



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 110083277 B

(45) 授权公告日 2023. 08. 25

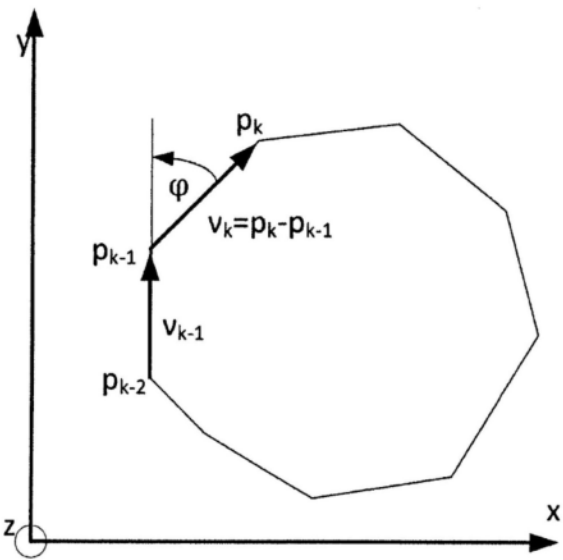
(21) 申请号 201910142521.3  
(22) 申请日 2014.10.02  
(65) 同一申请的已公布的文献号  
    申请公布号 CN 110083277 A  
(43) 申请公布日 2019.08.02  
(30) 优先权数据  
    61/886,904 2013.10.04 US  
    14/503,883 2014.10.01 US  
(62) 分案原申请数据  
    201480050934.4 2014.10.02  
(73) 专利权人 密克罗奇普技术公司  
    地址 美国亚利桑那州  
(72) 发明人 阿克塞尔·海姆

(74) 专利代理机构 北京律盟知识产权代理有限公司 11287  
    专利代理师 王艳娇  
(51) Int.Cl.  
    G06F 3/044 (2006.01)  
(56) 对比文件  
    US 2011205175 A1,2011.08.25  
    CN 101807113 A,2010.08.18  
    CN 102566896 A,2012.07.11  
    JP S61141025 A,1986.06.28  
    US 6626759 B1,2003.09.30  
    US 2012158174 A1,2012.06.21  
    US 2012092284 A1,2012.04.19  
    US 2012212622 A1,2012.08.23  
    审查员 胡嫵

权利要求书3页 说明书8页 附图4页

(54) 发明名称  
    用于传感器系统的连续圆形姿势检测

(57) 摘要  
    本发明涉及用于传感器系统的连续圆形姿势检测。本发明揭示一种用于检测连续圆形姿势的方法及装置,其包括:由物体检测单元接收代表物体移动的向量;从所接收序列速度向量确定速度向量序列或其近似值;估计后续速度向量之间的角度;及确定旋转方向。



1. 一种用于在二维触摸定位系统中检测连续圆形姿势的方法,其包括由物体检测单元来接收代表物体移动的向量序列,其中所述所接收的向量序列包括电极*i*在时间*k*处的测量值 $m_k^{(i)}$ ;

从所述所接收的向量序列确定速度向量序列或其近似值;

估计后续速度向量之间的角度;及

确定旋转方向,其中所述旋转方向由所估计角度的正负号确定。

2. 根据权利要求1所述的方法,其中所述所接收的向量序列为在后续离散时间实例*n*处物体移动的 $(x_n, y_n)$ 位置向量。

3. 根据权利要求2所述的方法,其中速度向量是作为后续位置向量的差来计算。

4. 根据权利要求1所述的方法,其中通过 $\varphi = \arccos(\bar{\mathbf{v}}_{new}^T \cdot \bar{\mathbf{v}}_{old}) \cdot S$ 确定两个后续速度向量 $\mathbf{v}_{new} = \begin{bmatrix} v_{new,x} \\ v_{new,y} \end{bmatrix}$ 与 $\mathbf{v}_{old} = \begin{bmatrix} v_{old,x} \\ v_{old,y} \end{bmatrix}$ 之间的所述角度,其中 $S \in \{\pm 1\}$ 为所述旋转方向,*T*指示向量转置,且线条指示向量的正规化。

5. 根据权利要求4所述的方法,其中 $S := \text{sign}(\bar{v}_{new,x}\bar{v}_{old,y} - \bar{v}_{new,y}\bar{v}_{old,x})$ 。

6. 根据权利要求1所述的方法,其中通过 $\varphi \approx \|\bar{\mathbf{v}}_{new} - \bar{\mathbf{v}}_{old}\| \cdot S$ 近似确定两个后续速度向量 $\mathbf{v}_{new}$ 与 $\mathbf{v}_{old}$ 之间的所述角度 $\varphi$ ,其中 $S \in \{\pm 1\}$ 为所述旋转方向。

7. 根据权利要求6所述的方法,其中 $S := \text{sign}(\bar{v}_{new,x}\bar{v}_{old,y} - \bar{v}_{new,y}\bar{v}_{old,x})$ 。

8. 根据权利要求1所述的方法,其中通过 $\varphi \approx \sin \varphi = \bar{v}_{new,x}\bar{v}_{old,y} - \bar{v}_{new,y}\bar{v}_{old,x}$ 近似确定两个后续速度向量 $\mathbf{v}_{new}$ 与 $\mathbf{v}_{old}$ 之间的所述角度 $\varphi$ 。

9. 根据权利要求1所述的方法,其中速度向量 $\mathbf{v}_{new} = \mathbf{v}_k$ 且 $\mathbf{v}_{old} = \mathbf{v}_{k-1}$ 。

10. 根据权利要求1所述的方法,其中通过相同值 $\|\mathbf{v}_{new}\|$ 或 $\|\mathbf{v}_{old}\|$ 正规化两个向量的序列中的每一速度向量 $\mathbf{v}_{new}$ 及 $\mathbf{v}_{old}$ 。

11. 根据权利要求1所述的方法,其中通过对后续速度向量对之间的所述角度或这些角度的近似值求积分来实现圆形计数器。

12. 根据权利要求11所述的方法,其中仅当 $\|\mathbf{v}_k\|$ 超过预定阈值时更新所述圆形计数器。

13. 根据权利要求11所述的方法,其中对所述所接收的向量序列及/或所述速度向量及/或所述圆形计数器进行低通滤波。

14. 根据权利要求1所述的方法,其中所述二维触摸定位系统为跟踪垫或触摸屏。

15. 根据权利要求14所述的方法,其中所述二维触摸定位系统为电容式近场传感器系统。

16. 根据权利要求15所述的方法,其中所述电容式近场传感器系统包括使用矩形脉冲序列信号激发的一或多个发射电极,及与所述一或多个发射电极电容性地耦合的多个接收电极。

