

基于 ZigBee 技术的无线定位研究与应用

王中生, 曹琦

(西安工业大学 计算机学院, 陕西 西安 710032)

摘要:随着无线传感器网络越来越普遍地应用到人们的生产生活中,确定事件发生的位置对无线传感器网络应用的有效性起着关键的作用。尤其在复杂的环境,经常需要确定移动设施的准确的位置信息。但是由于精度、复杂环境,以及定位时间等条件的限制,现存定位技术存在一定的缺陷。文中研究了 ZigBee 协议技术特点和定位技术,根据社区复杂的环境,采用多种定位算法相结合的方法,并分析其优缺点,利用 ZigBee 技术实现一种较低成本、较低复杂度的社区定位系统。并用计算机进行仿真实验。结果表明,该定位方法具有功耗小、定位精度高的特点,具有一定的应用价值。

关键词:ZigBee; 节点定位; RSSI; APIT; 数据库

中图分类号:TP301.6

文献标识码:A

文章编号:1673-629X(2010)12-0189-04

Research and Realization of Wireless Network Localization Based on ZigBee

WANG Zhong-sheng, CAO Qi

(College of Computer Science and Engineering, Xi'an Technological University, Xi'an 710032, China)

Abstract: As wireless sensor network is more and more common applications to people's life and production, determine the position of the incident on the effectiveness of wireless sensor network application is plays a key role. Especially in the complex environment, often need to determine the exact location of the mobile facilities. However, due to the complex environment, and the accuracy of such in limitations locating time, existing positioning technologies have some shortcomings. Mainly studies the ZigBee technical characteristics and positioning techniques, according to the community complex environment, using a variety of localization algorithm, and analysis of their advantages and disadvantages, using ZigBee technology to achieve a low cost, low complexity of community positioning system. Using computer simulate it, the results show that this method has low consumption, the characteristics of high precision, and has certain practical value.

Key words: ZigBee; localization; RSSI; APIT; database

0 引言

基于 ZigBee 的监护网络是一种移动式的 WSN (Wireless Sensor Network, 无线传感器网络),它具有低功耗、低成本、低复杂度、自动组网等特点。由于监护网络内的节点可以自由移动,而节点的位置又尤为重要,这就需要对节点进行定位。

定位算法主要分为:基于距离的定位算法和无需测距定位算法。两者主要差别在于是否需要测量节点之间的具体距离,前者精度较高,如 TDOA、AOA、RSSI 和 TOA 算法等,后者对节点间的距离进行估计确定包含未知节点的可能区域,其定位精度较低,如 DV-

hop、APIT 算法等。

文中提出了一种将 RSSI 和 APIT 与采样值数据库相融合的定位算法,根据环境的复杂程度灵活应用,这种方法由于计算量小所以其功耗较低,而定位精度足以满足监护网络的需求。

1 ZigBee 技术

ZigBee 是一种依据 IEEE 802.15.4 标准的新型无线网络协议。ZigBee 网络中大量的传感器相互协调,以微小的能量通过无线电波传输数据,在 2.4GHz 频带内高效、低速率(250kbps)通信^[1]。ZigBee 网络支持全功能设备(FFD)和精简功能设备(RFD)两种物理设备,由协调器、路由器和终端设备组成,协调器作为全功能设备 FFD 实现 ZigBee 协议服务; ZigBee 终端设备根据功能设定可以是 FFD 或 RFD 任意一种, RFD 是简单的 ZigBee 协议节点是仅能与 FFD 通信最小服务部分。

收稿日期:2010-05-05;修回日期:2010-08-01

基金项目:陕西省教育专项科研基金资助项目(陕教资 2008-147 号)

作者简介:王中生(1966-),男,副教授,硕士生导师,主要研究方向为网络管理、网络计算、系统分析。

2 无线传感器网络的定位机制

传感器网络的基本功能之一是确定传感器节点自身的位置和确定事件发生的位置,而检测消息中最重要的内容则是事件发生的位置或获取事件节点的位置^[2]。显然,要确定事件发生位置的前提就是先要确定节点自身的位置。

