$ 、 $(x_2, y_2)$ 、 $(x_3, y_3)$ . 如公式(1)、(2)、(3).

$$\begin{cases} (x_a - x_1)^2 + (y_a - y_1)^2 = d_1^2 \\ (x_b - x_1)^2 + (y_b - y_1)^2 = d_2^2 \end{cases} \Rightarrow (x_1, y_1) \quad (1)$$

$$\begin{cases} (x_b - x_2)^2 + (y_b - y_2)^2 = d_2^2 \\ (x_c - x_2)^2 + (y_c - y_2)^2 = d_3^2 \end{cases} \Rightarrow (x_2, y_2) \quad (2)$$

$$\begin{cases} (x_a - x_3)^2 + (y_a - y_3)^2 = d_1^2 \\ (x_c - x_3)^2 + (y_c - y_3)^2 = d_3^2 \end{cases} \Rightarrow (x_3, y_3) \quad (3)$$

然后计算这三个交点的质心. 此时人员的坐标  $(x, y)$  为:

$$(x, y) = \left( \frac{x_1 + x_2 + x_3}{3}, \frac{y_1 + y_2 + y_3}{3} \right) \quad (4)$$

当工作人员进入只有一个锚节点的信号覆盖的区域, 此时人员在该锚节点圆心的周围, 以该锚节点坐标作为人员当前位置坐标.

通过以上两种方法, 可以把工作人员的行走轨迹描绘出来, 在监控中心的界面上显示, 实现了人员的跟踪.

区域重叠定位算法的流程如图 3 所示.

### 4.3 测试

打开前置机、移动终端、锚节点电源, 测试员 1 名进入现场模拟巡视人员巡视现场.

测定锚节点安装位置的正确性, 采取如图 4 所示

的测试软件平台. 测试过程如下:

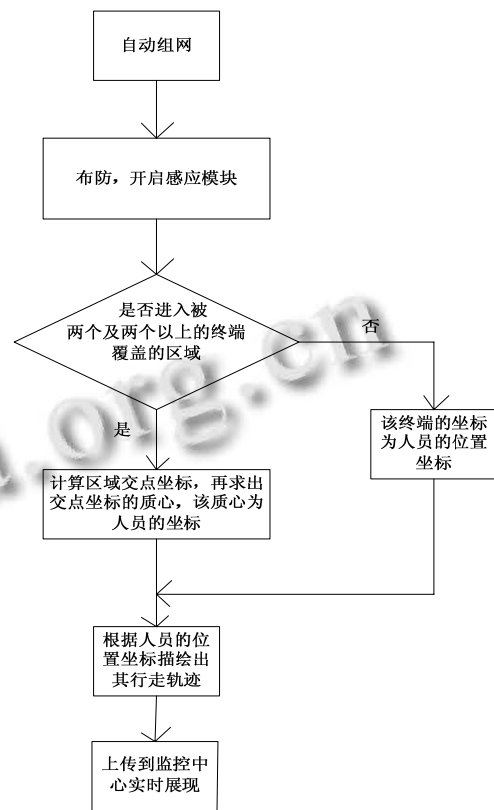


图 3 区域定位算法流程图

数据实时性验证: 在测试 PC 上打开网络测试软件, 观察每个锚节点数据上传速度;

锚节点通信半径测试: 设定移动终端的发送功率, 检测接收该移动终端心跳信息的锚节点距离移动终端当前的距离, 并核实 RSSI 值是否有突变, 如果有突变, 则可能受到临近障碍物干扰, 此时需更换安装位置.

锚节点工作状态验证: 查看每个锚节点状态包, 核实其剩余能量、链路质量、路由模式等状态信息, 观察软件平台报警信息, 如发现告警, 则针对告警内容及时解决和更换.

定位数据正确性验证: 通过对讲机呼叫现场测试人员, 令其告知当前位置, 同时查看此时收到心跳信息包的锚节点数据个数及位置. 并在巡视过程中的每个位置重复上述操作. 如果发现在某个位置测试平台没有收到任何锚节点信息, 则此处为监测盲区, 需重新部署锚节点, 以确保无监测盲区. 如果某个位置接收到超过 5 个锚节点的定位信息, 则说明此区域锚节点部署密度过大需更换. 对进入变电站的人员进行定位跟踪, 实时掌握其当前所处位置, 对随意走动、误入工区等行为

进行监测, 并实现轨迹回放, 如图5、图6所示。



图4 锚节点部署测试平台

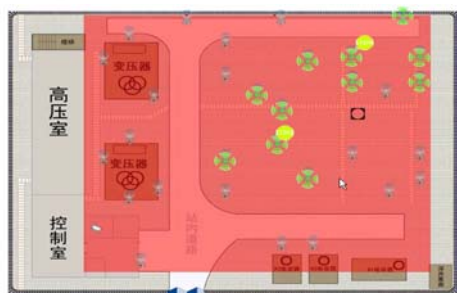


图5 人员实时定位



图6 轨迹跟踪与查询

## 5 监控中心系统

监控中心系统包括后台管理系统、数据库和通信模块, 实现后台监控系统的管理、协调和维护。通过通信模块将数据存入数据库实时表中, 管理后台系统从实时表中读取数据进行数据的实时显示或转存入历史表中以备日后查询和分析。后台管理系统通过通信模块的接口函数向数据采集现场下发命令。后台管理系统采用 B/S 结构, 主要实现变电站信息、用户权限管理、任务设定、人员实时定位、告警提示和历史数据查询等功能。

## 6 结语

本文从设备选型、设备安装测试, 定位算法、后台软件等方面对变电站安全作业系统的设计进行了详

细分析, 形成了一套合理的基于 WSN 的变电站安全作业系统方案。通过现场勘查、部署和测试对方案的可行性进行了验证, 系统的设计很好的满足了用户的需求, 实现了对人员的实时追踪和告警提示。在一定程度上增大了变电站监管的力度, 提高了变电站作业的安全性与规范性。

### 参考文献

- 1 Huang XY, Liu P, Miao SH, Wu X. Application of Wireless Sensor Networks in Power Monitoring System. Automation of Electric Power Systems, 2007, 31(7): 99-103.
- 2 张强, 孙雨耕, 杨挺, 崔振辉. 无线传感器网络在智能电网中的应用. 中国电力, 2010, 43(6): 31-36.
- 3 陈岩. 基于 WSN 定位技术的变电站安全作业管理系统数据

- 库设计[学位论文].成都:电子科技大学,2011.
- 4 刘志斌,赵桂军,梁雪梅.基于实时定位技术的变电站智能安全管理系统.电力系统及其自动化学报,2013,25(6): 138-142.
  - 5 谢江宏,李雪梅.物联网技术在变电站巡检中的应用.电力学报,2012,27(1):50-53.
  - 6 黄建华.变电站高压电气设备状态检修的现状及其发展.变压器,2002,39(9):11-15.
  - 7 胡翔,罗迅,张雷.华东电网 500kv 变电站安全作业流程.华东电力,2007,31(5):100-103.
  - 8 方丽华.数字化变电站技术丛书—运行维护分册.北京:中国电力出版社,2010.
  - 9 郝晓平.无人值班变电站运行管理模式探讨.湖北电力, 2009,33(3):24-25.
  - 10 Bulusu N, Heidemann J, Estrin D. GPS less low cost outdoor location for very small devise. IEEE Personal Communications Magazine, 2000, 7(5): 28-34.

[www.c-s-a.org.cn](http://www.c-s-a.org.cn)

[www.c-s-a.org.cn](http://www.c-s-a.org.cn)