

1. 一种用于生成整体触觉效果的接口设备,所述接口设备包括:
 - 表面,被配置为检测与对象接触所述表面相关联的压力量并且发送与所述压力量相关联的传感器信号;
 - 静电设备,耦合到所述表面,并且被配置为通过在所述静电设备的电极层和所述对象之间生成静电力,使用第一类型的刺激在所述表面处创建第一触觉效果;
 - 致动器,被配置为使用不同于所述第一类型的刺激的第二类型的刺激在所述表面处创建第二触觉效果;以及
 - 处理器,与所述表面、传感器、静电设备和致动器通信,所述处理器被配置为:
 - 接收来自传感器的传感器信号;
 - 基于传感器信号确定与对象接触所述表面相关联的所述压力量;以及
 - 基于与接触相关联的所述压力量:
 - 将第一触觉信号发送到所述静电设备,所述第一触觉信号被配置为使所述静电设备创建第一触觉效果;以及
 - 将第二触觉信号发送到所述致动器,所述第二触觉信号被配置为使所述致动器与第一触觉效果同时地创建第二触觉效果,其中所述整体触觉效果包括第一触觉效果和第二触觉效果的组合。
2. 如权利要求1所述的接口设备,其中所述整体触觉效果包括模拟的摩擦系数的变化、振动、所述表面处表面起伏的变化或纹理中的至少一者。
3. 如权利要求1所述的接口设备,其中所述处理器还被配置为:
 - 基于传感器信号检测与接触相关联的压力量随时间的变化;以及
 - 基于接触的压力量随时间的所述变化,修改第一触觉效果或第二触觉效果中的至少一者。
4. 如权利要求1所述的接口设备,其中所述处理器还被配置为:
 - 基于传感器信号确定对象沿所述表面的运动速率;以及
 - 基于对象沿所述表面的所述运动速率确定第一触觉效果或第二触觉效果中的至少一者。
5. 如权利要求1所述的接口设备,其中所述处理器还被配置为:
 - 确定与接触相关联的手势;以及
 - 基于所述手势确定第一触觉效果或第二触觉效果中的至少一者。
6. 如权利要求5所述的接口设备,其中所述手势与电子书中的翻页相关联。
7. 如权利要求5所述的接口设备,其中所述手势是滚动手势或缩放手势。
8. 如权利要求5所述的接口设备,其中所述手势包括多点触摸手势。
9. 如权利要求1所述的接口设备,其中所述处理器还被配置为:
 - 使得组合的触觉效果基于在显示设备上显示的视频内容或由音频设备输出的音频内容来输出。
10. 如权利要求9所述的接口设备,其中所述视频内容是进入的电话呼叫的可视指示,并且所述音频内容是进入的电话呼叫的听觉指示。
11. 如权利要求1所述的接口设备,其中所述表面是非显示表面。
12. 一种提供整体触觉效果的方法,所述方法包括:

接收来自传感器的传感器信号,所述传感器信号指示与对象接触表面相关联的压力量;

基于传感器信号确定与对象接触所述表面相关联的压力量;以及

基于与接触相关联的所述压力量;

将第一触觉信号发送到静电设备,所述第一触觉信号被配置为使所述静电设备创建第一触觉效果;以及

将第二触觉信号发送到致动器,所述第二触觉信号被配置为使所述致动器与第一触觉效果同时地创建第二触觉效果,其中所述整体触觉效果包括第一触觉效果和第二触觉效果的组合。

13. 如权利要求12所述的方法,其中所述整体触觉效果包括模拟的摩擦系数的变化、振动、所述表面处表面起伏的变化或纹理中的至少一者。

14. 如权利要求12所述的方法,还包括:

基于传感器信号检测与接触相关联的压力量随时间的变化;以及

基于接触的压力量随时间的所述变化,修改第一触觉效果或第二触觉效果中的至少一者。

15. 如权利要求12所述的方法,还包括:

基于传感器信号确定对象沿所述表面的运动速率;以及

基于对象沿所述表面的所述运动速率确定第一触觉效果或第二触觉效果中的至少一者。

16. 如权利要求12所述的方法,还包括:

确定与接触相关联的手势;以及

基于所述手势确定第一触觉效果或第二触觉效果中的至少一者。

17. 如权利要求16所述的方法,其中所述手势与电子书中的翻页相关联。

18. 如权利要求16所述的方法,其中所述手势是滚动手势或缩放手势。

19. 如权利要求16所述的方法,其中所述手势包括多点触摸手势。

20. 如权利要求12所述的方法,还包括:

基于在显示设备上显示的视频内容或由音频设备输出的音频内容来输出组合的触觉效果。

21. 如权利要求20所述的方法,其中所述视频内容是进入的电话呼叫的可视指示,并且所述音频内容是进入的电话呼叫的听觉指示。

22. 如权利要求12所述的方法,其中所述表面是非显示表面。

电-振动触感显示器

[0001] 本申请是申请号为201280025757.5、申请日为2012年4月16日、发明名称为“电-振动触感显示器”的发明专利申请的分案申请。

[0002] 相关申请的交叉引用

[0003] 本申请保护于2011年4月22提交的美国专利申请序列号13/092,269的优先权,该申请的全部内容在此引入作为参考。

技术领域

[0004] 本发明涉及电-振动触感显示器。

背景技术

[0005] 连同可视和/或音频内容一起为用户提供触觉效果的系统是已知的。一般的理解是触觉效果可以增强与内容关联的用户体验的一个或多个方面。以往的触觉系统通常只以机械振动的形式提供刺激,这会限制系统与用户的交互。

发明内容

[0006] 根据本发明的一方面,提供了用于提供整体触觉效果的接口(interface)设备。接口设备包括配置成输出整体触觉效果的表面。接口设备进一步包括耦合到该表面并且配置成在该表面创建第一触觉效果的静电设备。接口设备进一步包括配置成在表面创建第二触觉效果的致动器。整体触觉效果包括第一触觉效果和第二触觉效果。

[0007] 根据本发明的一方面,提供了提供整体触觉效果的方法。该方法包括利用静电设备在接口设备的表面生成第一触觉效果并且利用致动器在该表面生成第二触觉效果。整体触觉效果包括第一触觉效果和第二触觉效果。