节点的定位通常是以先确定未知节点与信标节点之间的距离方位,再根据此距离方位数据以某一定位算法计算出未知节点的具体位置,信标节点的定位通常是通过人工部署等手段来获取节点自身的精确位置。根据定位方法中是否要求测量节点之间的距离,通常的定位算法分为基于距离(rang-based)和无需测距(rang-free)的定位机制^[3]。

2.1 基于距离的定位

以测量节点相邻之间的距离从而确定未知节点位置的称之为基于距离的定位机制是或测量相邻节点之间的方位来计算未知节点的位置,通常通过测量距离、定位和修正等步骤,方法如下。

基于到达时间(time of arrival, TOA)的定位机制是利用已有算法计算出节点的位置。首先需要测量出已知信号的传播速度和传播时间,从而计算节点间的距离。

基于到达时间差(time difference of arrival, TDOA)的定位机制是通过达到节点的信号时间差的定位算法计算出节点的位置。

基于到达角度(angle of arrival, AOA)的定位机制是通过三角测量法计算出节点的位置。首先发射节点信号到达的方向是通过接收通过天线阵列或者多个超声波接收机来感知的,在此基础上就可以计算出接受节点与发射节点之间相对的方位和它们之间的角度。

基于接收信号强度指示(received signal strength indicator, RSSI)定位是根据到达节点信号强度的算法来计算出节点之间的位置的^[4]。

2.2 距离无关的定位算法

与距离无关的定位机制是指要确定位置节点之间的距离,主要是通过对节点之间的距离进行估计,或者是确定包含未知节点的可能区域。主要算法包括:DV-Hop算法、APIT算法、质心算法等。与距离无关的定位机制不需要测量节点之间距离位置,从而降低了节点硬件的复杂度,使得大规模传感器网络成本降低,并且受环境影响较小。

质心算法:是以多边形的几何中心为质心作为未知节点的坐标。这便是未知节点的位置。

DV-Hop算法:距离向量一跳段(distance vector-hop, DV-Hop)定位机制与传统网络中的距离路由

机制相类似。距离向量定位机制可以分为三个步骤来进行:首先是未知节点计算与信标节点的最小跳数;其次为直接点计算与信标节点实际的跳段距离;以三边测量法计算得出未知节点最终的坐标。

APIT算法:与三角形内点测试法相类似(approximate point-in-triangulation test, APIT),它是以某一确定的三角形区域中的未知节点与邻近信标节点以多种组合反复测试,直到精度达到要求的定位精度,再用三角形区域的质心最终确定未知节点的位置^[4]。

3 基于 ZigBee 的无线定位系统研究

ZigBee 无线定位系统是由定位监控中心和无线定位网络构成的一个可视化的无线传感器定位监控系统,采用 TI/Chipcon 公司的带有硬件定位引擎的用于 2.4GHz IEEE 802.15.4 的片上系统解决方案 CC2431、CC2430 芯片。

3.1 定位系统节点类型

无线定位网络主要由 ZigBee 网关(location)、参考节点(reference nodes)以及盲节点(blind nodes)组成。

ZigBee 网关:无线定位系统的网络协调器,通过 RS232 串口延长线与 PC 相连。它在整个系统中起着至关重要的作用,首先它要接收由监控系统提供的各参考节点和移动节点的配置数据,并发送给相应的节点;其次还要接收各节点反馈的有效数据并传输给监控系统^[5]。网关工作流程如图 1 所示。

