



[12] 发明专利说明书

专利号 ZL 01812360.0

[45] 授权公告日 2007 年 4 月 11 日

[11] 授权公告号 CN 1310126C

[22] 申请日 2001.7.5 [21] 申请号 01812360.0
 [30] 优先权
 [32] 2000. 7. 5 [33] US [31] 09/610,481
 [32] 2001. 6. 1 [33] US [31] 60/294,611
 [86] 国际申请 PCT/CA2001/000980 2001.7.5
 [87] 国际公布 WO2002/003316 英 2002.1.10
 [85] 进入国家阶段日期 2003.1.6
 [73] 专利权人 智能技术公司
 地址 加拿大艾伯塔
 [72] 发明人 杰拉尔德·莫里森 戴维·霍姆格伦
 [56] 参考文献
 US4746770A 1988.5.24
 WO9940562A 1999.8.12
 审查员 林 甦

[74] 专利代理机构 中原信达知识产权代理有限责
 任公司
 代理人 武玉琴 顾红霞

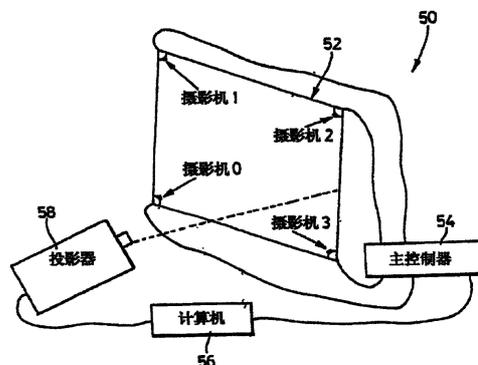
权利要求书 11 页 说明书 23 页 附图 11 页

[54] 发明名称

基于摄影机的触摸系统

[57] 摘要

一种基于摄影机的触摸系统(50)，包括：一无源触摸表面(60)和至少两个摄影机(63)，它们与该触摸表面相联系。该至少两个摄影机(63)具有包围所述触摸表面的视野重叠区域(FOV)。所述至少两个摄影机从不同位置获取所述触摸表面的图像，并产生图像数据。一处理器(54)接收并处理由所述至少两个摄影机产生的图像数据，从而当在所述至少两个照相机获得的图像中捕捉到所述指示器时，确定指示器相对于所述触摸表面的位置。可以确定指示器与触摸表面接触和指示器悬于触摸表面上。



1. 一种基于摄影机的触摸系统（50），包括：

至少两个摄影机（63），它们与触摸表面（60）相联系，且具有包围所述触摸表面的视野重叠区域（FOV），所述至少两个摄影机从不同位置获取所述触摸表面的图像，并产生图像数据；和

处理装置（84、54），处理装置（84、54）接收由所述至少两个摄影机（63）产生的图像数据的像素子集，并在所述获取的图像中存在指示器时对所述像素子集进行处理，以产生指示器数据，所述处理装置（84、54）对该指示器数据进行三角测量，以确定所述指示器相对于所述触摸表面的位置。

2. 如权利要求 1 所述的触摸系统，其中：所述至少两个摄影机为具有通常沿所述触摸表面（60）的平面看去的视野的数字摄影机（63）。

3. 如权利要求 2 所述的触摸系统，其中：指示器数据包括指示器中心线 x 和指示器尖端位置 z 。

4. 如权利要求 2 或 3 所述的触摸系统，其中：各数字摄影机包括具有可选择像素阵列的 CMOS 数字摄影机。

5. 如权利要求 4 所述的触摸系统，其中：各数字摄影机包括一 CMOS 图像传感器（80）和一数字信号处理器（84），所述数字信号处理器接收所述图像传感器输出的图像，并执行寻找指示器程序，以判断指示器是否在所述数字摄影机获取的各图像中，以及所述指示器的中心线是否也如此，各数字摄影机的数字信号处理器向主数字信号处理器（54）提供指示器数据，所述主数字信号处理器对指示器数据进行三角测量以确定指示器位置。

6. 如权利要求 5 所述的触摸系统，其中：各数字摄影机的数字信

号处理器（84）分析像素数据，以确定选择的像素子集中指示器尖端所处的像素行，从而确定所述指示器尖端位置 z 。

7. 如权利要求 4 所述的触摸系统，其中：对于从各数字摄影机接收到的图像数据，所述处理装置利用下面等式计算角度 ϕ_{cam} ：

$$\tan \phi_{cam} = \frac{2\left(\frac{x}{a}\right)\tan\frac{FOV}{2}}{1 - \left(2\frac{x}{a} - 1\right)\tan^2\frac{FOV}{2}}$$

其中：

x 为表示指示器中心线或顶端的编号；

a 为在离数字摄影机一定距离的地方，该数字摄影机的视野(FOV)所包围的总长度；

所述处理装置利用计算出的角度确定该指示器相对于所述触摸表面的位置。

8. 如权利要求 7 所述的触摸系统，其中：考虑所述指示器位置确定之前的数字摄影机偏移，调节所述计算的角度。

9. 如权利要求 8 所述的触摸系统，其中：包括至少三个摄影机，所述处理装置利用三角测量确定对于多对数字摄影机的指示器位置，并对确定的指示器位置平均化。

10. 如权利要求 1 所述的触摸系统，其中：所述处理装置还执行触摸表面确定程序以计算各数字摄影机所观察的触摸表面的方向，从而确定指示器何时与所述触摸表面接触、和所述指示器何时悬于所述触摸表面上。

11. 如权利要求 1 所述的触摸系统，其中：所述触摸表面为矩形，其中摄影机位于所述触摸表面的各角部附近。

12. 如权利要求 1 所述的触摸系统，其中：各选择的像素子集都

包括邻接的像素行，而且其中以全分辨率对所述邻接的像素行获取的像素数据进行处理。

13. 如权利要求 1、2 或 3 所述的触摸系统，包括多于两个具有视野重叠区域的摄影机，而且其中所述处理装置对来自多对数字摄影机的指示器数据进行三角测量以确定该指示器相对于所述触摸表面的位置。

14. 如权利要求 13 所述的触摸系统，其中：所述处理装置包括多个处理级。

15. 如权利要求 14 所述的触摸系统，其中：所述处理级中的一个处理级包括多个数字信号处理器（84），各数字信号处理器（84）与所述摄影机（63）中的相应一个摄影机（63）相联系，所述数字信号处理器对来自所述选择的像素子集的像素数据进行处理，并产生所述指示器数据。

16. 如权利要求 15 所述的触摸系统，其中：所述处理级中的第二个处理级包括主数字信号处理器（54），该主数字信号处理器（54）从所述数字信号处理器接收所述指示器数据，所述主数字信号处理器对所述指示器数据进行三角测量以确定所述指示器位置。

17. 如权利要求 13 所述的触摸系统，其中：将图像投影到所述触摸表面（60）上，其中所述摄影机中的各摄影机包括与所述投影图像中的像素数成比例的像素阵列，而且其中所述处理装置能够关于所述投影图像中的像素以足够的精确度分辨所述指示器相对于所述触摸表面的位置。

18. 如权利要求 1 所述的触摸系统，还包括一与所述处理装置连接的计算机（56），所述计算机从所述处理装置接收所述指示器的位

置。

19. 一种无源触摸系统（50），包括：

触摸表面（60）；

至少两个与所述触摸表面相联系的摄影机（63），所述至少两个摄影机从不同位置获取所述触摸表面的图像，并具有视野重叠区域；

与各摄影机相联系的数字信号处理器（84），与所述至少两个摄影机相联系的这些数字信号处理器选择所述至少两个摄影机获取的图像的像素子集，并对选择的像素子集获取的像素数据进行处理，以在所述获取的图像中存在指示器时产生指示器特征数据；和

与所述数字信号处理器通信的主数字信号处理器（54），所述主数字信号处理器从所述数字信号处理器接收指示器特征数据，并对指示器特征数据进行三角测量以确定所述指示器相对于所述触摸表面的位置。

20. 如权利要求 19 所述的无源触摸系统，其中：所述数字信号处理器（84）产生指示器何时与所述触摸表面接触、和所述指示器何时悬于所述触摸表面上的像素特征数据。

21. 如权利要求 20 所述的无源触摸系统，其中：在校准程序过程中确定所述选择的像素子集。

22. 如权利要求 19 所述的无源触摸系统，其中：所述指示器特征数据包括指示器的中心线。

23. 如权利要求 22 所述的无源触摸系统，其中：所述数字信号处理器将所述指示器特征数据打包成指示器信息包（PIP）。

24. 如权利要求 19 所述的无源触摸系统，其中：所述触摸表面为矩形，其中摄影机位于所述触摸表面的各角部附近。

25. 如权利要求 24 所述的无源触摸系统，其中：各所述摄影机包括具有可选择像素阵列的 CMOS 数字摄影机。

26. 如权利要求 25 所述的无源触摸系统，其中：所述选择的像素子集都包括邻接的像素行。

27. 如权利要求 26 所述的无源触摸系统，其中：校准各数字摄影机的选择的像素子集，使得选择的像素子集看起来沿所述触摸表面的平面。

28. 如权利要求 24 所述的无源触摸系统，其中：在所述处理过程中，所述主数字信号处理器对与多对数字摄影机相联系的指示器特征数据进行三角测量。

29. 如权利要求 28 所述的无源触摸系统，其中：所述主数字信号处理器对经过三角测量的指示器特征数据平均化，以确定所述指示器相对于所述触摸表面的位置。

30. 如权利要求 25 所述的无源触摸系统，还包括一与所述主数字信号处理器连接的计算机（56），所述计算机从所述主数字信号处理器接收指示器的位置数据，并对指示器的位置数据进行处理。

31. 一种触摸系统（50），包括：

至少两个与触摸表面（60）相联系的光学记录装置（63），所述至少两个光学记录装置从不同位置获取所述触摸表面的图像，并具有视野重叠区域；和

处理器（84、54），处理器（84、54）接收并处理所述至少两个光学记录装置获取的图像数据，用于检测所述图像中是否存在指示器，并用于确定所述指示器相对于所述触摸表面的位置，其中所述处理器

包括第一和第二处理级，所述第一处理级（84）对来自所述至少两个光学记录装置的像素数据进行处理，所述第二处理级（54）对来自所述第一处理级的图像数据进行处理以确定指示器的位置。

32. 如权利要求 31 所述的触摸系统，其中：所述第一处理级包括多个数字信号处理器（84），各数字信号处理器（84）与所述光学记录装置中的相应一个光学记录装置相联系，所述数字信号处理器对来自所述光学记录装置的像素子集的像素数据进行处理，并产生指示器参数数据。

33. 如权利要求 32 所述的触摸系统，其中：所述第二处理级包括主数字信号处理器（54），该主数字信号处理器（54）从所述数字信号处理器接收所述指示器参数数据，所述主数字信号处理器对所述指示器参数数据进行三角测量。

34. 如权利要求 33 所述的触摸系统，其中：所述处理器还包括第三处理级，第三处理级包括个人计算机（56），个人计算机（56）从所述主数字信号处理器接收所述指示器相对于所述触摸表面的位置。

35. 如权利要求 33 所述的触摸系统，其中：当所述指示器在向所述触摸表面移动时，所述主数字信号处理器还计算所述指示器的速率。

36. 如权利要求 35 所述的触摸系统，其中：通过确定所述数字摄影机获取的连续图像中的所述像素子集内指示器尖端位置的变化与数字摄影机帧率的乘积来计算所述速率。

37. 如权利要求 33 所述的触摸系统，其中：当所述指示器在向所述触摸表面移动时，所述主数字信号处理器还计算所述指示器的角度。

38. 如权利要求 37 所述的触摸系统，其中：使用所述指示器在所

述像素子集的边界像素行中的位置和所述像素子集中的像素行数来确定所述角度。

39. 如权利要求 31 所述的触摸系统，其中：所述触摸表面为矩形，而且其中光学记录装置位于所述触摸表面的各角部附近，相对于所述触摸表面布置各光记录装置，使得各光学记录装置的视野延伸超过所述触摸表面的至少一个外边缘。

