

基于 RSSI 测距的老人监护系统定位方案^{*}

吴 祥, 朱倩霞, 邵 磊, 洪佳红, 朱寒阳

(浙江工业大学 信息工程学院, 浙江 杭州 310023)

摘要:为满足养老院老人监护系统成本低、响应快速等要求,将无线传感器网络(WSN)技术应用到老人监护系统中,提出了一种基于接收信号强度(RSSI)测距的无线定位方案。对养老院具体环境和定位要求进行了分析,以 Micaz 节点构建了系统平台,并结合 RSSI 测距的特点,提出了在不同环境下的锚节点部署方案;设计了适应性强的区域三边定位算法,以实时监测老人的位置信息,当老人身体出现异常时,能快速确定老人位置,确保老人的人身安全;最后,通过实验验证了该定位算法的正确性。研究表明,基于 RSSI 测距的老人监护系统定位方案能够较好地完成定位功能,帮助医护人员及时准确地到达出事地点,加快救援速度。

关键词:老人监护系统;接收信号强度;定位算法;无线传感器网络

中图分类号:TP302.1;TN923

文献标志码:A

文章编号:1001-4551(2012)07-0861-04

Building environment monitoring systems based on wireless sensor network

WU Xiang, ZHU Qian-xia, SHAO Lei, FU Jia-hong, ZHU Han-yang

(College of Information Engineering, Zhejiang University of Technology, Hangzhou 310023, China)

Abstract: In order to meet the low-cost and fast-response demands of the monitoring system, a wireless location scheme for the elderly based on received signal strength indicator(RSSI) range was proposed with wireless sensor network(WSN) applied to the monitoring system. With the analysis of specific environment and location requirements, the system platform was established with Micaz nodes, and combined with the characteristics of RSSI location, a deployment scheme of micaz nodes under different environment was put forward. In the meantime, an adaptable regional trilateral positioning algorithm was devised. In this scheme, the real-time monitoring of the location of the elderly was achieved. When a physical disorder occurs to an elderly, the location will be rapidly determined to guarantee the safety of the elderly. The validity of the location algorithm was verified through experiments. Research result shows the RSSI based location scheme does make for the timely arrival at the spot of health care workers and the rapid rescue of the elderly.

Key words: monitoring system of elderly; received signal strength indicator(RSSI); location algorithm; wireless sensor network(WSN)

0 引 言

随着社会老龄化问题的加剧,大量老人被送往养老院进行监护,但由于国内养老院资源不足及基础设施的不健全,当老人在户外突发疾病时,因无法及时得知老人的具体位置而导致抢救不及时的情况时有发生。无线传感器网络的出现为实现实时跟踪定位提供了一种全新的方案。

近年来,很多大学和科研机构都对无线传感网定位算法做了研究。根据定位过程中是否测量节点间的

距离,定位算法分为两大类:基于测距算法(range-based)和免测距算法(range-free)。无需测距的定位方法仅根据网络的连通性来定位,定位精度在一定程度上依赖于网络平均每跳距离的估计精度,如 DV-Hop 算法、APIT 算法、质心算法等。基于测距的定位算法通过测量节点间距离或角度信息完成定位过程,如基于接收信号强度衰减的定位(RSSI)、基于到达时间的定位(TOA)、基于到达时间差的定位(TDOA)和基于角度的定位(AOA)^[1-4]。

本研究以 Micaz 节点为主要传感器,提出基于 RS-

收稿日期:2012-02-16

基金项目:国家自然科学基金资助项目(60974017);浙江省自然科学基金资助项目(Y1110484);浙江省新苗人才计划资助项目(2010R403009)

作者简介:吴 祥(1990-),男,安徽安庆人,主要从事嵌入式及无线传感网方面的研究. E-mail: wuxiangfighting@163.com

SI 测距的简单、快速定位方案。

1 RSSI 测距原理

无线信号的发射功率和接收功率之间的关系^[5]可以用下式表示:

$$P_R = P_r / r^n \quad (1)$$

式中: P_R —无线信号的接收功率; P_r —无线信号的发射功率; r —收发单元即两个无线节点之间的距离; n —传播因子, 其大小与无线信号传播环境有关。

