

Target Tracking and Alarm Monitoring Research Based on Wireless Sensor Network*

Chenghui Yang, Guofeng Wan

College of Electrical Engineering, Northwest University for Nationalities, Lanzhou
Email: yangchenghui36@163.com

Received: Oct. 30th, 2012; revised: Nov. 10th, 2012; accepted: Nov. 20th, 2012

Abstract: This paper describes an infinite network node sensor networks, architecture, features, and related technologies and issues. And gave details of the sensor network based on infinite target tracking and alarm monitoring: in target tracking introduces the main technical indicators and several points need to be addressed. And speak the target tracking algorithm on a number of location tracking and specific methods to analyze the advantages and disadvantages of each method of the Department. Less so false and simple analysis of the results. Key in the alarm monitoring system in wireless sensor networks are introduced in combination with other devices in the sensor area of monitoring and alarm monitoring. And focuses on monitoring and alarm system module introduces the various parts of the necessary components and software modules of the flow chart.

Keywords: Wireless Sensor Networks; Target Tracking; Positioning; Alarm Monitoring

基于无线传感器网络(WSN)的目标跟踪和报警 监控系统的研究*

杨成慧, 万国峰

西北民族大学电气工程学院, 兰州
Email: yangchenghui36@163.com

收稿日期: 2012年10月30日; 修回日期: 2012年11月10日; 录用日期: 2012年11月20日

摘要: 本文主要介绍了无限传感器网络的网络节点、体系结构、特点及相关的技术和问题, 并详细介绍了基于无限传感器网络的目标跟踪和报警监控: 在目标跟踪中主要介绍目标跟踪技术指标和关于定位的一些算法及具体的跟踪方法同时还提出了需要解决的几点问题。虚拟坐标定位标算法, 它是由本文的传送树算法改进的, 具有反应速度快、耗能少、虚报少等特点可以对结果进行了简单的分析。在报警监控系统中介绍了无线传感器网络中的传感器如何结合其它器件对监控区域进行实时监控和报警, 重点介绍了监控报警系统的组成模块和所需的元件以及软件程序设计。

关键词: 无线传感器网络; 目标跟踪; 定位; 报警监控

1. 引言

*项目资助: “中央高校基本科研业务费专项资金资助”(Supported by the Fundamental Research Funds for the Central Universities), 多目标进化算法的 WSN 数据采集算法研究, 项目编号: zyz2011052; “中央高校基本科研业务费专项资金资助”: ZYZ2012058; 西北民族大学 2011 教育教学改革项目, 开放性电子设计研究, (项目编号: JG201135)。

无线传感器网络作为一种新的领域正在推动科技发展和进步, 关系到国家经济和社会安全, 已成为国际竞争的制高点, 引起了世界各国军事部门、工业界和学术界的极大关注。本课题主要是研究无线传感器网络对目标进行跟踪和报警监控, 这是无线传感器网络的一个非常重要的领域。无限传感器网络目

标跟踪和报警监控系统的研究可以很好的提高工作效率和保证人民的财产。比如在目标跟踪和监控方面可以提高工作效率，加强人员管理可以实现区域事物的实时监控，及时了解事物的动态^[1]。还可以在战场上及时跟踪敌方的车辆的行进路线和兵力的调动情况，将获取的战场信息及时发送回我方指挥中心。

在报警监控方面可以最大程度地保障地区的安全性，及时的报警可以对意外事件做出最快的反应。报警监控系统主要是电子设备，电子设备具有的严谨性、实时性的特点。其优点是客观性和连续性。这样可以避免人保状态下的各种主观性、突然性和不连续性。