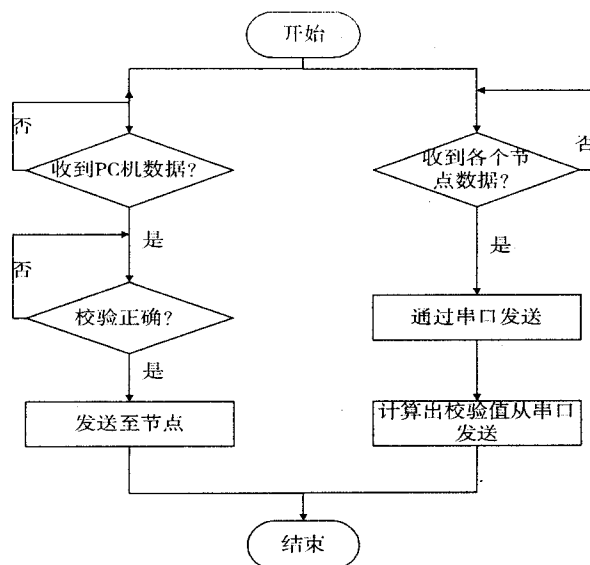


图 1 网关工作流程图

参考节点:无线定位系统中已知坐标的节点是 ZigBee 网络中的路由器,为使参考节点能提供 RSSI 值以及一个准确的包含自己位置(X,Y)的坐标的信息包给移动节点,所以参考节点必须精确地配置在需要定位的区域中。参考节点工作流程如图 2 所示。

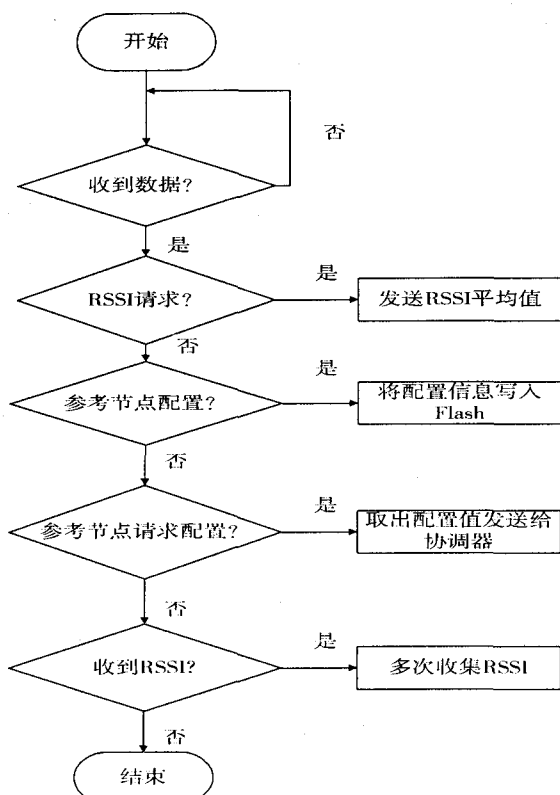


图2 参考节点工作流程图

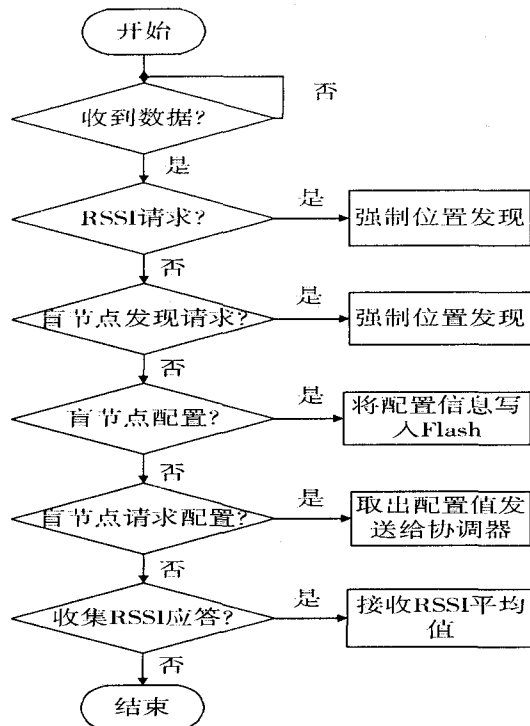


图3 盲节点定位流程图

盲节点:无线定位系统中移动节点,它通过已知参考节点的坐标来计算自身坐标值的节点,是 ZigBee 网络中的路由器。移动节点能够与离自己最近的参考节点通信,收集这些节点的(X, Y)坐标和 RSSI 值,根据这些信息和输入参数(A, N)一起计算自己坐标信

