



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 103776447 B

(45) 授权公告日 2016. 08. 17

(21) 申请号 201410040631. 6

(22) 申请日 2014. 01. 28

(73) 专利权人 无锡智感星际科技有限公司

地址 214135 江苏省无锡市高新技术产业开发
区太科园静慧东路77号-3-1-101室

(72) 发明人 宋峥 郭晓琳 马建

(74) 专利代理机构 无锡盛阳专利商标事务所
(普通合伙) 32227

代理人 顾吉云

(51) Int. Cl.

G01C 21/16(2006. 01)

G01S 11/06(2006. 01)

H04W 64/00(2009. 01)

(56) 对比文件

CN 102494683 A, 2012. 06. 13,

CN 103249139 A, 2013. 08. 14,

CN 102547791 A, 2012. 07. 04,

US 2013045750 A1, 2013. 02. 21,

CN 1503002 A, 2004. 06. 09,

CN 102209386 A, 2011. 10. 05,

CN 102223596 A, 2011. 10. 19,

审查员 吴琼

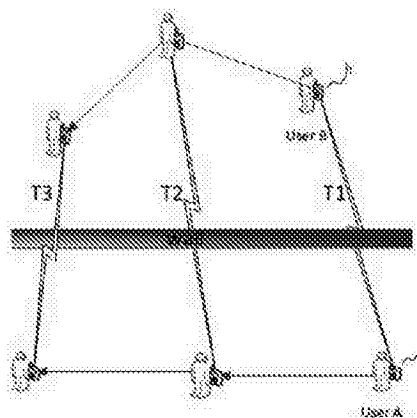
权利要求书3页 说明书6页 附图2页

(54) 发明名称

一种近距离移动智能设备间定位方法

(57) 摘要

本发明提供了一种近距离移动智能设备间定位方法,其能解决目前依赖 GPS、Cell-ID、Wifi 等外部定位设备进行移动智能设备间精确定位的问题。其特征在于:至少一个被请求定位用户A持移动智能设备 a,至少一个请求定位用户 B 持移动智能设备 b,移动智能设备 a、b 之间通过内置的无线近距离通信模块建立无线通信链路并进行数据传送,两个移动智能设备分别通过内置方向传感器、三轴加速度传感器采用记步方式记录用户移动距离和移动方向,根据移动智能设备 a 在 T1、T2、T3 时刻的接受信号强度,T1 ~ T2 时间段、T2 ~ T3 时间段内移动智能设备 a、b 的移动距离和方向矢量计算被请求定位用户 A、B 在 T1、T2、T3 时刻的相对位置,并将相对位置显示在移动智能设备 b 上。



1. 一种近距离移动智能设备间定位方法,其特征在于:

其至少包括两个定位用户,分别为至少一个被请求定位用户A和至少一个请求定位用户B;所述至少两个定位用户分别持一用于定位的移动智能设备,即所述至少一个被请求定位用户A持移动智能设备a,所述至少一个请求定位用户B持移动智能设备b;

所述移动智能设备内置无线近距离通信模块、方向传感器和三轴加速度传感器,所述两个定位用户分别所持的用于定位的移动智能设备之间通过所述移动智能设备的无线近距离通信模块建立无线通信链路从而进行数据的传送,所述移动智能设备通过所述方向传感器、三轴加速度传感器采用记步方式记录用户移动距离和移动方向,其包括以下定位步骤:

(1)在任意T1时刻,所述两个定位用户中的请求定位用户B通过其所持的移动智能设备b向被请求定位用户A所持的移动智能设备a发出定位请求,所述被请求定位用户A的移动智能设备a接收到所述定位请求后向请求定位用户B的移动智能设备b发出确认请求信息,请求定位用户B的移动智能设备b收到移动智能设备a发出的确认请求信息后记录所述被请求定位用户A所持移动智能设备a在接受信号强度 r_1 ;

(2)在T1~T2时间段内,被请求定位用户A和请求定位用户B中任一个移动或者两者均正常移动,移动智能设备a、移动智能设备b分别通过各自内置的方向传感器、三轴加速度传感器采用记步的方式记录移动智能设备a、移动智能设备b在T1~T2时间段内的移动距离和方向矢量,并分别记录为 \vec{m}_1^A 和 \vec{m}_1^B ;

(3)在T2时刻,被请求定位用户A通过其所持的移动智能设备a向请求定位用户B所持的移动智能设备b发送其在T1~T2时间段的移动矢量 \vec{m}_1^A ,同时请求定位用户B所持的移动智能设备b记录在T2时刻移动智能设备a在接受信号强度 r_2 ;

