



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 111308552 B

(45) 授权公告日 2022.07.19

(21) 申请号 202010210919.9

(56) 对比文件

(22) 申请日 2020.03.24

CN 107884822 A, 2018.04.06

(65) 同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 111308552 A

审查员 王叶

(43) 申请公布日 2020.06.19

(73) 专利权人 辽宁大学
地址 110000 辽宁省沈阳市沈北新区道义
南大街58号

(72) 发明人 罗浩 潘一山 史金鹏 宋宝燕
丁琳琳 马技

(74) 专利代理机构 沈阳杰克知识产权代理有限
公司 21207

专利代理师 王洋

(51) Int. Cl.

G01V 1/30 (2006.01)

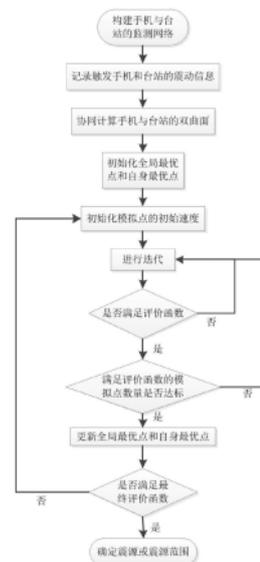
权利要求书2页 说明书3页 附图2页

(54) 发明名称

一种低密度固定台站和高密度移动手机的冲击地压震源协同定位方法

(57) 摘要

一种低密度固定台站和高密度移动手机的冲击地压震源协同定位方法,其步骤为:1) 构建手机与台站协同监测网络;2) 确定手机与台站所构成的双曲面;3) 通过模拟点沿双曲面确定震源;4) 不断更新全局最优点和自身最优点;5) 确定震源点或震源范围。发明通过上述方法,提供了一种监测成本低、定位精度高的冲击地压震源协同定位方法。



1. 一种低密度固定台站和高密度移动手机的冲击地压震源协同定位方法,其特征在于,其步骤为:

1) 构建手机与台站协同监测网络;

冲击地压发生时,选择最先触发的台站,与周围触发手机建立协同监测网络,记录台站地理位置和触发时间,记录手机的手机编号、GPS位置信息、触发时间信息;

2) 确定手机与台站所构成的双曲面;

分别以触发手机和固定台站为焦点,结合震源到手机和台站的距离差,确定出多个双曲面函数 $f_i(x, y, z)$:

$$\sqrt{(x-x_0)^2+(y-y_0)^2+(z-z_0)^2}-\sqrt{(x-x_i^0)^2+(y-y_i^0)^2+(z-z_i^0)^2}=\Delta S_i$$

其中, i 为第 i 个手机用户, (x_0, y_0, z_0) 为台站坐标, (x_i^0, y_i^0, z_i^0) 为第 i 个手机坐标, $\Delta S_i = \Delta t_i * V$ 为震源到台站和手机位置的距离差, $\Delta t_i = t_0 - t_i$, t_0 为台站触发时间, t_i 为手机触发时间,即 Δt_i 为台站和手机触发的时间差, V 为震动波传播速度,根据 ΔS_i 的正负可以确定出台站和手机哪一个离震源更近,进一步确定出唯一的曲面,即震源所在的双曲面 $f_i(x, y, z)$;改变触发手机,即可计算出每台手机对应的双曲面;

3) 通过模拟点沿双曲面确定震源;

3.1) 记录所有手机初始位置 $p_i^{m=0} = (x_i^0, y_i^0, z_i^0)$,以及台站的坐标 (x_0, y_0, z_0) ,设置一个自身最优点 $pbest(p_{x_i}^m, p_{y_i}^m, p_{z_i}^m)$,初始自身最优点为空;设置一个全局最优点,初始值为所有手机初始位置的平均数,即 $gbest(gx^{m=0}, gy^{m=0}, gz^{m=0}) = \sum_{i=1}^n (x_i^0, y_i^0, z_i^0) / n$;

其中 n 为触发的手机数; m 为迭代的次数,即更新全局最优点和自身最优点的次数,初始时 $m=0$;

3.2) 以手机初始位置开始,随机一个三维速度进行迭代,让所有模拟点进行速度与位置更新,模拟点为三维点,是更新过程中的迭代点,其中,速度更新公式:

$$v_i^{m+1} = \omega v_i^m + c_1(pbest_i^m - p_i^m) + c_2(gbest^m - p_i^m)$$

位置更新公式:

$$模拟点 p_i^{m+1} = p_i^m + v_i^{m+1}, p_i^{m+1} 坐标为 (x_i^{m+1}, y_i^{m+1}, z_i^{m+1})$$