40. 一种可量测的触摸系统（50），包括：

投影器（58），用于将图像投影到触摸表面（60）上；

至少两个与所述触摸表面相联系的数字摄影机（63），所述至少两个数字摄影机从不同位置获取所述触摸表面的图像，并具有视野重叠区域；和

处理器（84、54），处理器（84、54）接收并处理所述至少两个数字摄影机获取的图像数据，以检测所述图像中是否存在指示器，和确定所述指示器相对于所述触摸表面的位置，所述指示器的位置用于更新所述投影图像，其中所述数字摄影机中的各数字摄影机包括与所述投影图像中的像素数成比例的像素阵列，而且其中所述处理器能够针对所述投影图像中的像素以足够的精确度分辨所述指示器相对于所述触摸表面的位置。

41. 如权利要求 40 所述的触摸系统，其中：所述至少两个数字摄影机中的各数字摄影机包括具有可选择像素阵列的 CMOS 数字摄影机。

42. 如权利要求 41 所述的触摸系统，还包括包围所述触摸表面的矩形框架（62），CMOS 数字摄影机设置在所述框架的各角部处。

43. 如权利要求 42 所述的触摸系统，其中：所述处理器对来自多对数字摄影机的图像数据进行三角测量以确定该指示器相对于所述触

摸表面的位置。

44. 如权利要求 43 所述的触摸系统，其中：相对于所述触摸表面布置所述数字摄影机，使得所述数字摄影机的视野延伸超过所述框架的至少一个外边缘。

45. 如权利要求 44 所述的触摸系统，其中：所述处理器包括多个处理级，所述处理级以对带宽分级的方式处理图像数据。

46. 一种触摸系统（50），包括：

至少两个 CMOS 数字摄影机（63），这些 CMOS 数字摄影机与触摸表面（60）相联系，并具有视野重叠区域，所述至少两个 CMOS 数字摄影机中的各 CMOS 数字摄影机具有像素阵列，所述至少两个 CMOS 数字摄影机同时从不同位置获取所述触摸表面的图像；和

处理器（84、54），处理器（84、54）接收并处理由所述至少两个 CMOS 数字摄影机的像素阵列内的邻接的像素的窗口所获取的像素数据，以检测所述图像中是否存在指示器、和对所述指示器相对于所述触摸表面的位置进行三角测量。

47. 如权利要求 46 所述的触摸系统，其中：邻接的像素的窗口用于提供来自各数字摄影机的所述像素数据，该邻接的像素的窗口能够沿所述像素阵列进行调节。

48. 如权利要求 47 所述的触摸系统，其中：以全分辨率对所述像素数据进行处理。

49. 如权利要求 47 所述的触摸系统，还包括包围所述触摸表面的框架（62），所述框架支撑其各角部附近的数字摄影机，布置所述数字摄影机，使得各数字摄影机的视野延伸超过所述框架的至少一个外边缘。

50. 如权利要求 49 所述的触摸系统，其中：所述处理器对来自多对数字摄影机的像素数据进行三角测量以确定该指示器相对于所述触摸表面的位置。

51. 如权利要求 50 所述的触摸系统，其中：所述处理器包括多个处理级。

52. 一种成像组件，包括：

矩形的框架（62），用于包围显示表面（60）；和

安装在所述框架的各角部附近的数字摄影机（63），所述数字摄影机定向为使其捕获所述显示表面的重叠图像。

53. 如权利要求 52 所述的成像组件，其中：所述数字摄影机包括 CMOS 数字摄影机。

54. 如权利要求 53 所述的成像组件，其中：各所述数字摄影机具有可选择像素阵列。

55. 如权利要求 54 所述的成像组件，其中：所述数字摄影机定向为使得各数字摄影机的视野延伸超过所述框架的一个外边缘。

56. 如权利要求 55 所述的成像组件，还包括与所述数字摄影机中的各数字摄影机相联系的处理器（84），各数字摄影机和相联系的处理器安装在一个公用板上。

57. 一种触摸系统（50），包括：

矩形的触摸表面（60）；和

安装在所述触摸表面的各角部附近的数字摄影机（63），所述数字摄影机定向为使其捕获所述触摸表面的重叠图像。

58. 如权利要求 57 所述的触摸系统，其中：所述数字摄影机包括 CMOS 数字摄影机。

59. 如权利要求 58 所述的触摸系统，其中：各所述数字摄影机具有可选择像素阵列。

60. 如权利要求 59 所述的触摸系统，其中：所述数字摄影机定向为使得各数字摄影机的视野延伸超过所述触摸表面的一个外边缘。

61. 一种检测指示器相对于触摸表面的位置的方法，包括以下步骤：

获取指示器相对于所述触摸表面的多个重叠图像；

接收所述获取的图像的像素子集；和

对所述像素子集进行处理，以检测其中是否存在所述指示器、和使用三角测量确定所述指示器相对于所述触摸表面的位置。

62. 如权利要求 61 所述的方法，其中：在所述处理步骤过程中，对像素数据进行处理，以确定所述指示器何时与所述触摸表面接触、和所述指示器何时悬于所述触摸表面上。

63. 如权利要求 62 所述的方法，其中：在所述处理步骤过程中，通过计算指示器的中心线来确定是否存在所述指示器，而且其中通过计算中心线的交点并使用三角测量确定所述交点的坐标来确定所述指示器的位置。

64. 一种对触摸系统中的多个数字摄影机进行校准的方法，各数字摄影机具有与进行指示器接触的触摸系统触摸表面有关的可选择像素阵列，所述方法包括以下步骤：

获取所述触摸表面的图像；

检查所述像素阵列的一个子集内的像素，以确定该像素子集是否看起来沿所述触摸表面的平面；如果不是，则对所述像素子集的位置进行调节，并重复所述获取和所述检查步骤，直到确定一个看起来沿所述触摸表面的平面的像素子集。

65. 如权利要求 64 所述的方法，其中：在所述检查过程中，检查所述像素子集内的像素，以确定所述像素是否包括参照所述触摸表面的数据。

66. 如权利要求 65 所述的方法，其中：所述数据包括与所述触摸表面接触的所述指示器尖端。

67. 如权利要求 65 所述的方法，还包括以下步骤：当对应于与所述触摸表面接触的所述指示器尖端的数据存在时，在所述像素子集内确定像素行。

基于摄影机的触摸系统

技术领域

本发明涉及触摸系统，特别涉及一种基于摄影机的触摸系统。

背景技术

触摸系统为本领域技术人员所公知，通常包括一具有一触摸表面的触摸屏，利用一指示器接触触摸表面从而产生用户输入。当检测到指示器接触触摸表面时，根据发生接触的触摸表面的区域产生对应的输出。通常具有两种类型的触摸系统，它们广义的可被分为“有源式”触摸系统和“无源式”触摸系统。

有源式触摸系统允许用户通过利用一特殊的指示器接触触摸表面来产生用户输入，该特殊指示器通常需要某种形式的随体电源，通常为电池。该特殊指示器发射如红外光、可见光、超声波、电磁波等，以触发触摸表面。

无源式触摸系统允许用户通过利用一无源式指示器接触触摸表面来产生用户输入，它不需要特殊指示器触发接触表面。无源式指示器可为一手指、一某种材料制成的圆柱体、或任何可用于接触接触表面上特定区域的适当的物体。

无源式触摸系统与有源式触摸系统相比其优越性在于任何适当的指示装置，包括用户手指，都可用作接触触摸表面的指示器。因此，可以很容易的产生用户输入。而且，由于在无源式触摸系统中不需要特殊的有源指示器，因此用户不必考虑电源水平和/或指示器损坏、被盗，或指示器错放等问题。

无源式触摸系统具有多种与计算机操作和视频显示相关的申请。在一件交互式申请中，如在授予 Martin 的美国专利 No.5,448,263（已转让给本申请受让人）公开的那样，一无源式接触系统与一计算机连接，该计算机显示器显示在触摸屏幕的触摸表面上。表示触摸表面上特殊位置的坐标映射到计算机显示器上。当用户接触触摸表面时，接触位置的坐标反馈给计算机，并映射到计算机显示器，从而使用户可通过简单地接触触摸表面，用与使用计算机鼠标相似的方法操作计算机。另外，在一种应用中，反馈到计算机的坐标可被存储，并在以后的时间中重复显示。当需要记录用户在接触表面上的写或画的信息时，记录接触坐标。

为了操作计算机或视频显示器，无源式触摸屏的分辨率判断触摸系统是适于记录触摸屏上的写或画的信息，还是仅适于选择映射到计算机或视频显示器上的区域的触摸屏上的区域。分辨率通常以每英寸的点（DPI）来表示。该 DPI 与触摸屏的尺寸以及用于检测触摸屏上接触的触摸系统硬件和软件的采样能力相关。

低分辨率的无源式触摸屏只具有足以检测在触摸表面上的处于计算机或视频显示器显示的多组像素范围内的接触的 DPI。因此，这些低分辨率无源式触摸屏只可用于操作计算机或视频显示器。

另一方面，高分辨率无源式触摸屏具有可检测对应于计算机或视频显示器的较少像素或子像素的接触的足够的 DPI。但是，对高分辨率触摸屏的要求是可检测指示器与触摸表面何时接触。这对于写、画、鼠标点击等都是必需的。不具备检测指示器与触摸屏接触的能力，则写和画将成为一个连续的操作，鼠标点击也将不可能实现，从而使计算机显示操作变得不可能。第二个要求是可检测指示器何时停悬于触摸表面的上方。虽然写或画并不需要，但是今天的计算机操作系统越来越多的利用停悬信息来操作计算机或视频显示器或弹出信息窗。

无源式触摸屏通常是模拟电阻类型、表面声波（SAW）类型或电容类型。但是，如下所述，这些触摸屏都存在多种问题或缺点。

模拟电阻触摸屏通常具有高分辨率。根据触摸系统的复杂度，触摸屏的分辨率可为 4096×4096DPI 或更高。模拟电阻触摸屏由涂有电阻材料且以叠层形式排列的两弹性层构成。除非触摸，否则这两个层彼此不接触。这两个层利用绝缘微粒或绝缘空气空间彼此分离。这两个层由通常为透明的 ITO 构成。因此，该触摸屏存在图像失真但视差很小。

在模拟电阻触摸屏的操作期间，沿第一层的方向提供一均匀电压梯度。当两层由于对触摸屏的触摸而彼此接触时，第二层沿第一层测量电压。由于第一层的电压梯度可被转化为延第一层的距离，因此测量的电压与触摸表面的触摸位置成比例。当需要第一层上的触摸坐标时，向第二层提供该均匀电压梯度，该第一层延第二层测量该电压。第二层的电压梯度与延第二层的距离成比例。这两个触摸坐标表示笛卡尔坐标系统中的触摸表面上的触摸 X-Y 位置。

但是，由于需要利用机械压力使两个层接触，因此只有当利用足够的压力使两个层彼此接触时，模拟电阻触摸屏才可以检测到接触。当指示器悬于触摸表面上时，模拟电阻无源触摸屏不能感应。因此，在模拟电阻触摸屏的情况下，只有当在触摸表面上有实际触摸时，才可能检测到触摸事件和位置。

表面声波(SAW)触摸屏通常具有中等的分辨率，并不适于记录高质量的写入。SAW 触摸屏利用玻璃表面边界处的传感器振动玻璃并产生声波，该声波在玻璃表面波动。当接触玻璃表面时，声波反射回来，从反射的声波的特征可确定触摸位置。