(4)在T2~T3时间段内,被请求定位用户A和请求定位用户B中任一个移动或者两者均正常移动,移动智能设备a、移动智能设备b分别通过各自内置的方向传感器、三轴加速度传感器采用记步的方式记录移动智能设备a、移动智能设备b在在T2~T3时间段内的移动距离和方向矢量,并分别记录为 \vec{m}_2^A 和 \vec{m}_2^B ;

(5)在T3时刻,被请求定位用户A通过其所持的移动智能设备a向请求定位用户B所持的移动智能设备b发送其在T2~T3时间段的移动矢量 \vec{m}_2^A ,同时请求定位用户B所持的移动智能设备b记录在T3时刻移动智能设备a在接受信号强度 r_3 ;

(6)根据被请求定位用户A所持的移动智能设备a在T1、T2、T3时刻在接受信号强度 r_1 、 r_2 、 r_3 ,T1~T2时间段、T2~T3时间段内被请求定位用户A所持的移动智能设备a、请求定位用户B所持的移动智能设备b的移动距离和方向矢量 \vec{m}_1^A 、 \vec{m}_1^B 、 \vec{m}_2^A 和 \vec{m}_2^B 计算被请求定位用户A、请求定位用户B在T1、T2、T3时刻的相对位置,并将所述相对位置显示在请求定位用户B所持的移动智能设备b上。

2. 根据权利要求1所述的一种近距离移动智能设备间定位方法,其特征在于:所述步骤(6)的计算过程为:

①根据被请求定位用户A、请求定位用户B各自的独立运动矢量,计算移动智能设备a、移动智能设备b的相对运动矢量:

$$\vec{m}_i = \vec{m}_i^A - \vec{m}_i^B,$$

即

$$\begin{aligned}\vec{m}_i.x &= \vec{m}_i^A.x - \vec{m}_i^B.x; \\ \vec{m}_i.y &= \vec{m}_i^A.y - \vec{m}_i^B.y\end{aligned}$$

②根据被请求定位用户A所持的移动智能设备a在T1、T2、T3时刻的接受信号强度 r_1 、 r_2 、 r_3 ,计算在T1、T2、T3时刻被请求定位用户A所持移动智能设备a、请求定位用户B所持移动智能设备b之间的相对距离 d_1 、 d_2 、 d_3 之间的关系:

根据信号自由空间传播公式,可得:

$$\frac{d_i}{d_j} = 10^{\frac{r_j - r_i}{10n}}, \forall i, j \in \{T_1, T_2, T_3\}$$

其中n为自由空间信息传播衰减常量,n取2~4,自定义变量 k_2 、 k_3 ,设

$$k_i = 10^{\frac{r_i - r_1}{10n}}, \forall i \in \{T_2, T_3\},$$

则 d_1 、 d_2 、 d_3 之间的关系表示为:

$$\begin{aligned}d_2 &= k_2 \times d_1 \\ d_3 &= k_3 \times d_1;\end{aligned}$$

③计算被请求定位用户A所持移动智能设备a、请求定位用户B所持移动设备b在T1时刻的相对位置距离 d_1 :

根据反三角函数和余弦定理,得到

$$\begin{aligned}\cos \alpha_1 &= \frac{d_2^2 + m_1^2 - d_1^2}{2d_2m_1} \\ \cos \alpha_2 &= \frac{d_2^2 + m_2^2 - d_3^2}{2d_2m_2} \\ \alpha_1 &= \arccos \frac{d_2^2 + m_1^2 - d_1^2}{2d_2m_1} \\ \alpha_2 &= \arccos \frac{d_2^2 + m_2^2 - d_3^2}{2d_2m_2}\end{aligned}$$

其中, α_1 为在T1~T2时间段内移动智能设备a相对于移动智能设备b的矢量运动 m_1 与在T2时刻移动智能设备a与移动智能设备b连线的夹角, α_2 为在T2~T3时间段内移动智能设备a相对于移动智能设备b的矢量运动 m_2 与在T2时刻移动智能设备a与移动智能设备b连线的夹角;

在T2时刻, α_1 、 α_2 以及在T2~T3时间段移动智能设备a相对于移动智能设备b的矢量运动 m_2 与在T1~T2时间段内移动智能设备a相对于移动智能设备b的矢量运动 m_1 之间的夹角 θ 之和为 360° ,即 $\alpha_1 + \alpha_2 + \theta = 2\pi$,得到以下超越方程(1):

$$\arccos \frac{(k_2^2 - 1)d_1^2 + m_1^2}{2k_2d_1m_1} + \arccos \frac{(k_2^2 - k_3^2)d_1^2 + m_2^2}{2k_2d_1m_2} + \theta = 2\pi,$$