对式(1)两边取对数可得:

$$10 \cdot n \lg r = 10(\lg P_r - \lg P_R) \quad (2)$$

上述对数表达式的值即为 RSSI 值的大小。

A 可以看作信号传输距离 $r = 1 \text{ m}$ 时的接收信号功率, 有:

$$A = P_R |_{r=1 \text{ m}} \quad (3)$$

在不同环境中由于无线信号传播因子 n 和 A 值的不同, RSSI 检测值会发生细微变化。

2 定位算法

在养老院中, 一般都存在大量的建筑、树木和基础设施, 还有湖泊和河流。这些地理环境因素对基于 RSSI 定位的准确性都存在一定的影响^[6]。在养老院的环境下, 监护人员只需知道老人所在的米级区域便可在第一时间找到老人。于是该系统中设计了分布式三点定位算法, 利用 3 个已知位置信息的锚节点定位出老人所在的区域。对于无线传感网定位中存在的节点能量有限问题, 该系统采用阈值唤醒机制, 即只有当锚节点数次接收到的信号强度的平均值大于设定的阈值时, 锚节点才被唤醒参与定位, 否则处于休眠状态, 从而减少能耗, 延长节点工作寿命。

2.1 阈值分析

当锚节点处于节能模式下时, 锚节点利用 Sleep() 和 Listen() 功能函数进行周期性睡眠和唤醒信号监听。当未知节点(被监护老人所携带的节点)发出警示信息时, 若未知节点周围的锚节点检测到的平均 RSSI 值大于设定的 RSSI 阈值 M_i , 该锚节点被唤醒, 继续进行 RSSI 的检测, 参与节点之间的定位。

设定不同的阈值 M_i 时, 定位的误差会受到影响。为了分析阈值对定位精度的影响, 根据分布锚节点的实际距离在 10 m ~ 15 m 之间, 本研究对阈值进行了测试。

测试仿真结果如图 1 所示。

仿真结果表明, 当 M_i 在 12.5 m ~ 13 m 范围内, 定位误差相对较小, 系统能够较好地完成定位工作。

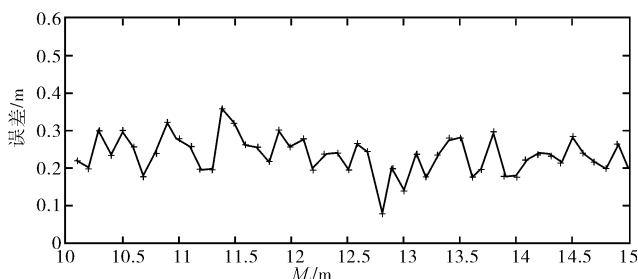


图 1 阈值对定位精度影响分析

由于环境因素对于 RSSI 测距的影响较大^[7], 未知节点在树木、建筑物、河流等地方时会不可避免地使定位误差偏大。因此, 该系统在建立系统(即在布置锚节点)的时候必须根据实际环境进行测试, 并进行可行性分析, 在特殊的地点必须提高节点密度, 以保证老人定位的准确度。

2.2 信标选择

经过对养老院环境及定位要求的分析, 本研究在区域三边定位基础上, 采用了分布式三点定位方案。

养老院节点分布示意图如图 2 所示。整个养老院共被分成了 25 个区域(A、B、C...Y、Z), 其中, 监护中心设置在区域 M 中, 布置了 ID 号从 0 ~ 35 的 36 个锚节点。