但是，由于置于视频或计算机显示器表面上的振动玻璃的厚度，

SAW 触摸屏表现出很强的视差。而且，只有当实际接触玻璃表面时，才可能检测到接触事件和位置。另外，SAW 触摸屏在对角线上的尺寸不能超过几个英尺。

由于只可能在较大区域（大约 $1/2'' \times 1/2''$ ）确定接触，因此电容触摸屏只用于低分辨率。因此，电容触摸屏不能用于记录写入或绘画，而只适用于选择触摸屏上对应于视频或计算机显示器上显示的计算机生成的按钮的区域。电容触摸屏还具有对温度和湿度敏感的不利特点。与模拟电阻触摸屏和 SAW 触摸屏相似，电容触摸屏也只当在实际触摸触摸表面时才可以检测到触摸事件和位置。

由于对较大电子数字转化器的需求的增加，无源触摸屏的可量测性很重要。数字转化器曾经为桌面设备，今天它们已被用于电子白色书写板。建立一无源触摸感应“墙”已经成为新的触摸屏应用的需要。现有的上述类型的无源触摸屏在有效最大尺寸上都有局限性。

因此，需要对无源触摸系统进行改进。本发明的一个目的是提供一种新型的基于摄影机的触摸系统。

技术方案

根据本发明的一个方面，提供一种基于摄影机的触摸系统，包括：
至少两个摄影机，它们与一无源触摸屏相联系，且具有包括所述触摸表面的视野重叠区域，所述至少两个摄影机从不同位置获取所述触摸表面的图像，并产生图像数据；和

一处理器，接收并处理由所述至少两个摄影机产生的图像数据，从而当在所述至少两个摄影机获得的图像中捕捉到所述指示器时，可以确定指示器相对于所述触摸表面的位置。

最佳的，该至少两个摄影机为具有通常沿触摸表面的平面的视野的数字摄影机。各数字摄影机产生的图像数据包括指示器中心线 x 和

指示器尖端位置 z 。各数字摄影机包括一具有可选择像素行的像素阵列。在图像数据产生中，使用可选择像素行中的像素的像素亮度。最佳的，在图形数据产生过程中，使用可选择像素行范围内的指定区域中的像素的像素亮度。

在最佳实施例中，各数字摄影机包括一 CMOS 图像传感器和一数字信号处理器。数字信号处理器接收图像传感器输出的图像，并执行寻找指示器程序，以确定指示器是否在数字摄影机获得的各图像中，以及指示器的中心线是否也如此。各数字摄影机的数字信号处理器最好执行一更新背景图像程序，从而在获取各图像后更新背景图像。最佳的，各数字摄影机的数字信号处理器还判断各获取的图像和背景图像的差别，以检测变化光条件。

根据本发明的另一方面，提供一种基于摄影机的触摸系统，包括：

一通常为矩形的无源触摸表面，利用指示器接触该表面；

一安装在所述触摸表面的各角附近的数字摄影机，所述数字摄影机具有包括所述触摸表面的重叠视野，所述数字摄影机获取所述触摸表面的图像，当在数字摄影机获取的图像中捕获到所述指示器时，产生包括指示器的中心线 x 和指示器尖端位置 z 的图像数据；和

一处理器，接收并处理所述数字摄影机产生的图像数据，以判断所述指示器相对于所述触摸表面的位置，和所述指示器是否与所述触摸表面接触。

根据本发明的另一方面，提供一种检测指示器相对于触摸表面的位置的方法，包括以下步骤：

利用具有重叠视野的摄影机从不同位置获取所述触摸表面的图像，并产生图像数据；和

处理所述图像数据，以检测所述获取的图像中是否出现指示器，和判断所述指示器相对于所述触摸表面的位置。

本发明的优点在于无源触摸系统具有高分辨率，允许检测实际的指示器与触摸表面接触以及指示器悬于触摸表面，并产生对应的输出。而且，本发明无源触摸系统的优点在于它不会出现前面背景技术无源触摸系统中出现的视差、图像失真、指示器位置限制、图像投影和可量测性问题。

另外，本发明的优点在于由于使用了 CMOS 数字摄影机，可以选择数字摄影机像素阵列中的任意像素行。这使数字摄影机的帧频显著增加。而且由于可以任意选择像素行，因此像素阵列可在黑暗的房间中以给定的数字摄影机的帧频曝光更长的时间，从而实现与在亮的房间一样的优良操作。

附图说明

下面将参考附图说明本发明实施例。

图 1 示出本发明基于摄影机的触摸系统的示意图；

图 2 示出形成部分图 1 的触摸系统的触摸屏的等距投影图；

图 3 示出图 2 的触摸屏的角部的等距投影图；

图 4 示出形成部分图 2 的触摸屏的数字摄影机的示意图；

图 5 示出形成部分图 1 的触摸系统的主控制器的示意图；

图 6 示出处理帧程序执行中执行的步骤的流程图；

图 7 示出片断指示器程序执行中执行的步骤的流程图；

图 8 示出寻找指示器程序执行中执行的步骤的流程图；

图 9 示出数字摄影机获取的图像和被处理的该图像的像素子集；

图 10 示出图 9 的像素子集中的指定区域 (ROI)；

图 11 示出用于计算指示器在图 2 所示的触摸屏的触摸表面上的接触位置的三角几何；

图 12 示出数字摄影机获得的包括指示器尖端和其中心线的图像；

图 13 示出指示器接触和指示器以不同方向悬浮；

图 14 示出数字摄影机观察到的触摸屏的触摸表面的图像；

图 15 和 16 示出利用 Kalman 滤波器的指示器轨迹的 Matlab 模拟

结果；

图 17a-17d 示出利用 Kalman 滤波器的指示器轨迹的其它 Matlab 模拟结果。

最佳实施例

参看图 1，示出本发明的基于摄影机的触摸系统，它由附图标记 50 表示。如图所示，触摸系统 50 包括一触摸屏 52，触摸屏 52 与基于主控制器 54 的数字信号处理器 (DSP) 连接。主控制器 54 还与计算机 56 连接。计算机 56 执行一个或多个应用程序，并通过投影机 58 在触摸屏 52 上表现显示输出。触摸屏 52、主控制器 54、计算机 56 和投影机 58 形成闭环结构，从而用户接触触摸屏 52 可作为写入或绘画被记录，或者用于由控制计算机 56 执行的应用程序的执行。

图 2-4 更好的示出触摸屏 52。触摸屏 52 包括由一矩形框架 62 包围的触摸表面 60。触摸表面 60 的形式为无源材料的矩形平面层。基于数字信号处理器的 CMOS 数字摄影机 63 与触摸屏 52 的各角相连。各数字摄影机 63 被安装在框架组件 64 上。各框架组件 64 包括一倾斜的支撑板 66，数字摄影机 63 安装于其上。支撑框架部件 70 和 72 通过柱 74 被安装在板 66 上，并将板 66 紧固在框架 62 上。

各数字摄影机 63 包括一个二维 CMOS 图像传感器和相关的透镜组件 80，通过数据总线与图像传感器和透镜组件 80 连接的一先进先出 (FIFO) 缓冲器 82 和通过数据总线与先进先出缓冲器 82 连接的、且通过控制总线与图像传感器和透镜组件 80 连接的一数字信号处理器 (DSP)84。还包括启动 EPROM86 和电源子系统 88。

在本实施例中，CMOS 摄影机图像传感器为一 Photobit PB300 图像传感器，其结构为 20×640 像素子阵列，由于可选择任意像素行，因此该传感器可捕捉每秒超过 200 帧的帧率的图像帧。而且，由于像素行可被任意选择，因此可将像素子阵列在一给定的数字摄影机帧率下

暴露更长时间，从而在黑暗房间可实现与在亮的房间一样的良好操作。先进先出缓冲器 82 由 Cypress 以零件号码 CY7C4211V 制成，数字信号处理器 84 由 Analog Devices 以零件号码 ADSP2185M 制成。

该数字信号处理器 84 通过控制总线向图像传感器和透镜组件 80 提供控制信息。该控制信息使数字信号处理器 84 控制图像传感器和透镜组件 80 的参数，如曝光、增益、阵列结构、复置和初始化。数字信号处理器 84 还向图像传感器和透镜组件 80 提供时钟信号以控制图像传感器和透镜组件 80 的帧率。

板 66 的角度被选择为使各数字摄影机 63 的视野 (FOV) 如图 11 所示超出触摸表面 60 指定的外围边缘。这样，整个触摸表面 60 处于数字摄影机 63 的视野范围内。

主控制器 54 在图 5 中示出，包括一数字信号处理器 90、一启动 EPROM92、一串行线驱动器 94 和一电源子系统 95。该数字信号处理器 90 通过一串行端口 96 经数据总线与数字摄影机 63 的数字信号处理器 84 通信，通过串行端口 98 和串行线驱动器 94 经数据总线与计算机 56 通信。在本实施例中，数字信号处理器 90 也由 Analog Devices 以零件号码 ADSP2185M 制成。串行线驱动器 94 由 Analog Devices 以零件号码 ADM222 制成。

主控制器 54 和各数字摄影机 63 遵守通信协议，可利用与通用串行总线 (USB) 相似的通用串行电缆实现双向通信。传输带宽被分为三十二 (32) 个 16 位信道。在这三十二个信道中，六 (6) 个信道被分配给数字摄影机 63 中的各数字信号处理器 84 和主控制器 54 中的数字信号处理器 90，剩余的两 (2) 个信道未使用。当数字信号处理器 84 监视分配给主控制器 54 的数字信号处理器 90 的六 (6) 个信道时，主控制器 54 监视分配给数字信号处理器 84 的二十四 (24) 个信道。响应中断来执行作为后台操作的主控制器 54 和数字摄影机 63 之间的通

信。

下面将说明触摸系统 50 的通常操作。各数字摄影机 63 以所需的帧率获取图像传感器和透镜组件 80 的视野范围内的触摸表面 60 的图像，并处理各获取的图像以判断指示器是否在获取的图像中。如果指示器在获取的图像中，则进一步处理图像以判断接触或悬于触摸表面 60 的指示器的特性。然后数字摄影机 63 产生包括指示器特性、状态和/或判断信息的指示器信息包 (PIP)，该 PIP 排队传输到主控制器 54。数字摄影机 63 还接收并响应于主控制器 54 产生的命令 PIP。

主控制器 54 巡检数字摄影机 63 以获得 PIP。如果 PIP 包括指示器特征信息，则主控制器 54 对 PIP 中的指示器特征进行三角测量，以判断指示器相对于触摸表面 60 的笛卡尔直角坐标的位置。主控制器 54 然后将计算的指示器位置数据、状态和/或判断信息传输到个人计算机 56。这样，传输到个人计算机 56 的指示器位置数据可作为写入或绘画被存储，或可用于控制计算机 56 执行的应用程序的执行。计算机 56 还更新传送到投影机 58 的显示输出，从而使触摸表面 60 上表现的信息反映指示器的灵活性。

主控制器 54 还接收个人计算机 56 的命令，并做出相应的响应，以及产生并向数字摄影机 63 传输命令。

下面将参照图 6-8 说明对获取图像的处理和对 PIP 中指示器特征的三角化的细节。

首先，执行摄影机偏移角校准程序，以确定各数字摄影机 63 的偏移角 δ （如图 11 所示），从而可精确的确定指示器相对于触摸表面 60 的接触或悬空位置。摄影机偏移角校准的细节如申请人于 2001.6.1 提交的同族美国申请“校准摄影机偏移以便于利用三角测量确定目标物位置”中所述，其内容将通过引用结合在本申请中。

摄影机偏移角度校准程序之后，执行表面检测程序以加强判断指示器是在给定点与触摸表面 60 接触还是悬于触摸表面上。

随着从摄影机偏移角校准中精确的获得触摸表面 60 的平面中的指示器直角坐标，可以确定各数字摄影机 63 观察到的触摸表面 60 的方向。由于数字摄影机不仅可沿触摸表面 60 的平面方向观察还可以在垂直它的方向观察，因此这是需要的。在某种程度上，各数字摄影机 63 向下观察触摸表面 60。图 14 示出数字摄影机 63 观察到的触摸表面 60 的形状。因此，需要定义“垂直”坐标 z ，它作为直角坐标 x 和 y 的函数，描述了触摸表面位置。