17. 一种人机接口,其包括:

二维触摸定位传感器装置,其产生代表通过姿势检测系统跟踪的物体移动的向量序列,其中所述向量序列包括电极*i*在时间*k*处的测量值 $m_k^{(i)}$ ;

处理单元,其经配置以

接收所述向量序列;

从所述所接收的向量序列确定速度向量序列或其近似值;

估计后续速度向量之间的角度;且

确定旋转方向,其中所述旋转方向由所估计角度的正负号确定;

其中所述处理单元进一步实施圆形计数器,且通过将具有正负号的所估计角度相加来更新所述圆形计数器的值,其中所述所估计角度的正负号取决于所述旋转方向。

18. 根据权利要求17所述的人机接口,其中所述所接收的向量序列为在后续离散时间实例 $n$ 处物体移动的 $(x_n, y_n)$ 位置向量。

19. 根据权利要求18所述的人机接口,其中速度向量是作为后续位置向量的差来计算。

20. 根据权利要求19所述的人机接口,其中通过 $\varphi = \arccos(\bar{\mathbf{v}}_{new}^T \cdot \bar{\mathbf{v}}_{old}) \cdot S$ 确定两个后续速度向量 $\mathbf{v}_{new} = \begin{bmatrix} v_{new,x} \\ v_{new,y} \end{bmatrix}$ 与 $\mathbf{v}_{old} = \begin{bmatrix} v_{old,x} \\ v_{old,y} \end{bmatrix}$ 之间的所述角度,其中 $S \in \{\pm 1\}$ 为所述旋转方向, $T$ 指示向量转置,且线条指示向量的正规化。

21. 根据权利要求20所述的人机接口,其中 $S := \text{sign}(\bar{v}_{new,x}\bar{v}_{old,y} - \bar{v}_{new,y}\bar{v}_{old,x})$ 。

22. 根据权利要求17所述的人机接口,其中通过 $\varphi \approx \|\bar{\mathbf{v}}_{new} - \bar{\mathbf{v}}_{old}\| \cdot S$ 近似确定两个后续速度向量 $\mathbf{v}_{new}$ 与 $\mathbf{v}_{old}$ 之间的所述角度 $\varphi$ ,其中 $S \in \{\pm 1\}$ 为所述旋转方向。

23. 根据权利要求22所述的人机接口,其中 $S := \text{sign}(\bar{v}_{new,x}\bar{v}_{old,y} - \bar{v}_{new,y}\bar{v}_{old,x})$ 。

24. 根据权利要求17所述的人机接口,其中通过 $\varphi \approx \sin \varphi = \bar{v}_{new,x}\bar{v}_{old,y} - \bar{v}_{new,y}\bar{v}_{old,x}$ 近似确定两个后续速度向量 $\mathbf{v}_{new}$ 与 $\mathbf{v}_{old}$ 之间的所述角度 $\varphi$ 。

25. 根据权利要求17所述的人机接口,其中速度向量 $\mathbf{v}_{new} = \mathbf{v}_k$ 且 $\mathbf{v}_{old} = \mathbf{v}_{k-1}$ 。

26. 根据权利要求17所述的人机接口,其中通过相同值 $\|\mathbf{v}_{new}\|$ 或 $\|\mathbf{v}_{old}\|$ 正规化两个向量的序列中的每一速度向量 $\mathbf{v}_{new}$ 及 $\mathbf{v}_{old}$ 。

27. 根据权利要求17所述的人机接口,其中通过对后续速度向量对之间的所述角度或这些角度的近似值求积分来实现圆形计数器。

28. 根据权利要求27所述的人机接口,其中仅当 $\|\mathbf{v}_k\|$ 超过预定阈值时更新所述圆形计数器。

29. 根据权利要求27所述的人机接口,其进一步包括经配置以对所述所接收的向量序列进行滤波的第一低通滤波器及/或经配置以对所述速度向量进行滤波的第二低通滤波器及/或经配置以对所述圆形计数器进行滤波的第三低通滤波器。

30. 根据权利要求17所述的人机接口,其中所述二维触摸定位传感器装置为跟踪垫或触摸屏。

31. 根据权利要求30所述的人机接口,其中所述二维触摸定位传感器装置为电容式近场传感器系统。

32. 根据权利要求31所述的人机接口,其中所述电容式近场传感器系统包括使用矩形脉冲序列信号激发的一或多个发射电极,及与所述一或多个发射电极电容性地耦合的多个接收电极。

33. 一种电子装置,其包括根据权利要求17所述的人机接口,其中所述圆形计数器用于

音量控制、调光器、速度控制、空气调节温度或机械移动功能。

34. 根据权利要求33所述的电子装置,其中所述圆形计数器驱动LED条。

## 用于传感器系统的连续圆形姿势检测

[0001] 本申请是申请日为2014年10月02日,申请号为“201480050934.4”,而发明名称为“用于传感器系统的连续圆形姿势检测”的申请的分案申请。

[0002] 相关申请案的交叉参考

[0003] 本申请案主张2013年10月4日申请的第61/886,904号美国临时申请案的权益,所述临时申请案的全部内容以引用的方式并入本文中。

### 技术领域

[0004] 本发明涉及一种用于人机接口的方法及装置,特定来说,涉及一种用于传感器系统的连续圆形姿势检测方法。

### 背景技术

[0005] 用于多级控制(例如,消费型电子产品中的音量控制或屏幕/光亮度控制)的已知系统使用圆形触摸垫或电容性线性滑块(时常安装于笔记本电脑中的键盘上方),或其使用当手指在专用滑块区域中(例如,在触摸垫的右边界上)移动时来自通用笔记本电脑触摸垫的触摸信息。

[0006] 这些传感器提供关于指尖的绝对位置信息及因此指尖在圆形触摸垫上的角度或在滑块上的位置—可以直截了当的方式被直接地或差分地映射到控制等级的信息。

[0007] 尤其对于圆形触摸垫,重要的是,指尖位置及触摸垫的几何中心与参考位置(例如,在垫的边缘上)建立角度,且可评估此角度。

[0008] 当提到不具有固定参考位置的圆形姿势的辨识时,确定圆形移动中的角度不再直截了当。举例来说,对于具有使用近场电容传感器系统的2D/3D自由姿势或具有如视频或红外相机系统的中场/远场传感器系统的通用非圆形触摸垫来说,情况就是如此。

[0009] 应考虑到,圆形移动可为顺时针或逆时针的,且其将不限于具有固定开始位置或停止位置。每当在圆形移动期间,对于实时应用,我们仅可评估直到目前所获取的数据,即,仅部分姿势型式。在不知所绘圆形的中心的情况下,在移动开始时,检测单元无法断定圆形的方向:举例来说,左到右移动出现在顺时针圆形的顶部中但也出现在逆时针圆形的底部中。

