

基于热释电红外传感器的多节点定位系统研究与设计

刘前进^{1,2}, 杨卫^{1,2}, 刘云武^{1,2}

(1. 中北大学 电子测试技术国家重点实验室, 太原 030051;

2. 中北大学 仪器科学与动态测试教育部重点实验室, 太原 030051)

摘要: 针对热释电红外传感器 (PIR) 在人体探测领域中越来越广泛的应用, 研究设计了一种基于 PIR 的检测定位系统, 可实时完成对人员目标入侵探测区域时的检测与定位, 并预推出人员目标的行进轨迹; 该系统由多个 PIR 感知节点组成, 每个感知节点通过传感器在动、静两种状态下对探测区域进行信息采集; 最终融合多节点与不同状态下传感器采集的数据, 算出各个传感器的探测角度值, 以交叉定位的算法, 得到目标的定位坐标; 经实验证明, 该系统运行稳定, 检测灵敏, 定位效果很好, 拓宽了热释电传感器在定位定向方面的使用范围。

关键词: 热释电红外传感器; 探测区域; 多节点; 交叉定位

Research and Design of Multi-node Positioning System Based on Pyroelectric Infrared Sensor

Liu Qianjin^{1,2}, Yang Wei^{1,2}, Liu Yunwu^{1,2}

(1. National Key Laboratory for Electronic Measurement Technology, North University of China, Taiyuan 030051, China;

2. Key Laboratory of Instrumentation Science & Dynamic Measurement, North University of China, Taiyuan 030051, China)

Abstract: The pyroelectric infrared sensor (PIR) is widely used in the field of human exploration. Research and design of detecting system based on PIR is for the purpose that it can complete intrusion detection and location detection region, track and predict the staff when the goal go through the detection area at real-time. The system consists of a plurality of PIR sensing nodes, each node through the sensor in dynamic-static two kinds of states, collect the information of detection area. The final fusion of multiple nodes and different state of sensor data acquisition, and detection angle are used to calculate the various sensor values. According to the cross location algorithm, positioning coordinates of target is obtained. Have been proved by experiment, the system with sensitive detection and good results, operates stably and broadens the range of use of the pyroelectric sensor in the position and orientation field.

Keywords: pyroelectric infrared sensor; detection area; multi-node; cross location

0 引言

热释电红外传感器是一种被动式传感器, 靠接收人体辐射的红外线进行检测, 并以电压信号的形式表示出来。运动人体辐射的红外信号中包含步行姿态及体貌特征等信息, 热释电红外 (PIR) 传感器能够探测人体发出的红外线, 在有效范围内实现运动人体的检测, 与一定的信号处理算法相结合实现人员目标的定位与跟踪^[1]。目前, 热释电红外传感器多用于各种自动化控制、防盗报警、来客告知及非接触开关等红外领域, 而在定位方面也仅限于模糊区域定位阶段^[2], 并不能较为准确地得到目标的具体坐标与轨迹。文献 [3-4] 解决了传感器节点数据采集高速采集、数据的高效存储和高效使用等问题, 是实现信息实时处理的基础。文献 [5-7] 初步介绍了热释电传感器的帧差法提取目标信息, 对目标定位定向进行了有利的探索。文献 [8] 提出了多站之间的交叉定位以及误差的修正。

本文针对热释电传感器的特点, 搭建了感知节点平台, 完

善了相应的算法, 最后进行了仿真与实地实验, 取得了良好的效果。

1 系统整体设计

1.1 硬件系统组成

其硬件总体组成如图 1 所示。图中包括放大电路等模拟信号处理单元、高速数据采集与缓存单元以及节点通信的无线网络, 以及 PC 终端。具体为: PIR 传感器与红外透镜相结合, 增加了探测距离。PIR 在有目标的时候输出的信号非常微弱, 易受各种噪声的影响, 因此放大电路采用 AD627 和 AD8571 的两级放大, 并将放大的模拟信号输入具有最大平坦响应的 5 阶低通滤波器 LTC1062。数据采集时, 混合级芯片 C8051F020 的 12 位 ADC 以 100 ks/s 的速率完成对模拟信号的转换, 并存入闪存 HM6264。在处理器中处理完成后, 通过 Zigbee900 节点自动组网, 实现信息的实时共享。最终在计算机上实时显示所需要的信息。

多节点目标定位系统发挥硬件与软件相结合的优势, 能快速、实时地对探测区域进行态势感知。各个节点相互独立而又相互协同, 及时通过无线网络达到信息的共享, 大大提高了数据资源利用率。

收稿日期: 2014-04-03; 修回日期: 2014-05-10。

基金项目: 国家自然科学基金(60871041)资助项目。

作者简介: 刘前进(1989-), 男, 河南商水人, 硕士研究生, 主要从事测试计量技术及仪器方向的研究。

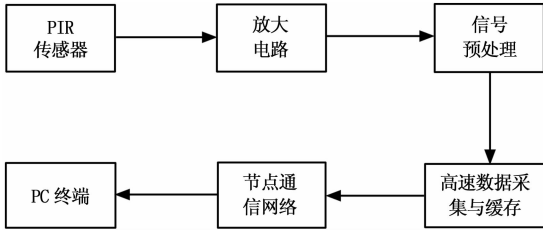


图 1 硬件总体组成示意图

1.2 PIR 节点及其布局

如图 2 (a)、(b) 所示, PIR 节点主要由动、静态 PIR, 转台, 通讯模块以及壳体内部处理电路。实验中采用图 3 所示的布局, 组成一个网格单元。该网格单元成规则的正方形, 边长为一定值。8 个静态 PIR 传感器构成封闭的区域, 4 个动态 PIR 传感器在一定范围内往复转动, 交叉扫描封闭区域, 达到对该区域的 360°无缝感知。