[0008] 根据本发明的一方面,提供了配置成通过静电显示器提供触觉效果的系统。静电显示器配置成输出,即使当表面是光滑的时候,可以在显示器的表面上模拟一定程度的摩擦或纹理的触觉效果。静电显示器可以输出不同的触觉效果,来模拟不同的摩擦系数或纹理,以便传达在显示器上绘出的拓扑(topography)。在一个实施例中,触觉效果可以模拟传达材料地形的摩擦系数或纹理。在一个实施例中,触觉效果可以模拟传达显示器一个位置的高度或深度的摩擦系数或纹理。在一个实施例中,触觉效果可以传达显示器上一个位置的数据的属性。传感器可以测量所模拟的摩擦系数并且可以基于测量到的系数调整触觉效果。

[0009] 根据本发明的一方面,提供了基于在静电显示器的表面测量到的阻抗改变触觉效果的系统。在一个实施例中,该系统测量由于用户皮肤厚度、手指大小或他们手指上的湿气含量所造成的用户手指阻抗的差别。系统为这些差别调整触觉效果,以便创造系统可能预期由两个或更多用户一贯地体验的刺激。

[0010] 根据本发明的一方面,提供了具有致动器、具有非移动效果发生器,诸如热设备,或者二者都具有的静电显示器。

[0011] 本发明的一方面涉及在除静电显示器的显示屏幕之外的表面上生成触觉效果。在一个实施例中,触觉效果可以在显示设备的侧面或背面生成,其中诸如滑动条的控制装置可以位于那里。其它表面包括例如方向盘、仪表板、操纵杆、触垫(或触控板)和遥控装置的表面。在一个实施例中,触觉效果可以在触垫上对应于显示器上位置的位置生成,以便传达显示器上所示出的特征。

[0012] 当参考附图考虑以下描述和所附权利要求时,本发明的这些与其它目标、特征和特性,及操作方法与结构和部件组合的相关元件的功能和制造的经济性,都将变得更加清楚,其中附图、以下描述和权利要求都构成本说明书的一部分,其中在各个图中相同的标号都指示对应的部分。但是,应当明确地理解,附图仅仅是为了说明和描述的目的而不是要作为本发明限制的定义。如在说明书和权利要求中所使用的,除非上下文清楚地另外指出,否则单数形式“一”、“一个”和“该”也包括复数的所指对象。

附图说明

[0013] 图1A说明了根据本发明一种或多种实施例、配置成利用致动器和静电设备生成触觉效果的系统。

[0014] 图1B说明了图1A系统的另一个视图。

[0015] 图2说明了根据本发明一种或多种实施例、配置成生成模拟纹理的触觉效果的系统。

[0016] 图3说明了根据本发明一种或多种实施例、配置成生成对应于一个或多个数据元素的触觉效果的系统。

[0017] 图4说明了根据本发明一种或多种实施例、配置成生成对应于一个或多个数据元素的触觉效果的系统。

[0018] 图5说明了根据本发明一种或多种实施例、配置成生成对应于一个或多个数据元素的触觉效果的系统。

[0019] 图6说明了根据本发明一种或多种实施例、配置成生成对应于地图位置的触觉效果的系统。

[0020] 图7说明了根据本发明一种或多种实施例、高度如何利用触觉效果来模拟的描述。

[0021] 图8A和8B说明了根据本发明一种或多种实施例、配置成基于用户手势生成触觉效果的系统。

[0022] 图9说明了根据本发明一种或多种实施例、配置成基于视频或音频触发(trigger)生成触觉效果的系统。

[0023] 图10说明了根据本发明一种或多种实施例、配置成在非显示表面上生成触觉效果的系统,其中触觉效果传达纹理。

[0024] 图11说明了根据本发明一种或多种实施例、配置成在非显示表面上生成触觉效果的系统。

[0025] 图12说明了根据本发明一种或多种实施例、配置成在非显示表面上生成模拟纹理的触觉效果的系统。

[0026] 图13说明了根据本发明一种或多种实施例、配置成在非显示表面上生成触觉效果

的系统。

[0027] 图14说明了根据本发明一种或多种实施例、配置成生成触觉效果的系统及其电路的框图。

具体实施方式

[0028] 图1说明了在用户接口提供模拟摩擦系数的触觉效果的系统100的一个实施例。触觉效果指一种刺激或力,包括但不限于振动、吸引或排斥力、电压或电流、某种其它的机械或电磁力、加热或致冷,或者某种其它刺激。触觉效果可以包括本文所述的力或刺激的一个或者其组合。多种触觉效果可以组合,形成整体触觉效果。触觉效果可以在用户接口输出,向与该接口交互的用户或对象提供反馈。它可以通过机械运动提供反馈,例如通过固态目标的振动、液体的振动或者致动像针或棒的对象去接触用户。通过改变表面的起伏或轮廓线,针或棒会使表面变形。整体触觉效果还可以通过静电作用提供反馈,或者在对象,像位于用户接口的手指,上生成力,或者向可以感觉到信号的对象,像手指的神经或触控笔中的传感器,发送电信号。

[0029] 系统可以是例如音乐播放器、视频播放器、图形显示器、电子书阅读器的一部分,这些设备的某种组合,或者是具有用户接口的某种其它通用设备。这种实施例中的系统100通过显示屏幕110与用户接口,其中显示屏幕110配置成感测触摸屏幕110的对象。这种对象可以是用户的手指140、用户的手掌或者是用户身体可以感测到触觉效果的任何其它部分。对象还可以是触控笔或者其存在可以在屏幕110上被感测到的某种其它设备。屏幕可以通过电容性、电阻性或电感性耦合感测对象的存在,但是不限于那些技术。

[0030] 系统100可以通过一个或多个致动器112、114、116、通过静电设备120或者通过其组合在显示屏幕110的表面提供触觉效果。致动器112、114和116配置成在屏幕110的表面可以转化为振动的机械运动。致动器可以实现为压电致动器、音圈、例如螺线管的磁性致动器、气动致动器、超声能量致动器、偏心质量致动器、电活性聚合物致动器、形状记忆合金或者某种其它类型的致动器。致动器可以依赖把扭矩转换成振动的电动机、依赖液体压力、依赖材料形状的变化或者依赖生成运动的其它力。例如,致动器可以使用两个对象,例如以下讨论的导电层120和绝缘层122,之间,或者静电表面致动器中的层之间的静电吸引来生成运动。另外,致动器不限于生成振动,而是还可以生成横向运动、上下运动、旋转运动或者其某种组合或者某种其它运动。对于图1A中的实施例,致动器116可以是生成振动以生成触觉效果的压电或音圈致动器,致动器112可以是生成上下运动以生成触觉效果的螺线管,而致动器114可以是生成横向运动以生成触觉效果的的气动致动器。当期望触觉效果时,致动器全都可以被激活,或者可以只有一个被激活,以便省电或者生成不同的触觉效果。另外,特定的致动器可以定位并配置成为整个系统100、只为与用户接口的显示屏幕110、只为显示屏幕的一部分或者在系统100的某个其它部分上生成触觉效果。例如,通过保持振动水平足够低,使得超过其角落的振动幅值小于阈值幅值,致动器116可以配置成只为其显示屏幕110的角落生成振动。

