

基于 ZigBee 的工厂三维定位系统

魏茂安¹, 宋富旺², 宋夫静³

(1. 青岛派科森光电技术股份有限公司, 山东 青岛 266111;

2. 中国石油大学(华东) 计算机与通信工程学院, 山东 青岛 266580;

3. 兰州交通大学 电子与信息工程学院, 甘肃 兰州 730070)

摘要: 大型工厂由许多零散机械设备组成, 员工使用这些设备作业生产, 并且需要对其定期检查维护。为了及时获取员工工作位置信息, 并对紧急事件及时响应和决策, 研发设计了基于 ZigBee 的工厂三维定位系统。定位算法采用了改进加权粒子群技术, 具有较高的定位精度, 实验证明, 系统能够满足工厂三维定位应用需求。

关键词: ZigBee; RTU; 粒子群; 三维定位

中图分类号: TP274.2

文献标识码: A

文章编号: 1674-7720(2013)15-0066-03

A three-dimensional location system for factory based on ZigBee

Wei Maoan¹, Song Fuwang², Song Fujing³

(1. L.C.Pegasus Corpe (Qingdao), Qingdao 266111, China;

2. College of Computer and Communication Engineering, China University of Petroleum (East China), Qingdao 266580, China;

3. College of Electronics & Information Engineering, Lanzhou Jiaotong University, Lanzhou 730070, China)

Abstract: Large factory usually consist of a large number of machinery equipment, workers use these facilities to operate and make productions, periodic examine and maintenance are also commented. In order to solve the urgent problem in engineering and acquire the position data of workers, designed the three-dimensional location system. The localization algorithm using particle swarm optimization (PSO) composed of weighting factor that the positioning accuracy of the system is improved, which can meet the actual needs in factory.

Key words: ZigBee; remote terminal unit; particle swarm optimization; three-dimensional location

大型工厂通常由许多生产设备等组成, 比如油田钻井平台施工设备甚至野外作业, 应用环境恶劣, 而且数量多、分布零散。员工使用这些设备作业生产, 并需要定期检查维护, 在遇到突发事件时, 专家可以远程会诊, 给予即时技术支持。目前使用的定位系统多是二维的, 但是由于地形或者建筑楼层限制而不能得到精确的地理位置信息。所以, 本文设计了基于 ZigBee 的三维定位系统。ZigBee 定位系统具有成本低、安装方便、通信频段免费等优点。使用 ZigBee 无线通信, 降低了现场设备安装的复杂度, 减少有线布设及降低施工费用, 降低了设备运行时线缆损坏而带来的设备故障概率^[1]。

无线传感网络定位算法可以分为两类: 基于距离的和距离无关的定位算法。距离无关的定位算法不需要对

节点间的距离或者方位进行测量, 但只能实现粗粒度的定位。本文设计的系统使用基于距离的定位算法以实现更高定位性能。在本系统中, 工厂空间安装有已知三维坐标的 ZigBee 信标节点, 员工佩戴待定位 ZigBee 未知节点。未知节点与信标节点通信, 利用无线信号强度 R_{ssi} 衰减原理进行测距以获取未知节点与信标节点距离, 再根据距离数据进行三维定位运算获取未知节点三维坐标。最终, 监控人员可以在 Web 页面通过模拟仿真、三维立体可视化技术, 形象实现工厂工人生产实际状况。

1 ZigBee 无线采集网络面临的问题

首先是系统设计搭建, 需要考虑 ZigBee 无线传感数据采集感知网络与监控平台之间的通信模式、系统架构可使用的软硬件资源及通信应用支持环境^[2]。基于 ZigBee

网络与通信 Network and Communication

的无线传感网络属于分布式监测系统范畴,其主要面临以下两个问题:

(1) 不同通信协议的交叉传输

ZigBee 具有有限的传输距离^[3],大范围长距离的数据传输需要采用不同的通信协议 ZigBee、WiFi、IP 有线网络以及 3G 等通信方式支撑,这使得无线传感器数据采集系统网络更加复杂。