指示器的 z 坐标可从数字摄影机图像中测量得到，因此可以确定触摸表面 60 上指示器位置的 z 坐标。该垂直校准为将该 z 坐标数据配合入给定的直角坐标 x 和 y 的过程。该垂直校准可由下面形式的表面描述：

$$z(x,y)=Ax+By+Cx^2+Dy^2+Exy+F \quad (0.1)$$

注意如果系数 C 、 D 和 E 为零，则它变为一平面。当等式 (0.1) 表示线性最小二乘方问题时，该配合可很容易算出。对应的矩阵形式为：

$$\begin{bmatrix} x_1 & y_1 & x_1^2 & y_1^2 & x_1 y_1 & 1 \\ x_2 & y_2 & x_2^2 & y_2^2 & x_2 y_2 & 1 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ x_N & y_N & x_N^2 & y_N^2 & x_N y_N & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} A \\ B \\ C \\ D \\ E \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} z_1 \\ z_2 \\ \vdots \\ z_N \end{bmatrix}$$

为了将直角坐标 x 和 y 配合入等式 (0.1) 以确定系数 A - E ，使用基于奇异值分解 (SVD) 的 Moore-Penrose 伪逆转方法以确定最小标准的最小二乘方解。

如下所述，矩阵可以下面形式分解：

$$A=USV^T \quad (0.2)$$

矩阵 A 具有任何形状，矩阵 U 和 V 为正交矩阵，意味着：

$$U^T U=I=V^T V$$

对角矩阵 S 整体由矩阵 A 的奇异值组成，这些值与矩阵 A 的特征值的平方相关。奇异值分解（SVD）的重要性在于通过它，矩阵 A 的逆矩阵通常可计算。另外，当遇到无法确定的问题时，可以控制该逆转。考虑下面线性等式的系统：

$$A \vec{x} = \vec{b}$$

其解为：

$$\vec{x} = A^{-1} \vec{b}$$

由于矩阵 U 和 V 都为正交矩阵，因此 SVD 式矩阵 A 的逆矩阵表示为：

$$A^{-1}=VS^{-1}U^T \quad (0.3)$$

在无法确定的情况下，某些奇异值很小，因此当形成矩阵 S^{-1} 时，产生很大的值，这是不希望看到的。此时，最小的奇异值的逆被设为零。这可以消除解中无法确定的部分。对于最小二乘方问题，这是有效的方法。对最小二乘方问题的通用方程方法是基于在条件充足的情况下的求解：

$$A^T A \vec{x} = A^T \vec{b}$$

$$\vec{x} = (A^T A)^{-1} A^T \vec{b} \quad (0.4)$$

和条件不足的情况下的求解：

$$\vec{x} = A^T (A A^T)^{-1} \vec{b} \quad (0.5)$$

如下所述，在等式系统与等式 (0.1) 相配合中，采用与确定摄影机偏移角 δ 相同的方法。由于使用相同的程序，因此存储器使用和处理速度可保持在所需的程度。

利用已知的系数 A-E，可以计算对应触摸表面上的任何给定的

(x,y) 点的 z 坐标, 因此, 可以确定指示器与触摸表面 60 接触还是悬于其上。

在触摸系统 50 校准之后, 在操作中, 各数字摄影机 63 获取其视野范围内的触摸表面 60 的图像。该图像通过图像传感器和透镜组件 80 以响应于从数字信号处理器 84 接收到的时钟信号的间隔来获取。图像传感器和透镜组件 80 获取的各图像被送至先进先出缓冲器 82。该数字信号处理器 84 然后从先进先出缓冲器 82 中读出各图像并处理图像。为了避免处理大量的包含非有用信息的像素, 如图 9 所示, 只处理所获得的图像中的像素子集。

在处理数字摄影机 63 获取的图像中, 数字信号处理器 84 执行图 6 所示的处理帧程序。当图像可用于处理时 (步骤 120), 执行检测以确定图像是否已经被捕获以进行数字摄影机 63 的调节 (步骤 122)。如果已经获得图像进行曝光调节, 则调用曝光控制程序 (步骤 124) 以调节数字摄影机 63 的曝光。随后, 数字信号处理器 84 等待接收可用于处理的下一图像。

在步骤 122 中, 如果没有捕捉到用于数字摄影机 63 曝光调节的图像, 则执行检查以确定是否捕捉到用于替换背景图像的图像 (步骤 126)。如果已经捕捉到用于背景图像替换的图像, 则调用捕捉背景程序 (步骤 128), 并将所获取的图像用作背景图像。如果数字摄影机获取一图像并将 PIP 发送至主控制器, 指示该指示器在图像中而它实际为噪声时, 完成操作。替换背景图像有效的防止了数字摄影机在以后的 PIP 中错误的识别指示器。随后, 数字信号处理器 84 等待下一个用于处理的图像接收。

在步骤 126, 如果没有捕捉到用于背景图像替换的图像, 数字信号处理器 84 调用 copyICur 程序 (步骤 130)。在该程序中, 当前获得的图像被拷入存储器, 并用于更新背景图像从而形成表示当前获取的

图像与背景图像之间不同的差别图像。

CopyICur 程序执行完成之后，调用片断指示器程序（步骤 132）以确定指示器是否在所需的图像中，如果在，则判断指示器相对于触摸表面 60 的位置，以及指示器是与触摸表面 60 接触还是悬于其上。该片断指示器程序 132 还可改变将要检测的光条件。片断指示器程序 132 之后，数字信号处理器 84 调用填充 PIP 程序（步骤 134），将指示器和光条件信息置入一 PIP 中，用于传输到主控制器 54。然后，数字信号处理器 84 等待下一用于处理的图像接收。

图 7 示出在片断指示器程序 132 执行过程中数字信号处理器 84 执行的步骤。如图所示，当数字信号处理器 84 执行片断指示器程序 132 时，数字信号处理器 84 调用寻找指示器程序以判断指示器是否在所需的图像中，如果是，则确定指示器在当前获得的图像中的位置（步骤 140）。当寻找指示器程序 140 完成时，数字信号处理器 84 调用更新背景程序以更新背景图像，从而处理光条件的改变（步骤 142）。

在更新背景程序执行中，数字信号处理器 84 利用下面等式连续更新背景图像：

$$B_{n+1}(i,j)=(1-a)B_n(i,j)+aI(i,j) \quad (0.6)$$

其中，

B_{n+1} 为新的背景图像；

B_n 为当前背景图像；

I 为当前获取的图像；

i,j 为被更新的背景图像像素的行和列坐标；和

a 是 0 和 1 之间的数，用于指示从当前获取的图像 I 中获取的程度。

a 的值越大，背景图像更新的越快。

更新背景程序 142 执行后，利用数字信号处理器 84 计算当前获取的图像和背景图像之间的亮度差。向主控制器 54 发送信息从而使主控

制器判断数字摄影机 63 是否需要重新曝光。如果光条件发生急剧的变化（即，环境照明被打开或关闭），则需要。当数字摄影机需要重新曝光时，主控制器 54 向数字摄影机 63 发送一命令 PIP，指示数字摄影机获取用于曝光调节的图像。

图 8 示出数字信号处理器 84 在寻找指示器程序 140 执行过程中执行的步骤。如图所示，当数字信号处理器 84 执行寻找指示器程序 140 时，数字信号处理器 84 分别清除指示器位置和指示器尖端参数 x 和 z （步骤 150）。从而建立一垂直亮度柱状图（步骤 152）。在这个阶段，形成表示当前图像和背景图像之间差别的差别图像，该差别图像中的像素亮度由列总计。这样，形成一 640×1 向量，表示在 640×20 差别图像中各列的总和。这样， 640×1 向量中的第一元素表示 640×20 差别图像的第一列中的 20 个像素的总和， 640×1 向量中的第二元素表示 640×20 差别图像的第二列中的 20 个像素的总和等等。该操作过程的其它特点可从 2000.7 在 SPIE 电子成像期刊中公开的，由 V.Cheng 等著写的文章题目为“智能摄影机应用：基于数字信号处理器的人类检测和寻迹”中得出。

在步骤 152 中创建垂直亮度柱状图之后，通过在垂直亮度柱状图中寻找具有大于噪声极值的最高亮度的列，可以确定指示器位置参数 x （步骤 154）。该列用作将被处理的指定区域（ROI）的中心，该 ROI 的宽度等于垂直亮度柱状图形成的顶峰的基础（见图 10）。如果没有列具有大于噪声极值的亮度，则假设没有指示器在所获取的图像中。

当确定指示器位置参数 x 时，数字信号处理器 84 分析 ROI 以判断指示器尖端所处的像素行，并判断该行是表示触摸表面接触还是悬浮（步骤 156）。特别的，该数字信号处理器 84 在 ROI 中创建一二进制表征码，从而如图 12 所示，白色像素表示指示器，黑色像素表示背景。从该表征码，可以很容易的计算出指示器的中心线和指示器的尖端位置 z 。

在填充 PIP 程序 134 中，数字信号处理器 84 使用片断指示器程序 132 执行过程中获得的指示器和光条件信息，并创建一 PIP 以将所需的图像简化为一小组数据，从而提供带宽经济。该 PIP 采用六（6）字信息包的形式，信息包中各字为十六（16）位。该 PIP 通常采用以下形式：

头部	数据	校验和
----	----	-----

该 PIP 的头部部分通常为十六（16）位，包括一目标/源区域、一数据类型区域、一图像帧编号区域、一序列编号区域和一信息包编号区域。该目标/源区域识别 PIP 的目的地和 PIP 的来源。如果 PIP 由主控制器 54 产生，则目的地应该为一单个的数字摄影机 63 或所有的数字摄影机。该数据类型指示该 PIP 是与指示器信息相关还是与其它信息如状态和判断信息相关。该图像帧编号区域存储一编号，从而使主控制器 54 顺序处理各数字摄影机 63 输出的图像。序列编号区域存储该 PIP 与其它 PIP 相关的编号。信息包编号区域存储识别信息包的编号。

PIP 的数据部分通常为六十四（64）位，包括一指示器 ID 区域、一指示器位置参数区域、一指示器尖端参数区域、一接触状态区域和一指示器品质因素区域。该指示器 ID 区域存储一指示器的标识符，可以实现对多个指示器的寻迹。指示器位置参数区域存储数字信号处理器 84 计算的 x 值。指示器尖端参数区域存储数字信号处理器 84 计算的 z 值。接触状态区域存储一指示指示器处于与触摸表面 60 接触、没有接触或可能接触的值。指示器品质因素区域存储一关于检测到的指示器是真实指示器的可能性的统计值。

PIP 的校验和部分用于确保 PIP 传输的完整性。如果 PIP 校验和错误很少发生，则表示校验和错误的 PIP 可由目的装置忽略。

不与指示器信息相关的状态 PIP 具有不同于上述说明的 PIP 的形式。对这种 PIP，数据部分包括一指令类型区域、一指令编码区域和一数据区域。该指令类型区域识别指令类型是即将执行的指令还是一状态请求。该指令编码区域存储实际的指令或状态请求标识符。该数据区域存储根据指令类型而变化的数据。状态 PIP 的例子包括帧头部 PIP、命令 PIP 和错误信息 PIP。

帧头部 PIP 通常包括指示器 PIP 的数目，这些指示器 PIP 与具有当前图像统计量的当前获得的图像相符，这些统计量例如当前获得图像和前一图像之间的亮度变化。主控制器 54 发出的命令 PIP 可命令数字摄影机调节其设定中的一个或多个，例如曝光，或捕捉用作新的背景图像的图像。一错误 PIP 将一个错误条件从数字摄影机 63 传给主控制器 54，以便存储在一错误记录中。

各数字摄影机 63 响应于它的数字信号处理器 84 产生的各时钟信号，处理它以上述方式获取的各图像。当主控制器 54 巡检数字摄影机 63 时，数字信号处理器 84 创建的 PIP 只送至主控制器 54。

