



[12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 03807624.1

[43] 公开日 2005 年 7 月 27 日

[11] 公开号 CN 1647102A

[22] 申请日 2003.4.7 [21] 申请号 03807624.1

[30] 优先权

[32] 2002.4.8 [33] US [31] 10/117,851

[86] 国际申请 PCT/IB2003/001254 2003.4.7

[87] 国际公布 WO2003/085593 英 2003.10.16

[85] 进入国家阶段日期 2004.9.30

[71] 申请人 皇家飞利浦电子股份有限公司

地址 荷兰艾恩德霍芬

[72] 发明人 M·特拉科维 A·科梅纳雷滋

S·V·R·古特塔

[74] 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司

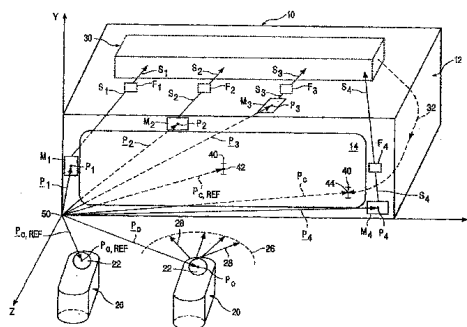
代理人 程天正 刘杰

权利要求书 2 页 说明书 7 页 附图 2 页

[54] 发明名称 用于控制显示屏上的光标且基于无线声学的定点设备 - 例如电脑鼠标

[57] 摘要

一种基于声学的定点设备和一种用于使用该定点设备来移动显示设备的显示屏上的光标的系统和方法。该定点设备包括一个声源,该声源生成并传播声信号,所述声信号由四个送话器 M_1 、 M_2 、 M_3 和 M_4 检测并然后被转换成相应的周期性的电信号 S_1 、 S_2 、 S_3 和 S_4 。通过解三角测量方程式来计算声源的位置矢量 P_0 ,该三角测量方程式取决于 S_1 和 S_j 之间的相移时延, $j=1, 2$ 和 3 。使用一个把光标的位置变化与声源的位置变化相关的比例矢量,根据 P_0 计算位置矢量 P_c 。然后,该光标被移动到与该位置矢量 P_c 相关联的位置 P_c 处。



1. 一种用于控制显示屏(14)上的光标(40)的系统(10)，包括：
一个具有显示屏(14)的显示设备(12)；
在固定位置处的四个送话器 M_1 、 M_2 、 M_3 和 M_4 ；
5 一个具有声源(22)的无线定点设备(20)，其中：声源(22)位于具有相关联的位置矢量为 P_0 的位置 P_0 处，其中声源(22)适于生成并传播一个声信号，其中送话器 M_i 适于检测该声信号，并且其中在送话器 M_i 处检测到的声信号适于被转换成一个周期性的电信号 S_i ， $i=1、2、3$ 和 4 ；
一个计算系统(30)，光标(40)、 S_1 、 S_2 、 S_3 和 S_4 每一个都电耦合到
10 所述计算系统(30)上，其中所述计算系统(30)适于通过解三角测量方程式来计算 P_0 ，所述三角测量方程式包括一个对 S_i 和 S_j 之间的相移时延的关系式， $j=2、3$ 和 4 ，并且其中所述计算系统(30)适于计算所述光标(40)的位置矢量 P_c ，致使 P_c 取决于： P_0 、一个比例矢量 A 以及显示屏(14)的形状函数；和
15 用于把光标(40)定位在与所述位置矢量 P_c 相关联的位置 P_c 处的装置。
2. 如权利要求1所述的系统(10)，其中：四个送话器 M_1 、 M_2 、 M_3 和 M_4 位于固定位置处，致使 M_1 、 M_2 、 M_3 和 M_4 的位置中没有三个位置是共线的。
- 20 3. 如权利要求1所述的系统(10)，其中：四个送话器 M_1 、 M_2 、 M_3 和 M_4 位于固定位置处，致使 M_1 、 M_2 、 M_3 和 M_4 的位置中没有四个位置是共面的。
4. 如权利要求1所述的系统(10)，其中：所述显示屏(14)是非平面的。
- 25 5. 如权利要求1所述的系统(10)，其中：所述声信号包括多个频率分量。
6. 如权利要求5所述的系统(10)，其中：每个频率分量具有一个至少大约20kHz的频率。
7. 如权利要求5所述的系统(10)，还包括：一个滤波器，适于从电
30 信号 S_i 中删除除了多个频率分量之外的所有频率分量， $i=1、2、3$ 和 4 。
8. 一种计算系统(30)，包括：
—一个输出接口，用于控制一个具有显示屏(14)的显示设备(12)；