(2) 监测终端的访问控制问题

通信过程中进行数据交互传输需要经常跨越不同电信服务商机构的不同网络。为了数据保密性的需求,往往无线传感器网络采集的数据是经过加密后传输的,以及设置数据访问加密认证环节^[4]。但是,如果在各个通信环节上各自实现复杂的访问控制加密策略,会消耗系统本身有限硬件资源及能源。

2 基于 ZigBee 的 3D 定位系统

2.1 ZigBee 的三维定位系统架构

经过对一些工厂实际调研分析,将利用 ZigBee 分布式网络有限的存储和计算能力完成 3D 定位系统。本系统设计分为 3 层: ZigBee 无线网络传感数据采集系统、远程数据传输终端 RTU 以及服务器数据计算中心,如图 1 所示。

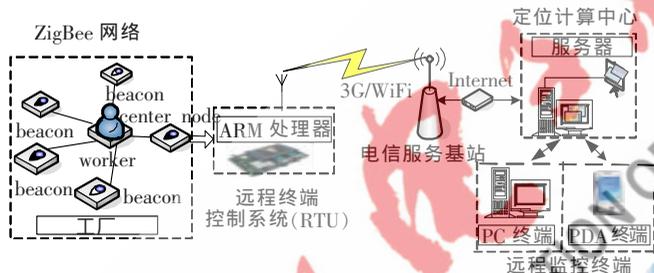


图 1 ZigBee 的三维定位系统

基于 ZigBee 的工厂三维分布式监测定位系统设计有以下几个特别重要的因素:

(1) 基于 ZigBee 无线传感器网络采集测距数据,因工业生产环境特殊,安装不方便,ZigBee 节点符合安全性设计要求^[5]。

(2) 无线网络节点采集的距离数据通过网络内的中心节点传送给 RTU (远程数据传输终端),RTU 支持 WiFi、2G/3G、IP 等多种通信方式,RTU 要对这些数据进行处理整合,去除冗余信息、数据类型、增加位置编号等信息,并在其上面实现数据存储、加密以及访问控制。

(3) 无线传感网络节点采集到的数据经 RTU 进行处理之后,由 RTU 转发给服务器端数据库。再由服务器端应用程序调取数据库数据计算出三维位置。最后,监控端用户注册、登录、设置权限等基本功能后可以以访问网页、数据库或者三维立体图形多种形式查看位置信息数据。

2.2 系统通信流程图

系统采用自主运行模式,通过设置的时间或者事件

触发方式自行掌握数据采集地点和时间。本系统设计的基于 ZigBee 的定位系统信息处理流程如图 2 所示。

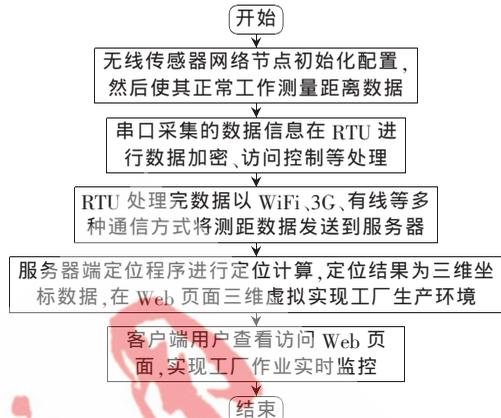


图 2 信息处理流程

2.3 数据远程终端 RTU 设计

由上节可以看到,RTU 在本系统中具有举足轻重的地位,它实现了多种通信协议转换以及访问控制。使用 ARM9 微处理器设计本系统 RTU。首先,ARM9 具有丰富接口,如 USB、RS232、RS485 等,可以支持多种通信协议的仪器仪表;其次,ARM9 具有丰富的存储资源,在网络离线状态时,用来本地存储重要数据,待检测到网络恢复后再上传数据;另外,它也具有比较强大的运算能力,可以运行 WinCE、Linux 等嵌入式操作系统,支持多任务的多线程或者多进程的信息处理^[6]。