当主控制器 54 巡检数字摄影机 63 时，向数字摄影机 63 提供帧同步脉冲以初始化数字信号处理器创建的 PIP 的传输。当接收到帧同步脉冲时，各数字信号处理器 84 通过数据总线将 PIP 传送到主控制器 54 中。通过串行端口 96 接收传送至主控制器 54 的 PIP，并将其自动缓冲至数字信号处理器 90。

当数字信号处理器 90 已经巡检完数字摄影机 63 并已经从各数字摄影机 63 中接收到包括指示器信息的 PIP 后，数字信号处理器 90 利用三角测量处理 PIP，以判断指示器相对于触摸表面 60 的 (x,y) 坐标位置。特别的，利用三角测量处理从一对数字摄影机 63 得到的 PIP。

图 11 示出需要两个角 ϕ_{cam1} 和 ϕ_{cam2} 来三角测量指示器相对于触摸

屏 60 的位置 (x_0, y_0) 。各数字摄影机 63 产生的 PIP 包括一标识指示器中心线或顶端的编号 θ (见图 12)。当主控制器 54 从数字摄影机 63 接收到一 PIP 时, 主控制器利用下面的等式, 使用表示指示器中心线或顶端的编号以及数字摄影机的视野来计算角度 ϕ_{cam} 。

$$\tan \phi_{cam} = \frac{2\left(\frac{x}{a}\right) \tan \frac{FOV}{2}}{1 - \left(2\frac{x}{a} - 1\right) \tan^2 \frac{FOV}{2}} \quad (0.7)$$

其中, x 为表示指示器中心线或顶端的编号;

a 为在离数字摄影机一定距离的地方, 该数字摄影机的视野 (FOV) 所包围的总长度。

计算的角度 ϕ_{cam} 等于延伸超过产生该 PIP 的数字摄影机 63 的触摸表面 60 的规定外边缘的视野边界与从数字摄影机的光轴延伸并和所获取图像内的指示器相交的直线之间的夹角。最佳的, 视野的边界为在视野范围内离开触摸表面 60 的规定外边缘 (即 x 轴) 一定量延伸。但是, 在大多数情况下, 各数字摄影机 63 的角度偏移 δ_{cam} 的扫描彼此不同且未知。

一旦主控制器 54 计算出角度 ϕ_{cam} , 则主控制器 54 利用摄影机偏移校准过程中确定的偏移角度 δ_{cam} 来调节角度 ϕ_{cam} 。利用这两个可用角度和调节后的角度 ϕ_{cam} , 主控制器 54 利用三角测量使用角度 ϕ_{cam} 来确定指示器相对于触摸表面 60 的位置。

在本实施例中, 由于触摸屏 52 包括四个数字摄影机 63, 因此可使用六对数字摄影机进行三角测量。下面说明各对数字摄影机 63 怎样通过三角测量确定指示器位置。

为了利用从沿触摸屏 52 的左侧的数字摄影机 63 接收到的 PIP 确

定指示器位置，使用下面的等式来确定上部和下部数字摄影机的给定角度为 ϕ_0 和 ϕ_1 时指示器位置的 (x_0, y_0) 坐标：

$$x_0 = \frac{h}{w} \times \frac{1}{\tan(\phi_0) + \tan(\phi_1)} \quad (0.8)$$

$$y_0 = \frac{\tan(\phi_0)}{\tan(\phi_0) + \tan(\phi_1)} \quad (0.9)$$

其中：

h 为触摸屏 52 的高度，即从数字摄影机焦点到焦点的垂直距离；
 w 为触摸屏 52 的宽度，即从数字摄影机焦点到焦点的水平距离；
 ϕ_i 为利用数字摄影机 i 和等式 (0.7) 测量的相对于水平的角度。

对沿触摸屏 52 的右侧的数字摄影机 63 来说，利用下面的等式来确定上部和下部数字摄影机的给定角度为 ϕ_2 和 ϕ_3 时指示器位置的 (x_0, y_0) 坐标：

$$x_0 = 1 - \frac{h}{w} \times \frac{1}{\tan(\phi_2) + \tan(\phi_3)} \quad (0.10)$$

$$y_0 = 1 - \frac{\tan(\phi_2)}{\tan(\phi_2) + \tan(\phi_3)} \quad (0.11)$$

当用角度 ϕ_2 和 ϕ_3 分别替换角度 ϕ_1 和 ϕ_2 代入等式 (0.8) 时，两个等式 (0.8) 和 (0.10) 之间的相似度，即等式 (0.10) = 1 - 等式 (0.8) 将变得很明显。等式 (0.9) 和 (0.11) 以相似的方式相关。

为了利用触摸屏 52 的底部的数字摄影机 63 确定指示器位置，利用下面的等式来确定底部左侧数字摄影机和底部右侧数字摄影机的给定角度为 ϕ_0 和 ϕ_3 时指示器位置的 (x_0, y_0) 坐标：

$$x_0 = \frac{\tan(\phi_3)}{\tan(\phi_0) + \tan(\phi_3)} \quad (0.12)$$

$$\begin{aligned} y_0 &= \frac{w}{h} \times \frac{\tan(\phi_3)}{\tan(\phi_0) + \tan(\phi_3)} \times \tan(\phi_0) \quad (0.13) \\ &= \frac{w}{h} \times x_0 \times \tan(\phi_0) \end{aligned}$$

为了利用触摸屏 52 的顶部的数字摄影机 63 确定指示器位置，利用下面的等式来确定顶部左侧数字摄影机和顶部右侧数字摄影机的给定角度为 ϕ_1 和 ϕ_2 时指示器位置的 (x_0, y_0) 坐标：

$$x_0 = \frac{\tan(\phi_2)}{\tan(\phi_1) + \tan(\phi_2)} \quad (0.14)$$

$$\begin{aligned} y_0 &= 1 - \frac{w}{h} \times \frac{\tan(\phi_2)}{\tan(\phi_1) + \tan(\phi_2)} \times \tan(\phi_1) \quad (0.15) \\ &= 1 - \frac{w}{h} \times x_0 \times \tan(\phi_1) \end{aligned}$$

当用角度 ϕ_1 和 ϕ_2 分别替换角度 ϕ_0 和 ϕ_3 代入等式 (0.12) 时，两个等式 (0.12) 和 (0.14) 之间的相似度，即等式 (0.14) = 等式 (0.12) 将变得很明显。当用角度 ϕ_1 和 ϕ_2 分别替换 ϕ_0 和 ϕ_3 代入等式 (0.13) 时，两个等式 (0.13) 和 (0.15) 具有如下关系：等式 (0.15) = 1 - 等式 (0.13)。

为了利用从底部左侧到顶部右侧的对角线上的数字摄影机 63 确定指示器位置，利用下面的等式来确定底部左侧数字摄影机和顶部右侧数字摄影机的给定角度为 ϕ_0 和 ϕ_2 时指示器位置的 (x_0, y_0) 坐标：

$$x_0 = \frac{\frac{h}{w} - \tan(\phi_2)}{\tan(\phi_0) - \tan(\phi_2)} \quad (0.16)$$

$$y_0 = \frac{1 - \frac{w}{h} - \tan(\phi_2)}{\tan(\phi_0) - \tan(\phi_2)} \times \tan(\phi_0) \quad (0.17)$$

为了利用从底部右侧到顶部左侧的对角线上的数字摄影机 63 确定指示器位置，利用下面的等式来确定底部右侧数字摄影机和顶部左侧数字摄影机的给定角度为 ϕ_1 和 ϕ_3 时指示器位置的 (x_0, y_0) 坐标：

$$x_0 = \frac{\frac{h}{w} - \tan(\phi_3)}{\tan(\phi_1) - \tan(\phi_3)} \quad (0.18)$$

$$y_0 = 1 - \frac{1 - \frac{w}{h} - \tan(\phi_3)}{\tan(\phi_1) - \tan(\phi_3)} \times \tan(\phi_1) \quad (0.19)$$

当用角度 ϕ_1 和 ϕ_3 分别替换 ϕ_0 和 ϕ_2 代入等式(0.16)时,两个等式(0.16)和(0.18)之间的相似度,即等式(0.18)=等式(0.16)将变得很明显。当用角度 ϕ_1 和 ϕ_3 分别替换 ϕ_0 和 ϕ_2 代入等式(0.17)时,两个等式(0.17)和(0.19)具有如下关系:等式(0.19)=1-等式(0.17)。

上述等式产生尺度[0, 1]之间的坐标 x_0 和 y_0 。因此,任何适当的坐标尺度可以通过将 x_0 和 y_0 分别乘以最大X和最大Y值来得到。

在本实施例中,数字信号处理器90利用三角测量计算除对角线对外各数字摄影机对的指示器位置。然后将产生的指示器位置平均化,且产生的指示器位置坐标排队等候通过串行端口98和串行线驱动器94传输到个人计算机56。

通过三角测量获得的指示器的(x,y)位置,利用表面检测校准期间计算出的系数A-E,可利用等式(0.1)确定对应于(x,y)位置的z坐标。计算该z坐标,并将该z坐标与PIP中的z参数相比,从而提供指示器是悬于触摸表面60上还是与触摸表面实际接触的指示。

如果需要,如图13所示,数字信号处理器90可以计算指示器速率v和角度。通过检查在连续的PIP中指示器的z位置(或x截距)的变化和获知摄影机帧率,可以计算出指示器的速率。例如,如果摄影机帧率为每秒200帧且每帧z位置变化为1像素行,则指示器速率为每秒200像素。

由于PIP包括中心线的像素行0和19的x截距,因此可以确定指

示器的角度。由于已知 x 距离（ x 截距之间的差）和 y 距离（像素行的数目），因此所有计算指示器角度的所需信息都可得到。

如果需要，当指示器处于离触摸表面 60 一定距离范围内时，可使用 Kalman 滤波器（本质上为一递归最小二乘方方法）以有效的“跟踪”指示器。为了实现上述跟踪，需要定义滤波器中使用的一系统等式或模式。由于主控制器 54 可提供指示器的位置 z 和速率 v ，因此可以使用下面的描述：

$$z = z_0 + vt$$

$$v = v$$

当滤波器需要知道怎样处理速率时，同样由于 z 和 v 可测量，需要这些等式中的第二个。定义状态向量为：

$$[z \ v]^T$$

为了使系统在两个连续时间 n 和 $n+1$ 中的状态相关，写入作为矩阵差别等式的系统等式：

$$\begin{bmatrix} z \\ v \end{bmatrix}_{n+1} = \begin{bmatrix} 1 & dt \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} z \\ v \end{bmatrix}_n + \begin{bmatrix} \sigma_z \\ \sigma_v \end{bmatrix}$$

或矩阵符号，

$$\hat{x}_{n+1} = A\hat{x}_n + \sigma$$

这里， dt 表示连续时间阶段之间的时间间隔。而且引入的 RHS 是“处理噪声”的短语。它完全是正式的，是部分 Kalman 滤波方法。还需要指定怎样在操作中引入测量。这可通过矩阵等式表示：

$$z_n = Hx_n + w$$

其中 z_n 为位置和速率的测量， H 为一“测量矩阵”，它为一恒等矩阵， x_n 为状态向量， w 为测量噪声。实质上，可假设测量为状态向量的噪声版本。还需要定义与 w 相关的协方差矩阵。如果 z 的测量误差为 0.5 像素，则协方差矩阵为：

$$R = (0.5)^2 \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}$$

处理上面引入的噪声需要相似矩阵 Q ，但由于它在某种程度是任意的，因此可将其作为滤波器的一调谐参数。例如，矩阵 Q 为恒等矩

阵与一阶或小于一阶的因子相乘。通过上述的设定，有足够的信息开始滤波操作。第一步（预测）为：

$$\begin{aligned}\hat{x}_{k+1}(-) &= A\hat{x}_k(+)\end{aligned}$$

$$P_k(-) = AP_{k-1}(+)A^T + Q_{k-1}$$

这里 (-) 符号表示还没有进行测量，而 (+) 表示已经进行测量（但此时 (+) 指前一步骤）。而且，矩阵 P 的矩阵等式预测了协方差矩阵。下一步骤为滤波器增益计算：

$$K_k = P_k(-)H_k^T [H_k P_k(-)H_k^T + R_k]^{-1}$$

一旦测量完成，则可更新状态估算及其协方差：

$$\begin{aligned}\hat{x}_k(+) &= \hat{x}_k(-) + K_k [z_k - H_k x_k(-)] \\ P_k(+) &= [P_k^{-1}(-) + H_k^T R_k^{-1} H_k]^{-1}\end{aligned}$$