在超越方程(1)中, k_2 、 k_3 、 m_1 、 m_2 、 θ 均为已知量, $\arccos \frac{(k_2^2 - 1)d_1^2 + m_1^2}{2k_2d_1m_1}$ 和 $\arccos \frac{(k_2^2 - k_3^2)d_1^2 + m_2^2}{2k_2d_1m_2}$ 随着 d_1 的变化单调变化,采用基于二分查找算法得到 d_1 的

解；

④根据步骤③得到的 d_1 的解,计算在T1时刻移动智能设备a到移动智能设备b的连线到空间X方向的正向夹角 α ：

α 与在T1时刻移动智能设备b与x正方向夹角 α_4 的夹角之和为 180° ,即 $\alpha+\alpha_4=\pi$ ；

而所述 m_1 与在T1时刻移动智能设备a、移动智能设备b连线的夹角 α_3 、在T1时刻移动智能设备a、移动智能设备b的连线与x正方向夹角 α_4 以及所述 m_1 与x方向正方向的夹角 θ_1 的夹角之和为 360° ,即 $\alpha_3+\alpha_4+\theta_1=2\pi$ ；

由 $\alpha_3 = \arccos \frac{d_1^2 + m_1^2 - d_2^2}{2d_1 m_1}$, 可得：

$$\alpha = \alpha_3 + \theta_1 - \pi = \arccos \frac{d_1^2 + m_1^2 - k_2^2 \times d_1^2}{2d_1 m_1} + \theta_1 - \pi ;$$

⑤根据上述步骤③、④所得到的 d_1 、 α ,以及所述 m_1 、 m_2 ,得到T1、T2及T3时刻,被请求定位用户A所持移动智能设备a与请求定位用户B所持移动智能设备b之间的相对位置。

一种近距离移动智能设备间定位方法

技术领域

[0001] 本发明涉及移动情景计算和人机交互技术领域,具体为一种移动智能设备间定位方法。

背景技术

[0002] 在日常生活中,在某些特定应用场景下,如导游带领旅游团、家长带儿童在公共场所时,家长、导游需通过各自所持有的移动设备实时获取在附近的游客、儿童相对于自身的位置,类似应用需求还出现在网友首次见面、快递收发等等应用场景中。

[0003] 目前已有的设备间互相定位方法,主要采用两设备同时通过GPS获取各自位置,并将各自位置上传到某服务器,由服务器计算设备之间相对位置;然而,GPS定位方法一方面移动智能终端设备的耗电量大,另一方面在室内环境中GPS定位易受遮挡而无法提供准确位置。作为对GPS定位的补充,基于接收移动通信网络基站ID的CELL-ID定位和基于接收WiFi锚节点信号强度的WiFi-Fingerprint定位方式近年来得到研究界和工业界的极大关注,然而,Cell-ID定位精度约为200m,无法提供准确位置;而WiFi定位依赖于已知WiFi基站的部署和前期对WiFi信号强度的大量采集、训练过程。因此,目前依赖GPS、Cell-ID、Wifi等外部定位设备尚不能很好的解决移动智能设备间精确定位问题。

发明内容

[0004] 针对上述问题,本发明提供了一种近距离移动智能设备间定位方法,其能解决目前依赖GPS、Cell-ID、Wifi等外部定位设备进行移动智能设备间精确定位的问题。

[0005] 其技术方案是这样的,其特征在于:

[0006] 其至少包括两个定位用户,分别为至少一个被请求定位用户A和至少一个请求定位用户B;

[0007] 所述至少两个定位用户分别持一用于定位的移动智能设备,即所述至少一个被请求定位用户A持移动智能设备a,所述至少一个请求定位用户B持移动智能设备b;

[0008] 所述移动智能设备内置无线近距离通信模块、方向传感器和三轴加速度传感器,所述两个定位用户分别所持的用于定位的移动智能设备之间通过所述移动智能设备的无线近距离通信模块建立无线通信链路从而进行数据的传送,所述移动智能设备通过所述方向传感器、三轴加速度传感器采用记步方式记录用户移动距离和移动方向,其包括以下定位步骤:

[0009] (1)在任意T1时刻,所述两个定位用户中的请求定位用户B通过其所持的移动智能设备b向被请求定位用户A所持的移动智能设备a发出定位请求,所述被请求定位用户A的移动智能设备a接收到所述定位请求后向请求用户B的移动智能设备b发出确认请求信息,请求用户B的移动智能设备b接收到移动智能设备a发出的确认请求信息后记录所述被请求定位用户A所持移动智能设备a的接受信号强度 r_1 ;

[0010] (2)在T1~T2时间段内,被请求定位用户A和请求定位用户B中任一移动或者两

者均正常移动,移动智能设备a、移动智能设备b分别通过各自内置的方向传感器、三轴加速度传感器采用记步的方式记录移动智能设备a、移动智能设备b在在T1~T2时间段内的移动距离和方向矢量,并分别记录为 \vec{m}_1^A 和 \vec{m}_1^B ;