- 一个输入接口，用于从位于固定位置处的四个送话器 M_1 、 M_2 、 M_3 和 M_4 中接收一个周期性的电信号 S_i ， $i=1、2、3$ 和 4 ，四个送话器的每一个都能够检测来自一个具有声源(22)的无线定点设备(20)中的声信号，所述声源(22)位于一个具有相关联的位置矢量为 P_0 的位置 P_0 处；和
- 5 一个控制单元，它能够通过解三角测量方程式来计算 P_0 ，所述三角测量方程式包括一个对 S_i 和 S_j 之间的相移时延的关系式， $j=2、3$ 和 4 ，它还能够计算光标(40)的位置矢量 P_c ，致使 P_c 取决于： P_0 、一个比例矢量 A 以及显示屏(14)的形状函数；并且它还能够使用输出接口来把光标(40)定位在与所述位置矢量 P_c 相关联的位置 P_c 处。
- 10 9. 一种定点设备(20)，所述定点设备(20)是无线的并包括一个声源(22)，在其中所述声源(22)适于生成并传播一个包括多个频率分量的声信号。
10. 一种用于控制显示屏(14)上的光标(40)的方法，包括：
- 在四个送话器 M_1 、 M_2 、 M_3 和 M_4 处检测声信号，这四个送话器位于固
- 15 定位置处，并且所述声信号传播自一个具有声源(22)的无线定点设备(20)，所述声源(22)位于具有相关联的位置矢量为 P_0 处的位置 P_0 处，其中， P_0 还要被计算；
- 把在送话器 M_i 处检测到的声信号转换为一个周期性的电信号 S_i ， $i=1、2、3$ 和 4 ；
- 20 —通过解三角测量方程式来计算 P_0 ，该三角测量方程式包括一个对 S_i 和 S_j 之间的相移时延的关系式， $j=2、3$ 和 4 ；
- 计算所述光标(40)的位置矢量 P_c ，其中， P_c 取决于： P_0 、一个比例矢量 A 以及显示屏(14)的形状函数；和
- 把所述光标(40)定位在与所述位置矢量 P_c 相关联的位置 P_c 。
- 25 11. 一种使计算系统(30)能够执行所述方法权利要求的计算机程序产品。

用于控制显示屏上的光标且基于无线声学的定点设备-例如电脑鼠标

发明背景

5 技术领域

本发明通常涉及一种用于控制显示屏上的光标的系统和方法，尤其涉及使用一种用于控制显示屏上的光标的、基于声学的定点设备。

相关技术

商业可用的无线定点设备利用了回转仪的效果。因此，此类商业
10 可用的无线定点设备依赖于定点设备的旋转，这使这些定点设备是非常非直觉的，并且抑制了跟踪这些定点设备的位置的能力。另外，这些定点设备基本很重，因为它们需要一个大质量以便利用角动量的守恒。