[0031] 系统100还通过静电设备提供触觉效果。静电设备可以是电振动触感显示器或者为了生成触觉效果而施加电压和电流而不是机械运动的任何其它设备。这种实施例中的静电设备具有至少一个导电层120和一个绝缘层122。导电层120可以是任何半导体或其它导

电性材料,例如铜、铝、金或银。绝缘层122可以是玻璃、塑料、聚合物或者任何其它绝缘材料。系统100可以通过向导电层120施加电信号来操作静电设备。电信号可以是AC信号,在这种实施例中,AC信号电容性耦合导电层与位于显示屏幕110附近或者触摸其的对象。AC信号可以由高压放大器生成。系统100还可以依赖除电容性耦合之外的其它原理生成触觉效果。电容性耦合可以在显示屏幕110的表面上模拟摩擦系数或纹理。摩擦系数是模拟的系数,在于当显示屏幕110可以是平滑的时候,电容性耦合可以在屏幕110附近的对象与导电层120之间产生吸引力。即使当表面的材料结构没有变化时,该吸引力也增加表面的摩擦。改变对象与导电层之间的吸引水平(level)会改变在跨显示屏幕110移动的对象上的摩擦。改变摩擦力模拟摩擦系数的变化。模拟的摩擦系数也可以通过致动器改变。例如,致动器可以通过生成振动或者通过改变显示屏幕110的表面起伏以改变实际摩擦系数来增加摩擦力。

[0032] 电容性耦合还可以通过刺激对象在显示屏幕110附近或触摸其的部分,例如用户手指140的皮肤中的触觉小体或者触控笔中可以响应耦合的组件,来生成触觉效果。例如,皮肤中的触觉小体可以被刺激并把电容性耦合感测成作为振动或者某种更加具体的感觉。例如,导电层120可以施予AC电压信号,该信号与用户手指140的导电部分耦合。当用户触摸显示屏幕110并且在屏幕上移动他或她的手指140时,用户可以感测到多刺、颗粒、凹凸、粗糙、粘性或者某种其它纹理。当手指140跨屏幕110移动时,用户皮肤的触觉小体还可以被刺激,具有一般的感觉。因此,通过生成与在屏幕附近或者触摸其的对象耦合的信号,电容性耦合可以用于模拟摩擦系数或纹理。

[0033] 为了跨许多不同的对象或人提供相同的吸引力或者提供相同水平的刺激,系统100还可以包括可以测量显示屏幕110表面处阻抗的传感器。传感器可以通过跨表面施加脉冲并且测量表面电压或者通过测量电容性耦合的强度来测量阻抗。传感器可以使用其它已知的技术来测量阻抗,而且可以补偿变化的环境条件,例如空气中的湿气或者温度。触觉效果可以基于人的阻抗来调整。例如,更有力的触觉效果可以应用到具有更高阻抗的对象,而不太有力的效果用于具有较低阻抗的对象。

[0034] 在一个实施例中,用户接口不具有绝缘层,从而对象会直接触摸到导电层。触觉效果可以通过把来自导电层的电流传递到对象来生成。作为代替,这种实施例可以使用绝缘层,但是在绝缘层中包括一个或多个电极,当对象跨绝缘层移动时,这些电极可以把电流传递到触摸这些电极的对象。

[0035] 在一个实施例中,触觉效果系统可以包括可以与致动器和静电设备组合的热设备118。热设备118可以通过直接或间接地加热或致冷与系统交互的对象来生成触觉效果。

[0036] 触觉效果可以由致动器和静电设备一次一个地或者可以组合生成。例如,电压可以足够高的电平施加到导电层120,既吸引触摸屏幕110的手指140的皮肤,又刺激皮肤内部的小体(corpuscle)。与这种电振动触感触觉效果同时,静电力可以在导电层120与绝缘层122上产生,以在那些层中创建机械运动。触觉效果可以与由致动器112、114和116中的一个或组合生成的运动组合。设备可以一起工作,以在屏幕的表面上模拟摩擦系数或者纹理。致动器可以生成振动,例如,还模拟表面摩擦的变化或纹理。

[0037] 当对象,像用户的手指140,跨屏幕110的表面移动时,设备可以生成不同的模拟纹理或摩擦系数。图1A示出了第一触觉区域130、第二触觉区域132和第三触觉区域134,但是其它实施例可以具有一个、两个或者多于三个触觉区域。当用户的手指在第一区域130之上

移动时,致动器与静电设备可以模拟第一纹理或摩擦系数。当用户的手指在第二和第三区域132、134之上移动时,致动器与静电设备可以分别模拟可以与第一纹理或摩擦系数不同的第二和第三纹理或摩擦系数。

[0038] 该系统还可以具有测量所模拟的摩擦系数的传感器。这可以是与上述测量阻抗的传感器相同的传感器,或者可以是不同的传感器。传感器可以基于屏幕110表面,例如从触摸屏的对象,接收的实测压力并且基于对象在表面的运动来测量所模拟的系数。对象的运动可以基于表面处的压力如何随时间和随表面上的位置变化来测量。例如,传感器可以基于用户手指在屏幕110上的加速度并基于表面从用户手指接收到的压力来计算代表所模拟摩擦系数的值。

[0039] 触觉效果和传感器可以由控制器控制。控制器可以分析阻抗、所模拟的摩擦系数、表面压力、在表面测量到的运动速率及其它因素来确定是否存在触觉效果的触发条件或者触觉效果应当多有力。控制器的细节在下面讨论。

[0040] 图1A触觉效果系统的前视图在图1B中说明,该图示出了具有模拟的摩擦系数或纹理的触觉区域130。当用户在该区域之上移动手指140时,致动器和静电设备可以生成模拟对应于所模拟摩擦系数的摩擦力的触觉效果。触觉区域的面积可以比图1A和1B中所示的小得多或者大得多,而且其关联的摩擦系数或纹理也可以改变。

[0041] 图2示出了触觉效果系统200的一个实施例。系统200配置成通过显示屏幕210提供用户接口。显示屏幕210具有当用户手指140跨该区域移动时可以模拟粗糙砖块纹理的触觉区域230。显示屏幕210还具有当用户手指140跨该区域移动时模拟岩石凹凸质感的另一个触觉区域232。该系统可以生成模拟其它纹理的触觉效果,例如粘性、粗糙或研磨。触觉效果可以结合来自热设备的加热或致冷,以便既模拟纹理又模拟温度。