### 发明内容

[0010] 根据实施例,一种用于检测连续圆形姿势的方法可包括以下步骤:通过物体检测单元接收代表物体移动的向量序列;从所述所接收向量序列确定速度向量序列或其近似值;估计后续速度向量之间的角度;及确定旋转方向。

[0011] 根据进一步实施例,所述所接收向量序列可为物体移动的 $(x_n, y_n)$ 位置向量。根据进一步实施例,速度向量可经计算为后续位置向量的差。根据进一步实施例,所述所接收向量序列可包括电极*i*在时间*k*处的测量值 $m_k^{(i)}$ 。根据进一步实施例,可提供四个测量电极且所述速度向量 $v_k$ 通过下式确定

$$[0012] \quad \mathbf{v}_k \approx \begin{bmatrix} (m_k^{(4)} - m_{k-1}^{(4)}) - (m_k^{(2)} - m_{k-1}^{(2)}) \\ (m_k^{(3)} - m_{k-1}^{(3)}) - (m_k^{(1)} - m_{k-1}^{(1)}) \end{bmatrix}.$$

[0013] 根据进一步实施例,两个后续速度向量  $\mathbf{v}_{new} = \begin{bmatrix} v_{new,x} \\ v_{new,y} \end{bmatrix}$  与  $\mathbf{v}_{old} = \begin{bmatrix} v_{old,x} \\ v_{old,y} \end{bmatrix}$  之间的角度可通过  $\varphi = \arccos(\bar{\mathbf{v}}_{new}^T \cdot \bar{\mathbf{v}}_{old}) \cdot S$  确定,其中  $S \in \{\pm 1\}$  为所述旋转方向,T指示向量转置,线条指示向量的正规化,即,

$$[0014] \quad \bar{\mathbf{v}} = \begin{bmatrix} \bar{v}_x \\ \bar{v}_y \end{bmatrix} := \frac{\mathbf{v}}{\|\mathbf{v}\|} = \begin{bmatrix} v_x \\ v_y \end{bmatrix} \cdot \frac{1}{\sqrt{v_x^2 + v_y^2}},$$

[0015] 且  $\|\cdot\|$  表示向量长度。根据进一步实施例,  $S := \text{sign}(\bar{v}_{new,x}\bar{v}_{old,y} - \bar{v}_{new,y}\bar{v}_{old,x})$ 。根据进一步实施例,两个后续速度向量  $\mathbf{v}_{new}$  与  $\mathbf{v}_{old}$  之间的角度可通过  $\varphi \approx \|\bar{\mathbf{v}}_{new} - \bar{\mathbf{v}}_{old}\| \cdot S$  近似确定,其中  $S \in \{\pm 1\}$  为所述旋转方向。根据进一步实施例,两个后续速度向量  $\mathbf{v}_{new}$  与  $\mathbf{v}_{old}$  之间的角度  $\varphi$  可通过  $\varphi \approx \sin \varphi = \bar{v}_{new,x}\bar{v}_{old,y} - \bar{v}_{new,y}\bar{v}_{old,x}$  近似确定。根据进一步实施例,速度向量是连续的,使得  $\mathbf{v}_{new} = \mathbf{v}_k$  且  $\mathbf{v}_{old} = \mathbf{v}_{k-1}$ 。根据进一步实施例,在两个向量的序列中的每一速度向量  $\mathbf{v}_{new}$  及  $\mathbf{v}_{old}$  可通过相同值  $\|\mathbf{v}_{new}\|$  或  $\|\mathbf{v}_{old}\|$  正规化。根据进一步实施例,圆形计数器可通过对后续速度向量对之间的所述角度求积分而实现。根据进一步实施例,仅当  $\|\mathbf{v}_k\|$  超过预定阈值时才可更新所述圆形计数器。根据进一步实施例,所述位置向量及/或所述速度向量及/或所述圆形计数器可经低通滤波。根据进一步实施例,所述传感器系统可为二维触摸定位系统、近场传感器系统或中场/远场传感器系统。根据进一步实施例,所述近场传感器系统可为基于准静态电场测量的电容性非触摸式传感器系统。根据进一步实施例,所述近场电容性传感器系统可包括使用矩形脉冲序列信号激发的一或多个发射电极,及与所述一或多个发射电极电容性地耦合的多个接收电极。

[0016] 根据另一实施例,一种人机接口可包括:接口,其产生代表由姿势检测系统跟踪的物体移动的向量序列;处理单元,其经配置以从所述所接收向量确定速度向量序列或其近似值,以估计后续速度向量之间的角度;且确定旋转方向;其中所述处理单元进一步实施圆形计数器,且通过将所述所估计角度相加来更新所述圆形计数器的值,其中所述所估计角度的正负号取决于所述旋转方向。

[0017] 根据所述人机接口的进一步实施例,所述向量序列可为物体移动的  $(x_n, y_n)$  位置向量。根据所述人机接口的进一步实施例,速度向量可经计算为后续位置向量的差。根据所述人机接口的进一步实施例,所述所接收向量序列可包括电极  $i$  在时刻  $k$  处的测量值  $m_k^{(i)}$ 。根据所述人机接口的进一步实施例,可提供四个测量电极,且所述速度向量  $\mathbf{v}_k$  通过下式确定

$$[0018] \quad \mathbf{v}_k \approx \begin{bmatrix} (m_k^{(4)} - m_{k-1}^{(4)}) - (m_k^{(2)} - m_{k-1}^{(2)}) \\ (m_k^{(3)} - m_{k-1}^{(3)}) - (m_k^{(1)} - m_{k-1}^{(1)}) \end{bmatrix}.$$

[0019] 根据所述人机接口的进一步实施例,两个后续速度向量  $\mathbf{v}_{new} = \begin{bmatrix} v_{new,x} \\ v_{new,y} \end{bmatrix}$  与

$\mathbf{v}_{old} = \begin{bmatrix} v_{old,x} \\ v_{old,y} \end{bmatrix}$  之间的所述角度可通过  $\varphi = \arccos(\bar{\mathbf{v}}_{new}^T \cdot \bar{\mathbf{v}}_{old}) \cdot S$  确定, 其中  $s \in \{\pm 1\}$  为所述旋转方向, T 指示所述向量转置, 且线条指示向量的正规化。根据所述人机接口的进一步实施例, 两个后续速度向量  $\mathbf{v}_{new}$  与  $\mathbf{v}_{old}$  之间的所述角度  $\varphi$  可通过  $\varphi \approx \|\bar{\mathbf{v}}_{new} - \bar{\mathbf{v}}_{old}\| \cdot S$  近似确定, 其中  $S \in \{\pm 1\}$  为所述旋转方向。根据所述人机接口的进一步实施例,