2. 无线传感器网络

2.1. 无线传感器网络节点结构与体系结构

无线传感器网络是由许许多多功能相同或不同的无线传感器节点组成，每一个传感器节点由数据感应模块、数据处理、控制模块、通信模块和电源模块等组成。如图 1。

无线传感器网络通常由传感器节点、管理节点、汇聚节点(Sink Node)和互联网组成。体系结构如图 2。

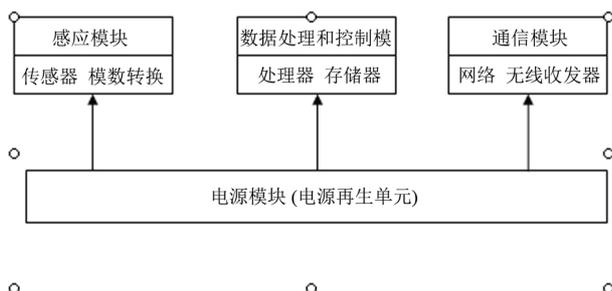


Figure 1. Wireless sensor network node composition
图 1. 无线传感器网络节点的组成

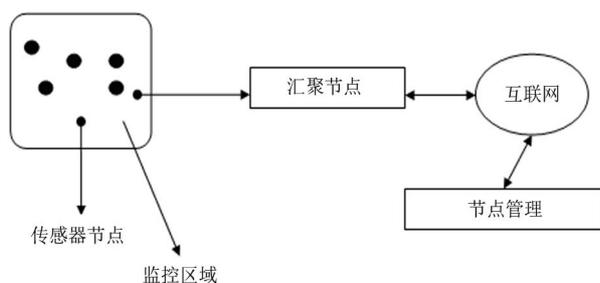


Figure 2. Wireless sensor network system structure
图 2. 无线传感器网络的体系结构

2.2. 无线传感器网络的特点

无线传感器网络往往是为了某个特定的需要而设计的具有特定功能的由多个传感器组成的网络，有着独特的体系结构和应用背景，使它具有与其他网络不同的许多特点^[2]。

1) 网络自组织性: 无线传感器网络可以在任何时刻、任何地点、不需要任何基础网络设施的条件下，由传感器节点本身自己组织形成独立网络。

2) 容错性和工作时间局限性: 无线传感器网络容错性和个体功能局限性是其安全性所面临的最大问题。传感器节点受到体积的限制，使得节点的计算能力、存储能力等局限性表现非常突出。节点能量主要靠电池，又决定了它工作时间上的局限性这都是无线传感器网络的不足。

3) 网络拓扑特点: 无线传感器网络中的拓扑结构变化主要由于可移动节点的移动和节点能量的耗尽造成的，而网络拓扑结构比较稳定，一般网络中的拓扑变化主要由节点的移动造成的。

4) 网络分布式特点: 网络分布式特性基站节点与传感器节点体现了使用集中式的控制结构，但各个传感器节点之间，是一种无中心的分布式控制网络。

5) 无线传感器网络的安全特点: 有严重的安全性问题由于无线传感器自身无限信道、有限电源、分布式控制等技术，网络主机更加容易受到窃听、主动入侵、拒绝服务、剥夺睡眠时间等形式的各种网络攻击，而且传感器节点往往直接暴露在外面容易损坏。

无线传感器网络目标跟踪大体分为单目标跟踪与面目标跟踪。单目标跟踪主要采用二元检测协作跟踪、信息驱动协作跟踪、传送树跟踪算法等方法。面目标跟踪采用对偶空间转换算法等方法。

2.3. 无线传感器网络路由技术

无线传感器网络中的路由技术可分为层次型协议和平面型协议两种，基本的思想是采用在节点和汇聚节点间建立连接。

层次型协议^[3,4]功能比较简单，不需要维护负责的路由信息。其缺点是群头节点可能会成为网络的瓶颈。优点是大大减少了网络中路由控制信息的数量，有很好的可扩充性。主要有低功耗自适应分簇结构和敏感门高消耗能传感器网络协议。

平面型协议中,所有节点的地位是平等的,其缺点是可扩展性差,维护动态变化的路由需要大量的控制信息。但是不存在瓶颈,主要有洪泛、信息协商传感器协议。定向扩散是一种典型的以数据为中心的路由协议。