[0042] 图3示出了触觉效果系统200可以提供的另一种形式的交互。系统200可以生成代表例如文件夹的数据元素的触觉效果。屏幕210可以具有三个触觉区域330、332和334,为不同类型的文件夹模拟不同的纹理或摩擦系数。例如,当用户手指140跨对应于代表可视数据的文件夹的区域330移动时,系统200可以提供不太有力的或者不提供触觉效果。当用户手指140跨对应于代表音频数据的文件夹的区域332移动时,系统200可以提供更有力的触觉效果。当用户手指140跨对应于代表保护数据的文件夹的区域334移动时,系统200可以提供甚至更有力的触觉效果。触觉区域可以对应于许多不同类型的数据元素,例如按钮、复选框、下拉框、其它表单元素、图标、光标和窗口。系统200可以基于时间改变一个区域的纹理或摩擦系数。例如,如果一个触觉区域对应于按钮,则系统200可以在用户手指140跨该区域移动的第一时刻和第二时刻之间改变该区域的纹理或摩擦系统。例如,这种改变会反映按钮被按下了。

[0043] 数据元素的另一个例子在图4中示出。在这里,触觉区域430对应于滑动条(或者滚动条)。当用户手指140跨该区域移动时,只要手指140还在这个区域中,系统200就可以生成模拟纹理或摩擦系数的触觉效果。系统200可以把触觉效果定位到滑动条上手指所处的区域中。例如,系统200可以在屏幕210下面具有处于不同位置的多个致动器,而且它可以只致动最靠近手指140的一个致动器。

[0044] 系统200还可以配置成调节触觉效果,以便调节所模拟的纹理或摩擦系数。即,用户可以配置系统200具有高模拟摩擦系数,以便在利用滑动条向下滚动屏幕的同时实现更

多控制。系统还可以自动地基于例如手指140的运动调节触觉效果。例如,如果用户的手指尝试快速滚动,则系统200可以通过感测屏幕上的高运动速率并且生成模拟较低摩擦系数的不太有力的触觉效果来适应用户。

[0045] 图5示出了把触觉区域对应到文本属性的例子。这个特定的实施例示出了对应于文本突出显示的触觉区域530。作为代替,触觉区域可以对应于下划线、斜体、粗体文本,对应于某种字体的文本,或者可以认为是文本所有的任何其它属性。另外,当属性施加到文本时,触觉区域可以被指定或修改。例如,当用户在突出显示文本的过程中时,系统可以生成触觉效果。

[0046] 触觉区域可以不仅对应于文本的可视属性,而且还可以对应于不可视的属性,例如元数据。例如,系统200可以对超链接文本指定触觉区域。在另一个例子中,系统200可以访问XML文件,以便识别属于某个部分的某些文本并且向那个部分指定触觉区域。如前面所讨论的,一个区域的摩擦系数可以基于时间或者基于屏幕上的运动而改变。在这种情况下,当用户手指140把文本滚动到屏幕210上的不同位置时,通过在新位置设置新的模拟摩擦系数并且例如把旧位置的模拟摩擦系数设置成零或者某个缺省值,系统200配置成有效地把触觉区域移动到文本的新位置。

[0047] 图6示出了把触觉区域对应到一个位置的另一个例子。在该实施例中,触觉区域632可以对应于与用户没有特定相关性的位置并且具有零或者某个缺省的模拟摩擦系数。触觉区域630和634可以具有区分两个不同位置的不同模拟纹理或摩擦系数。摩擦系数可以充当位置的标识符。系统200还可以生成产生模拟该位置地形的纹理或摩擦力的触觉效果。例如,位于触觉区域630的触觉效果可以模拟砂石场的纹理,而位于触觉区域634的触觉效果可以模拟砂石赛道的纹理。触觉效果不限于模拟地形的纹理。例如,屏幕210可以显示服装、纺织品、食品、和其它的材料与产品。系统200可以指定对应于所显示材料或产品的触觉区域并且生成模拟那种材料或产品的纹理或摩擦力的触觉效果。

[0048] 一般,可以生成模拟图画中的纹理的触觉效果。例如,如果用户手指140在显示屏幕210上呈现的绘图程序中绘画,则系统可以生成产生纹理的触觉效果,例如,当用户手指140在屏幕上画交叉线时,该触觉效果模拟交叉线的纹理,或者当用户手指140在屏幕上画喷雾时,模拟粒状纹理。

[0049] 图7示出了表面特征的模拟,尤其是凸起的边缘。在该实施例中,所模拟的凸起边缘731可以代表在屏幕上绘制的区域的三维方面,例如按钮、文本框、图标或者其它用户输入对象。例如,感觉到按钮的模拟凸起边缘的用户可以知道他们的手指已经移动到按钮的顶部,而不需要看屏幕。所模拟的表面特征可以更一般性地传达用户接口处的高度或深度。

[0050] 凸起边缘731可以由时间域剖面来定义,当用户手指140在触觉区域732之上时,应用更激烈的触觉效果,当用户手指140在触觉区域730之上时,应用不太激烈的触觉效果,而当用户手指140在触觉区域734之上时,不应用触觉效果。例如,当用户手指140在区域732之上移动时,触觉效果系统可以模拟高摩擦系数,以便表示凸起边缘731的上升斜率。当用户手指140在区域730之上移动时,触觉系统可以模拟另一个比较低的摩擦系数,以便表示对象的平坦顶部。当用户手指140在区域734之上移动时,触觉系统可以模拟甚至更低的摩擦系数(例如,零),以便表示向下的斜率。通过检测用户的手指是否在朝对应于上升边缘的区域730移动,或者用户的手指是否在移开对应于下降边缘的区域,系统可以改变触觉效果,

对上升模拟较高的系数并且对下降模拟较低的系数。虽然该实施例描述了随时间改变触觉效果的时间域剖面,但是时间不是一个独立的变量。相反,触觉效果的定时依赖于手指140的位置。因此,时间域剖面中的触觉效果不是总在固定的时间施加,而是可以依赖用户的手指多快地接近触觉区域730、732和734。