直到模拟点更新后,满足评价函数,所述评价函数:

$$f(x) = S_1 - S_2 - \Delta S_i$$

其中, S_1 为模拟点到台站的距离, S_2 为模拟点到手机初始位置的距离

$$S_1 = \sqrt{(x_i^{m+1} - x_0)^2 + (y_i^{m+1} - y_0)^2 + (z_i^{m+1} - z_0)^2}$$

$$S_2 = \sqrt{(x_i^{m+1} - x_i^0)^2 + (y_i^{m+1} - y_i^0)^2 + (z_i^{m+1} - z_i^0)^2}$$

其中, v_i^m 为更新前的速度; z 方向为负; v_i^{m+1} 为更新后的速度; ω 为速度惯性系数; c_1 、 c_2 为自身最优点和全局最优点对速度的影响因子; p_i^m 为每次更新前的点坐标, p_i^{m+1} 为每次更新后的点坐标;

当 $f(x)$ 达到预设值,满足评价函数,证明已找到步骤2)中的双曲面;当 $f(x)$ 大于预设值时,说明模拟点还未找到步骤2)中的双曲面, ω 不变;当 $f(x)$ 小于预设值时,说明模拟点已经穿过步骤2)中的双曲面,令迭代速度方向取反,同时 ω 减小;

- 4) 不断更新全局最优点和自身最优点;
- 5) 确定震源点或震源范围。

2. 根据权利要求1所述的一种低密度固定台站和高密度移动手机的冲击地压震源协同定位方法,其特征在於,所述的步骤4)中具体方法为:当满足评价函数的模拟点的数量超过设定数量时,更新所有模拟点的自身最优点 $pbest_i^m = (px_i^m, py_i^m, pz_i^m)$,自身最优点为步骤3)中满足评价函数的点;更新全局最优点,为所有模拟点更新后位置的平均数,即 $gbest^m = \sum_{i=1}^n p_i^m / n$,每更新一次全局最优点和自身最优点之后 $m+1$ 。

3. 根据权利要求1所述的一种低密度固定台站和高密度移动手机的冲击地压震源协同定位方法,其特征在於,所述的步骤5)中,具体方法为:重复步骤3)、4)的迭代,使所有模拟点沿着双曲面向震源方向靠近;第一次计算的震源点为初始的全局最优点,随着迭代的进行,所有模拟点更新,全局最优点也随之变化,经过 m 次对全局最优点的更新,所有模拟点到全局最优点距离的和 $F(x)$ 满足小于一个定值 ϵ 时,终止迭代;

$$F(x) = \sum_{i=1}^n ((px_i^m - gx^m)^2 + (py_i^m - gy^m)^2 + (pz_i^m - gz^m)^2)^2$$

其中, $F(x)$ 为目标函数, (gx^m, gy^m, gz^m) 为全局最优点的位置,因为在每次迭代中,全局最优点为所有模拟点更新后位置的平均数,每次迭代对于所有模拟点来说,都只有一个全局最优点, ϵ 为设定值即所有模拟点离全局最优点 $gbest$ 的距离之和,当 ϵ 为0时,说明所有模拟点到全局最优点的距离全为0,即全部汇聚在全局最优点,则 $gbest$ 点确定为震源点;当 $\epsilon > 0$ 时,模拟点会汇聚在 $gbest$ 点距离和为 ϵ 的空间范围内,能够确定震源附近的一个空间范围。

一种低密度固定台站和高密度移动手机的冲击地压震源协同定位方法

技术领域

[0001] 本发明属于煤矿开采冲击地压监测定位领域,尤其涉及一种低密度固定台站和高密度移动手机的冲击地压震源协同定位。

背景技术

[0002] 冲击地压是是煤矿井下工作面或巷道周围煤岩体弹性能突然释放而产生的动力灾害,往往造成井下巷道垮塌和地面晃动,引发灾害。目前国内冲击地压区域微震监测系统大多从国外引进,系统台站所用检波器大多为速度或者加速度传感器,定位精度高,但由于系统价格昂贵,机构复杂,导致测点安装较少,存在大量的监测盲区,冲击地压震源的精确定位成为冲击地压监测预警的急需。现代社会智能手机普及,手机内置加速度传感器相对于井下微震监测系统台站所用检波器检测精度低,但使用人员数量广泛,具有高密度特点,将两者有机结合,将是一种新的研究方向。目前尚未查到利用固定台站与智能手机协同进行煤矿动力灾害震源定位的方法。