$S := \text{sign}(\bar{v}_{new,x} \bar{v}_{old,y} - \bar{v}_{new,y} \bar{v}_{old,x})$ 。根据所述人机接口的进一步实施例, 两个后续速度向量  $\mathbf{v}_{new}$  与  $\mathbf{v}_{old}$  之间的所述角度可通过  $\varphi \approx \sin \varphi = \bar{v}_{new,x} \bar{v}_{old,y} - \bar{v}_{new,y} \bar{v}_{old,x}$  近似确定。根据所述人机接口的进一步实施例, 速度向量为连续的, 使得  $\mathbf{v}_{new} = \mathbf{v}_k$  且  $\mathbf{v}_{old} = \mathbf{v}_{k-1}$ 。根据所述人机接口的进一步实施例, 在两个向量的序列中的每一速度向量  $\mathbf{v}_{new}$  及  $\mathbf{v}_{old}$  可通过相同值  $\|\mathbf{v}_{new}\|$  或  $\|\mathbf{v}_{old}\|$  正规化。根据所述人机接口的进一步实施例, 圆形计数器可通过对后续速度向量对之间的所述角度求积分而实现。根据所述人机接口的进一步实施例, 仅当  $\|\mathbf{v}_k\|$  超过预定阈值时才可更新所述圆形计数器。根据所述人机接口的进一步实施例, 所述人机接口可进一步包括经配置以对所述位置向量进行滤波的第一低通滤波器及/或经配置以对所述速度向量进行滤波的第二低通滤波器及/或经配置以对所述圆形计数器进行滤波的第三低通滤波器。根据所述人机接口的进一步实施例, 所述接口可包括二维触摸定位系统、近场传感器系统或中场/远场传感器系统。根据所述人机接口的进一步实施例, 所述近场传感器系统可为基于准静态电场测量的电容性非触摸式传感器系统。根据所述人机接口的进一步实施例, 所述近场电容性传感器系统可包括使用矩形脉冲序列信号激发的一或多个发射电极及与所述一或多个发射电极电容性地耦合的多个接收电极。

[0020] 根据又一实施例, 一种电子装置可包括如上文描述的人机接口, 其中所述圆形计数器用于音量控制、调光器、速度控制、空气调节温度或机械移动功能。

[0021] 根据所述电子装置的进一步实施例, 所述圆形计数器驱动LED条。

## 附图说明

[0022] 图1展示在离散时间实例  $n = k, k-1, k-2, \dots$  取样的2D圆形姿势的位置向量及速度向量。

[0023] 图2展示具有在坐标系统的原点中开始的正规化速度向量的单位圆。

[0024] 图3展示例如跟踪垫或触摸屏等2D检测系统。

[0025] 图4展示示范性3D姿势检测系统。

[0026] 图5展示使用准静态电场检测方法的具有四个框架接收电极的特定标准姿势检测电极布局。

[0027] 图6展示在通过图5的实施例的四个电极310到340界定的检测空间内的圆形路径上顺时针或逆时针移动的手指位置。

[0028] 图7展示用于AirWheel算法的输出值的可视化方法。

## 具体实施方式

[0029] 根据各种实施例, 将识别被观察的圆形姿势(或型式)。因此, 根据一些实施例, 从两个后续速度向量确定旋转方向及这些向量之间的角度以便更新圆形计数器。在下文中,

此姿势也将被称为AirWheel姿势。术语“后续”贯穿说明书而使用,且在此经定义为指定在时间上间隔开的要素或事件。其不必为连续的(其间不具有其它要素或事件)。因此,术语“连续”贯穿说明书而使用,且在此经定义为指定关于时间相邻的要素或事件。

[0030] 对于此部分中的一般方法,将假设提供对应于目标点或为目标点的估计值的 $(x_n, y_n)$ 位置向量序列(例如,指尖),从而在后续离散时间实例n处,于二维(2D)平面中执行圆形姿势。时间实例不需要为连续的,但应在时间上为后续的,使得一个向量新于另一向量。举例来说,可使用后续向量 $v_{new}$ 及 $v_{old}$ ,粗体字母指示变量为向量。图3展示示范性二维系统100,其包括(例如)与2D接口110耦合的跟踪垫/触摸屏120,2D接口110与处理系统130连接。两个位置向量之间的差为速度向量,例如,对于两个后续位置向量,我们获得

$$[0031] \quad \mathbf{v}_{new} := \mathbf{p}_{new} - \mathbf{p}_{old} = \begin{bmatrix} x_{new} - x_{old} \\ y_{new} - y_{old} \end{bmatrix}$$

[0032] 其含有时间'old'与时间'new'之间的移动的方向及量值。在下文中,将假设连续向量,使得old=k-1且new=k。然而,如在上文提及,此可不为要求。其不必须为最新速度向量及紧挨在最新速度向量之前的一个向量。首先,重要的是,一个向量含有新于另一向量的数据。此外,这些速度向量可能已经历某种预处理,如低通滤波。

[0033] 考虑两个此类速度向量(例如, $v_k$ 及 $v_{k-1}$ ,如在图1中展示),可在其之间界定角度 $\varphi$ 。如果旋转方向是向右转(如同顺时针姿势),那么 $\varphi > 0$ 。如果旋转方向是向左转(如同逆时针姿势),那么 $\varphi < 0$ 。圆形计数器可通过对连续速度向量对之间的角度 $\varphi$ 求积分来实现。

[0034] 问题是如何获得角度 $\varphi$ 或类似量度,其中 $\varphi$ 的令人关注值范围将被假设为:

$\varphi \in (-\frac{\pi}{2}, \frac{\pi}{2})$ 。对此, $v_k$ 及 $v_{k-1}$ 经正规化到单位向量 $\bar{v}_k := \frac{v_k}{\|v_k\|}$ (如在图2中展示),其中 $\|\cdot\|$ 表示向量的长度。根据 $\cos \varphi = \bar{v}_{k-1}^T \bar{v}_k$ ,精确解给定 $\varphi = \arccos \|\bar{v}_{k-1}^T \bar{v}_k\| \cdot S$ ,其中 $S \in \{\pm 1\}$ 为旋转方向,且将在下文被确定,而T指示向量转置。