2.4. 无线传感器网络路由技术面问题

无线传感器网络路由技术设计的基本特点是能量低、规模大、移动性强、拓扑易变化、使用数据融合技术和通信的不对称,因此无线传感器网络路由技术的设计要满足以下路由机制要求^[5,6]。

1) 能量高效的问题

无线传感器网络节点能量储备低,且能源一般不能补充。传感器网络节点一般是部署后独立工作,可维护性很低,且无线通信部件的功耗很高,通信功耗占了节点总功耗的大部分耗能。因此,研究低能耗的路由协议非常重要。

2) 数据融合技术的问题

在无线传感器网络中,为了减少流量和耗能,传输过程中的转发节点经常将不同的入口的报文融合成数目较少的出口报文转发给下一跳,这就是数据融合的基本含义。采用数据融合技术意味着路由协议需要做出相应的调整。这样可以减少信息的传输次数减少节点能量消耗。

3) 通信不对称,流量分布不均匀的问题

无线传感器网络是一个数据采集网络,绝大部分流量是由各个传感器流向汇聚节点,因此,流量分布极不均匀。体现在源节点和目的节点不对称,源节点众多而目的节点单一;传输方向不对称,以汇聚节点为目的的数据流远远超过以它为源节点的控制流。

3. 目标跟踪的实现

3.1. 目标定位算法

在无线传感器网络的许多实际应用中,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、鲁棒性和隐藏性等特点,无线传感器网络非常适合于移动目标的定位和跟踪。无线传感器网络目标定位方式主要如下:

1) 主动模式

基于距离的定位:测量节点间距离或方位时采用的方法有:到达时间 TOA(TOA, Time Of Arrive),到达时间差 TDOA 到达角度 AOA,接收信号强度指示 RSSI。目前常选择 RSSI 来进行跟踪定位。基于距离的定位方法虽然能够达到很好的精度,但共同缺点都是需要节点间的严格同步,且能量消耗大。

2) 被动模式

与距离无关的定位中,一种方法是对节点到目标间的距离进行估计,然后通过三边测量法或极大似然估计法进行定位。还有一种方法是将包含目标的区域中心或离目标最近的节点位置作为目标位置。

3) 基于声波衰减模型的定位

这种方法需要根据经验测量获得比较接近实际的模型,因此在定位误差上有待提高。

如何提高移动目标的定位和跟踪准确度、改善无线传感器网络的能量有效性是无线传感器网络的移动目标定位和跟踪研究的关键技术。目标定位是实现移动目标跟踪的前提和基础。无线传感器网络的目标定位方法有许多种,但万变不离其宗。我们前面介绍了一些算法。这些算法都有优缺点。本文在原有定位算法上提出了虚拟坐标定位算法。这种算法首先利用节点采集的目标信号强度计算出节点的虚拟坐标,在此基础上再利用质心算法对目标进行定位。该种算法一方面利用分簇方法解决了单链问题,在簇内为每个节点建立两元组的虚拟坐标。另一方面,在考虑网络连通的情况下,每个节点周期性地判断自己需要处于工作状态还是睡眠状态,同时,在工作状态节点中完成路由发的选择。为了均衡利用能量,延长网络周期,工作状态的节点在一段时间后自动地进入睡眠状态。算法原理^[7,8]示意图如图 3 虚拟坐标算法原理图。

在图 3 中,参与追踪的节点为 A、B、C...H,目标为 M。因为各节点到目标的距离不等,节点采集的目标信号强度大小也会不一样。这里选取信号最强的 N 节点为锚节点,其余节点在计算虚拟坐标的时候指向锚节点,而虚拟坐标偏移节点自身坐标的距离依据节点采集的目标信号强度计算得出。每个追踪的节点对应一个虚拟坐标,最后对所有节点的虚拟坐标取平均值作为目标在某一时刻的位置估计^[9,10]。虚拟坐标的计算由下面的公式给出:

$$W_i = (1 - E_i / E_{\max}) * a \quad (3-1)$$

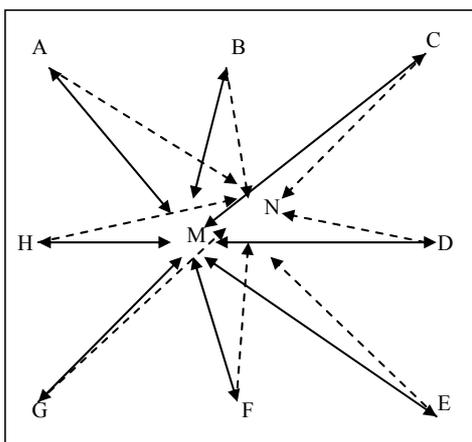


Figure 3. Virtual coordinate algorithm principle diagram
图 3. 虚拟坐标算法原理图

$$\Delta X_i = (X_H - X_i) * W_i \quad (3-2)$$

$$\Delta Y_i = (Y_H - Y_i) * W_i \quad (3-3)$$

$$X'_i = X_i + \Delta X \quad (3-4)$$

$$Y'_i = Y_i + \Delta Y \quad (3-5)$$

$$X_T = \frac{\sum X'_i}{N} \quad (3-6)$$

$$Y_T = \frac{\sum Y'_i}{N} \quad (3-7)$$

W_i 代表第 i 号节点的权重。 E_{\max} 为目标与节点距离为零时节点测量到的信号强度。 E_i 为第 i 号节点某时刻测量的信号强度。 α 为调整参数, X_i 、 Y_i 为第 i 号跟踪节点坐标。 $(X_H$ 、 $Y_H)$ 为锚节点的坐标。 ΔX_i 、 ΔY_i 为第 i 号节点计算虚拟坐标的位移变化量。 $(X'_i$ 、 $Y'_i)$ 为第 i 号节点的虚拟坐标, $(X_T$ 、 $Y_T)$ 为目标的位置估计坐标。

3.2. ABVCap_UE 路由算法

该文章做出以下的假设: 1) 每个节点不可以移动并且有唯一的 ID; 2) 节点初始时具有一定的能量, 并且在任意时候节点的生育能量是知道的; 3) 每个节点 u 都知道邻居节点的相关信息; 4) 网络图式连接图。

虚拟坐标的建立: ABVCap_UE 算法为每个节点分配两元组的坐标(经度, 纬度), 来确定簇点内的相关位置。

在网络拓扑图 G 中, 对于两条邻居内具有最小的 ID 号的节点 u , 首先将自己的簇号设为自己的 ID 号,

然后广播发起一个将要建簇的信息, 信息中包括 u 的 ID 号。一旦有节点 v 通过双链接路径收到这个建簇信息, 此时将自己的簇号设定为 u 的 ID 号。如果节点 v 收到多个建簇消息, 那么选择其中最小的一个 ID 号作为自己的簇号。在建簇的过程中, 只有双链的邻居节点才能收到建簇的消息, 从而保证了一个簇内, 任何两个节点都能够通信。在建簇消息完成后, 整个网络被划分成若干个簇。在一个簇内, 本身 ID 号为簇号的节点作为这一个簇的簇头节点。在一个簇内发起建簇消息的节点应该会有很多个, 但是最终选择这个簇内的最小的节点最为簇头。在整个的建簇算法中, 每个节点的存储簇号也是簇头节点的 ID 号。

在确定点的虚拟坐标时, 首先在每个簇内, 根据 ABVCap 算法选择四个节点, 分别取记号为 X 、 Y 、 Z 、 Z' , 在通过洪泛法, 将每个节点记下到定位点得最小跳数。然后, X 到 Y 路径上的点构成经度轴。精度轴上的每一个节点, 将自己的经度坐标值记到 X 点的最小跳数, 纬度坐标记为 0。在经度轴上的每一个节点 u (经度的坐标为 K) 分别建立到 Z 和 Z' 点的坐标轴, 称作纬度轴。轴上的每个节点设置经度坐标值等于 K , 前者纬度坐标值等于 u 到 Z 的跳数减去自己到 Z 的跳数, 后者则相反。对于非轴上的节点的坐标等于它距离最近节点的坐标。为了使每个节点都公平性地担任网络连将数据发送给本簇内的簇内的簇间使者节点, 他将数据转发给对象节点, 当数据到达目的节点所在通的任务, 协调节点周期性地检查自己是否可以成为非协调点。原则是他的任何两个邻居节点都可以直接成为通信或者经过一两协调点通信。

