



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 101818653 A

(43) 申请公布日 2010.09.01

(21) 申请号 200910239632.2

(22) 申请日 2009.12.31

(71) 申请人 深圳市翌日科技有限公司

地址 518057 广东省深圳市南山区科技园科  
技南十路深圳航天科技创新研究院 A  
座 201-202 室

(72) 发明人 崔荣涛 文智力

(74) 专利代理机构 深圳市康弘知识产权代理有  
限公司 44247

代理人 胡朝阳 孙洁敏

(51) Int. Cl.

E21F 17/18 (2006.01)

H04W 64/00 (2009.01)

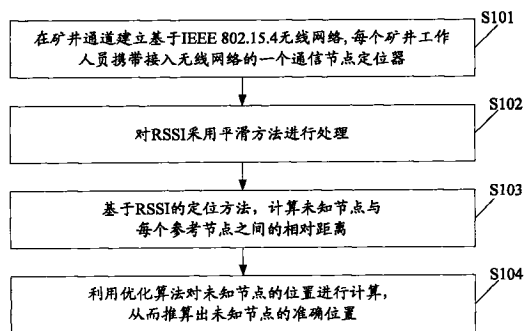
权利要求书 1 页 说明书 4 页 附图 1 页

(54) 发明名称

基于接收信号强度的矿井下人员的实时定位方法

(57) 摘要

一种基于接收信号强度的矿井下人员的实时定位方法,其包括:在矿井通道中建立基于 IEEE 802.15.4 无线网络协议的无线通信网络,设置在每个矿井工作人员身上的定位器均接入无线通信网络并分别成为该网络的一个通信节点;根据参考节点收到未知通信节点发射信号的强度推算出其与未知通信节点之间的相对距离,进而算出未知通信节点的坐标 (x, y) 为使函数  $f(x, y)$  取最小值的位置。本发明利用 IEEE 802.15.4 无线网络技术实现对矿井下人员定位,从而为矿井作业提供了安全保障,并为灾后搜救工作提供了强有力的保障。



1. 一种基于接收信号强度的矿井下人员的实时定位方法,其特征在于,包括:

在矿井通道中建立基于 IEEE 802.15.4 无线网络协议的无线通信网络,设置在每个矿井工作人员身上的定位器均接入无线通信网络并分别成为该网络的一个通信节点;

根据参考节点接收到未知通信节点的发射信号强度推算出其与未知通信节点之间的相对距离,进而算出未知通信节点的坐标  $(x, y)$  为使函数  $f(x, y)$  取最小值的位置:

$$f(x, y) = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^N (g\{(x-x_i)^2 + (y-y_i)^2\} - g\{d_i^2\})^2$$

其中,参考通信节点坐标为  $(x_i, y_i)$ ,函数  $g$  为非线性函数, $d_i$  表示未知通信节点与  $N$  个参考节点之间的距离,  $d_i = 10^{\frac{A+RSSI_i}{10n}}$ ,  $A$  为在距离发射节点 1 米处的接收信号场强,  $n$  为信号衰减系数,  $RSSI_i$  为第  $i$  个参考通信节点平滑后的接收到未知节点发射信号的信号强度,  $i = 1, \dots, N$ 。

2. 根据权利要求 1 所述基于接收信号强度的矿井下人员的实时定位方法,其特征在于,还包括:对接收信号强度进行平滑处理,  $RSSI_{k+1} = \alpha \cdot RSSI' + (1-\alpha) \cdot RSSI_k$ , 其中  $RSSI_k$  为  $k$  时刻参考节点平滑后的接收信号强度,  $RSSI'$  为采样到的真实接收信号强度,  $\alpha$  为平滑系数。

3. 根据权利要求 2 所述基于接收信号强度的矿井下人员的实时定位方法,其特征在于,平滑系数  $\alpha$  为 0.3。

4. 根据权利要求 1 所述基于接收信号强度的矿井下人员的实时定位方法,其特征在于,非线性函数  $g$  为平方根函数。

5. 根据权利要求 1 所述基于接收信号强度的矿井下人员的实时定位方法,其特征在于,还包括:利用优化算法对每个通信节点的坐标位置进行计算。

6. 根据权利要求 5 所述基于接收信号强度的矿井下人员的实时定位方法,其特征在于,优化算法为列文伯格-马夸尔特算法。

7. 根据权利要求 1 所述基于接收信号强度的矿井下人员的实时定位方法,其特征在于,无线通信网络为树状、星状或网状网络结构。

8. 根据权利要求 1 所述基于接收信号强度的矿井下人员的实时定位方法,其特征在于,无线通信网络由一个基站和若干个路由器组成,定位器无线接入其中一个路由器。

## 基于接收信号强度的矿井下人员的实时定位方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及一种无线通信的定位方法,尤其是涉及一种采用 IEEE 802.15.4 无线网络技术、基于接收信号强度对矿井下人员进行实时定位的方法。