[0011] (3)在T2时刻,被请求定位用户A通过其所持的移动智能设备a向请求定位用户B所持的移动智能设备b发送其在T1~T2时间段的移动矢量 \vec{m}_1^A ,同时请求定位用户B所持的移动智能设备b记录在T2时刻移动智能设备a的接受信号强度 r_2 ;

[0012] (4)在T2~T3时间段内,被请求定位用户A和请求定位用户B中任一个移动或者两者均正常移动,移动智能设备a、移动智能设备b分别通过各自内置的方向传感器、三轴加速度传感器采用记步的方式记录移动智能设备a、移动智能设备b在在T2~T3时间段内的移动距离和方向矢量,并分别记录为 \vec{m}_2^A 和 \vec{m}_2^B ;

[0013] (5)在T3时刻,被请求定位用户A通过其所持的移动智能设备a向请求定位用户B所持的移动智能设备b发送其在T2~T3时间段的移动矢量 \vec{m}_2^A ,同时请求定位用户B所持的移动智能设备b记录在T3时刻移动智能设备a的接受信号强度 r_3 ;

[0014] (6)根据被请求定位用户A所持的移动智能设备a在T1、T2、T3时刻的接受信号强度 r_1 、 r_2 、 r_3 ,T1~T2时间段、T2~T3时间段内被请求定位用户A所持的移动智能设备a、请求定位用户B所持的移动智能设备b的移动距离和方向矢量 \vec{m}_1^A 、 \vec{m}_1^B 、 \vec{m}_2^A 和 \vec{m}_2^B 计算被请求定位用户A、请求定位用户B在T1、T2、T3时刻的相对位置,并将所述相对位置显示在请求定位用户B所持的移动智能设备b上。

[0015] 其进一步特征在于:

[0016] 所述步骤(6)的计算过程为:

[0017] ①根据被请求定位用户A、请求定位用户B各自的独立运动矢量,计算移动智能设备a、移动智能设备b的相对运动矢量:

$$\vec{m}_i = \vec{m}_i^A - \vec{m}_i^B$$

,where,

[0018]
$$\vec{m}_i.x = \vec{m}_i^A.x - \vec{m}_i^B.x;$$

$$\vec{m}_i.y = \vec{m}_i^A.y - \vec{m}_i^B.y$$

[0019] ②根据被请求定位用户A所持的移动智能设备a在T1、T2、T3时刻的接受信号强度 r_1 、 r_2 、 r_3 ,计算在T1、T2、T3时刻被请求定位用户A所持移动智能设备a、请求定位用户B所持移动智能设备b之间的相对距离 d_1 、 d_2 、 d_3 之间的关系:

[0020] 根据信号自由空间传播公式,可得:

[0021]
$$\frac{d_i}{d_j} = 10^{\frac{r_j - r_i}{10n}}, \forall i, j \in \{T_1, T_2, T_3\}$$

[0022] 其中n为自由空间信息传播衰减常量,n取2~4,自定义变量 k_2 、 k_3 ,设

[0023] $k_i = 10^{\frac{r_1 - r_i}{10n}}, \forall i \in \{T_2, T_3\},$

[0024] 则 d_1, d_2, d_3 之间的关系表示为:

[0025] $d_2 = k_2 \times d_1$
 $d_3 = k_3 \times d_1;$

[0026] ③计算被请求定位用户A所持移动智能设备a、请求定位用户B所持移动设备b在T1时刻的相对位置距离 d_1 :

[0027] 根据反三角函数和余弦定理,得到

[0028] $\cos \alpha_1 = \frac{d_2^2 + m_1^2 - d_1^2}{2d_2 m_1}$
 $\cos \alpha_2 = \frac{d_3^2 + m_2^2 - d_1^2}{2d_3 m_2}$

[0029] $\alpha_1 = \arccos \frac{d_2^2 + m_1^2 - d_1^2}{2d_2 m_1}$
 $\alpha_2 = \arccos \frac{d_3^2 + m_2^2 - d_1^2}{2d_3 m_2}$

[0030] 其中, α_1 为在T1~T2时间段内移动智能设备a相对于移动智能设备b的矢量运动 m_1 与在T2时刻移动智能设备a与移动智能设备b连线的夹角, α_2 为在T2~T3时间段内移动智能设备a相对于移动智能设备b的矢量运动 m_2 与在T2时刻移动智能设备a与移动智能设备b连线的夹角;

[0031] 在T2时刻, α_1, α_2 以及在T2~T3时间段移动智能设备a相对于移动智能设备b的矢量运动 m_2 与在T1~T2时间段内移动智能设备a相对于移动智能设备b的矢量运动 m_1 之间的夹角 θ 之和为 360° ,即 $\alpha_1 + \alpha_2 + \theta = 2\pi$,得到以下超越方程(1):