[0035] 然而,可通过用 $\bar{v}_k - \bar{v}_{k-1}$ 的长度(弦)来近似角度 $\varphi$ (其与其在单位圆上的弧具有相同的值)(即, $\varphi \approx \|\bar{v}_k - \bar{v}_{k-1}\| \cdot S$ ,其中 $S \in \{\pm 1\}$ 为旋转方向且将在下文被确定)或通过用其正弦来近似角度 $\varphi$ (即, $\varphi \approx \sin \varphi$ )而避免在计算上复杂的反余弦函数。对于分别具有x、y及z分量 $a_x, a_y, a_z$ 及 $b_x, b_y, b_z$ 的三维向量a及b,下式成立

$$[0036] \quad |\sin \varphi| = \frac{\|\mathbf{a} \times \mathbf{b}\|}{\|\mathbf{a}\| \|\mathbf{b}\|}$$

[0037] 其中 $\times$ 表示交叉乘积(向量积),其定义为

$$[0038] \quad \mathbf{a} \times \mathbf{b} := \begin{pmatrix} a_x \\ a_y \\ a_z \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} b_x \\ b_y \\ b_z \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} a_y b_z - a_z b_y \\ a_z b_x - a_x b_z \\ a_x b_y - a_y b_x \end{pmatrix}$$

[0039] 对于2D向量,向量乘积

[0040] 并不如此定义。然而,如果2D(x/y)平面由第三维度(z维)延伸,且任意常数z值(优选地 $z=0$ ,)经指派给速度向量,那么向量乘积可应用到所得3D速度向量,其z分量为所关注的值。根据 $\bar{v}_{k-1,z} = \bar{v}_{k,z} = 0$ ,我们获得



$$[0041] \quad \bar{\mathbf{v}}_k \times \bar{\mathbf{v}}_{k-1} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ \bar{v}_{k,x}\bar{v}_{k-1,y} - \bar{v}_{k,y}\bar{v}_{k-1,x} \end{pmatrix}$$

[0042] 且因此

$$[0043] \quad \varphi \approx \sin \varphi = \|\bar{\mathbf{v}}_k \times \bar{\mathbf{v}}_{k-1}\| \cdot S = |\bar{v}_{k,x}\bar{v}_{k-1,y} - \bar{v}_{k,y}\bar{v}_{k-1,x}| \cdot S$$

[0044] 其中 $|\cdot|$ 表示纯量的绝对值。

[0045] 向量积的z分量的正负号为旋转方向且因此

$$[0046] \quad S := \text{sign}(\bar{v}_{k,x}\bar{v}_{k-1,y} - \bar{v}_{k,y}\bar{v}_{k-1,x})$$

[0047] 且最终

$$[0048] \quad \varphi \approx \sin \varphi = \bar{v}_{k,x}\bar{v}_{k-1,y} - \bar{v}_{k,y}\bar{v}_{k-1,x}。$$

[0049] 在下文中,将论述可在各种实施例实施的另外可能改进。因此,可分开或组合使用各种可能改进。

[0050] 正规化

[0051] 在实践中,为通过避免平方根的计算而减小复杂性,向量 $\mathbf{v}_k$ 及 $\mathbf{v}_{k-1}$ 二者可由相同值 $\|\mathbf{v}_k\|$ 或 $\|\mathbf{v}_{k-1}\|$ 正规化,通常不具有可实现效果(如果取样频率足够高),即,

$$[0052] \quad \|\bar{\mathbf{v}}_k \times \bar{\mathbf{v}}_{k-1}\| \approx \frac{\|\mathbf{v}_k \times \mathbf{v}_{k-1}\|}{\|\mathbf{v}_p\|^2} = \frac{|\mathbf{v}_{k,x}\mathbf{v}_{k-1,y} - \mathbf{v}_{k,y}\mathbf{v}_{k-1,x}|}{\|\mathbf{v}_p\|^2}$$

[0053] 其中 $p \in \{k, k-1\}$ 。

[0054] 抖动抑制

[0055] 对于抖动抑制,举例来说,仅当检测到最小量的移动时(例如,当 $\|\mathbf{v}_k\|$ 超过阈值时)可更新圆形计数器。此产生具有滑动的圆形计数器的微分更新。

[0056] 平滑度

[0057] 可通过施加低通滤波到位置向量及/或速度向量及/或输出计数器而改善圆形计数器的平滑度。

[0058] 输入数据

[0059] 取决于基础传感器系统,x/y位置估计可经受许多处理阶段,且其可取决于许多配置参数,每一处理阶段增加错误风险及计算复杂性。然而,所有提出的算法作为输入数据实际上需要的是二维向量,其中(至少大约)其第一维度中的值在目标点在第一几何维度中移动时增大/减小,且第二维度在目标点在第二几何维度中移动时增大/减小。

[0060] 在图4中展示典型三维(3D)姿势检测系统200。展示检测空间的地平面210,其还可包含与相应3D检测接口220耦合的传感器布置,3D检测接口220再次连接到处理系统130。代替在系统200中使用的传感器布置,也可存在放置于光学3D系统中的相应合适位置处的光学检测构件。其它3D检测系统可用于产生将被馈送到各种实施例的跟踪点。

[0061] 根据无触摸姿势系统的一个实施例(例如使用准静态交变电场的三维姿势检测系统),提供如在图5中描绘的四框架电极布局。此处,四个接收电极310、320、330及340布置在相同平面中且界定矩形区域。根据其它实施例可使用具有更多或更少接收电极的其它电极布置及/或其它几何布置。参考数字305指定可经供应有(例如)30kHz到200kHz的方波信号的下伏发射电极。然而,根据其它实施例,发射层305可布置于与接收电极310到340相同的

平面中且可具有不同形状,或可使用多个Tx电极。发射电极产生向上延伸以界定可延伸到电极平面上方10厘米到15厘米的检测空间的准静态电场。接地屏蔽(未展示)可用于抑制电场朝向非所要区域的延伸。发射电极与接收电极以及系统接地之间的电容耦合将被进入检测空间的导电物体所干扰。根据在接收电极处测量到的干扰,可估计物体的移动方向及/或位置。例如,根据至少3个此类接收电极的测量,可估计三维位置,其相对于时间的导数为速度向量。举例来说,可使用集成电路350,例如由申请人制造的MGC 3130。于2013年11月19日发布的数据表单“MGC 3130单区跟踪及姿势控制器数据表单(MGC 3130Single-Zone 3D Tracking and Gesture Controller Data Sheet)”可从申请人获取且特此以引用方式并入。接收处理装置360或接口芯片可与集成电路350耦合。

[0062] 其它三维检测系统可用于提供样本点且本实施例不限于上文论述的特定实施例。然而,在本文中论述的方法在三维非触摸式姿势检测系统中可尤其有利。

[0063] 根据如上文论述的四框架电极设计300,当物体在由310到340跨越的区域内移动时,速度向量 $v_k$ 的粗略但泛函近似值给定为如下文的方程式(2)中展示:

$$[0064] \quad v_k \approx \left[ \begin{array}{c} (m_k^{(4)} - m_{k-1}^{(4)}) - (m_k^{(2)} - m_{k-1}^{(2)}) \\ (m_k^{(3)} - m_{k-1}^{(3)}) - (m_k^{(1)} - m_{k-1}^{(1)}) \end{array} \right] \quad (2)$$