因此，需要消除当前可用的商业无线定点设备上述缺陷的无线定
15 点设备。

发明内容

本发明的第一实施例提供一种用于控制显示屏上的光标的方法，包括：

在四个送话器 M_1 、 M_2 、 M_3 和 M_4 处检测声信号，这四个送话器位
20 于固定位置处，并且所述声信号传播自一个具有声源的无线定点设备，所述声源位于一个具有相关联的位置矢量为 P_0 的位置 P_0 处，其中， P_0 还要被计算；

把在送话器 M_i 处检测到的声信号转换为一个周期性的电信号 S_i ，
 $i=1、2、3$ 和 4 ；

25 通过解三角测量方程式来计算 P_0 ，该三角测量方程式包括一个对 S_1 和 S_j 之间的相移时延的关系式， $j=2、3$ 和 4 ；

计算所述光标的位置矢量 P_c ，其中， P_c 取决于： P_0 、一个比例矢量 A 以及显示屏的形状函数；和

把所述光标定位在与所述位置矢量 P_c 相关联的位置 P_c 处。

30 本发明的第二实施例提供一种用于移动显示屏上的光标的系统，包括：

一个具有显示屏的显示设备；

在固定位置处的四个送话器 M_1 、 M_2 、 M_3 和 M_4 ;

一个具有声源的无线定点设备, 其中: 所述声源位于一个具有相关联的位置矢量为 P_0 的位置 P_0 处, 其中所述声源适于生成并传播一个声信号, 其中送话器 M_i 适于检测所述声信号, 并且其中在送话器 M_i 处检测到的声信号适于被转换成一个周期性的电信号 S_i , $i=1$ 、 2 、 3 和 4 ;

一个计算系统, 光标、 S_1 、 S_2 、 S_3 和 S_4 每一个都电耦合到所述计算系统上, 其中所述计算系统适于通过解三角测量方程式来计算 P_0 , 所述三角测量方程式包括一个对 S_1 和 S_j 之间的相移时延的关系式, $j=2$ 、 3 和 4 , 并且其中所述计算系统适于计算所述光标的位置矢量 P_C , 致使 P_C 取决于: P_0 、一个比例矢量 A 以及显示屏的形状函数; 和

用于把所述光标定位在一个与所述位置矢量 P_C 相关联的位置 P_C 处的装置。

本发明的第三实施例提供一种定点设备, 所述定点设备是无线的并包括一个声源, 其中, 所述声源适于生成并传播一个包括多个频率分量的声信号。

本发明的第四实施例提供一种计算系统, 包括:

一个输出接口, 用于控制一个具有显示屏的显示设备;

一个输入接口, 用于从位于固定位置处的四个送话器 M_1 、 M_2 、 M_3 和 M_4 中接收一个周期性的电信号 S_i , $i=1$ 、 2 、 3 和 4 , 四个送话器的每一个都能够检测来自一个具有声源的无线定点设备的声信号, 所述声源位于一个具有相关联的位置矢量为 P_0 的位置 P_0 处; 和

一个控制单元, 它能够通过解三角测量方程式来计算 P_0 , 所述三角测量方程式包括一个对 S_1 和 S_j 之间的相移时延的关系式, $j=2$ 、 3 和 4 , 它还能够计算光标的位置矢量 P_C , 致使 P_C 取决于: P_0 、一个比例矢量 A 以及显示屏的形状函数; 并且它还能够使用输出接口来把所述光标定位在与所述位置矢量 P_C 相关联的位置 P_C 处。

本发明提供一种定点设备, 它消除了与当前可用的商业无线定点设备相关联的缺陷。例如, 本发明的基于声学的定点设备相对于它的移动和空间位置来说, 是或者可以是: 无线的、准确的、轻便的、手持的并且易于跟踪的。另外, 用户能够按照与使用传统电脑鼠标相似的方式来使用本发明的定点设备, 并且还具有本发明的定点设备是无线的这一优点。

