

# 基于 WSN 危险环境中搜救人员安保系统

计算机科学与技术 张权路 雷大力 易晓阳 赖远志

孙春奇 副教授

**摘 要：**本系统基于 ZigBee 技术的无线传感器网络（WSN），在危险的救援环境中组建无线网络，利用终端传感器进行信息采集，将节点智能化与节点定位相结合，搭建出畅通的通信线路，实现对搜救人员的定位、状态、周围环境的实时跟踪和监控，从而提高现场参战人员的安全水平，并使用 ARM9 控制平台为救援指挥人员提供可信、重要的数据资料。

**关键词：**无线传感网络；定位；监测

近年来，随着社会经济的飞速发展，不同类型的灾害和各种突发性事故也在发展、变化，给人们的生活等带来极大影响。消防部队作为一支同灾害事故作斗争的主力军，时刻处在救援第一线，在危险事故救援战斗中，会遇到许多突发性危险情况。在危险场景下，如何准确判定现场参与处置的搜救人员具体位置、作战状态，对成功处置危险灾害事故，特别是在搜救人员被困情况下及时准确地制定救援方案十分重要，便成了分外紧迫的任务。因此，建立一套基于无线传感器网络的安保系统对搜救人员的生命安全以及高效的执行搜救任务具有重要意义。

本系统即是一款基于 Zigbee 网络和 ARM9 为核心的嵌入式搜救人员安保系统。ZigBee 网络以其低功耗、可靠、延时短、网络容量大、安全高等优点，在无线传感器网络（WSN）的构建上具有独特的优势，为系统传输提供可靠的数据链路。

## 一 系统原理

### 1. Zigbee 网络技术

ZigBee 技术是一种结构简单、低功耗、低数据传输速率、低成本和高可靠性的双向微功率网络式无线接入技术，主要用于近距离无线连接。ZigBee 技术支持地理定位功能，它工作于无需注册的 2.4GHz ISM 频段，传输速率为 250kb/s，传输距离可以从标准的 75 米，到扩展后的几百米，甚至几千米，利用 ZigBee 技术可由多到 65535 个无线微功率收发机组成一个庞大而有效的无线数据传输网络平台。

Zigbee 协议支持多种拓扑结构，本系统主要使用树状拓扑。网络中的成员按职责划分为协调器、路由器和终端设备。其中协调器（Coordinator）拥有整个网络，完成整个星型网络的初始化（设置频率，入网许可密码），整个网络建立之后则作为路由器使用；路由器（Router）可以发现其他的路由节点和协调器，用于各个终端节点间的信息传递以及扩展星型网络成员；终端设备（End Device）可以发现其他路由器和协调器并与之建立联系，终端设备之间不能互相通讯，它可以控制多个传感器，可以工作在低功耗和睡眠模式。

### 2. 定位算法

基于无线传感器网络的定位算法，但是多数仅仅停留在理论研究上，真正可以投入使用的又对环境的要求及其苛刻。本系统采用基于 RSSI 的定位技术同时利用加速度传感器辅助定位能够得到较好的定位效果。

RSSI 算法假设发射功率、路径损失模型、路径损失系数已知，接收方能从路径损失方程中利用接收到的信号强度来确定传播距离。在有 3 个以上的锚节点的 RSSI 的情况下，可以通过几何方法计算出终端节点的位置。实际环境下由于多径、绕射、障碍物等因素，在圆周模型中的三个圆是不可

能相交于一点的，本系统采用最小二乘求解误差最小点，较好地解决了这个问题。考虑到距离对于定位精确性的重要性，为使得 RSSI 值能准确的反映出实际的距离，本系统采用改进的定位算法——加权质心定位算法。其中加权系数的确定采用如下方法：

由于网络中的锚节点能够测量 RSSI 值来确定和其他锚节点的距离，将所测得的距离和实际距离比较可以获得锚节点 RSSI 值测量误差，进而通过该误差值对终端节点定位过程中的距离、坐标误差进行相应校正。

信标节点 RSSI 测距自适应加权校正系数为：

$$\mu = \sum_{j=1}^i (e_j \times \varphi_j), \quad \varphi_j = \frac{1}{2d_{cj} \sum_{l=1}^i \frac{1}{d_{cl}}} + \frac{1}{2e_j \sum_{l=1}^i \frac{1}{e_l}}$$