[0065] 其中 $m_k^{(i)}$ ,  $i = 1, 2, 3, 4$ 为电极 $i$ 在时间 $k$ 处的系统测量值,其随着手指到电极的距离减小而增大,其中电极1、2、3、4分别对应于图5中的320、330、340、310。当针对一或多个电极 $i$ ,对应测量值随着手指到电极的距离减小而单调地减小时,此近似值也为泛函。接着,需要针对这些电极 $i$ 颠倒 $m_{k-1}^{(i)}$ 及 $m_k^{(i)}$ 的正负号。

[0066] 图6展示在通过图5的实施例的四个电极310到340界定的检测空间内的圆形路径上顺时针或逆时针移动的手指位置。在此系统中,一般来说,发射电极用于产生电场(举例来说,使用(例如)通过微控制器端口产生的30kHz到200kHz矩形脉冲序列信号及多个接收电极(从其测量信号可检测当物体进入准静态电场时电场中的干扰))。其中来自所有电极的数据具有相同正负号(即,手指正在接近/离开所有电极)的姿势检测样本可被忽略以更新圆形计数器。然而,如在上文提及,所述方法还可应用到各种其它二维或三维姿势检测系统。

[0067] 开始/停止条件

[0068] 给定与AirWheel并行运行的基于隐式马尔可夫模型(HMM)的自动姿势辨识引擎,对于开始/输出圆形计数器的一个可能开始条件为共享基于HMM的姿势辨识系统的开始检测功能性且在专用HMM成为最有可能的一个时触发圆形计数。举例来说,用于顺时针及/或逆时针姿势事件的HMM适合于成为此类专用HMM,如在共同待决的申请案US-2014-0050354-A1中更详细解释,所述案的全部内容特此以引用方式并入。

[0069] 替代性地,圆形计数可在后台永久运行,但仅当在一限定时间量内达到一个旋转方向中的特定计数量或在给定时间量内一个旋转方向上与相反旋转方向上的计数的比率超过或低于阈值时启动计数器更新的输出。

[0070] 取决于通过“平滑度”改善中的低通滤波器引入的记忆,清除其记忆且在实际输出记忆之前的某时间可能性地开始跟踪圆形计数器可为有用或必要的。

[0071] 停止条件可为(例如)手指离开作用空间(由使用准静态电场测量的3D姿势检测系统中的接收电极跨越的区域上方的空间)或离开2D系统中的触摸垫。另一停止条件可为手指静止,即,所检测的手指移动(例如,通过速度向量的绝对值量化)低于经定义阈值达经定义时间量。

[0072] 算法

[0073] 所提出算法(不具有简化/扩展)的示范性伪码在下文的列表1中展示,其中通过计算经正规化速度向量的交叉乘积的z元素且将其添加到可为输出值的累加器‘圆形计数器’而使用  $\sin(\varphi)$  来近似角度  $\varphi$ 。

[0074] 列表1

```
// Initialization
status = OFF; // AirWheel status
CC = 0; // Circle Counter (accumulator)
v_new=[0 0]; v_old = [0 0]; // Velocity vectors
WHILE true {
    // Get new 2-dimensional velocity vectors
    v_new = fct_get_data();
    // Normalize v_new
    v_new = fct_normalize(v_new);
    // Start/Stop Detection
    IF <Start Condition Fulfilled> {
[0075]         status = ON;
    }
    IF <Stop Condition Fulfilled> {
        status = OFF;
    }
    // Update Circle Counter (accumulator)
    IF (status == ON) {
        CC += v_new[1]*v_old[0] - v_new[0]*v_old[1];
    }
    // Backup latest velocity vector
    v_old = v_new;
}
```

[0076] 各种应用

[0077] 圆形姿势类似于HiFi设备的虚拟音量控制轮:顺时针移动增大音量,逆时针移动减小音量。

[0078] 在图7中给出设计提案,其展示用于AirWheel音量控制的可视化方法,音量轮及音量水平显示器在最小值(例如,0)及最大值(例如,63)处饱和。

[0079] 其展示具有相位指示器的音量控制轮及其中发光LED条的高度指示音量的LED显示器。零发光LED对应于静音,所有LED发光对应于最大音量。通过圆形手指移动转动音量轮增大/减小音量,且当轮已被转动经定义量(例如, $\pi$ )时,或当圆形计数器已改变经定义量时,一个LED分别被点亮或关闭。虽然音量轮理论上可转动无限量,但LED条形图在静音或最大音量处饱和。

- [0080] 此AirWheel可用于多种应用中。举例来说：
- [0081] -从圆形触摸垫已知的任何媒体播放器控制类型功能性。
- [0082] -在照明开关中的调光器的控制或各种其它电器设备功能，例如，速度控制、空气调节温度、机械移动功能等等。
- [0083] -替代PC鼠标的滚轮。
- [0084] -传感器系统/测量输入设备的类型(实例)
- [0085] 1. 2D触摸面板/触摸显示器、2D视频相机
- [0086] 2. 3D视频相机、3D电容性传感器系统
- [0087] 其它模式
- [0088] 提供2D或3D定位系统(例如，基于相机的传感器系统或电容性传感器系统)，还可使用(例如)图像处理技术评估部分型式(例如，部分绘制的圆形)。然而，此将需要额外算法机制(缩放、旋转、新距离测量)。