附图说明

图1描述了根据本发明实施例的一个系统的第一实施例的三维视图，所述系统用于控制显示设备的显示屏上的光标。

图2描述了根据本发明实施例的一个系统的第二实施例的三维视图，所述系统用于控制显示设备的显示屏上的光标。

具体实施方式

图1说明了根据本发明实施例的一个系统10的第一实施例的三维视图，所述系统用于控制位于显示设备12的显示屏14上的光标40。图1示出了具有被标识为X、Y和Z的三个相互正交轴的三维笛卡尔坐标系，坐标原点在点50处。Z轴被定向在由观看显示屏的观众感觉到的显示屏14的进入或者出来的"深度"方向上。X和Y轴定义一个平面，即X-Y平面，致使Z轴垂直于X-Y平面。如果显示屏14具有一个平面的形状，那么显示屏14平行于X-Y平面。不管显示屏14是否是平面的，本发明都考虑了显示屏14的形状。如图1所示的任何矢量是一个三维的矢量，具有沿着X、Y和Z轴的分量。系统10包括显示设备12、定点设备20、四个送话器 M_1 、 M_2 、 M_3 和 M_4 ，以及一个计算系统30。

显示设备12能够接收电子形式的图像并在显示屏14上可视地显示图像。显示设备12尤其可以包括一个电视，一个计算机显示器等等。

定点设备20能够控制光标40在显示设备12的显示屏14上的移动。定点设备20尤其可以包括一只鼠标。定点设备20包括一个声源22，它适于连续地生成并通过周围的大气传播声信号28(即，纵向声波)。声源22具有一个相关联的波阵面26。声源22位于一个具有相关联的位置矢量为 P_0 的位置 P_0 处。图1还示出了在一个具有相关联的位置矢量为 $P_{0,REF}$ 的参考位置 $P_{0,REF}$ 处的声源22。向量 P_0 和 $P_{0,REF}$ 每一个都有沿着X、Y和Z轴的一个分量。

正如从坐标原点50所测量的，光标40位于一个具有相关联的位置矢量为 P_C 的位置 P_C 处。位置 P_C 可以在显示屏14上，或者"在显示屏14后"以便模拟光标40相对于显示屏14的视在深度。

对于没有视在深度的情况， P_C 和 P_C 随着光标40移动而追踪显示屏14的表面上的一条路径。图1还示出了在一个具有相关联的参考位置矢量为 $P_{C,REF}$ 的位置处的光标40。为了简单起见， $P_{C,REF}$ 可以被选择处在显示屏14上。向量 P_C 和 $P_{C,REF}$ 每一个都有沿着X、Y和Z轴的一个分量。

$P_{C,REF}$ 对应于 $P_{0,REF}$ (即, 当声源22位于参考位置 $P_{0,REF}$ 处时, 光标40位于参考屏幕位置矢量 P_C 处。)。

5 送话器 M_1 、 M_2 、 M_3 和 M_4 分别位于与位置矢量 P_1 、 P_2 、 P_3 和 P_4 相关联的位置 P_1 、 P_2 、 P_3 和 P_4 处。位置 P_1 、 P_2 、 P_3 和 P_4 每一个都具有沿着X、Y和Z轴的分量。虽然图1示出了按照一种特别的几何排列被定位在显示设备12表面上的送话器 M_1 、 M_2 、 M_3 和 M_4 , 但是送话器 M_1 、 M_2 、 M_3 和 M_4 可以采用相互相对的任何几何排列, 致使 M_1 、 M_2 、 M_3 和 M_4 中没有三个是共线的。送话器 M_1 、 M_2 、 M_3 和 M_4 可以独立地位于显示设备12上、显示设备12内或者显示设备12外。

10 计算系统30可以包括: 至少一个半导体芯片, 该芯片具有硬件编码的算法。备选地, 计算系统30可以包括一个存储器和处理器 (例如, 一台计算机), 用于分别存储并执行软件。计算系统30通过一条电路径32 (例如, 电线) 被电耦合到光标40, 其使计算系统30能够控制光标40的移动和位置。虽然图1示出了位于显示设备12内的计算系统30, 但是计算系统30可以位于显示设备12上、显示设备12内或者显示设备12外。