节点阈值设定如图 2 中虚线圆所示。假定未知节点位于 S 区域的正中心, 则只需 S 区域中 9、10、15、16 四个锚节点能接收到 RSSI 信号就能满足系统区域定位的要求, 即 RSSI 阈值 M_i 值大于锚节点之间距离 R_M 。当 M_i 大于 $1.5R_M$ 时, 节点 3、4、8、11、14、17、21、22 也能接收到 RSSI 信号, 会被未知节点唤醒进行定位工作, 但这些锚节点对定位任务没有任何帮助, 且会增加算法的复杂度和节点的能耗, 故设定 M_i 值小于 $1.5R_M$ 。由此可得出阈值范围:

$$R_M < M_i < 1.5R_M \quad (4)$$

在该阈值范围下, 本研究对未知节点的定位过程进行分析。假设未知节点 X 位于某区域, 当 X 节点发出警示信息后, 检测到 RSSI 值大于阈值 M_i 的锚节点被唤醒, 继续进行 RSSI 检测, 并将 RSSI 值发送回 X 节点, 自身加入到信标节点组。被唤醒节点如图 2 所示, ID 号为: 19、20、25、26、31、32。

为了将 RSSI 值传回 X 节点时不发生信息拥堵, 锚节点采用基于 CSMA/CA 二进制指数退避随机延时算法的载波侦听机制, 可以有效避免无线数据的碰撞或冲突。未知节点 X 建立数组 $R[]$, 用于存放接收到的 RSSI 值和各个值对应信标节点的 ID 号。本研究对数组 $R[]$ 进行排序, 找出 3 个 RSSI 值最大信标节点, 设

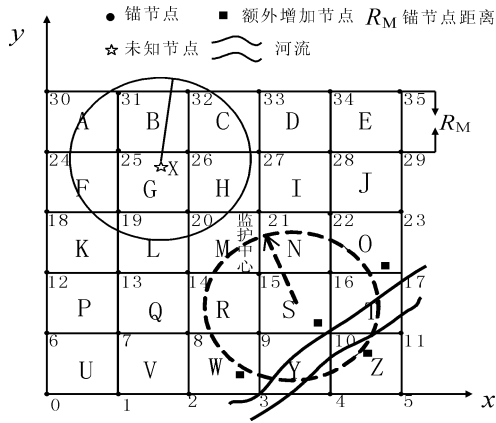


图2 模拟节点分布坐标

对应的节点ID号分别为 a, b, c 。即:

$$\text{MAX}[3](R[\])=\{a, b, c\} \quad (5)$$

由于RSSI检测值大小与距离关系成对数关系^[8],本研究根据3个RSSI最大值节点的ID号(a, b, c)即可定出未知节点区域。在图1中, a, b, c 依次为20、25、26,则可得出老人所在区域为G。

在进行未知节点定位时,不同的环境产生不同的定位误差,针对该问题,本研究将环境分两种情况:

(1)对于养老院中比较平坦的区域。当未知节点位于两个锚节点的连线上时,例如当X点位于锚节点25和26之间,定位结果可能是B和G。虽然定位会出现误差,但在平坦的区域,监护人员还是能较迅速地找到老人,不影响救援速度。

(2)对于养老院中存在河流、湖泊和障碍物的区域。如图2所示的河流区域,当未知节点位于河流附近时,RSSI会受到比较大的影响,使系统对老人的定位出现偏差,人的实际位置和定位显示位置在河流的两边,则监护人员不能及时地到达事件发生的实际地点。针对该问题,本研究采用提高锚节点密度的方式解决。在建立无线系统时,本研究在河流附近增设特殊节点,设定增设节点ID号分别为 $T_1, T_2, T_3 \dots T_n$ 。当对未知节点进行定位,回传RSSI值中出现特殊节点时,本研究在算法中进行特殊标记,确定实际出事地点。