[0032] $\arccos \frac{(k_2^2 - 1)d_1^2 + m_1^2}{2k_2 d_1 m_1} + \arccos \frac{(k_2^2 - k_3^2)d_1^2 + m_2^2}{2k_2 d_1 m_2} + \theta = 2\pi,$

[0033] 在超越方程(1)中, $k_2, k_3, m_1, m_2, \theta$ 均为已知量, $\arccos \frac{(k_2^2 - 1)d_1^2 + m_1^2}{2k_2 d_1 m_1}$ 和

$\arccos \frac{(k_2^2 - k_3^2)d_1^2 + m_2^2}{2k_2 d_1 m_2}$ 随着 d_1 的变化单调变化,采用基于二分查找算法得到 d_1 的

解;

[0034] ④根据步骤③得到的 d_1 的解,计算在T1时刻移动智能设备a到移动智能设备b的连线到空间X方向的正向夹角 α :

[0035] α 与在T1时刻移动智能设备b与x正方向夹角 α_4 和夹角各为 180° ,即 $\alpha + \alpha_4 = \pi$;

[0036] 而所述 m_1 与在T1时刻移动智能设备a、移动智能设备b连线的夹角 α_3 、在T1时刻移动智能设备a、移动智能设备b的连线与x正方向夹角 α_4 以及所述 m_1 与x方向正方向的夹角 θ_1 的夹角之和为 360° ,即 $\alpha_3 + \alpha_4 + \theta_1 = 2\pi$;

[0037] 由 $\alpha_3 = \arccos \frac{d_1^2 + m_1^2 - d_2^2}{2d_1 m_1}$,可得:

[0038] $\alpha = \alpha_3 + \theta_1 - \pi = \arccos \frac{d_1^2 + m_1^2 - k_2^2 \times d_1^2}{2d_1 m_1} + \theta_1 - \pi;$

[0039] ⑤根据上述步骤③、④所得到的 d_1 、 α ，以及所述 m_1 、 m_2 ，得到 T_1 、 T_2 及 T_3 时刻，被请求定位用户A所持移动智能设备a与请求定位用户B所持移动智能设备b之间的相对位置。

[0040] 本发明方法的有益效果在于：其通过定位用户所持的移动智能设备自带的惯性传感器来记录移动智能设备的移动方向和移动距离，并能过定位用户所持的移动智能设备间无线近距离接受信号强度变化来得到移动前后移动智能设备间距离变化，从而来计算得到移动前后移动智能设备的初始位置，既而达到定位的目的；其定位不需要借助外部定位设备，也不易受到建筑物阻挡，定位准确度高。

附图说明

[0041] 图1为本发明一种近距离移动智能设备间定位方法的定位示意图；

[0042] 图2为本发明定位方法中计算移动智能设备a、移动智能设备b的相对运动矢量的示意图；

[0043] 图3为本发明定位方法中计算移动智能设备a、移动智能设备b的相对位置的示意图；

[0044] 图4为本发明定位方法中计算移动智能设备a、移动智能设备b的相对位置时，计算被请求定位用户A所持移动智能设备a、请求定位用户B所持移动设备b在 T_1 时刻的相对位置距离 d_1 的示意图；

[0045] 图5为本发明方法中计算在 T_1 时刻移动智能设备a到移动智能设备b的连线到空间X方向的正向夹角 α 的示意图。

具体实施方式

[0046] 下面结合附图，具体描述一下本发明方法的实施过程：

[0047] 见图1，被请求定位用户A持移动智能设备a，请求定位用户B持移动智能设备b，移动智能设备a、移动智能设备b均内置无线近距离通信模块、方向传感器和三轴加速度传感器，移动智能设备a、移动智能设备b之间通过各自内置的无线近距离通信模块建立无线通信链路从而进行数据的传送，移动智能设备通过方向传感器、三轴加速度传感器采用记步方式记录用户移动距离和移动方向，其包括以下定位步骤：

[0048] (1)在任意 T_1 时刻，请求定位用户B通过其所持的移动智能设备b向被请求定位用户A所持的移动智能设备a发出定位请求，被请求定位用户A的移动智能设备a接收到定位请求后向请求用户B的移动智能设备b发出确认请求信息，请求用户B的移动智能设备b接收到移动智能设备a发出的确认请求信息后记录所述被请求定位用户A所持移动智能设备a的接受信号强度 r_1 ；

[0049] (2)在 $T_1 \sim T_2$ 时间段内，被请求定位用户A和请求定位用户B均正常移动，移动智能设备a、移动智能设备b分别通过各自内置的方向传感器、三轴加速度传感器采用记步的方式记录移动智能设备a、移动智能设备b在在 $T_1 \sim T_2$ 时间段内的移动距离和方向矢量，并分别记录为 \vec{m}_1^A 和 \vec{m}_1^B ；