### 背景技术

[0002] 矿井开采作为安全事故频发的重工业,对安全监督管理系统的要求很高。利用无线通信定位系统,对井下人员进行实时定位监督,将在很大程度上加强井下作业的安全保障。

[0003] 目前,我国的一些煤矿还停留在采取矿灯考勤,电话跟踪定位等原始方法来掌握工作人员井下信息的阶段,这种方法不能及时、准确的了解井下工作人员的位置及分布情况,无法适应煤矿安全生产的实际要求。近年来,国内一些科研院所及企业推出了各自对井下应用人员跟踪定位及考勤系统,这类系统主要是基于射频识别技术 RFID (radio frequency identification),这类技术只能实现区域定位,无法实现井下人员的精确定位。至于采用铺设电缆,光缆等的有线信号传输方式,则存在成本高,复杂地形区铺设难度较大,灵活性较差的诸多问题。

[0004] 另外,矿井的井巷通道是狭长、闭合的通信信道,并且由于粉尘,潮湿,电磁干扰等原因的存在,通信条件比较恶劣,主要表现在下面几点:

[0005] 首先,多径效应严重。小尺度衰落是指从发射源发出的电磁波在各障碍物的表面发生反射、散射、绕射效应,从而沿多种不同的路径到达接收端。接收端接收的信号为各个路径信号的矢量和。叠加的效果与各个路径信号的相位差密切相关,在空间上某些点上相互抵消,而在某些点上又相互加强,从而在近场区引发强烈的随机快速起伏现象。

[0006] 其次,非视距路径传播对于信号强度影响大。当移动台和接收机之间的直线距离被遮挡后,只有折射和反射路径到达接收端,则接收处得到的信号强度 (Received Signal Strength Indication, RSSI) 会被削弱,从而影响矿井下定位算法的性能。

### 发明内容

[0007] 本发明提出一种基于接收信号强度的矿井下人员的实时定位方法,利用 IEEE 802.15.4 无线网络技术实现对矿井下人员定位,从而为矿井作业提供了安全保障,并为灾后搜救工作提供了强有力的保障。

[0008] 本发明采用了如下技术方案来实现:一种基于接收信号强度的矿井下人员的实时定位方法,其包括:

[0009] 在矿井通道中建立基于 IEEE 802.15.4 无线网络协议的无线通信网络,设置在每个矿井工作人员身上的定位器均接入无线通信网络并分别成为该网络的一个通信节点;

[0010] 根据参考通信节点的接收信号强度推算出其与未知通信节点之间的相对距离,进而算出未知通信节点的坐标  $(x, y)$  为使函数  $f(x, y)$  取最小值的位置:

$$[0011] \quad f(x, y) = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^N (g\{(x-x_i)^2 + (y-y_i)^2\} - g\{d_i^2\})^2$$

[0012] 其中,参考通信节点坐标  $(x_i, y_i)$ ,函数  $g$  为非线性函数, $d_i$  表示未知通信节点与  $N$  个参考节点之间的距离, $d_i = 10^{(-\frac{A+RSSI_i}{10n})}$ ,  $A$  为在距离发射节点 1 米处的接收信号场强, $n$  为信号衰减系数,数值取决于具体信号传播环境, $RSSI_i$  为第  $i$  个参考通信节点平滑后的接收到未知节点发射出信号的信号强度, $i = 1, \dots, N$ 。

[0013] 其中,所述基于接收信号强度的矿井下人员的实时定位方法还包括:对接收信号强度  $RSSI$  进行平滑处理, $RSSI_{k+1} = \alpha \cdot RSSI' + (1-\alpha) \cdot RSSI_k$ ,其中  $RSSI_k$  为  $k$  时刻参考通信节点平滑后的接收信号强度, $RSSI'$  为采样到的真实接收信号强度, $\alpha$  为平滑系数。

[0014] 其中,平滑系数  $\alpha$  为 0.3。

[0015] 其中,非线性函数  $g$  为平方根函数。

[0016] 其中,所述基于接收信号强度的矿井下人员的实时定位方法还包括:利用优化算法对推算得出每个通信节点的坐标位置进行计算。

[0017] 其中,优化算法为列文伯格-马夸尔特 (Levenberg-marquardt) 算法。

[0018] 其中,无线通信网络为树状、星状或网状网络结构。

[0019] 其中,无线通信网络由一个基站和若干个路由器组成,定位器无线接入其中一个路由器。

[0020] 与现有技术相比,本发明具有如下有益效果:

[0021] 只要每个矿井作业人员携带一个 ZigBee 网络模块终端的定位器,成为 ZigBee 网络中的一个节点,即可以利用本发明快速实现人员位置的定位。由于 ZigBee 网络模块终端具有功率小和通信效率高的优点,非常适合于矿井通道环境使用。

## 附图说明

[0022] 图 1 是本发明的流程示意图。

## 具体实施方式

[0023] 常见的信号定位方法有基于接收信号强度 (RSSI) 的方法,基于信号到达角度 (Angle OfArrival, AOA) 的方法,基于信号到达时间 (Time Of Arrival, TOA) 的方法等。其中,基于 RSSI 的定位方法对系统硬件的要求少,实现简单易行,因此本发明采用了基于 RSSI 的方法进行定位处理。

[0024] 本发明提出一种利用 Zigbee 技术的矿井下人员定位方法,为矿井下人员信息统计和灾后搜救工作提供了强有力的保障。

[0025] 步骤 S101、在矿井通道建立基于 IEEE 802.15.4 无线网络协议通信的无线网络。

[0026] 在矿井通道中设置一个或多个具有树状、星状或网状等网络结构的网络,每个网络由一个基站和若干个路由器组成;基站设置在网络的起始端,沿着网络延伸方向按一定的通信距离设置多个路由器,在矿井工作人员身上设置定位器(为 ZigBee 网络模块终端),因而,在基站、路由器与定位器之间采用基于 IEEE 802.15.4 无线网络协议的 ZigBee 无线网络进行通信,而基站与矿井上的控制主机通过以太网或 RS485 通信协议进行通信。

[0027] 以下提到的节点、接收端与发射端均采用 ZigBee 网络模块终端,而参考节点指 ZigBee 无线网络中的基站和路由器,从而各个 ZigBee 网络模块终端之间采用自组织网通信方式构成一个组网灵活、通信可靠的网络。

[0028] 步骤 S102:对 RSSI 采用平滑进行处理,以提高定位的准确性。

[0029] 在定位过程中,未知节点不停发射无线信号,由于矿井下的无线信道条件比较恶劣,往往信号跳动比较明显,因此可以采用平滑的方法,利用过去信号的一部分信息。平滑方法可以描述为:

$$[0030] \quad \text{RSSI}_{k+1} = \alpha \cdot \text{RSSI}' + (1-\alpha) \cdot \text{RSSI}_k \quad (\text{式 1.1})$$

[0031] 其中  $\text{RSSI}_k$  为 k 时刻系统中用于计算的 RSSI 值。 $\text{RSSI}'$  为采样到的真实 RSSI 数据,  $\alpha$  为平滑系数;本发明的优先实施例中,取  $\alpha = 0.3$ 。

[0032] 步骤 S103:基于 RSSI 的定位方法,计算每个节点(对应于每个矿井的作业人员)与参考节点之间的相对距离。

[0033] 未知节点到参考节点之间的相对距离可以根据接收到信号的 RSSI 数值来推算,从而算出未知节点的坐标。自由空间中的电磁波传播模型可以简写为:

$$[0034] \quad \text{RSSI} = -(10n \log_{10} d + A) \quad (\text{式 1.2})$$

[0035] 其中 A 为在距离发射端 1 米处的接收信号场强, n 为信号衰减系数, d 为接收端与发射端的距离。

[0036] 假设未知节点的位置为  $(x, y)$ , N 个参考节点的坐标为  $(x_1, y_1), (x_2, y_2), \dots, (x_N, y_N)$ , 它们到未知节点之间的距离为  $d_1, d_2, \dots, d_N$ 。

[0037] 则有如下公式:

$$[0038] \quad \begin{cases} (x - x_1)^2 + (y - y_1)^2 = d_1^2 \\ \dots \\ (x - x_N)^2 + (y - y_N)^2 = d_N^2 \end{cases} \quad (\text{式 1.3})$$

[0039] 其中  $d_i (i = 1, \dots, N)$  可以由接收信号的 RSSI 经过反推得到:

$$[0040] \quad d_i = 10^{\left(-\frac{A + \text{RSSI}_i}{10n}\right)} \quad (\text{式 1.4})$$

[0041] 在二维空间定位中,至少要知道三个以上的参考节点坐标,因此,式 (1.5) 中的方程组为超越方程。考虑到噪声的存在,解这个方程的问题可以转变为一个求最优解,选择代价函数为:

$$[0042] \quad f(x, y) = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^N \left( g\left\{ (x - x_i)^2 + (y - y_i)^2 \right\} - g\left\{ d_i^2 \right\} \right)^2 \quad (\text{式 1.6})$$

[0043] 其中  $g\{\cdot\}$  为非线性函数,不同的非线性函数可以调节代价函数对噪声的敏感程度以及结果的误差范围。在本发明一个优选实施例中选择为平方根函数,即  $g\{\cdot\} = \text{sqrt}(\cdot)$ 。