发明内容

[0003] 本发明的目的是提供一种低密度固定台站和高密度移动手机的冲击地压震源协同定位方法,低密度固定台站表示在一个监测范围内只有一个或者少量台站,高密度移动手机表示在一个监测范围内有大量的移动手机,以扩大监测范围,提高系统定位精度。

[0004] 为了实现上述目的,本发明创造采用的技术方案为:一种低密度固定台站和高密度移动手机的冲击地压震源协同定位方法,其步骤为:

[0005] 1) 构建手机与台站协同监测网络;

[0006] 记录台站地理位置和触发时间,记录手机的手机编号、GPS位置信息、触发时间等信息。

[0007] 2) 确定手机与台站所构成的双曲面;

[0008] 分别以触发手机和固定台站为焦点、震源到手机和台站的距离差,确定出多个双曲面。

[0009] 3) 通过模拟点沿双曲面确定震源;

[0010] 每一个模拟点根据步骤1) 找到其对应的双曲面之后使其沿着双曲面向下移动。

[0011] 4) 不断更新全局最优点和自身最优点;

[0012] 每次模拟点向下移动再次到达双曲面后,更新全局最优点和局部最优点。

[0013] 5) 确定震源点或震源范围;

[0014] 重复步骤3) 步骤4) 直到所有模拟点到全局最优点的总和小于一个定值。

[0015] 本发明创造的有益效果为:本发明将少量固定台站和大量移动手机监测数据结合,按照一定流程两者协同定位,降低成本,提高定位精度。同时定位结果可以是一个点,也可以确定出一个区域范围,满足定位要求。

附图说明

[0016] 图1为本发明协同定位流程图。

[0017] 图2为固定台站和移动手机协同定位平面示意图。

具体实施方式

[0018] 一种低密度固定台站和高密度移动手机的冲击地压震源协同定位方法,其步骤为:

[0019] 1) 构建手机与台站协同监测网络;

[0020] 冲击地压发生时,选择最先触发的台站,与周围触发手机建立协同监测网络,记录台站地理位置和触发时间,记录手机的手机编号、GPS位置信息、触发时间等信息。

[0021] 2) 确定手机与台站所构成的双曲面;

[0022] 冲击地压发生时,分别以触发手机和固定台站为焦点,结合震源到手机和台站的距离差,确定出多个双曲面函数 $f_i(x, y, z)$:

$$[0023] \quad \sqrt{(x-x_0)^2+(y-y_0)^2+(z-z_0)^2} - \sqrt{(x-x_i^0)^2+(y-y_i^0)^2+(z-z_i^0)^2} = \Delta S_i$$

[0024] 其中, i 为第 i 个手机用户, (x_0, y_0, z_0) 为台站坐标, (x_i^0, y_i^0, z_i^0) 为第 i 个手机坐标, $\Delta S_i = \Delta t_i * V$ 为震源到台站和手机位置的距离差, $\Delta t_i = t_0 - t_i$, t_0 为台站触发时间, t_i 为手机触发时间,即 Δt_i 为台站和手机触发的时间差, V 为震动波传播速度,根据 ΔS_i 的正负可以确定出台站和手机哪一个离震源更近,进一步确定出唯一的曲面,即震源所在的双曲面 $f_i(x, y, z)$ 。改变触发手机,即可计算出每台手机对应的双曲面。

[0025] 3) 通过模拟点沿双曲面确定震源;

[0026] 3.1) 记录所有手机初始位置 $p_i^{m=0} = (x_i^0, y_i^0, z_i^0)$,以及台站的初始位置 (x_0, y_0, z_0) ,设置一个自身最优点 $pbest(p_x^m, p_y^m, p_z^m)$,初始自身最优点为空;设置一个全局最优点,初始值为所有手机初始位置的平均数,即 $gbest(gx^{m=0}, gy^{m=0}, gz^{m=0}) = \sum_{i=1}^n (x_i^{m=0}, y_i^{m=0}, z_i^{m=0}) / n$;设置一个更新速度 v_i^m ,初始速度为空。

[0027] 其中 n 为触发的手机数; m 为迭代的次数,即更新全局最优点和自身最优点的次数,初始时 $m=0$ 。

[0028] 3.2) 以手机初始点位置开始,随机一个三维速度进行迭代,让所有模拟点进行速度与位置更新,模拟点为三维点,是更新过程中的迭代点,其中,速度更新公式:

$$[0029] \quad v_i^{m+1} = \omega v_i^m + c_1(pbest_i^m - p_i^m) + c_2(gbest^m - p_i^m)$$

[0030] 位置更新公式:

$$[0031] \quad \text{模拟点 } p_i^{m+1} = p_i^m + v_i^{m+1}, \quad p_i^{m+1} \text{ 坐标为 } (x_i^{m+1}, y_i^{m+1}, z_i^{m+1})$$