状态 x 的估算可用于确定是否发生与触摸表面的接触。注意矩阵 H 和 R 都随时间为恒定，只有矩阵 K 和 P 变化（事实上，P 接近于一常数矩阵）。进一步的简化在于不包括控制过程。

利用一系列表示指示器正以恒定速率接近触摸表面 60 的测量结果，执行 Kalman 滤波器的 Matlab 模拟。图 15 和 16 示出当时间步长 dt 为 0.1 秒、测量精度为 0.5 像素时的该模拟。圈状标记表示数据，线表示 Kalman 滤波器的状态估算。很明显，状态估算非常符合数据。

第二 Matlab 模拟的执行考虑到指示器的垂直 (z) 和水平 (x) 的运动。该模拟基本上是将两个相似的 Kalman 滤波器以“并行”方式一起操作。除了需要考虑的变量的数目加倍外，公式几乎完全一样。图 17a-17d 示出模拟的结果，并表现出指示器以恒定速率和以缓慢变化的 x 位置（即人手的不稳定）向触摸表面 60 的运动。

虽然前述触摸系统 50 包括一将图像显示到触摸屏的投影器，但本

领域的技术人员应理解这不是必须的。触摸屏 52 可为透明或半透明，并被放在一显示单元上，从而使显示单元上的显示可通过触摸屏可视。而且，触摸屏也不需要为包围有框架的矩形层。触摸屏实际上可为在两个或多个数字摄影机的重叠视野范围内的任何表面。

而且，虽然触摸系统 50 包括一与数字摄影机分离的主控制器，但如果需要，可将数字摄影机中的一个改制成同时具有摄影机和主控制器的功能，并对其他数字摄影机巡检 PIP。此时，可作为主控制器的数字摄影机最好包括一比其它数字摄影机更快的数字信号处理器 84。

另外，虽然所述的表面检测程序为确定等式 (0.1) 中使用的系数 A-E，从而计算指示器在相对于触摸屏的给定点 (x,y) 的 z 坐标，在表面检测程序中，可对主控制器 54 编程来计算对应触摸表面的唯一 (x,y) 区域的 z 坐标，并将该 z 坐标存储在一查找表 (LUT) 中。此时，当指示器在数字摄影机捕捉的图像中出现且指示器相对于触摸表面的 (x,y) 位置被确定时，可通过将 LUT 中对应于指示器所处的 (x,y) 区域的 z 坐标和指示器尖端所处的图像传感器和透镜组件的像素行比较，来确定指示器是否与触摸表面接触。

如上所述，对各数字摄影机，主控制器 54 计算或查找触摸表面的 z 坐标，并对该 z 坐标与指示器尖端位置 z 比较，从而确定指示器是否与触摸表面真实接触。但是，本领域技术人员应该知道数字摄影机中的数字信号处理器 84 可以包括图像处理软件以判断指示器是否与触摸表面真实接触。该图像处理可与主控制器指示器接触判断一起或替代它执行。