[0050] (3)在 T_2 时刻，被请求定位用户A通过其所持的移动智能设备a向请求定位用户B所持的移动智能设备b发送其在 $T_1 \sim T_2$ 时间段的移动矢量 \vec{m}_1^A ，同时请求定位用户B所持的移

动智能设备b记录在T2时刻移动智能设备a的接受信号强度 r_2 ;

[0051] (4)在T2~T3时间段内,被请求定位用户A和请求定位用户B中任一个移动或者两者均正常移动,移动智能设备a、移动智能设备b分别通过各自内置的方向传感器、三轴加速度传感器采用记步的方式记录移动智能设备a、移动智能设备b在在T2~T3时间段内的移动距离和方向矢量,并分别记录为 \vec{m}_2^A 和 \vec{m}_2^B ;

[0052] (5)在T3时刻,被请求定位用户A通过其所持的移动智能设备a向请求定位用户B所持的移动智能设备发送其在T2~T3时间段的移动矢量 \vec{m}_2^A ,同时请求定位用户B所持的移动智能设备b记录在T3时刻移动智能设备a的接受信号强度 r_3 ;

[0053] (6)根据被请求定位用户A所持的移动智能设备a在T1、T2、T3时刻的接受信号强度 r_1 、 r_2 、 r_3 ,T1~T2时间段、T2~T3时间段内被请求定位用户A所持的移动智能设备a、请求定位用户B所持的移动智能设备b的移动距离和方向矢量 \vec{m}_1^A 、 \vec{m}_1^B 、 \vec{m}_2^A 和 \vec{m}_2^B 计算被请求定位用户A、请求定位用户B在T1、T2、T3时刻的相对位置,见图3,并将相对位置显示在请求定位用户B所持的移动智能设备b上。

[0054] 步骤(6)的计算过程为:

[0055] ①根据被请求定位用户A、请求定位用户B各自的独立运动矢量,计算移动智能设备a、移动智能设备b的相对运动矢量,见图2:

$$\vec{m}_i = \vec{m}_i^A - \vec{m}_i^B$$

,where,

[0056]

$$\vec{m}_i.x = \vec{m}_i^A.x - \vec{m}_i^B.x;$$

$$\vec{m}_i.y = \vec{m}_i^A.y - \vec{m}_i^B.y$$

[0057] ②根据被请求定位用户A所持的移动智能设备a在T1、T2、T3时刻的接受信号强度 r_1 、 r_2 、 r_3 ,计算在T1、T2、T3时刻被请求定位用户A所持移动智能设备a、请求定位用户B所持移动智能设备b之间的相对距离 d_1 、 d_2 、 d_3 之间的关系:

[0058] 根据信号自由空间传播公式,可得:

[0059]

$$\frac{d_i}{d_j} = 10^{\frac{r_j - r_i}{10n}}, \forall i, j \in \{T_1, T_2, T_3\}$$

[0060] 其中n为自由空间信息传播衰减常量,本实施例中n取2,自定义变量 k_2 、 k_3 ,设

[0061]

$$k_i = 10^{\frac{r_1 - r_i}{10n}}, \forall i \in \{T_2, T_3\},$$

[0062] 则 d_1 、 d_2 、 d_3 之间的关系表示为:

[0063]

$$\begin{aligned} d_2 &= k_2 \times d_1 \\ d_3 &= k_3 \times d_1 \end{aligned}$$

[0064] ③计算被请求定位用户A所持移动智能设备a、请求定位用户B所持移动设备b在T1时刻的相对位置距离 d_1 ,见图3、图4:

[0065] 根据反三角函数和余弦定理,得到

$$[0066] \quad \begin{aligned} \cos \alpha_1 &= \frac{d_2^2 + m_1^2 - d_1^2}{2d_2m_1} \\ \cos \alpha_2 &= \frac{d_2^2 + m_2^2 - d_3^2}{2d_2m_2} \end{aligned}$$

$$[0067] \quad \begin{aligned} \alpha_1 &= \arccos \frac{d_2^2 + m_1^2 - d_1^2}{2d_2m_1} \\ \alpha_2 &= \arccos \frac{d_2^2 + m_2^2 - d_3^2}{2d_2m_2} \end{aligned}$$

[0068] 其中, α_1 为在 T1~T2 时间段内移动智能设备 a 相对于移动智能设备 b 的矢量运动 m_1 与在 T2 时刻移动智能设备 a 与移动智能设备 b 连线的夹角, α_2 为在 T2~T3 时间段内移动智能设备 a 相对于移动智能设备 b 的矢量运动 m_2 与在 T2 时刻移动智能设备 a 与移动智能设备 b 连线的夹角;