[0051] 为了更一般性地传达用户接口处的高度或深度,拓扑地图可以用于把触觉区域和摩擦系数指定给用户接口上的位置。触觉区域不限于两个模拟的摩擦系数,而是可以具有更多或更少系数。更多的系数可以用于根据用户手指移动的方向调节模拟的摩擦。例如,如果用户手指在从对应于北的方向接近区域730,则系统可以应用一个摩擦系数,而如果用户手指在从对应于西的方向接近区域730,则系统可以应用一个不同的摩擦系数。具有多个系数可以有效地把区域732分成对应于不同斜率的独立子区。通过用地图中两个水平面之间的水平距离去除这两个水平面之间的高度差,该系统还可以配置成基于例如拓扑地图计算斜率。对于屏幕上所显示的图像,该系统还可以配置成基于例如照明差异、阴影位置及可以用于测量图像中高度差的其它可视因素计算图像中的高度差。该系统可以结合高度与地形信息来生成既模拟拓扑又模拟对象、地形或用户接口上所显示的某种其它类型图像的纹理的触觉效果。

[0052] 致动器也可以用于改变高度或深度的感知。例如,它们可以生成振动,以便发信号通知从代表斜坡的区域到代表高原的区域的区域的变化。作为替代,致动器可以通过使用例如棒或针改变表面起伏来真正地创建高度或深度。

[0053] 触觉效果可以不仅基于所测量到的表面压力和来自对象在表面的运动速率而且更具体地基于所识别出的手势来生成。图8A和8B示出了响应翻页手势而生成的触觉效果。触觉效果系统800具有在屏幕上绘出一叠页面820的显示屏幕810。不是对屏幕810上的位置指定触觉区域,系统800可以在识别出用户手指140翻动这叠页面820中的一页时生成触觉效果。例如,系统可以检测用户的手指是否在屏幕810的右下角开始并且它是否向左移动。一旦系统800绘制出首页被翻开,系统800就检测用户手指140是否沿着该页的角落。如果是,系统800就可以把这识别为翻页手势并且生成触觉效果。该系统可以配置成识别其它手势,例如滚动手势、缩放手势或者可以被识别的任何其它手指运动。对于缩放手势,系统800可以配置成识别多于一根手指在屏幕810上的运动。系统800还可以基于两根、三根、四根或者更多根手指识别其它手势,例如捏的手势或者旋转手势。系统还可以适应来自多于一个用户的手指运动。

[0054] 触觉效果还可以基于用户接口所示出的视频、图形或音频内容来启动。图9示出了生成伴随进入的电话呼叫的可视与音频指示的触觉效果的触觉效果系统900。系统900可以配置成生成触觉效果,例如,当屏幕显示电话呼叫的可视指示时,该触觉效果在屏幕910上模拟摩擦系数或纹理。

[0055] 另外,触觉效果可以在除显示屏幕之外的用户接口表面上生成。因为用于设备的控制装置可以位于除显示屏幕之外的表面上,所以屏幕不需要能够接收用户输入。相反,屏幕可以仅仅输出可视与音频内容和触觉效果,而图9中系统的非显示表面上的滑动条(slider)930可以例如接收用户输入。滑动条可以是应答进入的呼叫的一个控制装置。系统可以在没有触发事件的情况下生成触觉效果。例如,静电设备可以在滑动条下面施加恒定的电压,而不管是否存在用户或触发事件。作为替代,它可以只对触发事件,像进入的呼

叫,生成触觉效果。

[0056] 图10示出了另一个非显示表面1020。在一个例子中,该表面可以属于向计算机显示屏1010提供输入的触控板或触垫。计算机系统1000可以把屏幕1010上的区域对应到触垫1020上的触觉区域。当用户的手指140跨区域1030移动时,例如,触垫可以生成由计算机系统的显示器1010接收并且反映为跨区域1040移动的光标或指针的输出信号。触垫1020还可以从计算系统1000接收输入信号,该输入信号使触觉效果在触觉区域1030生成。当用户的手指移动到区域1032和1034上时,触垫可以检测该运动并且向系统1000输出使其显示跨显示屏1010上对应区域1042和1044移动的光标或指针的信号。同时,系统可以向触垫1020发送当用户的手指140跨区域1032移动时使其生成第一触觉效果并且用户的手指140跨区域1034移动时使其生成第二触觉效果的信号。

[0057] 图11示出了另一个例子,其中触觉区域可以是边界区域的形式。该实施例示出了包含一个文件1144的文件区域1140和不包含文档的文件区域1142。文件区域可以是在显示屏1010上绘出的窗口或文件夹。系统1000可以指定对应于文件区域1140边界的触觉区域1130而且可以指定对应于文件区域1142边界的触觉区域1132。文件区域可以被锁定,使得文件不能从一个区域传输或者不能写到另一个区域。当图11中的触觉区域检测到用户手指140例如把文件移出区域1140或者移入区域1142时,可以提供触觉效果。即,系统可以在用户手指触摸或靠近区域1130或1132的边缘时生成向用户指示尝试被禁止动作的触觉效果。系统1000可以只有用户在尝试拖动文件的时候才启动触觉效果。例如,系统1000可以监视在触垫1020的运动,以便检测用户的手指是否在区域1134开始其运动。如果用户的手指在触垫1020的某个其它部分开始其运动,则系统1000可以决定不生成触觉效果。

[0058] 图12示出了另一个例子,其中触垫1020可以模拟对应于屏幕1010上地形的位置的摩擦或纹理。不像图6中所示的实施例,这个实施例中的触觉效果在像触垫1020的非显示表面上模拟纹理。在这里,系统1000可以显示一张地图,在位置1240有红土网球场并且在位置1242有硬地球场。系统可以指定与红土球场1240的屏幕描绘对应的触觉区域1230,及类似地对应于所描绘的硬地球场1242的触觉区域1232。系统可以监视表面运动,并且当用户的手指跨区域1230移动时,生成产生类似于红土球场的摩擦力或纹理的触觉效果,而当手指跨区域1232移动时,生成产生类似于硬地球场的摩擦力或纹理的触觉效果。甚至对于没有在显示屏1010上显示的特征,也可以生成触觉效果。例如,系统1000可以指定触觉区域1234,该区域可以对应于没有在显示屏1010上显示或者用户看不到的地下隧道。

[0059] 图12中所绘制的触觉区域仅仅是为了说明,而不一定是真正可视的。系统1000可以在屏幕上显示光标、指针、图标或头像,以便允许用户看到他在触垫上的运动如何对应于屏幕上的运动。

[0060] 图13示出了另一个可以输出触觉效果的非显示表面,这次是在游戏遥控装置1320上。游戏遥控装置1320可以使用致动器、静电设备、热设备或者其某种组合在控制器的表面生成触觉效果。触觉效果可以由显示屏1310上绘出的事件、或者遥控装置的加速度或速度、控制器1320相对于屏幕1310的位置或朝向、基于声音、光照水平或某种其它触发来触发。