[0044] 则使得函数  $f(x, y)$  最小的位置  $(x', y')$  即为未知节点位置  $(x, y)$  的估计为:

$$[0045] \quad (x', y') = \arg \min_{x, y} f(x, y) \quad (\text{式 1.7})$$

[0046] 步骤 S104:利用优化算法对推算得出每个节点的准确位置进行计算,求得最终定

位结果。

[0047] 对函数  $f(x, y)$  的优化转化为一个最小二乘问题, 令  $\mathbf{x} = (x, y)^T$  为未知参数向量, 则代价函数可以重写为:

$$[0048] \quad f(\mathbf{x}) = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^N r_i(\mathbf{x})^2 \quad (\text{式 1.8})$$

[0049] 其中,  $r(x)$  表示为:

$$[0050] \quad r(x) = (r_1(x), \dots, r_N(x))^T \quad (\text{式 1.9})$$

$$[0051] \quad r_i(\mathbf{x}) = g\{(x - x_i)^2 + (y - y_i)^2\} - g\{d_i^2\}, i = 1, \dots, N \quad (\text{式 1.10})$$

[0052] 则上式可以采用列文伯格-马夸尔特 (Levenberg-marquardt) 方法来进行迭代求解, 其迭代公式可以写为:

$$[0053] \quad (J(\mathbf{x}^{(k)})^T J(\mathbf{x}^{(k)}) + vI) d = -J(\mathbf{x}^{(k)})^T r(\mathbf{x}^{(k)}) \quad (\text{式 1.11})$$

[0054] 其中  $J(x)$  为  $r(x)$  的雅可比 (Jacobi) 矩阵, 表示为:

$$[0055] \quad J(\mathbf{x}) = \begin{pmatrix} \frac{\partial r_1}{\partial x} & \dots & \frac{\partial r_n}{\partial x} \\ \frac{\partial r_1}{\partial y} & \dots & \frac{\partial r_n}{\partial y} \end{pmatrix} \quad (\text{式 1.13})$$

[0056] 而  $v > 0$  是迭代过程中需要调整的参数。

[0057] 因此, 只要每个矿井作业人员携带一个 ZigBee 网络模块终端, 成为 ZigBee 网络中的一个节点, 即可以利用本发明快速实现人员位置的定位。由于 ZigBee 网络模块终端具有功率小和通信效率高的优点, 非常适合于矿井通道环境使用。

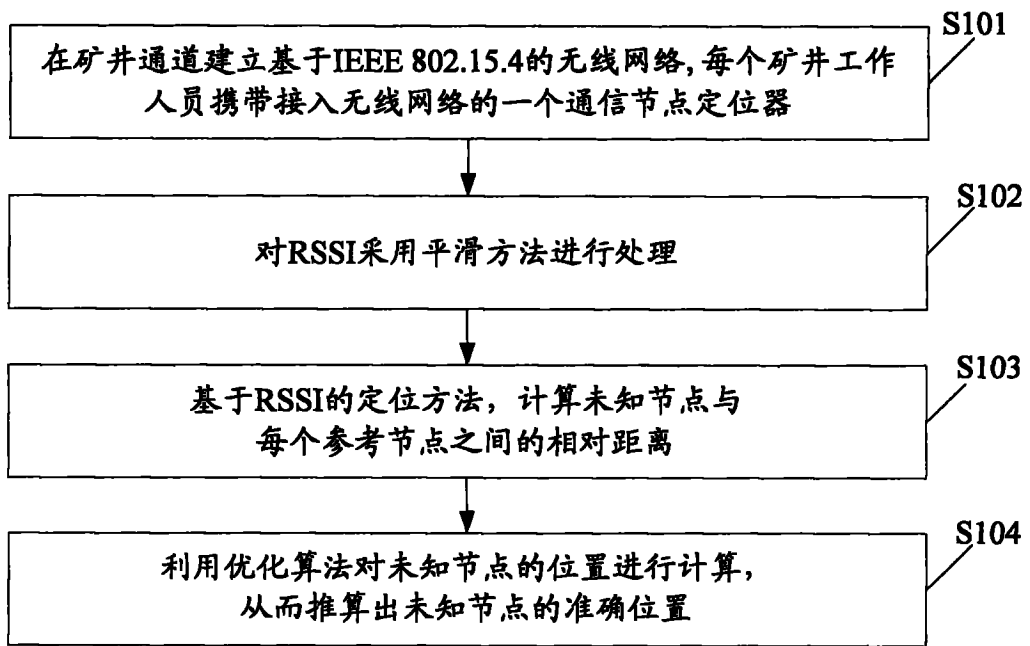


图 1