2.3 三边定位算法

本研究采用三边定位方法提高定位精度^[9-10]。该方法是利用3个锚节点到未知节点的距离,计算出未知节点的位置,所建立的模型如图3所示。

图3中,A、B、C为锚节点,坐标分别为 (x_A, y_A) 、 (x_B, y_B) 、 (x_C, y_C) ,X为未知节点,坐标设为 (x, y) , D_A, D_B, D_C 分别表示A、B、C与未知节点的距离,那么理想状态下存在下列关系:

$$(x - x_A)^2 + (y - y_A)^2 = D_A^2 \quad (6)$$

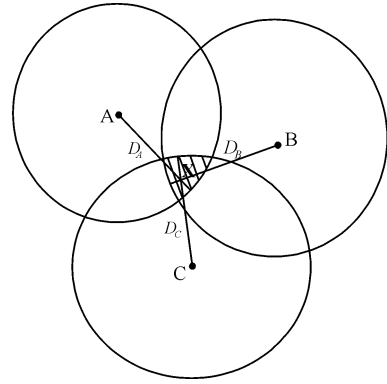


图3 定位模型

$$(x - x_B)^2 + (y - y_B)^2 = D_B^2 \quad (7)$$

$$(x - x_C)^2 + (y - y_C)^2 = D_C^2 \quad (8)$$

由于锚节点位置信息已知,本研究可以求出未知节点 x 的坐标,在实际环境中,RSSI值随环境变化, D_A, D_B, D_C 不是定值,故得出实际位置为以理论值为中心的一个区域,如图3中阴影部分所示。此时本研究将定位问题转化为非线性方程组的求解和最优估计的问题,通常采用极大似然估计法来获得最小均方差意义上的估计值:

$$\hat{X} = (A^T A)^{-1} A^T B \quad (9)$$

$$\text{其中, } \hat{X} = \begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix}, A = 2 \begin{bmatrix} x_1 - x_n & y_1 - y_n \\ x_2 - x_n & y_2 - y_n \\ \vdots & \vdots \\ x_{n-1} - x_n & y_{n-1} - y_n \end{bmatrix},$$

$$B = \begin{bmatrix} x_1^2 - x_n^2 + y_1^2 - y_n^2 - r_1^2 + r_n^2 \\ x_2^2 - x_n^2 + y_2^2 - y_n^2 - r_2^2 + r_n^2 \\ \vdots \\ x_{n-1}^2 - x_n^2 + y_{n-1}^2 - y_n^2 - r_{n-1}^2 + r_n^2 \end{bmatrix}。$$

当 $n=3$ 时,有:

$$\hat{X} = A^{-1} B \quad (10)$$

由此可以得出未知节点的位置估计值,从而能很好地满足提高系统定位精度的要求,并能增加系统定位的准确性。

3 算法过程

本研究采用分布式三点定位算法,并利用三边定位算法提高定位精度,算法过程如下:

(1)未知节点检测到异常信号被触发,向外广播报警信号;

(2)锚节点进行周期性监听,监测到报警信号后进行RSSI检测,如果检测到RSSI值小于阈值则继续休眠,如果RSSI值大于阈值则被唤醒继续进行RSSI

检测,之后加入定位信标组;

(3)被唤醒锚节点将检测到的 RSSI 数据和自身 ID 号发送回未知节点。未知节点对信标节点进行选择,再对响应的 RSSI 数据进行分析处理,得出自身位置信息;