路由选择: 在 ABVCap_UE 算法为每个节点建立了虚拟坐标和协调点选取的前提下, 以下路由协议进行数据传输。根据文献源节点可以得到目的节点的唯一虚拟坐标和目的节点的簇号。路由协议分为以下两种情况: 1) 若目的节点与源节点在一个簇内(根据每个节点的簇 ID 可判断), 直接用下述路由算法; 2) 否则, 的簇时, 按下述路由算法^[11]。

1) 修改状态, 源节点与目的节点要收发数据, 所以将设为协调节点。

2) 选择下一跳节点 u 在邻居协调节点集合中做以下判断(避免进入死循环); If(所有的邻居协调节点转发过此数据包)则将数据缓存在它邻居的非协调节

点, 等待非协调节点唤醒时再转发数据, 对于这一非协调节点, 如果频繁收到数据缓存于该节点, 将变为协调节点, 以减少转发延时。Else: 节点 u 在它的协调节点集合中(不含转发此包得协调节点)选择对最小的作为下一跳节点。 U 标记自己转发过此数据包。

3) 判断 If(当前节点为目的节点)算法结束。Else 重复步骤 2)。

3.3. 跟踪状态下的节点唤醒

传送树结构: 目前大多数传感器网络跟踪算法都是集中式的, 跟踪信息需传送到数据中心去进行综合处理。基于传送树的跟踪算法是一种分布式算法, 节点只在本地收集数据并通过局部节点交换信息以完成目标跟踪。当目标进入监测区域的时候, 只有当目标进出传感器的监测范围的传感器才有响应。也就是说检测到目标的传感器只有目标周围的传感器。我们经这些传感器统一的分为: 目标前方传感器和目标后方传感器。在目标后方的传感器检测到目标的信息越来越弱。而目标前方的传感器的信号越来越强。这样目标的运动的方向就大致可以确定。这样我们就可以唤醒目标运动方向的前方的少数节点对目标进行跟踪。并且目标运动方向的信号强度也会越来越强。当目标前方的传感器的信号强度大于我们设定的阈值 M 时。这个传感器就向周围以广播的形式唤醒其周围的节点, 使其从休眠状态转为探测状态。为了传感器节省能量, 所以传感器在一定的时间只被唤醒一次^[11]。(这里限定一定时间的原因是防止目标突然转向而检测节点又没法唤醒的情况)而再传感器后面的节点则随着信号的减弱自动转入休眠状态。移动目标附近的节点通过传送树结构进行协作跟踪, 在保证对目标进行高效跟踪的同时减少节点间的通信开销。这样不必经过簇头减少了信号的传递级, 从而节省了能量。跟踪过程图如图 4。

3.4. 目标追踪流程

为了节省传感器节点的能量, 传感器网络采用网格状的分簇结构。如图 5 所示。当目标出现时传感器网络节点监测目标是否出现, 若目标出现则唤醒周围节点跟踪并将向好强度值传送至簇头进行分析并计算锚头节点的位置。判断目标的运动方向唤醒前方的