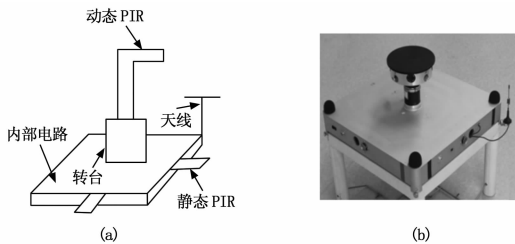


图 2 PIR 节点示意图

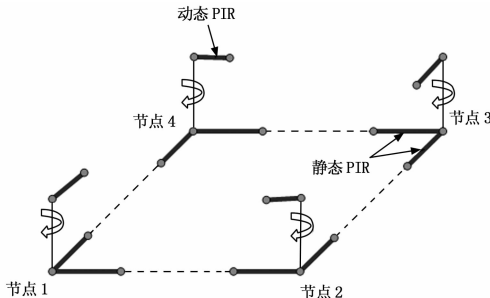


图 3 PIR 四节点布局

2 系统工作原理及流程

被动式热释电红外传感器, 是一种靠接收物体的红外辐射能量并将其转变为电信号的元件。当目标通过探测视场时, 会产生一个类正弦波的波形, 无目标通过时, 波形会近似一条直线。采用如图 3 所示的 PIR 位置布局, 当目标入侵网格单元时, 首先要穿过 8 个静态 PIR 构成的封闭四边形“探测线”。根据每条线上两个静态 PIR 采集的数据, 算出目标入侵网格单元的第二个坐标。当进入网格单元内部时, 就处于动态 PIR 的感知范围之内。设计中采用如图 3 的方式使热释电传感器处于转动状态下, 即动态下对目标区域进行感知探测。图中热释电传感器置于以一定速率匀速、在一定角度范围内往复转动。当 PIR 的探测视线与目标相交时, 通过特定的信号处理方法帧差法, 提取目标的信息, 得到目标相对于 PIR 的角度值。为了实现多传感器交叉定位的方法, 对 4 个节点组成的网格单元 PIR 的数据进行融合处理。转台往复转动一周, 传感器采集的数据为一帧。

交叉定位的原理如下: 根据图 3 中的布局, 以在 PIR4—PIR1 侧, 双传感器发现目标为例说明该原理。参见图 4, 设

处在点 A 处的传感器 PIR1 在半帧期间探测的结果是, 在 β 角射线方向发现目标; 而处在点 B 处的传感器 PIR4 在同一半帧期间探测的结果是, 在 α 角射线方向发现目标 OBT。则从点 A 作 β 角射线和从点 B 作 α 角射线, 两线交于点 C。根据 $\triangle ADC$ 和 $\triangle BEC$ 可知式 (1)、式 (2) 和式 (3) 成立。已知网格边长为 Y , 又显见式 (4) 成立, 则可联立方程可求得点 A 距目标的距离计算公式 5。于是 C 点定位为 $\{\alpha, z\}$ 。

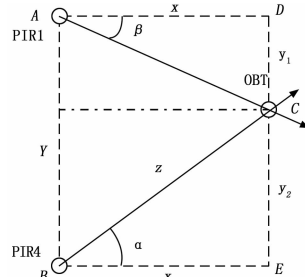


图 4 PIR4-PIR1 侧探测角射线交叉定位示意图

$$y_1 = x \tan \beta \tag{1}$$

$$y_2 = x \tan \alpha \tag{2}$$

$$x = z \cos \alpha \tag{3}$$

$$y_1 + y_2 = Y \tag{4}$$

$$z = \frac{Y}{\cos \alpha (\tan \alpha + \tan \beta)} \tag{5}$$

PIR1—PIR2 侧、PIR2—PIR3 侧、PIR3—PIR4 侧的定位误差计算类似于 PIR4—PIR1 侧, 因为其计算图相当于 PIR4—PIR1 侧的图顺时针旋转一定的角度, 而其对应变量关系不变。最后对一帧期间的数据进行融合。一帧网格单元数据综合公式为

$$\bar{\alpha} = \frac{\alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3 + \alpha_4}{n} \tag{6}$$

$$\bar{z} = \frac{z_1 + z_2 + z_3 + z_4}{n} \tag{7}$$

式中, \bar{n} 是探测到目标相邻节点数, 如 4 方相邻节点都探测到目标, 则 $\bar{n} = 4$ 。图 5 为整个系统工作流程图。

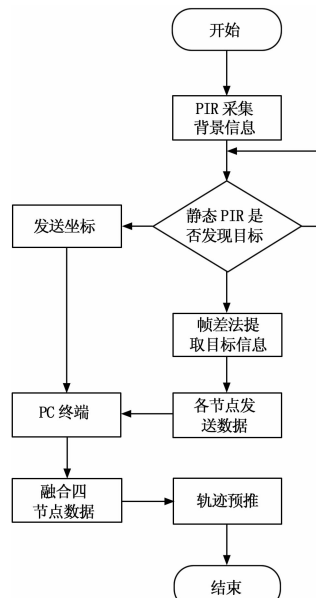


图 5 系统工作流程图