虽然上面说明了本发明最佳实施例，但本领域技术人员可在不脱离权利要求限定的精神和范围的情况下，对本发明进行变化和修改。

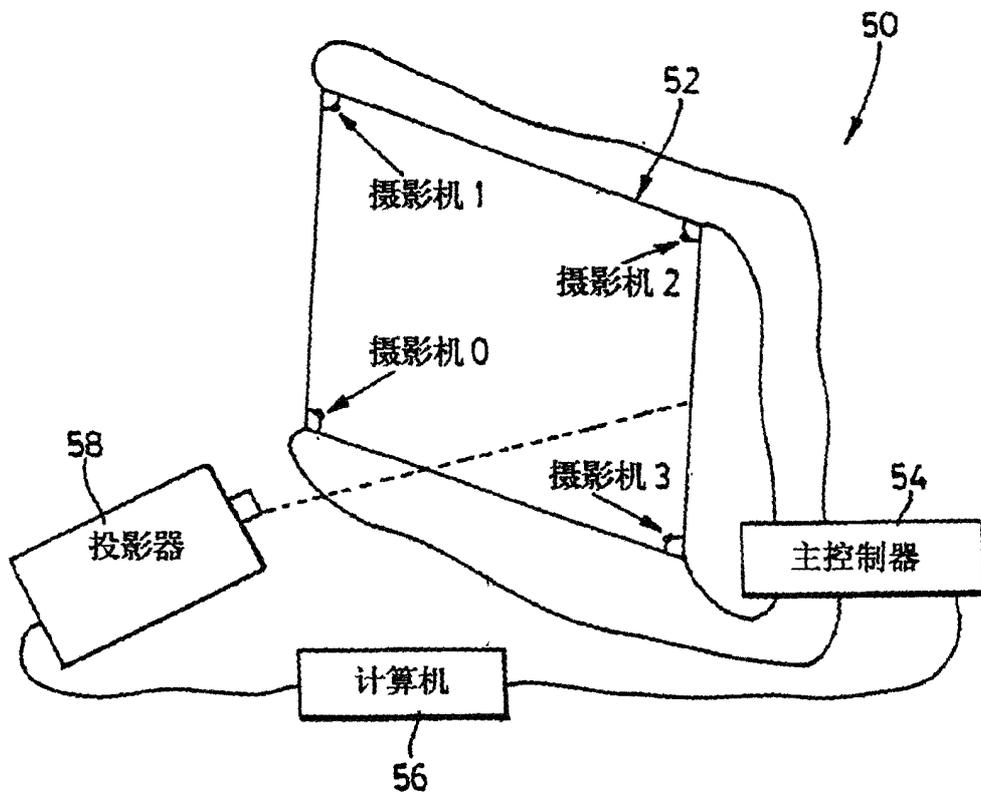


图 1

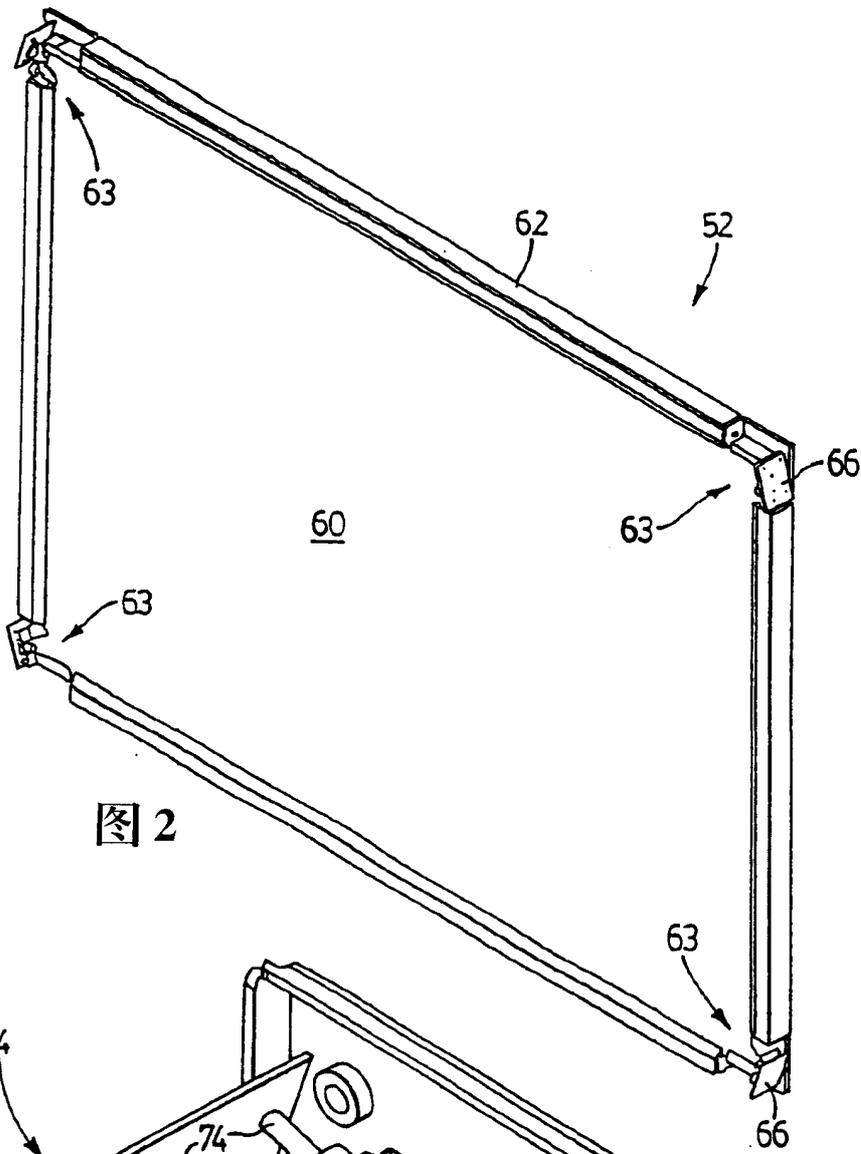


图 2

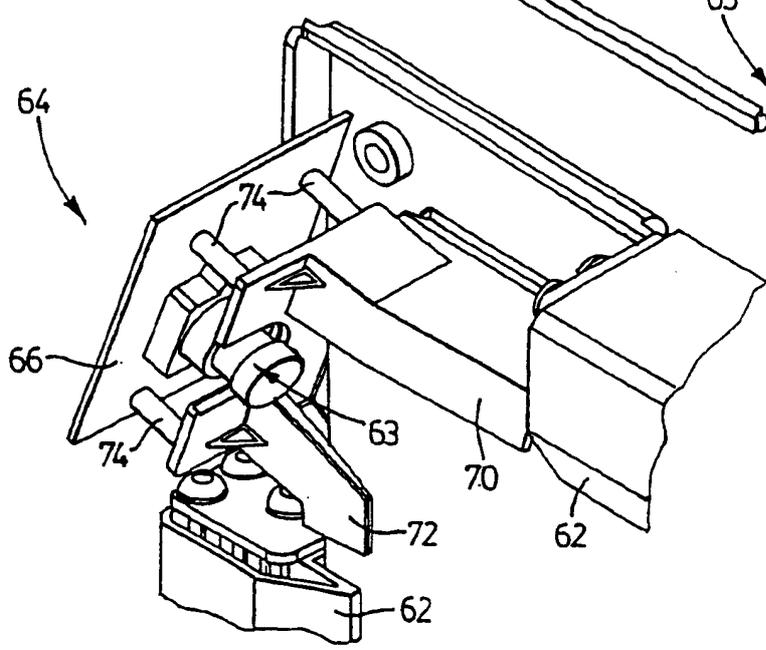


图 3

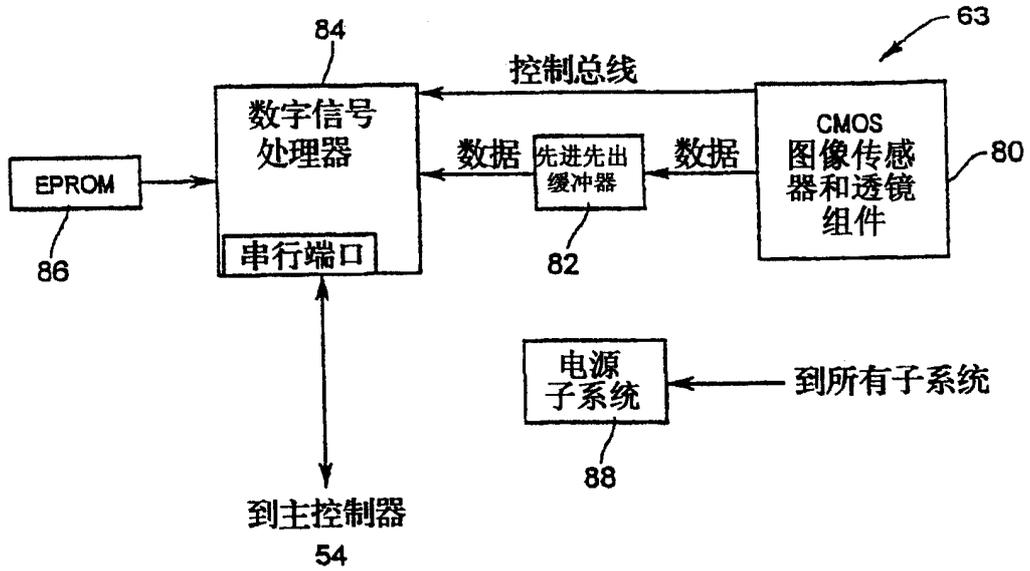


图 4

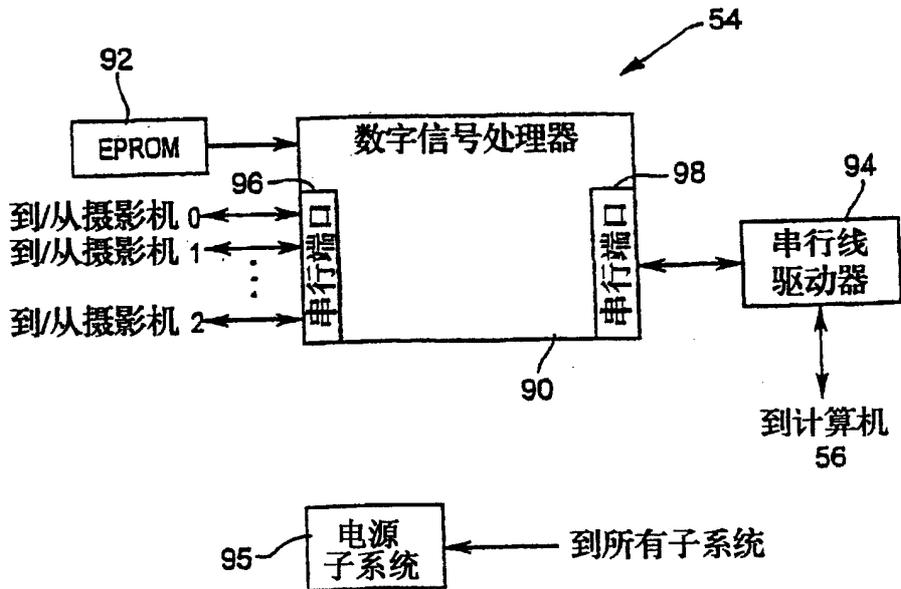


图 5

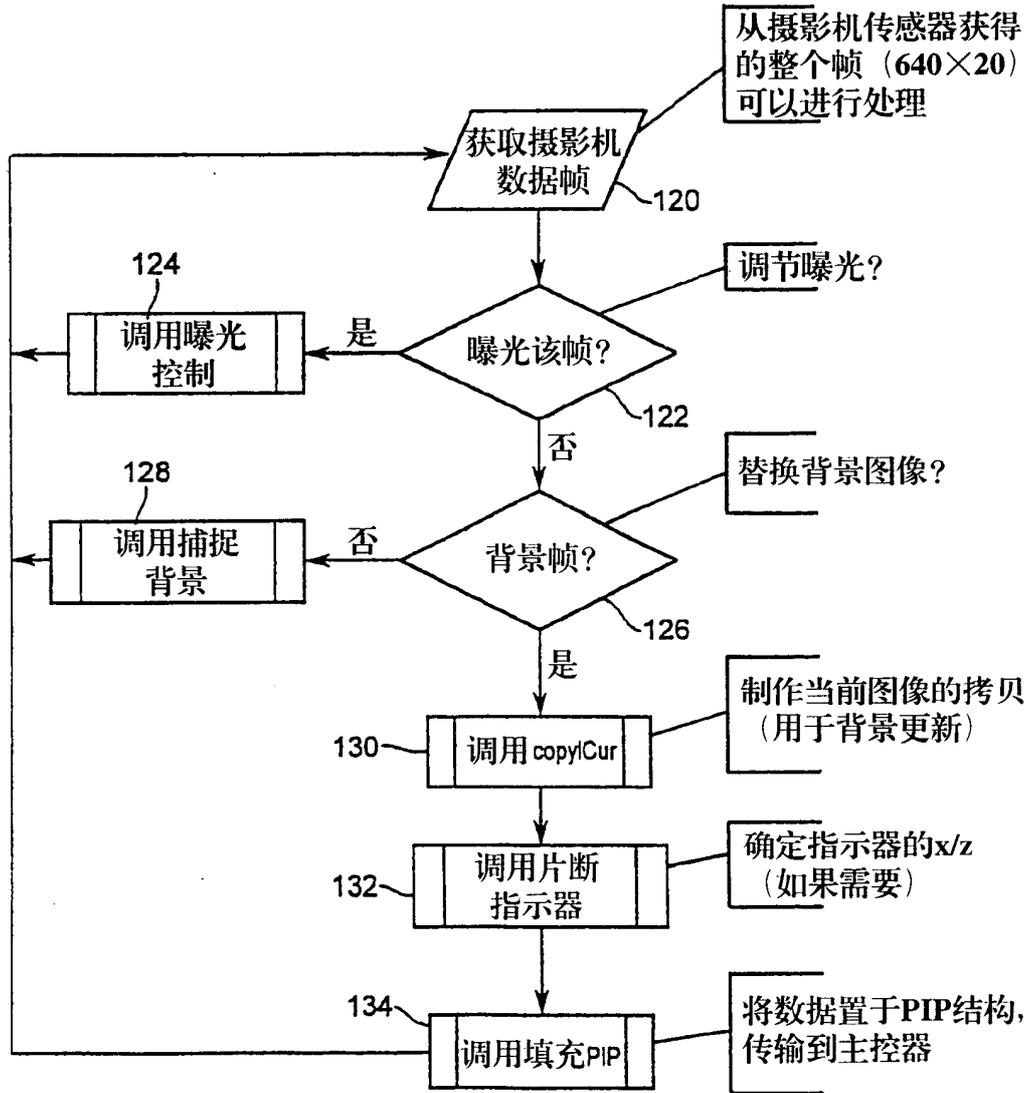


图 6

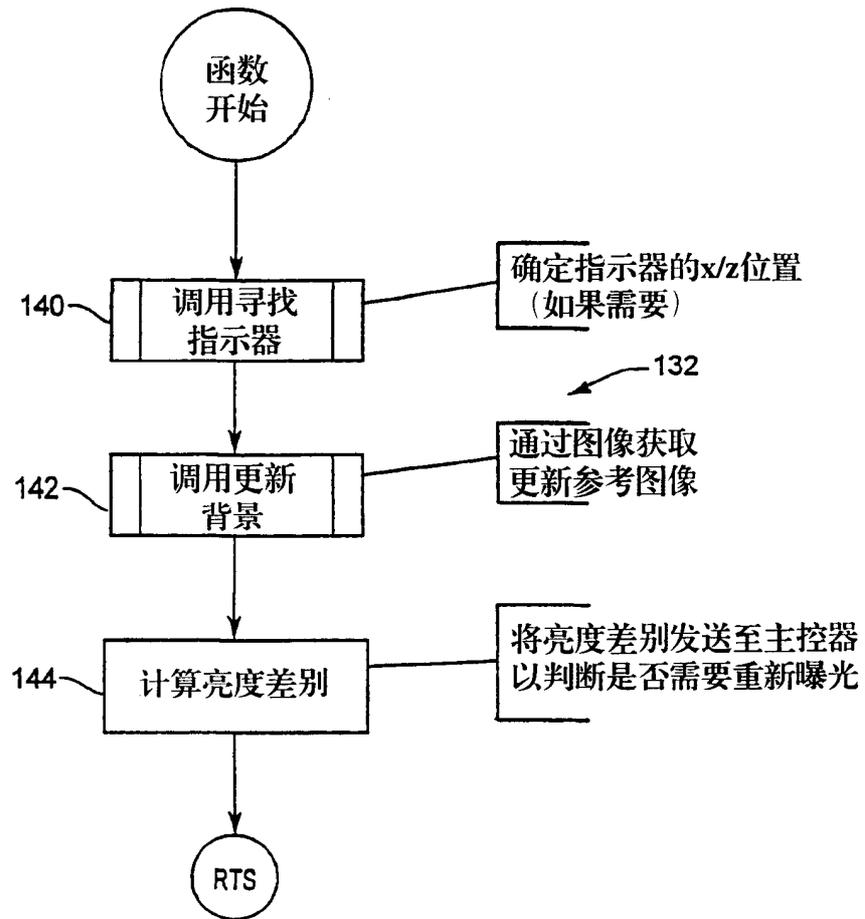


图 7

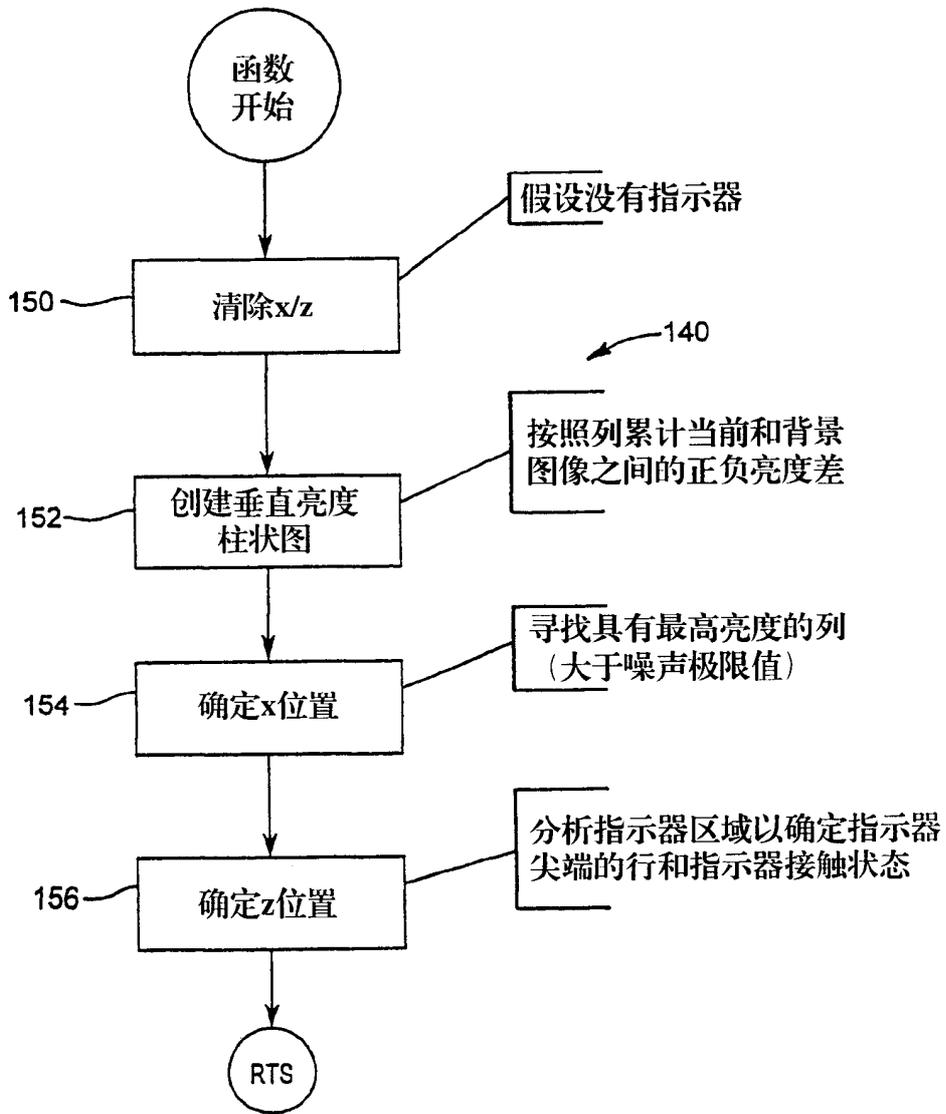


图 8



图 9



图 10

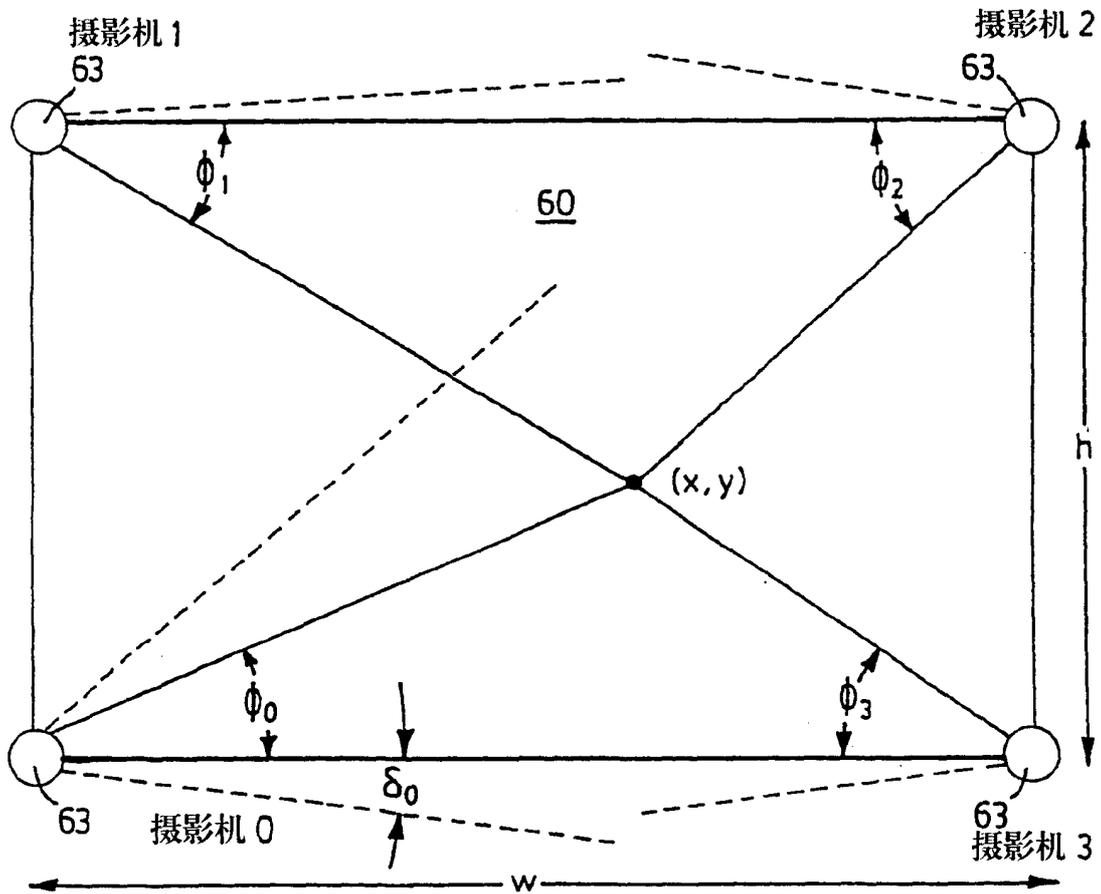


图 11

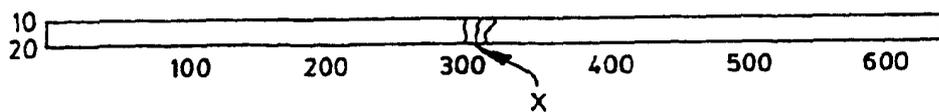
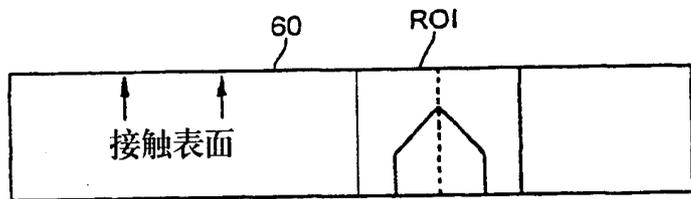