[0061] 其它触发可以用于所讨论的任何实施例。触发的其它例子包括温度、湿度、照明、其它环境条件和(例如,与另一个对象的)表面接触面积。这些因素不仅可以充当触发,而且

可以充当触觉效果多有力的决定因素。例如,如果传感器检测到黑暗或低照明条件,则可以生成更有力的触觉效果来补偿那些条件下比较差的可视性。

[0062] 另外,其它非显示表面也可以使用。例如,触觉效果可以在开关、旋钮、某种其它控制仪器、仪表板、某种其它板的表面上或者可以输出触觉效果的任何其它表面上输出。此外,本发明的实施例可以与可变形的表面一起使用,例如适于整体(gross)变形的表面。

[0063] 图14说明了用于生成触觉效果的模块1400的实施例。模块1400可以包括在本文所述的触觉效果系统的任意实施例中。模块1400可以包含生成一个或多个触觉效果的触觉设备1430,而且可以基于传感器1440测量到的阻抗或模拟摩擦系数来调整效果。传感器数据可以被控制器1450分析并且存储在存储器1420中。控制器1450可以作为处理器1410的一部分包括,或者控制器可以是独立的逻辑电路。

[0064] 尽管已经为了说明的目的而基于目前被认为是最实用和最优选的实施例对本发明进行了详细的描述,但是应当理解,这种细节仅仅是为了那个目的而且本发明不限于所公开的实施例,相反,本发明是要覆盖属于所附权利要求精神与范围的修改与等效布置。例如,应当理解,尽可能地,本发明预期任何一个实施例的一个或多个特征都可以与任何其它实施例的一个或多个特征组合。