(4)未知节点将位置信息经路由发送至监护中心。

定位算法流程如图 4 所示。

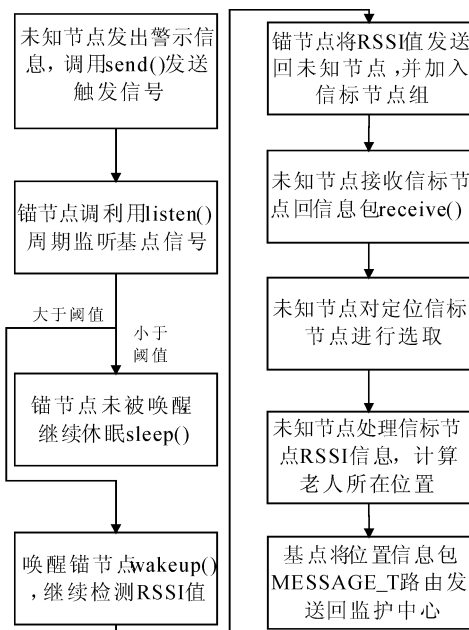


图 4 定位算法流程图

4 实验结果

本研究为了模拟养老院中老人的实际定位而进行模拟测试,模拟测试情况如图 5 所示。

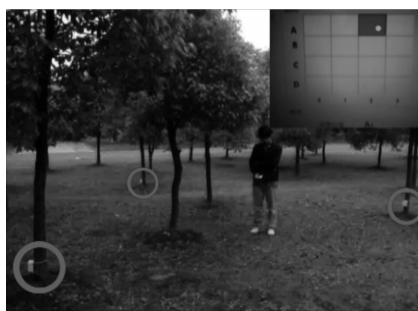


图 5 室外测试

测试环境:①测试区域为室外的树林,节点绑定在树干上,与实际环境相近;②根据前面的仿真结果,可知 $12.5\text{ m} < M_i < 13\text{ m}$, 且 $R_M < M_i < 1.5R_M$, 故选取 R_M 为 10 m 左右(根据实地情况而定),即每间隔 R_M 布置一个无线节点,将不规则 $40\text{ m} \times 40\text{ m}$ 的区域等分成 16 个区域;③尽量将区域划分为方格形状,以减小算法复杂度,提高定位效率和精度;④锚节点布置在每个方格区域的顶点,如图 5 中的灰色圆圈所示,共 25

个锚节点。定位测试结果如图 5 右上角的上位机界面所示,黑色区域表示三点区域定位显示结果,白色圆点表示三边定位显示结果。

测试结果表明,系统可通过 RSSI 值很精确地定位出目标所在区域。

5 结束语

本研究将无线定位技术应用于养老院的老人监护,该系统区域定位简单实用、准确性高、环境适应性强,能够比较好地胜任养老院的老人监护定位任务。

但是为了实现该系统进一步向产品化迈进,接下来还需研究以下几个问题:

(1)当网络中个别节点出现故障或者低电情况,网络应该能够自适应绕过故障节点,继续保持网络通信的稳定性;

(2)进一步研究和改善低功耗路由算法,尽可能降低系统的总体功耗,提高系统的续航能力。

参考文献 (References):

- [1] LI Nian-qiang, LI Ping. A Range-Free Localization Scheme in Wireless Sensor Networks[C]//IEEE International Symposium on. Lpon; [s. n.], 2008:525-528.
- [2] SIMIC S N, SASTRY S. Distributed localization in wireless Ad Hoc networks, UCB/ERL/M02/26, 2002 [R]. [s. l.]: [s. n.], 2002.
- [3] HE T, HUANG C, BLUM B M, et al. Range free localization schemes for large scale sensor networks[C]//Proceeding 9th Annual International Conference on Mobile Computing and Networking (MobiCom). San Diego, CA:[s. n.], 2003: 75-100.
- [4] PATWARI N, ASH J N, KYPEROUNTAS S, et al. Locating the nodes cooperative localization in wireless sensor networks[J]. IEEE Signal Processing Magazine, 2005, 22 (4): 54-69.
- [5] 方震, 赵湛, 郭鹏, 等. 基于 RSSI 测距分析[J]. 传感技术学报, 2007, 20 (11): 2526-2530.
- [6] 石为人, 熊志广, 许磊, 等. 一种用于室内人员定位的 RSSI 定位算法[J]. 计算机工程与应用, 2010, 46 (17): 232-235.
- [7] 詹杰, 吴伶俐, 唐志军. 无线传感器网络 RSSI 测距方法与精度分析[J]. 电讯技术, 2010, 50 (4): 83-87.
- [8] 赵昭, 陈小惠. 无线传感器网络中基于 RSSI 的改进定位算法[J]. 传感技术学报, 2009, 22 (3): 391-394.
- [9] 黄毅, 胡爱群. 无线传感器网络定位算法综述[J]. 电信科学, 2010 (7): 69-75.
- [10] 潘翔, 李洁冰. 一种基于支持向量机的目标定位方法[J]. 浙江大学学报:工学版, 2006, 40 (3): 482-489.

[编辑:李辉]