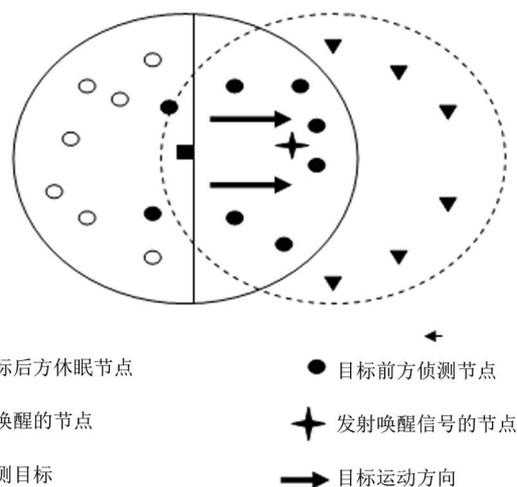


Figure 4. Node conversion strategy map
图 4. 节点转换策略图

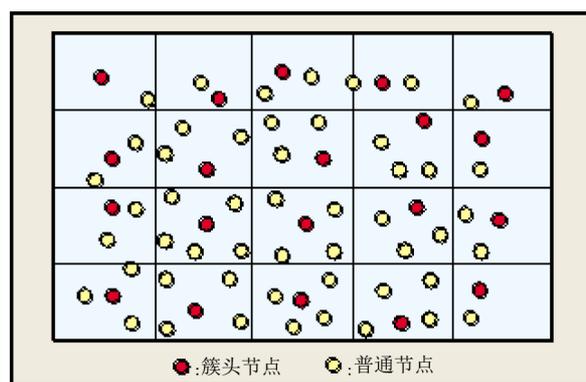


Figure 5. Points cluster network structure diagram
图 5. 分簇网络结构示意图

节点。当该网络没有探测事件发生时, 只有簇头节点处于工作状态, 普通节点则处于休眠状态。当移动目标进入网格时, 簇头节点负责唤醒单元格中的其他节点。下面给出了节点探测流程图如图 6 和跟踪数据处理流程如图 7 及分簇结构原理图 5。

4. 报警监控

4.1. 系统的硬件结构

系统主要由处理器模块、温度采集模块(传感器和 ADC0809)、显示模块报警模块和喇叭六部分组成。如图 8 为系统的结构框图。

电源模块: 交流电压 220 V 通过变压器, 得到 16 V 和 7 V 的交流电压, 再通过全波整流、滤波电容滤波后供给集成稳压块 7815、7915、7805, 得到 +5 V、+15 V 或 -15 直流电压^[12]。