本文设计的 RTU 系统简明结构图如图 3 所示。

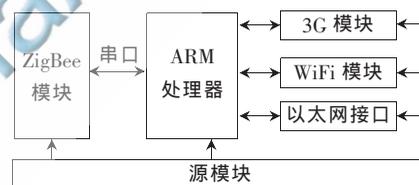


图 3 RTU 结构框图

数据终端系统 RTU 网关通过串口连接 ZigBee 中心节点,然后采用 WiFi、3G 或者 IP 有线网络实现对 ZigBee 中心节点的测距数据进行远程转发传输。它主要完成两种功能:(1)当网络出现通信故障时,可以实现不同的通信协议之间切换,使其继续正常工作;(2)当网络中断时,可以选择性存储重要数据在 RTU 端,待网络恢复自动上传存储数据。本系统使用的 RTU 数据协议转换流程,即将 802.15.4 协议的 ZigBee 模块接收到的数据,经串口协议封装之后传给 ARM 模块,ARM 再将数据解析经 802.11 的 WiFi 协议传输。具体协议转换流程如图 4 所示。

数据经过以上协议封装、解析之后,最终传输到服务器计算中心数据库,服务器端定位程序进行定位运算。

3 粒子群定位算法

定位技术作为网络协议和应用的基础,已经成为无线传感器网络重要的支撑技术之一。针对传统的四边测

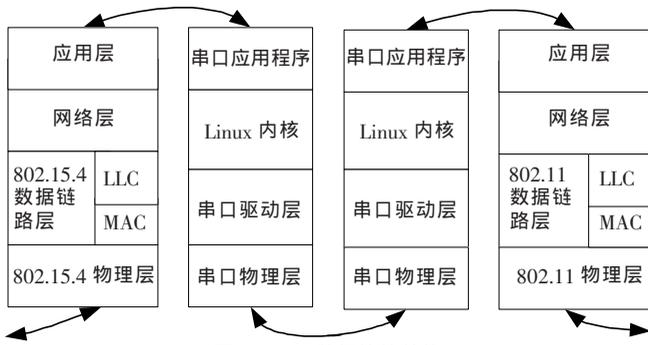


图4 RTU数据协议转换

量法和最小二乘法定位精度差的缺点,本文设计了基于加权的粒子群算法。粒子群优化算法 PSO (Particle Swarm Optimization) 是基于群体智能的全局优化技术,最早由美国电气工程师 Kennedy 和社会心理学家 Eberhart 在 1995 年根据群鸟觅食提出来的^[7]。

在 D 维空间中,随机初始化 m 个粒子,每个粒子表示成 $X_i=(x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{id})$, 其中 $i=1, 2, \dots, m$ 。每个粒子就是 D 维空间潜在的解。粒子具有矢量速度 $V_i=(v_{i1}, v_{i2}, \dots, v_{id})$, 每个粒子搜索自己空间,在搜索过程中通过目标函数 $f(p_i)$ 的适应度值得到局部最优解,再从中选择全局最优解。

粒子群粒子根据以下公式^[8]更新粒子速度和位置, t 代表迭代次数。

$$V_{id}^{t+1} = wV_{id}^t + c_1 \text{rand}() (p_{id} - x_{id}^t) + c_2 \text{rand}() (g_{gd} - x_{id}^t) \quad (1)$$

$$x_{id}^{t+1} = x_{id}^t + V_{id}^{t+1} \quad (2)$$

但是,在定位过程中,因信标节点与未知节点之间距离 d_i 越近,测距误差越小,对定位计算结果的影响力越大,设计一个参数影响因子 δ 。发现影响因子与信号强度成反比的关系,与距离的平方成正比关系^[9]。距离越远,影响因子数值越大。影响因子公式如下所示:

$$\delta_i = 1 + 0.1d_i^2, 0 < d_i \quad (3)$$

可得未知节点与线标节点间距离 d_i 的权重为:

$$w_i = \frac{\delta_i}{\sum_{i=1}^n \delta_i} \quad (4)$$

那么,本文设计的粒子群定位算法适应度函数为:

$$f(x, y, z) = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (w_i (\sqrt{(x-x_i)^2 + (y-y_i)^2 + (z-z_i)^2} - d_i))^2} \quad (5)$$

其中, w_i 为与测距数据 d_i 相关的权重。即粒子适应度函数值越小,定位误差 $f(x, y, z)$ 越小,待定位未知节点越接近其实际位置。采集 5 组测距数据进行定位计算,将其与传统的最小二乘法定位算法进行误差比较,结果如表 1 所示。最小二乘法的原理实质是使得误差平方和达到最小^[10]。

通过两种算法误差比较可以得出,在相同情况下,

《微型机与应用》2013 年第 32 卷第 15 期

表 1 两种定位算法误差对比

算法名称	定位误差均值/ m				
	1	2	3	4	5
最小二乘法	0.98	1.22	1.66	1.98	2.05
粒子群法	0.81	0.89	0.92	1.14	1.23

粒子群算法比最小二乘法定位精度提高了很多,证明了本文使用粒子群定位算法提高定位精度的合理性,但代价是计算复杂度提高。

本文设计了基于 ZigBee 的工厂三维定位系统,提供了现阶段技术实现上比较合理的解决方案。采用远程传输终端系统 RTU 完成数据采集通信方式转换,在服务器端采用基于加权的粒子群定位算法对未知节点进行定位运算。经实验测试证明,本系统具有较高的定位精度,较好地实现了节点定位,在工业自动化领域将有广阔的发展应用前景。

参考文献

- [1] 武仁杰.基于 ZigBee 的矿井监测节能系统设计[J].计算机测量与控制,2012,20(7):1818-1820.
- [2] 成小良,邓志东.基于 ZigBee 规范构建大规模无线传感器网络[J].通信学报,2008(11):158-164.
- [3] 周怡邨,凌志浩,吴勤勤.ZigBee 无线通信技术及其应用探讨[J].自动化仪表,2005(6):5-9.
- [4] 柏祥,王宜怀,秦保波.无线传感网络基本演示系统[J].微计算机信息,2012(8):119-121.
- [5] 杨程,刘涛,陈念年,等.3D 数字工厂监控系统的设计与实现[J].化工自动化及仪表,2012(1):108-111.
- [6] 金香,周波,鲁毅,等.基于 GPRS 变电站 RTU 监控系统设计[J].沈阳师范大学学报(自然科学版),2010(2):198-200.
- [7] 黄少荣.粒子群优化算法综述[J].计算机工程与设计,2009(8):1977-1980.
- [8] 吴庆洪,张颖,马宗民.粒子群优化算法及其应用综述[J].微计算机信息,2010(30):34-35,10.
- [9] 章坚武,张璐,应瑛,等.基于 ZigBee 的 RSSI 测距研究[J].传感技术学报,2009(2):285-288.
- [10] 王书锋,侯义斌,黄樟钦,等.无线感知网络最小二乘法定位算法的误差分析与优化[J].系统仿真学报,2009(19):6211-6215.

(收稿日期:2013-04-10)

作者简介:

魏茂安,男,1966 年生,博士,教授级高级工程师,主要研究方向:信号处理,测控理论及工程应用。

宋富旺,男,1986 年生,硕士研究生,主要研究方向:嵌入式系统及应用,物联网。

宋夫静,女,1988 年生,硕士研究生,主要研究方向:信号与信息处理,移动通信。

欢迎网上投稿 www.pcachina.com 75