[0032] 直到模拟点更新后,满足评价函数,所述评价函数:

$$[0033] \quad f(x) = S_1 - S_2 - \Delta S_i$$

[0034] 其中, S_1 为模拟点到台站的距离, S_2 为模拟点到手机初始点的距离

$$[0035] \quad S_1 = \sqrt{(x_i^{m+1} - x_0)^2 + (y_i^{m+1} - y_0)^2 + (z_i^{m+1} - z_0)^2}$$

$$[0036] \quad S_2 = \sqrt{(x_i^{m+1} - x_i^0)^2 + (y_i^{m+1} - y_i^0)^2 + (z_i^{m+1} - z_i^0)^2}$$

[0037] 其中： v_i^m 为更新前的速度；z方向为负； v_i^{m+1} 为更新后的速度； ω 为速度惯性系数； c_1 、 c_2 为自身最优点和全局最优点对速度的影响因子； p_i^m 为每次更新前的点坐标， p_i^{m+1} 为每次更新后的点坐标；

[0038] 当f(x)达到预设值，满足评价函数，证明已找到步骤2)中的双曲面；当f(x)大于预设值时，说明模拟点还未找到步骤2)中的双曲面， ω 不变；当f(x)小于预设值时，说明模拟点已经穿过步骤2)中的双曲面，令迭代速度方向取反，同时 ω 减小。

[0039] 4) 不断更新全局最优点和自身最优点；

[0040] 具体方法为：当95%的模拟点满足评价函数时，更新所有模拟点的自身最优点 $pbest_i^m = (px_i^m, py_i^m, pz_i^m)$ ，自身最优点为步骤3)中满足评价函数的点；更新全局最优点，为所有模拟点更新后位置的平均数，即 $gbest^m = \sum_{i=1}^n p_i^m / n$ ，每更新一次全局最优点和自身最优点之后m+1。

[0041] 5) 确定震源点或震源范围；

[0042] 具体方法为：重复步骤3)、4)的迭代，使所有模拟点沿着双曲面向震源方向靠近，如图2所示，为固定台站和移动手机协同定位平面示意图，第一次计算的震源点为初始的全局最优点，图中五角星1点，随着迭代的进行，所有模拟点的更新，全局最优点也随之变化，经过m次对全局最优点的更新，所有模拟点到五角星m点距离的和F(x)满足小于一个定值 ϵ 时，终止迭代。

$$[0043] \quad F(x) = \sum_{i=1}^n ((px_i^m - gx^m)^2 + (py_i^m - gy^m)^2 + (pz_i^m - gz^m)^2)^2$$

[0044] 其中，F(x)为目标函数， (gx^m, gy^m, gz^m) 为全局最优点的位置，因为在每次迭代中，全局最优点为所有模拟点更新后位置的平均数，每次迭代对于所有模拟点来说，都只有一个全局最优点。 ϵ 为我们设定值即所有模拟点离全局最优点gbest的距离之和，当 ϵ 为0时，说明所有模拟点到全局最优点的距离全为0，即全部汇聚在全局最优点，则gbest点确定为震源点；当 $\epsilon > 0$ 时，模拟点会汇聚在gbest点距离和为 ϵ 的空间范围内，可以确定震源附近的一个空间范围。