，其中  $\varphi_j$  是自适应加权因子，表示不同的 RSSI 测量

值所占的权重，随着距离的增加，由 RSSI 值的偏差产生的距离误差越大，对节点校正系数的决定权就越小。自适应加权因子能抑制距离增大时由 RSSI 值的偏差产生的误差对自适应加权校正系数的影响。 $e_j = (d_j - d_{cj})/d_{cj}$ ， $d_j$  表示待校正锚节点之间的实际距离， $d_{cj}$  表示待校正锚节点之间测量距离，表示用于校正的锚节点个数。定位网络中的所有锚节点都可以通过其他锚节点的信息来对自身 RSSI 值测量进行校正，能够反映锚节点测量 RSSI 值的准确度。

本算法的实现过程可以分为自校正过程和定位过程，校正过程主要获得锚节点 RSSI 测距自适应加权校正系数和网络的定位误差，定位过程主要获得终端节点的定位坐标。

另外，为了进一步提高精度，系统添加了加速度传感器进行辅助定位，通过加速度传感器测得终端节点当前的运行速度，计算终端节点位置变化的范围，用这个范围值对采集到的信号强度值进行过滤。同时本系统采用简单的模式识别方法运用加速度传感器采集到的数据判断终端节点是在平动、上下楼还是在电梯中，正确率在 95% 以上<sup>[7]</sup>。

## 二 系统设计

### 1. 硬件设计

系统硬件分为两部分：

#### (1) zigbee 网络平台

这一部分采用的控制器为 Zigbee CC2430 芯片（网络传输）和 AT89C52 芯片（传感器数据采集）。其中一个 Zigbee 作为协调器，其他的作为路由和终端节点。每个终端节点配有相应的传感器。

移动终端节点的信息采集模块包括温湿度传感器（DHT11），MQ 系列的烟雾、一氧化碳和甲烷传感器模块，加速度传感器，VS1003 音频模块。用于现场环境监测、位置监控和语音通信。

移动终端节点的硬件结构框和实物图如图 1 所示。

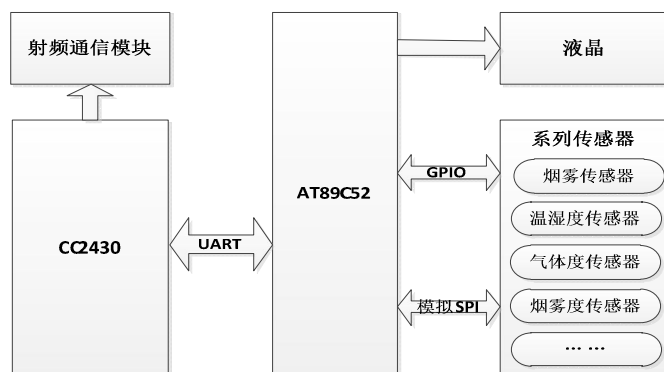


图 1 移动终端节点硬件模块图

#### (2) 主控平台

主控平台以 S3C2440 ARM9 作为控制芯片。ARM9 控制一个 3.5 LCD 触摸屏提供图形化人机交互界面，并引用两个 UART 接口分别进行调试和同协调器的数据通信。

## 2. 软件设计

### (1) Z-stack 协议栈

系统的网络部分使用了较为稳定的 Z-stack1.4.3 协议栈，以提供稳定可靠的数据传输。Z-stack 是一个最基本的轮转查询式操作系统。Z-stack 启动后，经过一系列的硬件和软件初始化，进入 OSAL 调度器。系统中的终端、协调器、路由将以三种不同的角色搭载 Z-stack 协议栈。

协调器作为网络的中心节点，负责组建一个自组织动态网络，然后其它 CC2430 结点（包括路由器和终端结点）自组织加入该网络。

网络建立完毕后，针对项目中不同数据传送以及要求，系统设计有不同的数据传送方式。例如：单纯物理环境参数信息数据传送时，直接采用了单点传送；而对需要大量结点返回 RSSI（信号强度）信息供定位使用时，采用广播传送等。

### (2) ARM 主控平台设计

ARM 模块作为主控平台，需要通过协调器获得整个网络的数据，并在 Qt 界面显示出来。Qt 界面完成用户的交互、数据的动态刷新。其中 ARM 模块和协调器的通信通过 UART 通道完成，主要模块设计框图如图 2 所示。

Linux 串口作为字符型设备驱动加载进系统，然后进行 linux 的串口终端应用层编程，供给 Qt 程序使用，获取协调器的数据。其中串口的同步接收和超时等参数需要正确配置才能保证双方稳定的进行通信。