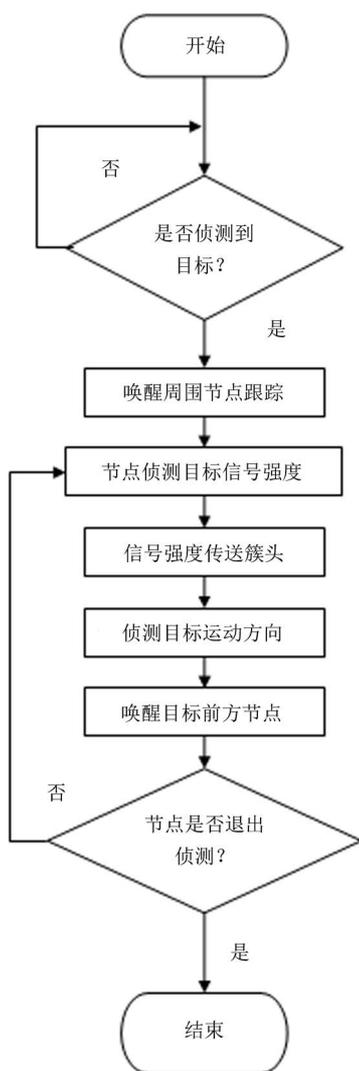


Figure 6. Node detection flow chart
图 6. 节点侦测流程图

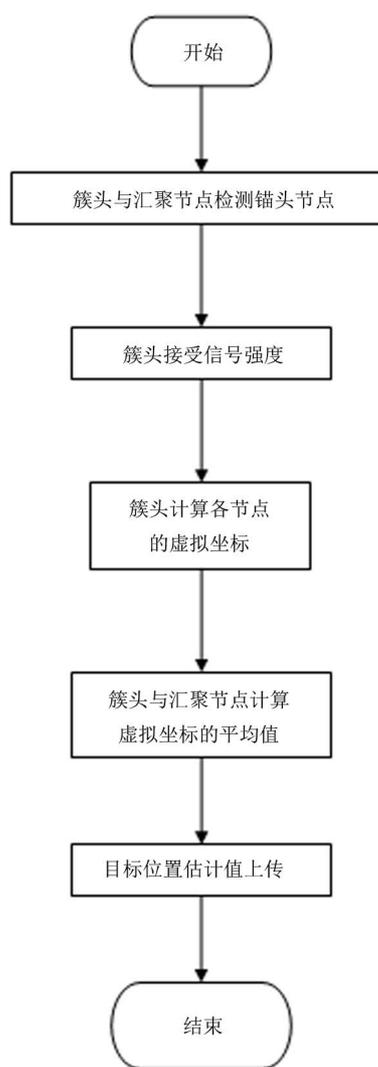


Figure 7. Tracking data processing flow chart
图 7. 跟踪数据处理流程图

微处理器：AT89C51 是一种低功耗、高性能 CMOS 8 位微控制器，具有 8 K 在系统可编程 Flash 存储器。使用 Atmel 公司高密度非易失性存储器技术制造，与工业 80C51 产品指令和引脚完全兼容。片上 Flash 允许程序存储器在系统可编程，亦适于常规编程器^[13,14]。在单芯片上，拥有灵巧的 8 位 CPU 和在系统可编程 Flash，使得 AT89c51 在众多嵌入式控制系统中得到广泛应用。

ADC0809:ADC0809 是美国国家半导体公司生产的 CMOS 工艺 8 通道，8 位逐次逼近式 A/D 转换器。其内部有一个 8 通道多路开关，它可以根据地址码锁存译码后的信号，只选通 8 路模拟输入信号中的一个进行 A/D 转换。是目前国内应用最广泛的 8 位通用

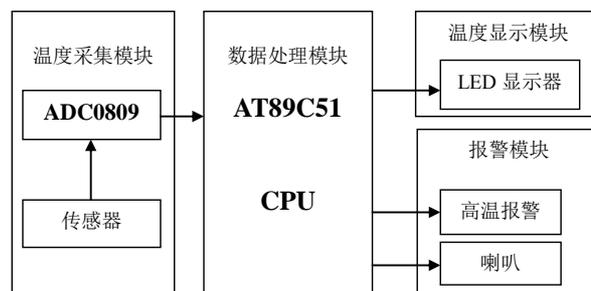


Figure 8. Alarm system design
图 8. 报警系统设计

A/D 芯片传感器模块：这里传感器模块根据情况的不同含有多种传感器主要有：微波多普勒效应探头、微波红外复用探头、红外热释电传感器人体都有恒定的体温^[15]，一般在 37℃ 左右，会发出 10 mm 左右特定波

长的红外线,被动式红外探头就是靠探测人体发射的红外线而进行工作的。离子烟感器和半导体气敏传感器用于监视火警及煤气泄漏。在这里我们用温度传感器。

4.2. 系统的工作原理

如图 8 所示,传感器将采集的温度信号先转换成电流信号,再转换为电压信号,最后送入 D/A 变换器 ADC0809 中,输出 BCD 码送入 AT89C51 单片机中,处理器中运算控制器根据接收数据进行处理同时将数据保存,通过软件对所测电压进行数字非线性校正,同时由显示器进行实时显示。根据系统程序温度高于 65 摄氏度时发生报警。

4.3. 系统电路图

当电路没有运行时 AT89C51 和 ADC0809 的各个引脚呈灰色,表明电路没有运行。当电路运行单位报警时 AT89C51 和 ADC0809 的各引脚呈红色并闪烁,当电路报警时报警灯闪烁喇叭发出响声后系统电路图如图 9 所示。