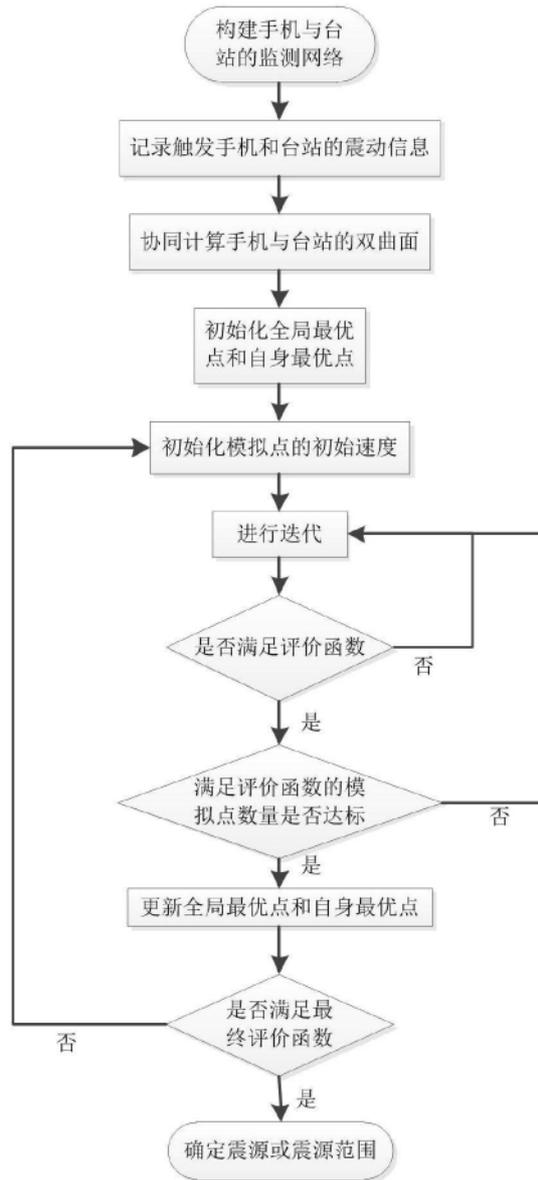


图1

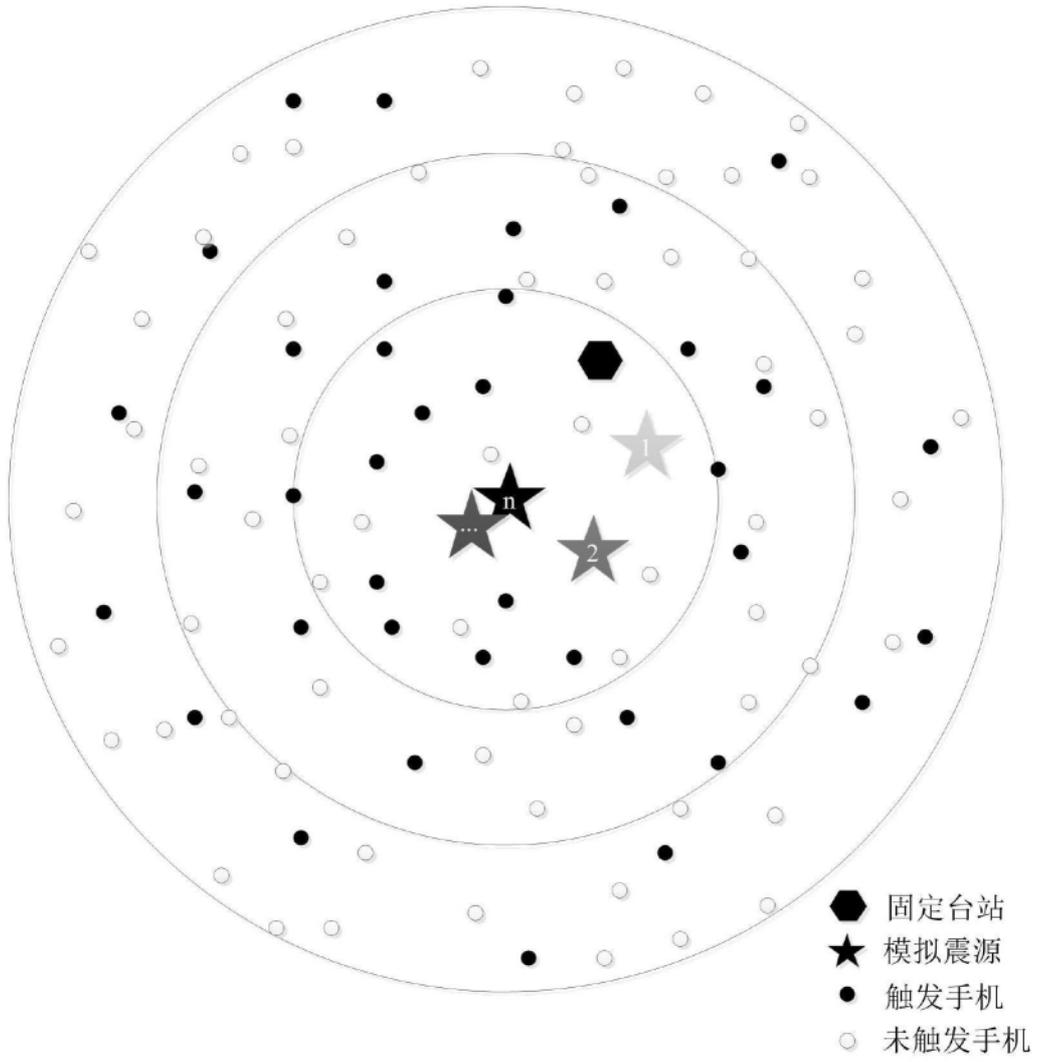


图2