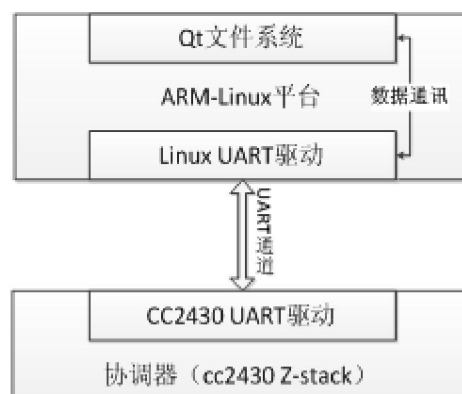


图 2 ARM 主控平台模块图

## 三 测试实验

系统的测试在室内环境进行，通过分布多个终端和路由节点模拟危险环境下的搜救人员地理位置，协调器会自动组网，并定时将网络中各个节点信息传送到 ARM 主控平台，图 3 是主平台的实际监测效果。经过测试，网络平台运行稳定，能够及时发现新断开和加入的节点，准确的传送采集到的环境参数。

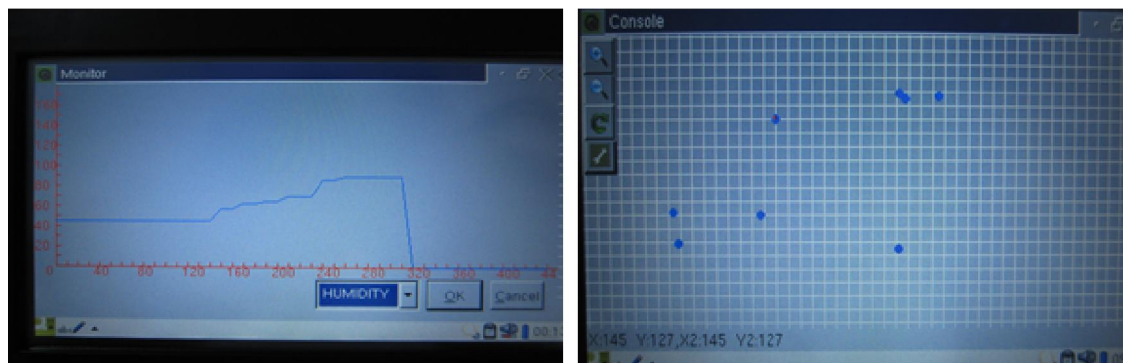


图 3 主控平台实际监测效果

## 四 结束语

无线传感网络作为一种短距传输网络具有广泛的应用前景。近年来无线传感网络得到了广泛的

发展，应用到各行各业，但是其中一些关键技术问题如基于 WSN 的定位技术的研究仍亟待解决。本系统通过环境因素采集，对搜救人员进行定位，为危险环境下的消防人员提供可靠、实时的数据传输，以进行有效的救援调度，提高现场参战人员的安全水平，具有重要的应用意义。

经实际测量分析发现，RSSI 测量值会产生严重的震荡。这是由信道的快速衰减和无线信号传输环境的迅速变化造成的，而 RSSI 值与距离的映射关系实际上是一个随机过程。本系统使用加权的质心定位算法，以提高定位精度需求，但误差也比较明显。这也是后续研究学习中需要着重解决的问题。

## 五 参考文献

- [1] 高守伟. ZigBee 技术实践教程—基于 CC2430/31 的无线传感器网络解决方案[M]. 北京航空航天大学出版社 2009.
- [2] 任丰原, 黄海宁, 林闯. 无线传感器网络[J]. 软件学报 2003, 14 (7) .
- [3] 李善仓, 张克旺. 无线传感器网络原理与应用[M]. 北京: 机械工业出版社, 2008.
- [4] 唐寅. 实时操作系统应用开发指南[M]. 北京: 中国电力出版社, 2002.
- [5] 孙利民, 李建中, 陈渝. 无线传感器网络[M]. 北京: 清华大学出版社, 2005. 5.
- [6] 李文仲, 段朝玉等. ZigBee 无线网络技术入门与实战[M]. 北京: 北京航空航天大学社, 2007.
- [7] 张权路, 兰锦春. The Study of Indoor Location Algorithm Based on Acceleration and Geomagnetic Transducers. ICNC'11-FSKD'11. 尚未发表.