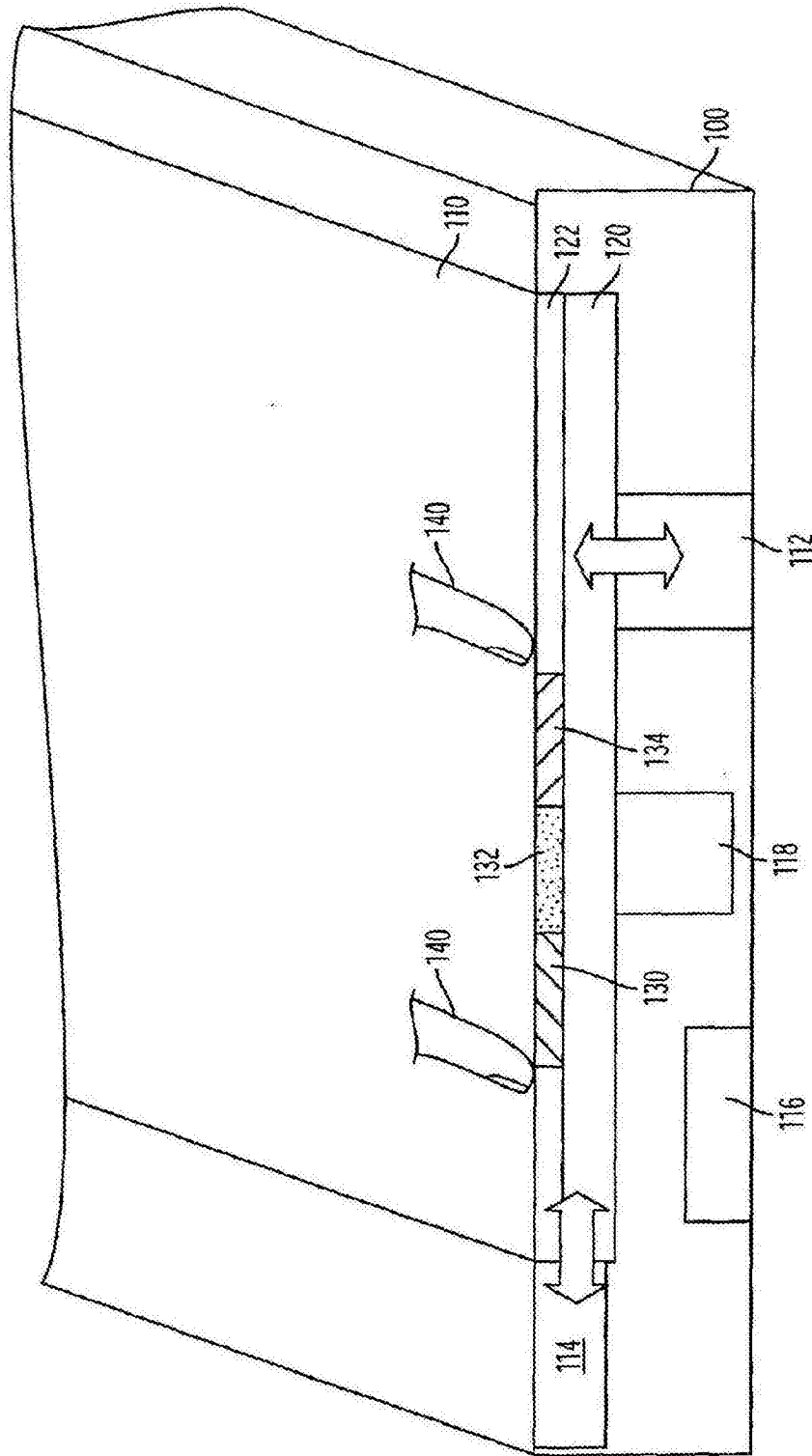


图1A

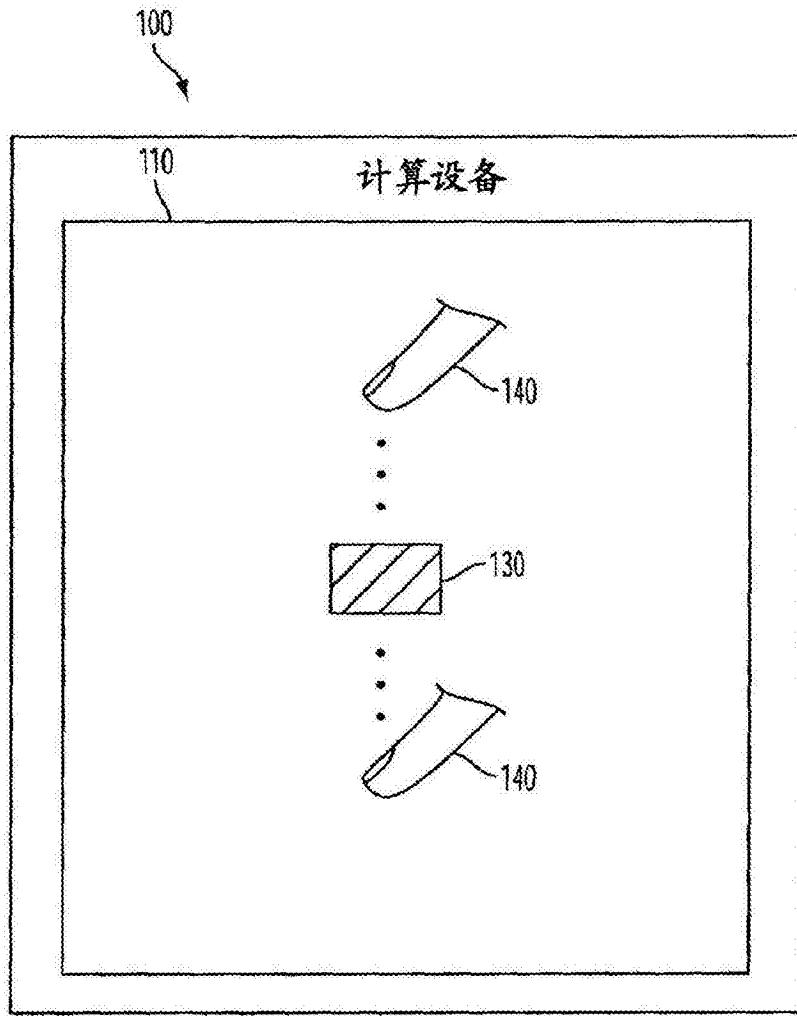


图1B

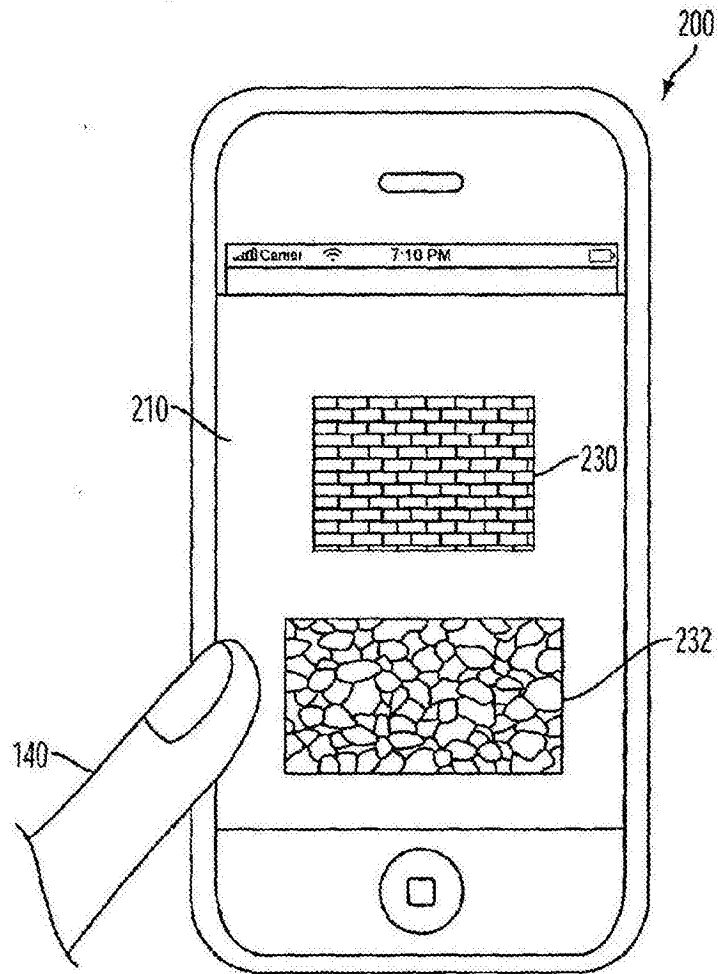


图2

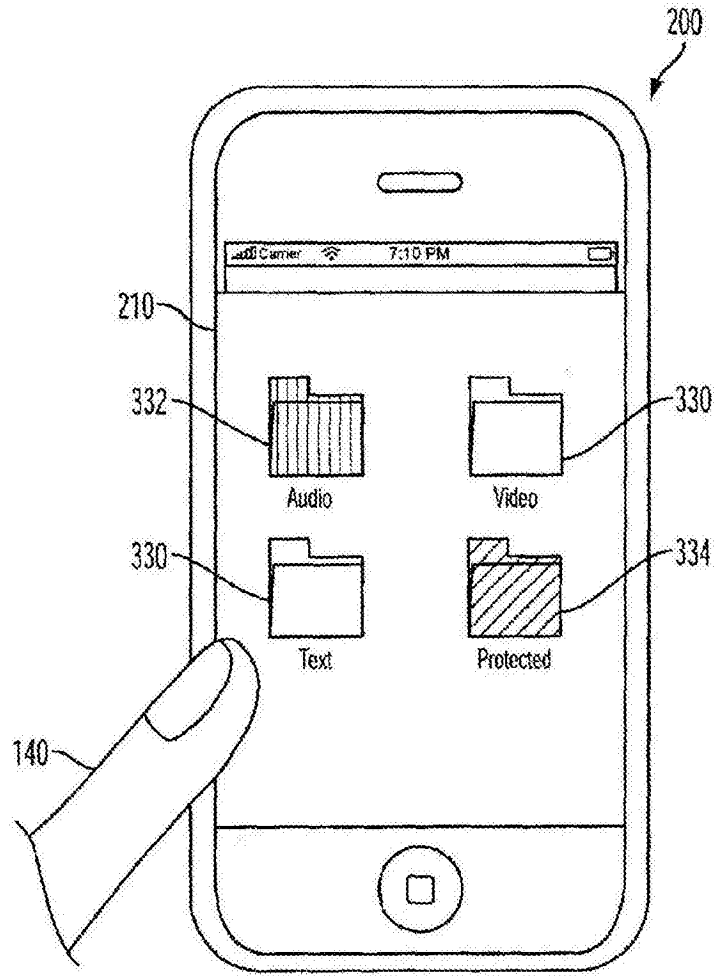