[0069] 在 T2 时刻, α_1 、 α_2 以及在 T2~T3 时间段移动智能设备 a 相对于移动智能设备 b 的矢量运动 m_2 与在 T1~T2 时间段内移动智能设备 a 相对于移动智能设备 b 的矢量运动 m_1 之间的夹角 θ 的之和为 360° , 即 $\alpha_1 + \alpha_2 + \theta = 2\pi$, 得到以下超越方程(1):

$$[0070] \quad \arccos \frac{(k_2^2 - 1)d_1^2 + m_1^2}{2k_2d_1m_1} + \arccos \frac{(k_2^2 - k_3^2)d_1^2 + m_2^2}{2k_2d_1m_2} + \theta = 2\pi,$$

[0071] 在超越方程(1)中, k_2 、 k_3 、 m_1 、 m_2 、 θ 均为已知量, $\arccos \frac{(k_2^2 - 1)d_1^2 + m_1^2}{2k_2d_1m_1}$ 和

$\arccos \frac{(k_2^2 - k_3^2)d_1^2 + m_2^2}{2k_2d_1m_2}$ 随着 d_1 的变化单调变化, 采用基于二分查找算法得到 d_1 的

解;

[0072] ④根据步骤③得到的 d_1 的解, 计算在 T1 时刻移动智能设备 a 到移动智能设备 b 的连线到空间 X 方向的正向夹角 α , 见图 5:

[0073] α 与在 T1 时刻移动智能设备 b 与 X 正方向夹角 α_4 和夹角各为 180° , 即 $\alpha + \alpha_4 = \pi$;

[0074] 而 m_1 与在 T1 时刻移动智能设备 a、移动智能设备 b 连线的夹角 α_3 、在 T1 时刻移动智能设备 a、移动智能设备 b 的连线与 X 正方向夹角 α_4 以及 m_1 与 X 方向正方向的夹角 θ_1 的夹角之和为 360° , 即 $\alpha_3 + \alpha_4 + \theta_1 = 2\pi$;

[0075] 由 $\alpha_3 = \arccos \frac{d_1^2 + m_1^2 - d_2^2}{2d_1m_1}$, 可得:

$$[0076] \quad \alpha = \alpha_3 + \theta_1 - \pi = \arccos \frac{d_1^2 + m_1^2 - k_2^2 \times d_1^2}{2d_1m_1} + \theta_1 - \pi;$$

[0077] ⑤根据上述步骤③、④所得到的 d_1 、 α , 以及所述 m_1 、 m_2 , 得到 T1、T2 及 T3 时刻, 被请求定位用户 A 所持移动智能设备 a 与请求定位用户 B 所持移动智能设备 b 之间的相对位置。