20 声源22连续地生成并传播声信号28。送话器 M_1 、 M_2 、 M_3 和 M_4 每一个都适于检测声信号28。在送话器 M_1 处检测到的信号28适于被转换成一个周期性的电信号 (例如, 交流电正弦信号) S_i , $i=1$ 、2、3和4。由于在位置 P_0 处的声源22和送话器 M_1 、 M_2 、 M_3 和 M_4 的每个位置 P_1 、 P_2 、 P_3 和 P_4 之间的距离幅值存在差异, 所以电信号 S_1 、 S_2 、 S_3 和 S_4 的每个电信号相对于电信号 S_1 、 S_2 、 S_3 和 S_4 的另一信号被相移。

25 这样生成的电信号 S_1 、 S_2 、 S_3 和 S_4 每一个都被电耦合到计算系统30。如果定点设备20已经被移到与相关联的位置矢量 P_0 相应的位置 P_0 , 那么光标44必须被移动到与它的相关联的位置矢量 P_C 相应的位置 P_C 。计算系统30适于通过处理电信号 S_1 、 S_2 、 S_3 和 S_4 来计算声源22的位置矢量 P_0 。例如, 计算系统30可以通过解三角测量方程式(1)来计算 P_0 ,

$$|P_i - P_0| - |P_j - P_0| = C \Delta T_{ij} \quad (1)$$

30 $j=2$ 、3和4。 ΔT_{ij} 被定义为电信号 S_i 和 S_j 之间的相移时延, $i=1$ 、2、3、4; $j=1$ 、2、3、4; 并且 $i \neq j$ 。C是声信号28在周围大气中的速度。方程式(1)包括与 $j=2$ 、3和4相应的三个方程式, 通过数值分析和计算领域的普通技术人员已知的任何计算方法, 可以同时为三个未知的 P_{0X} 、

P_{0Y} 和 P_{0Z} 求解之。如果对于位置 P_0 ，方程式(1)有两个解，则相移时延的符号被用于确定正确的 P_0 。备选地，只要位置 P_0 的两个解中的一个在显示设备12的前面，则可以确定这一个解是正确的 P_0 。未知的 P_{0X} 、 P_{0Y} 和 P_{0Z} 分别是位置矢量 P_0 沿着X、Y和Z轴的分量。注意：本发明的范围包括方程式(1)的任何算术等价形式，和本领域普通技术人员已知的任何其它可应用三角测量技术。如果计算系统30包括至少一个半导体芯片，那么对方程式(1)的解可以被硬件编码在至少一个半导体芯片之内。如果计算系统30包括一个存储器和处理器(例如，一个计算机)，那么方程式(1)的一种求解算法可以作为软件(例如，作为一个计算机程序)被储存在所述存储器中并且所述软件可以被所述处理器执行。