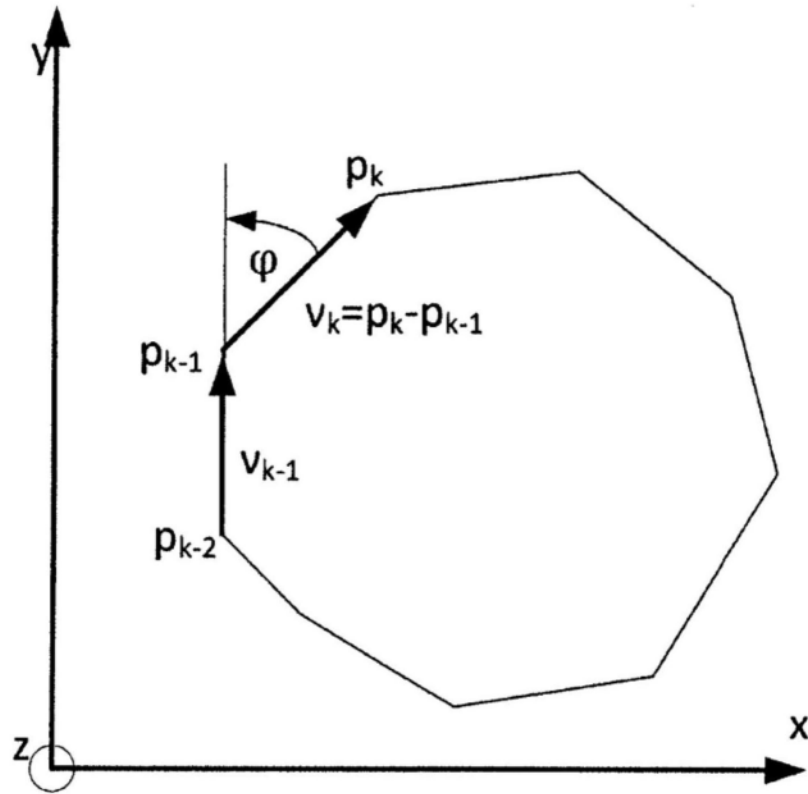


图1

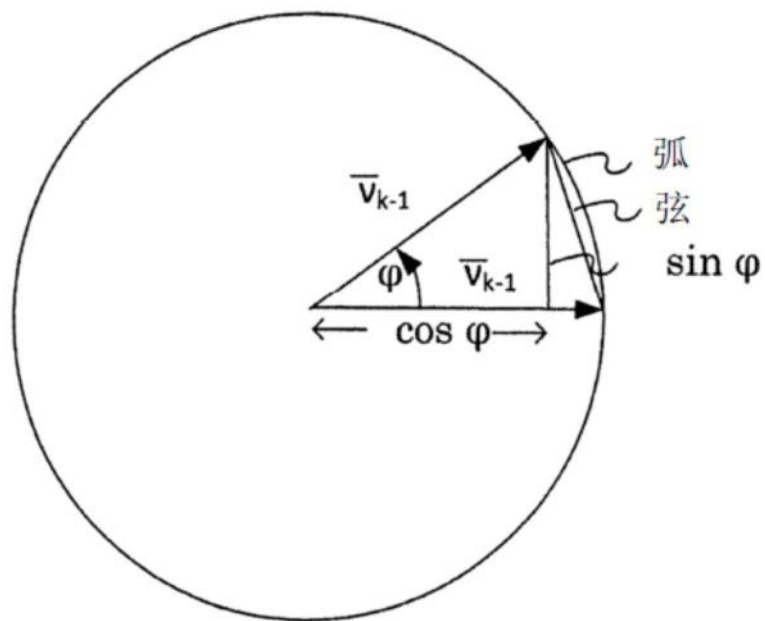


图2

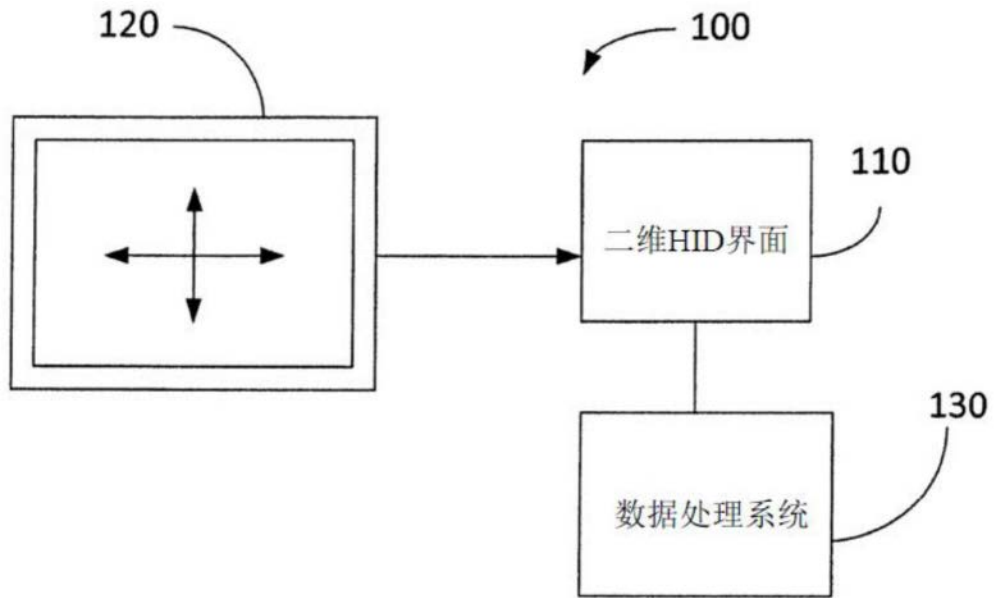


图3

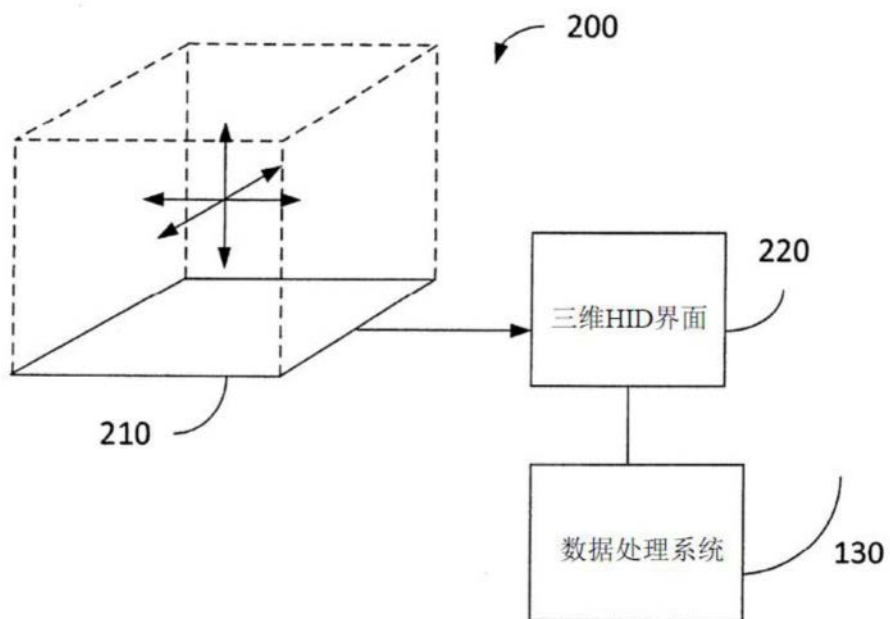