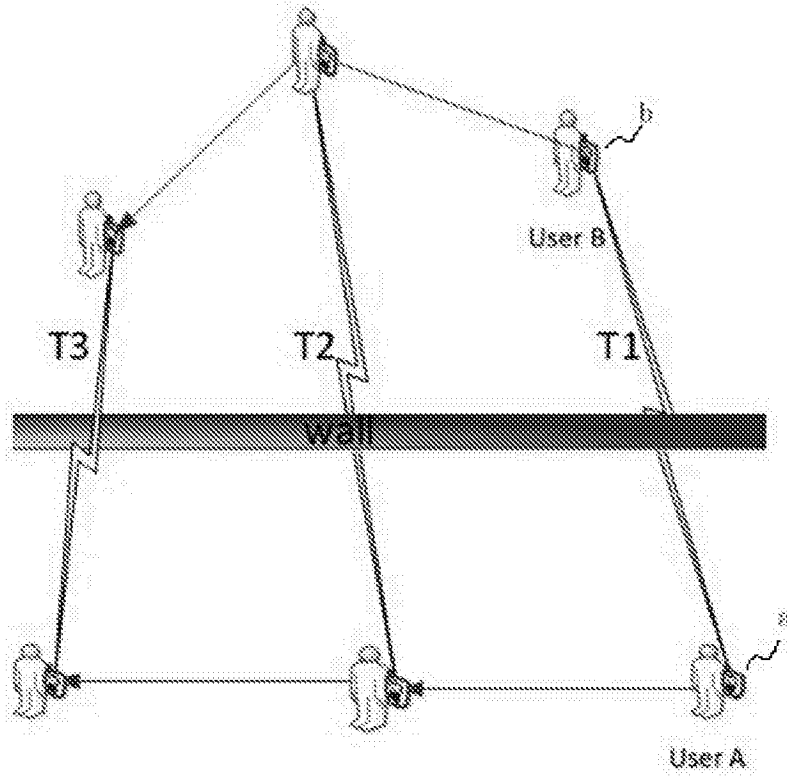


图1

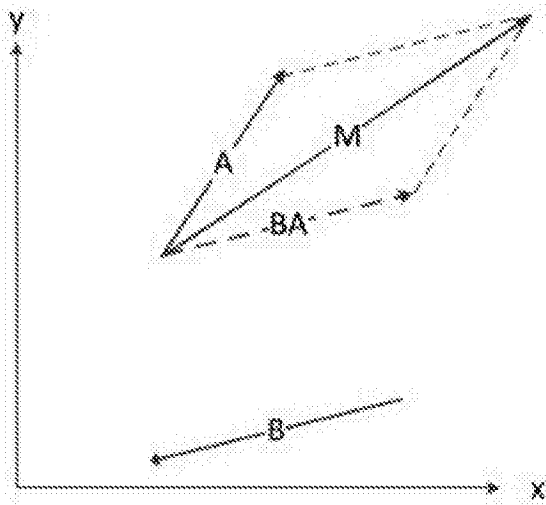


图2

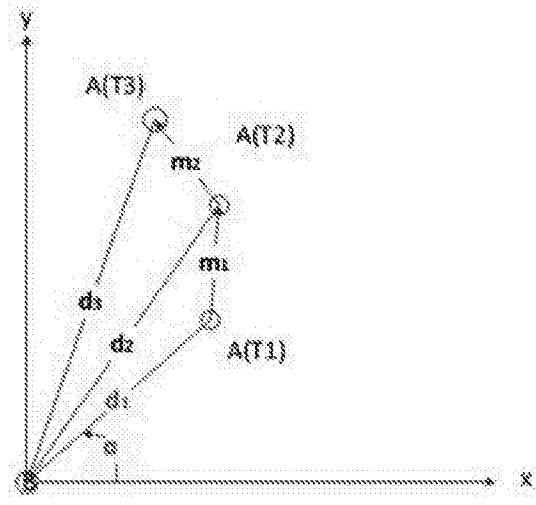


图3

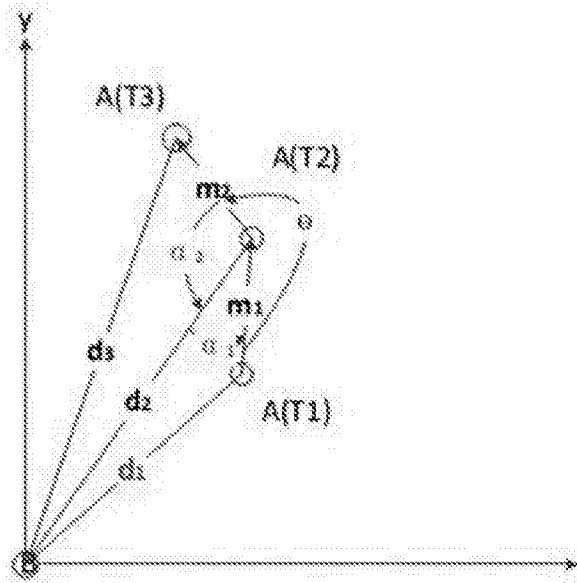


图4

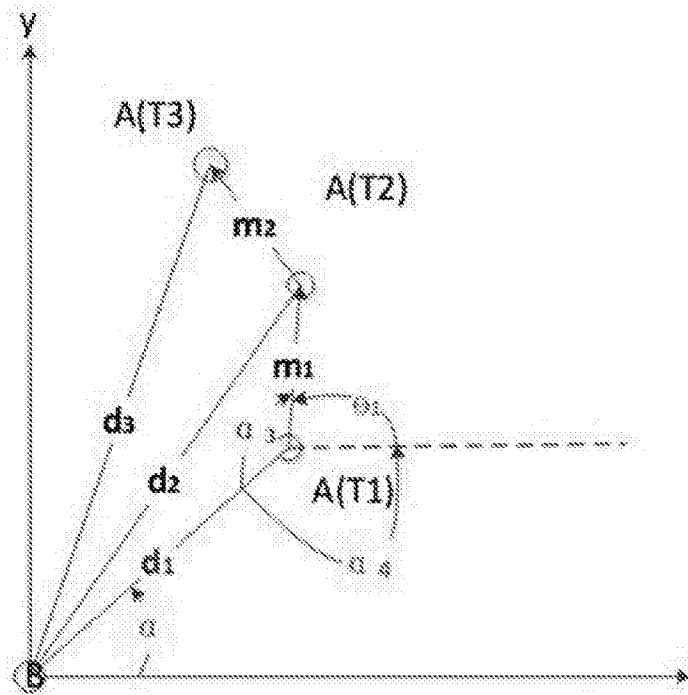


图5