息^[6]。将适当的信息发送给网关,通过 RS232 传给计算机定位监控系统。盲节点定位流程如图 3 所示。

3.2 定位基本原理介绍

本研究采用 CC2431 无线定位引擎技术,该技术基于 RSSI,定位系统由参考节点和盲节点组成。参考节点是已知自身位置并可以将其位置通过发送数据包的方式通知其邻节点。盲节点接收参考节点发出的数据包信号,从数据包中获取参考节点位置坐标及相应的 RSSI 值,并将其写入定位引擎,然后利用定位引擎计算可以读出自身位置,RSSI 值是由接收节点(盲节点)计算获得。在参考节点发送给盲节点的数据包内,至少包含参考节点的水平位置坐标参数 X 和竖直位置坐标参数 Y^[7],定位原理如图 4 所示。

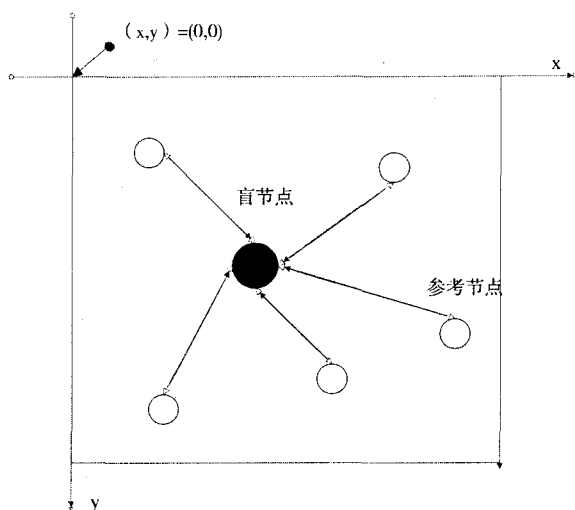


图4 定位原理示意图

硬件定位引擎 CC2431 在速度、精度、占用处理器时间等方面都比软件定位方法更有优势^[8]。定位引擎的特点:定位估计算法需 3 到 16 个参考节点;定位估计分辨率为 0.25m;少于 50μs 的计算节点位置耗时;64 m×64m 的定位范围;定位偏差小于 3m;采用分布式计算定位估计方法,该方法是使用已知参考节点的 RSSI 信息进行定位。集中计算方法带来的大量网络传输与通信延迟问题分布式定位计算都可避免。

4 定位系统算法设计与仿真实现

根据以上研究,对基于社区的居家养老报警定位系统进行以下设计:

- (1) 布置若干位置已知的参考节点在需要定位的空间内,以一个移动盲节点向各邻近参考节点广播数据包^[9]。
- (2) 各邻近参考节点接收移动的盲节点发来的数据包,从中得到各帧中的 RSSI 值。
- (3) 根据 RSSI 值和参考节点到移动盲节点的距离

离,得到距离与 RSSI 值的关系函数。通过盲节点不断的移动,并不断的给参考节点发送数据包,每个盲节点都得到一组或多组这样的关系函数。

(4) 根据参考节点获得的数据,确定关系函数。

(5) 对于盲节点,根据参考节点接收的 RSSI 值结合关系函数,得到盲节点距离,然后根据三边或多边定位法定位。

(6) 构建采样值数据库。这种定位算法通过在采样点收集的无线信号与位置的关系数值来建立相关目标场景数据库,并以此来估计未知节点的位置。

按照以上设计,实际节点布置方案如下:

1) 节点间距较短时,使用三边定位或多边定位值获取距离信息;节点间距大时,通过 RSSI 值获得距离信息。

2) 在确定 RSSI 和距离关系函数时,将每个待定位节点都取得尽可能多的数据组,增加 RSSI 和距离关系函数的精确性。

3) 每种应用环境都有其特殊性,充分利用环境信息的特殊性,可以有效减小定位实现的复杂度。

在走廊中,根据射频模块无线传输距离,确定节点放置位置,如果走廊长度小于可靠的无线传输距离,则将参考节点放置在走廊两端即可。如果走廊长度大于可靠的无线传输距离,则除了在走廊两端放置参考节点外,还要在距离折半处放置节点。如果折半后的参考节点间距离仍然大于有效传输距离,则继续折半放置参考节点即可。如此类推,完成参考节点的放置。