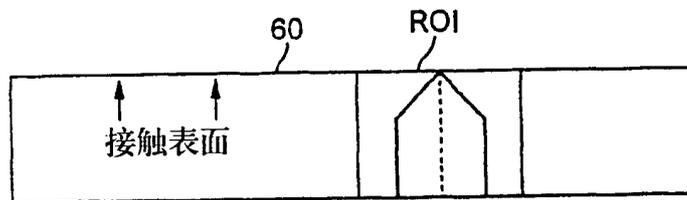


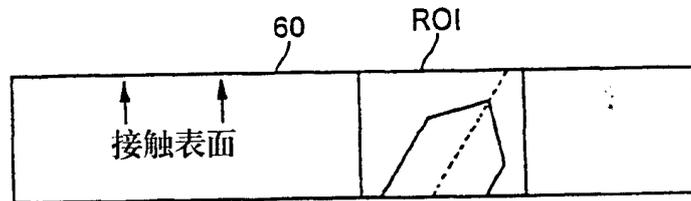
图 12



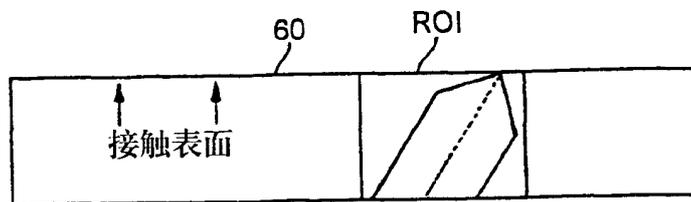
垂直的指示器接近触摸表面，计算出的中心线示出预计的接触点



垂直指示器与触摸表面接触



非垂直指示器接近触摸表面，计算出的中心线示出预计的接触点



非垂直指示器与触摸表面接触

图 13

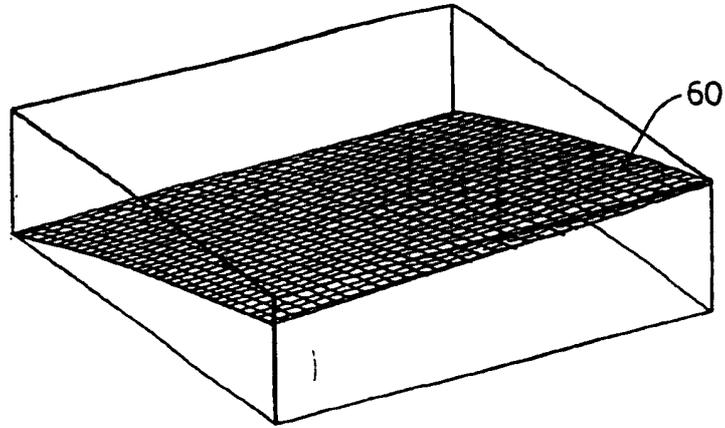


图 14

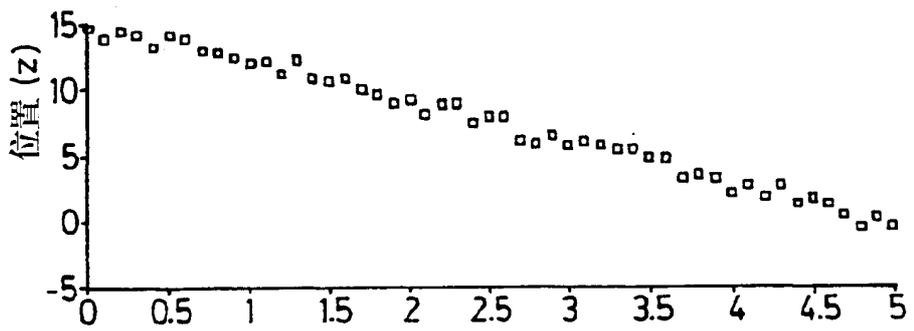


图 15

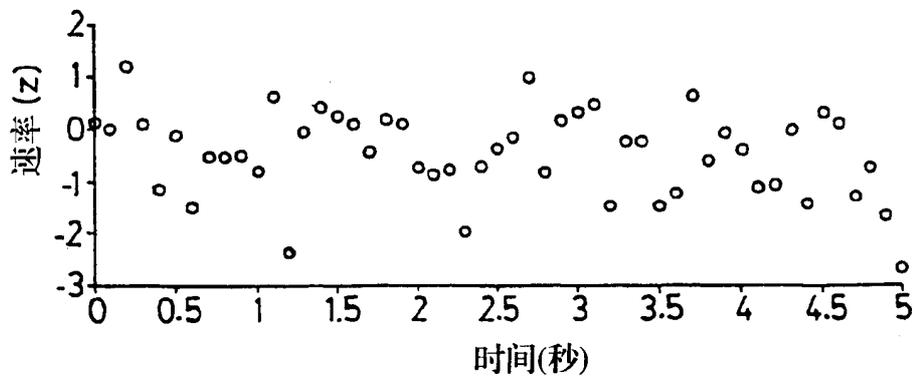


图 16

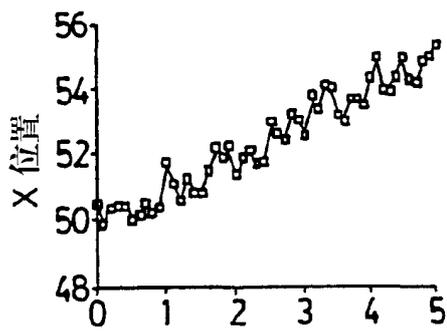


图 17a

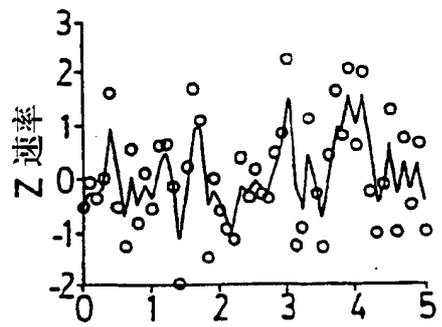


图 17b

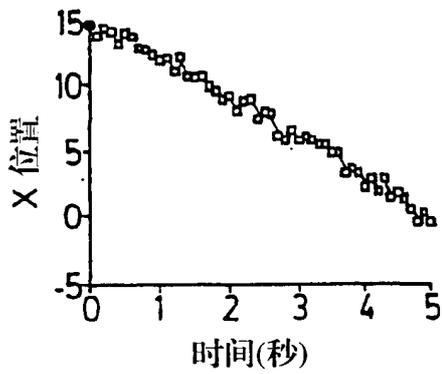


图 17c

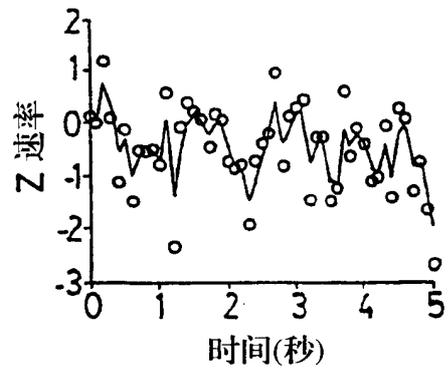


图 17d