在计算声源22的位置矢量 P_0 之后，光标44的矢量位置 P_C 经由如下方程式来计算

$$P_{CX}=P_{CX,REF}+A_X(P_{0X}-P_{0X,REF}) \quad (2A)$$

$$P_{CY}=P_{CY,REF}+A_Y(P_{0Y}-P_{0Y,REF}) \quad (2B)$$

$$P_{CZ}=P_{CZ,REF}+A_Z(P_{0Z}-P_{0Z,REF})+(Z_s(P_{CX},P_{CY})-P_{CZ,REF}) \quad (2C)。$$

P_{CX} 、 P_{CY} 和 P_{CZ} 分别是 P_C 沿着X、Y和Z轴的分量。 $P_{CX,REF}$ 和 $P_{CY,REF}$ 以及 $P_{CZ,REF}$ 分别是 $P_{C,REF}$ 沿着X、Y和Z轴的分量。 $P_{0X,REF}$ 和 $P_{0Y,REF}$ 以及 $P_{0Z,REF}$ 分别是 $P_{0,REF}$ 沿着X、Y和Z轴的分量。 $P_{CZ,REF}$ 被假定来描述光标44在显示屏14表面上的参考坐标。 $Z_s(P_{CX},P_{CY})$ 是光标44在 P_{CX} 和 P_{CY} 处(即，在光标44的X和Y坐标处)位于显示屏14表面上的Z坐标。通常， $Z_s(X,Y)$ 作为X和Y的函数，是显示屏14的表面的Z坐标。因此， $Z_s(X,Y)$ 是一种显示屏14的"形状函数"。如果显示屏14是平面(plannar)的，那么 $Z_s(P_{CX},P_{CY})=P_{CZ,REF}$ (即，形状函数为"扁平(flat)的")并且 P_{CZ} 的方程式(2C)简化为 $P_{CZ}=P_{CZ,REF}+A_Z(P_{0Z}-P_{0Z,REF})$ ，这与 P_{CX} 和 P_{CY} 的各自的方程式(2A)和(2B)的形式一样。然而，显示屏14可以是非平面的，致使 $Z_s(X,Y)$ 不是常数并且 $Z_s(P_{CX},P_{CY}) \neq P_{CZ,REF}$ (即，形状函数是"非扁平的")。本发明的范围包括方程式(2A)、(2B)和(2C)的任何算术等效形式。

在 P_C 计算之后，相应于定点设备20移动到位置 P_0 ，光标44移动到位置 P_C 。通过使用本领域普通技术人员已知的任何电子仪器或硬件来完成光标44到位置 P_C 的物理移动。量 A_X 、 A_Y 和 A_Z 是比例矢量(scale vector)A的分量并且分别是在X、Y和Z方向上的比例矢量，即，响应

于定点设备20的相应的移动，比例矢量 A 支配光标移动幅度。根据方程式(2A)和(2B)， A_x 和 A_y 支配光标在X-Y平面上的移动。根据方程式(2C)，由于显示屏14的表面形状的非平面性， $(Z_s(P_{CX}, P_{CY}) - P_{CZ, REF})$ 是参考光标Z坐标 $P_{CZ, REF}$ 的光标44的Z坐标变化。同样根据方程式(2C)，
 5 A_z 支配光标44在“视在深度”上（即，沿着Z轴）的移动。由于光标44不能物理移动离开显示屏14，所以根据与出现在显示屏14上的可视图像相关的人类视觉感知深度的能力，光标44在深度方向上的移动是视在性的，而不是实际的。比例因子 A_x 、 A_y 和 A_z 可以是常数，它们在经由方程式(2A)、(2B)和(2C)计算 P_C 之前已经被确定。备选地， A_x 、 A_y 和 A_z 可以空间相关以便模拟随光标44的空间位置变化的换算。
 10

作为第一示例，0.5cm/inch（厘米/英寸）的比例因子 A_x 表示声源22(同样也是定点设备20)在X方向上移动每一英寸时，光标44在X方向上移动0.5cm。作为第二示例，0.1inch/inch（英寸/英寸）的比例因子 A_x 表示声源22(同样也是定点设备20)在X方向上移动每一英寸时，光标
 15 44在X方向上移动0.1cm。作为第三示例，600pixels/inch（像素/英寸）的比例因子 A_x 表示声源22(同样也是定点设备20)在X方向上移动每一英寸时，光标44在X方向上移动600像素。前面的示例也类似地分别应用于与Y和Z方向上的移动有关的 A_y 和 A_z 上，而要承认：光标44在Z方向上的移动深度是视在移动而不是实际移动。