图4

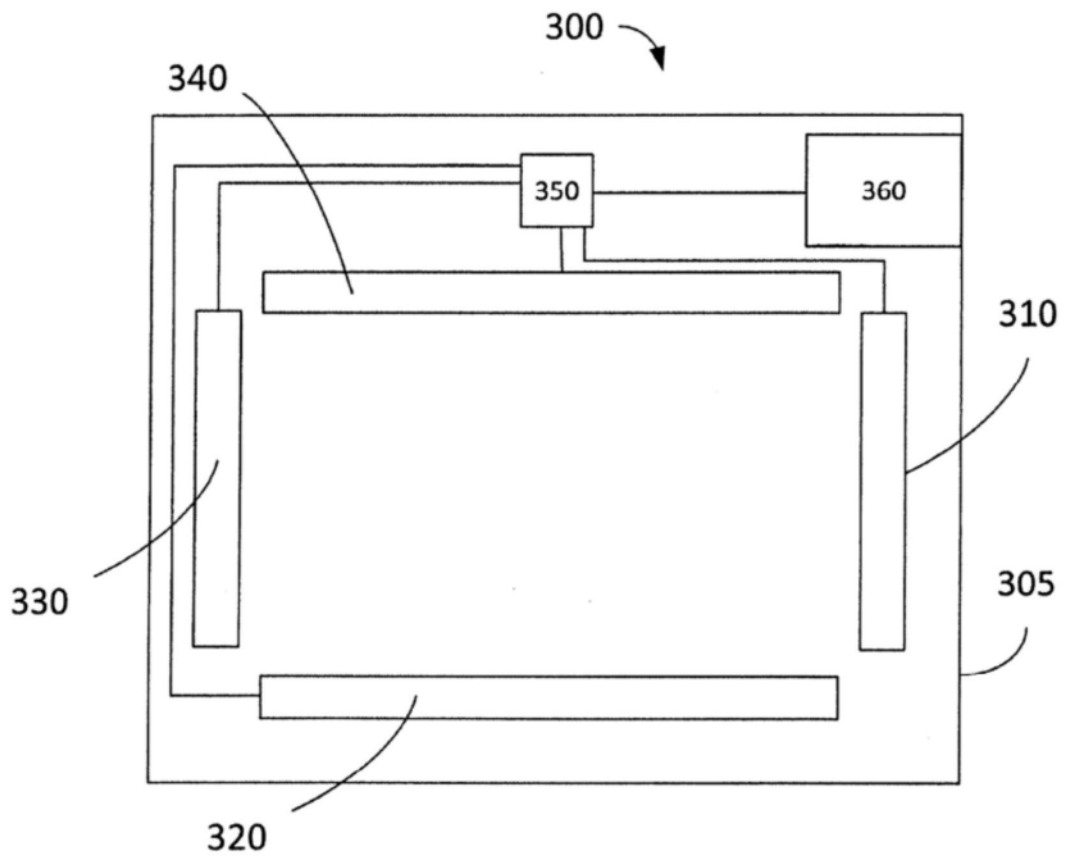


图5

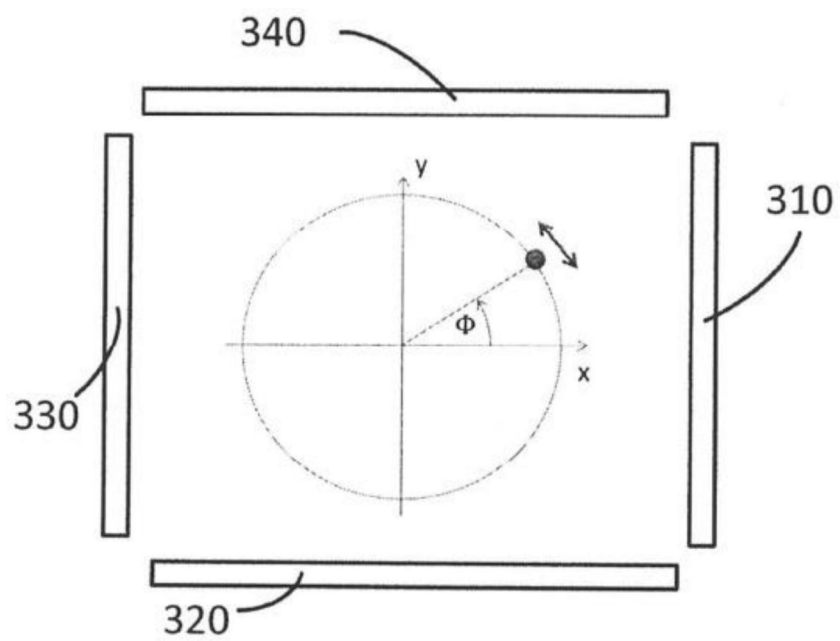


图6

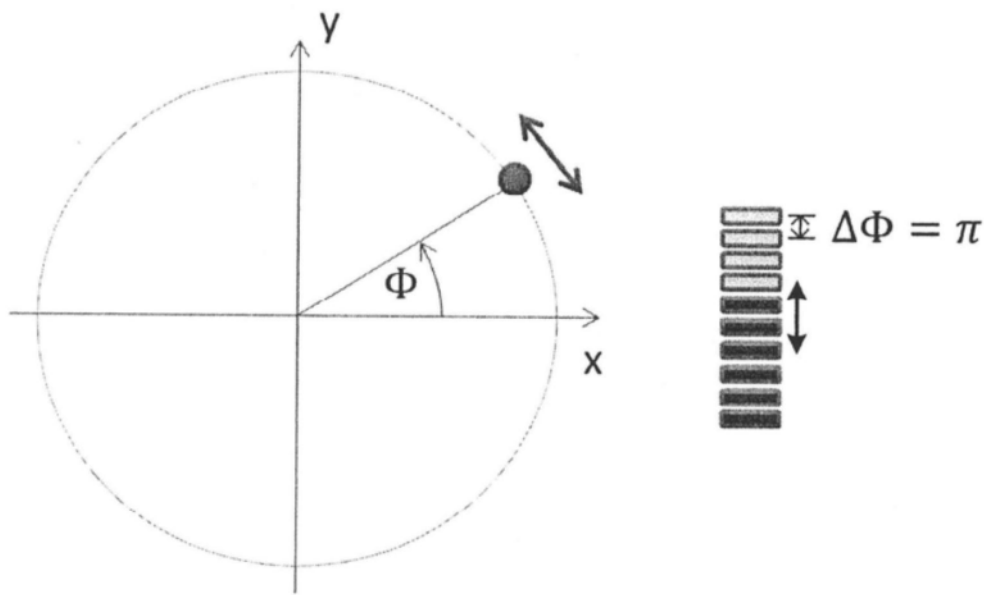


图7