房间内部,将参考节点按照等边三角形布置,这样无论节点怎么移动都将在三角形中,合理设计三角形的边长能够达到较好的定位精度。

在室外,根据社区楼宇等建筑的地形情况,将社区划分为若干区域,对于不同区域采用不同的适合地形

的布点方案,如果地形复杂可相应的增加节点数量,获取 RSSI 值并以 APIT 算法进行定位,以此减小楼宇对获取 RSSI 值的影响从而影响定位的精度。

定位系统设计的计算机仿真如图 5 所示。从图上可以得知由于社区内环境的复杂性,社区无线传感器网络分为室内和空旷区域两种环境,由于多径效应在室内环境中严重影响了无线信号的传播^[10]。而且室内有较多的干扰因素,各种障碍物都对信号强度有不同的影响,这使得室内信号变化更加复杂。室内环境下,RSSI 随距离产生的震荡和不规则性变化更明显,在空旷的室外由于自然环境相差较小,所以 RSSI 对于距离变化的影响较小。

5 结束语

根据社区居家养老系统的需要,对社区地理条件进行研究,提出了适合基于 ZigBee 技术的定位算法。该算法结合了 RSSI、APIT、三边定位和多边定位的方法,构建了采样值数据库,从而可以快速地对待定位节点定位,而且其高精度度足以满足社区救护系统的需要,为社区救护人员提供及时准确的位置信息,使救护人员可以在最短的时间内对病人进行救治,提高了救护效率,减少死亡率。

参考文献:

- [1] ZigBee Specification Version 1.0 [M]. [s. l.]: ZigBee Alliance, Inc, 2005.
- [2] 李 连,朱爱红. 无线传感器网络中的定位技术研究[J]. 微计算机信息(测控自动化),2005,21(9):133-135.
- [3] 周贤伟,覃伯平,徐福华. 无线传感器网络与安全[M]. 北京:国防工业出版社,2007.
- [4] 陈永光,李修和. 基于信号强度的室内定位[J]. 电子学报,2004,32(9):1456-145.
- [5] 李文仲,段朝玉. ZigBee2006 无线网络与无线定位实战[M]. 北京:北京航空航天大学出版社,2008.
- [6] 李晓维. 无线传感器网络技术[M]. 北京:北京理工大学出版社,2008:129-163.
- [7] 王福豹,史 龙,任丰原. 无线传感器网络中的自身定位系统和算法[J]. 软件学报,2005,16(5): 857-868.
- [8] 李文仲,段朝玉. ZigBee 无线网络技术入门与实践[M]. 北京:北京航空航天大学出版社,2007.
- [9] 倪 巍,王宗欣. 基于接收信号强度测量的室内定位算法[J]. 复旦学报(自然科学版),2004,43(1): 72-76.
- [10] Fahrner W R, Wemer M. Sensors and Smart Electronics in Harsh Environment Applications[J]. Microsystems Technology,2001(7):138-144.
- [11] 孙佩刚,赵 海,罗灯环,等. 智能空间中 RSSI 定位问题研究[J]. 电子学报,2007,35(7):1240-1245.

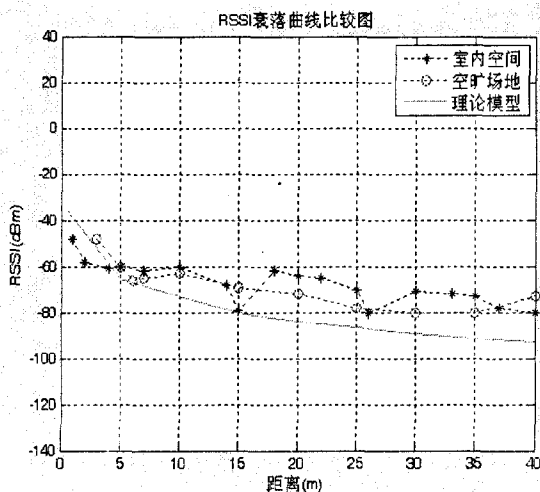


图 5 室内和空旷场地 RSSI 衰落曲线比较图