20 $A_z=0$ 的条件限制了光标44到显示屏14表面的所有移动(即，实际和视在移动)，在深度方向上没有任何移动(即，在显示屏14后)。因此如果 $A_z=0$ ，则声源22(同样也是定点设备20)在Z方向(或者-Z方向)上的任何移动将对光标44在显示屏14上的位置不产生任何影响。为了光标44具有离开或者朝向显示屏14的视在移动，必须满足条件 $A_z \neq 0$ 。

25 声源22可以以任何声频生成声信号28。可是，对于声源22有益的是以比能够被人类听到的那些频率(即，高于大约20kHz)更高的频率生成声信号28。另外，相移时延周期 ΔT_{ij} (在上面定义的)应该低于声信号28的周期 T 以使可以根据电信号 S_i 和 S_j ($j=2, 3$ 和 4)的比较没有歧义地计算出 ΔT_{ij} 。应当指出：在室温下，声音在空气中以大约1100英尺/秒的速度(C)传播，因此 $(|P_1 - P_0| - |P_2 - P_0|)$ ，1英尺的值具有低于毫秒的相关联的相移时延周期 T_{12} (参见方程式(1))。由于20kHz的频率具有50微秒的周期，所以声信号28将包括至少两个离散频率。例如，周期为47微
 30

秒和49微秒的两个频率的复合信号就会具有大约2.3微秒的周期。作为另一个示例，周期为43微秒、47微秒和49微秒的三个频率的复合信号就会具有大约99微秒的周期。因此，在至少大约20kHz的频率处，声信号28应该具有至少两个频率分量。对于具有至少三个频率分量的声信号28，在至少大约20kHz的频率处，本发明就会受益于声信号28的周期T基本上比相移时延周期 ΔT_{ij} 大($i=1、2、3$ ，而 $j=1、2、3$ ，并且 $i \neq j$)。

如果送话器M1、M2、M3和M4能够检测声频范围，那么送话器M1、M2、M3和M4潜在地就可以检测除了出现在声信号28中的那些频率之外的频率，所述频率可能引起相移时延周期 ΔT_{ij} 的错误计算($i=1、2、3$ ，而 $j=1、2、3$ ，并且 $i \neq j$)。因此，滤波器F1，F2，F3和F4(参见图1)可用来分别对电信号S1、S2、S3和S4进行滤波，以便从S1、S2、S3和S4中删除除了出现在声信号28中的那些频率分量之外的所有频率分量。

图2说明了根据本发明实施例的一个系统10的第二实施例的三维视图，所述系统用于控制显示设备12的显示屏14上的光标40。在这个实施例中，四个送话器M₁、M₂、M₃和M₄处在固定位置处，致使M₁、M₂、M₃和M₄的位置中没有四个位置是共面的。通过在系统10上提供送话器M3而不是在系统10的前侧提供送话器M3，来说明这一点。虽然在图2中，四个送话器M₁、M₂、M₃和M₄也处在固定位置处，致使M₁、M₂、M₃和M₄的位置中没有三个位置是共线的，但是如果M₁、M₂、M₃和M₄的位置中没有四个位置是共面的，则这是不要求的。

虽然在此描述的实施例揭露了四个送话器，即M₁、M₂、M₃和M₄，但是本发明的范围包括N个这样的送话器，例如 $N > 4$ 。如果 $N > 4$ ，那么额外的N-4个送话器尤其可用于推断指针设备的位置P₀的一个以上的值。与从精确的四个送话器中推断的P₀相比，P₀的所述多个计算值可以被求平均，致使结果的P₀平均值改善了统计准确度。

虽然为了说明的目的，已经在此描述了本发明的实施例，但是许多修改和改变对本领域技术人员来说将成为显而易见的。因此，附加的权利要求意欲包含落在本发明的精神和范围内的所有这些修改和改变。计算机程序被理解为意指储存经由诸如互联网之类的网络下载的、或者可以任何其它方式销售的、在计算机可读介质上的任何软件产品，比如软盘。