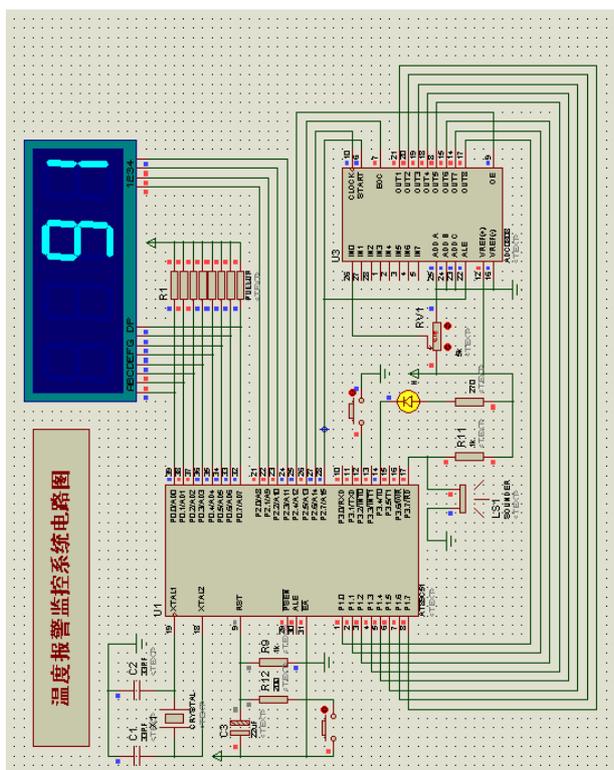


Figure 9. System circuit diagram
图 9. 系统电路图

5. 总结

以往的目标跟踪方法延时比较大,不适应高速运动的目标跟踪。跟踪精度也不好,有的算法需要所有节点参与跟踪浪费节点的能量。目前,最常用的粒子滤波算法效果也不是很好,传送树跟踪算法使用了基于簇的节点自组织策略,但是根节点的选举以及移交阶段通信量急剧增加,目标跟踪任务还要暂停,对于高速运动的目标,难免导致目标丢失。虚拟坐标定位算法则不存在以上问题,并且传感器网络跟踪系统具有良好的可扩展性、可靠性、实时性、节能效率高、自适应性和鲁棒性。本文的报警监控系统实现简单,且报警及时能很好的保证家庭和地区的安全。

参考文献 (References)

- [1] 陈瑞,王青云. 无线传感器网络的路由协议研究[J]. 现代电子技术, 2006, 29(17): 15-17.
- [2] 马建庆. 无线传感器网络安全的关键技术研究[D]. 上海: 复旦大学计算机信息与技术系, 2007.
- [3] 李建中,高宏. 无线传感器网络的研究进展[J]. 计算机研究与发展, 2008, 45(1): 1-15.
- [4] 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.
- [5] 林瑞仲. 面向目标跟踪的无线传感器网络研究[D]. 杭州: 浙江大学, 2005.
- [6] 彭瑞云. 基于声音的无线传感器网络单目标跟踪研究与应用[D]. 西安: 西北大学, 2008.
- [7] 潘旭武. 基于无线传感器网络的目标跟踪研究[D]. 杭州: 浙江工业大学, 2007.
- [8] 李建中,高宏. 无线传感器网络的研究进展[J]. 计算机研究与发展, 2008, 45(1): 1-15.
- [9] 孟沙. 基于传感器网络的目标跟踪应用算法的研究和改进[D]. 成都: 电子科技大学, 2004.
- [10] 李志刚,屈玉贵,蔺智挺等. 基于无线传感器网络的战场目标跟踪[J]. 传感器与微系统, 2007, 26(7): 118-120.
- [11] 郭晓行,惠丽,范斌,李金宝. 基于虚拟坐标的无线传感器网络路由算法[D]. 黑龙江大学, 2008.
- [12] 沈莹. 机动目标跟踪算法与应用研究[D]. 西安: 西北工业大学, 2007.
- [13] 阿雷尼,韦伯斯特. 传感器和信号调节[M]. 张伦,译. 北京: 清华大学出版社, 2004.
- [14] 王泓. CAN 总线的消息机制[J]. 中国测试, 2006, 32(1): 130-132.
- [15] 彭保,顾学迈,王帅等. 无线传感器网络中适于协作定位的全局节点选择[J]. 华南理工大学学报(自然科学版), 2008, 36(5): 75-79.