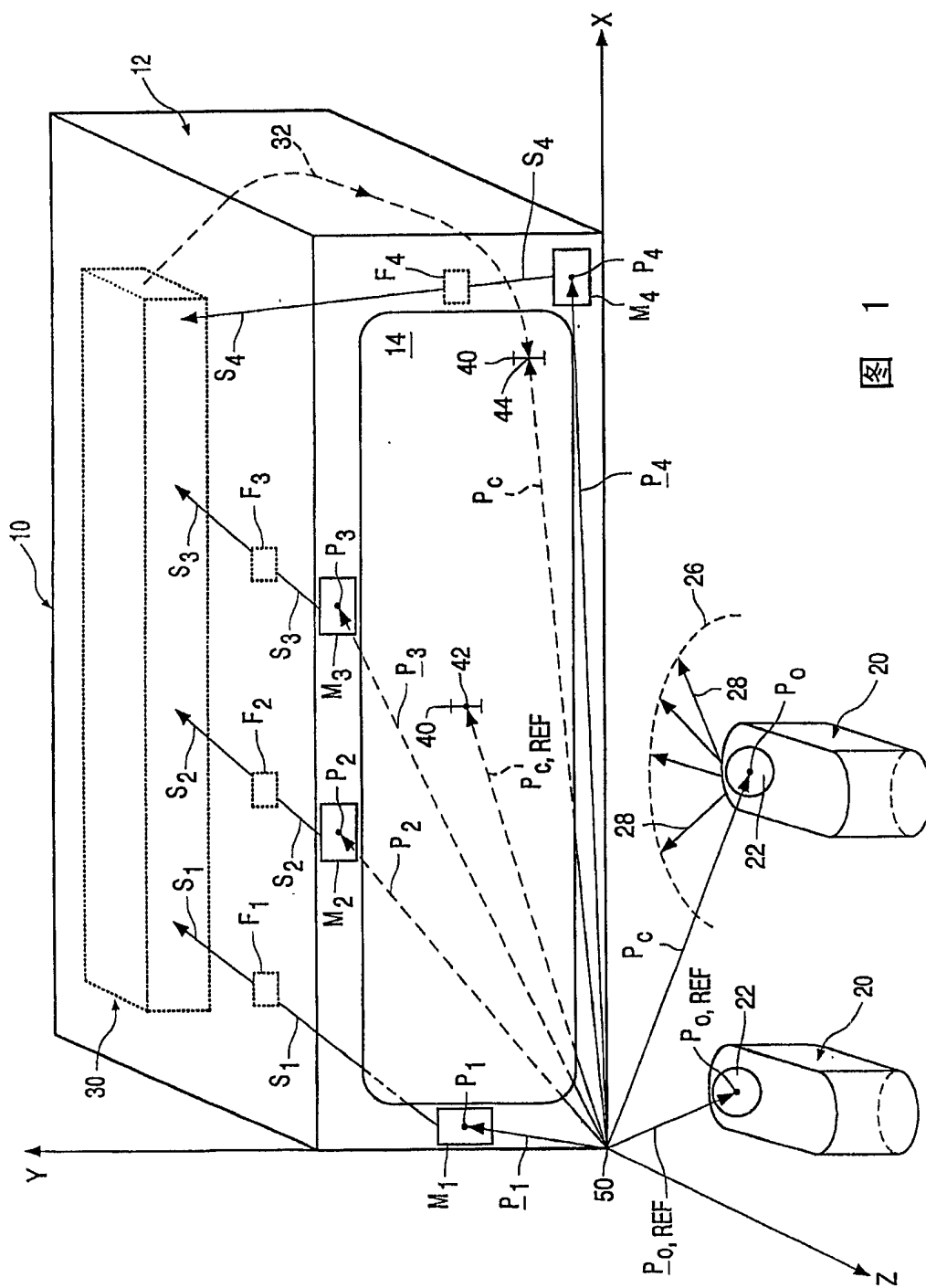


图 1