图3

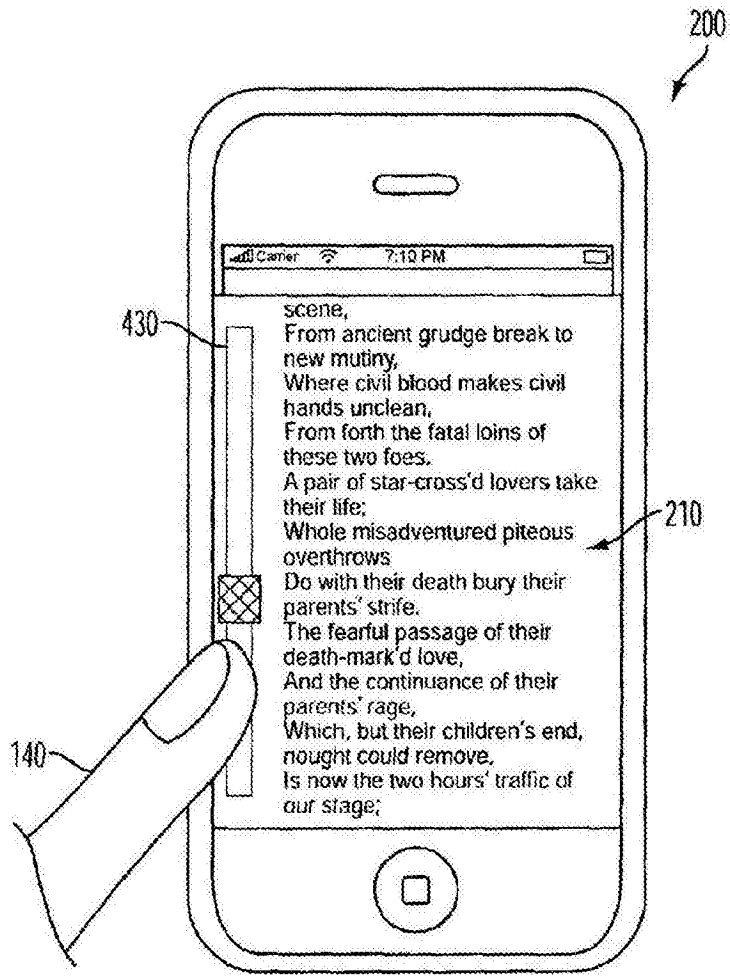


图4

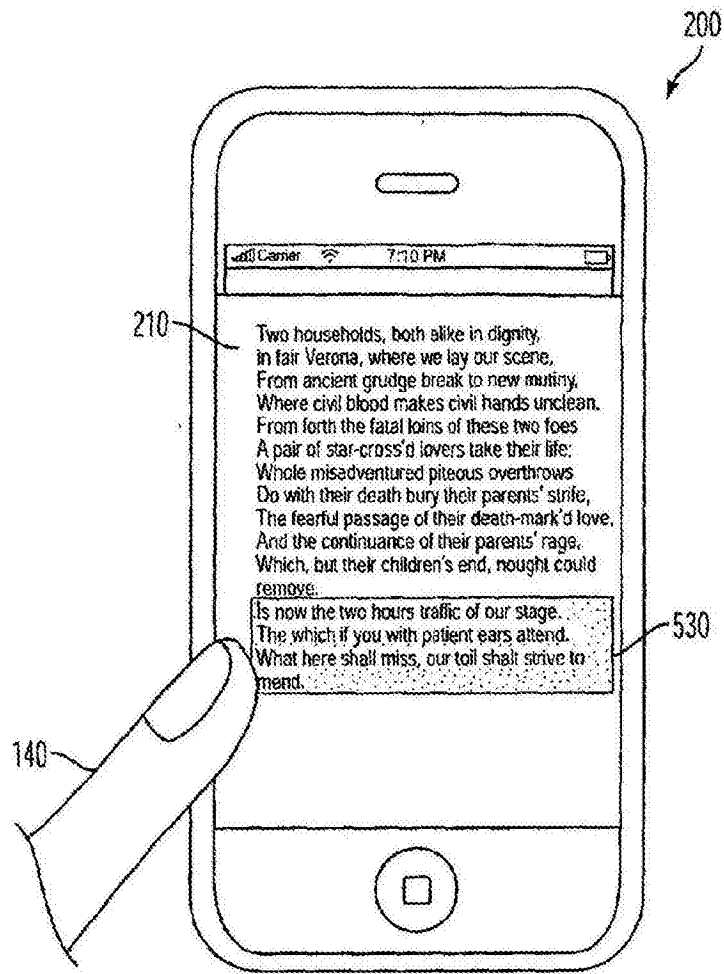


图5

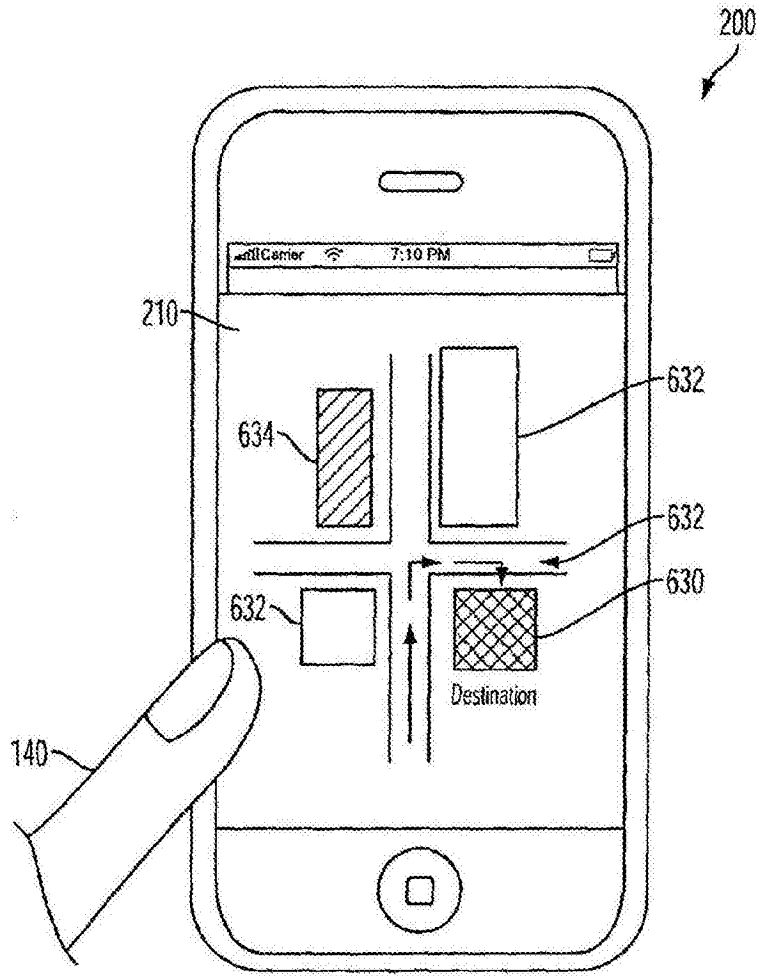


图6

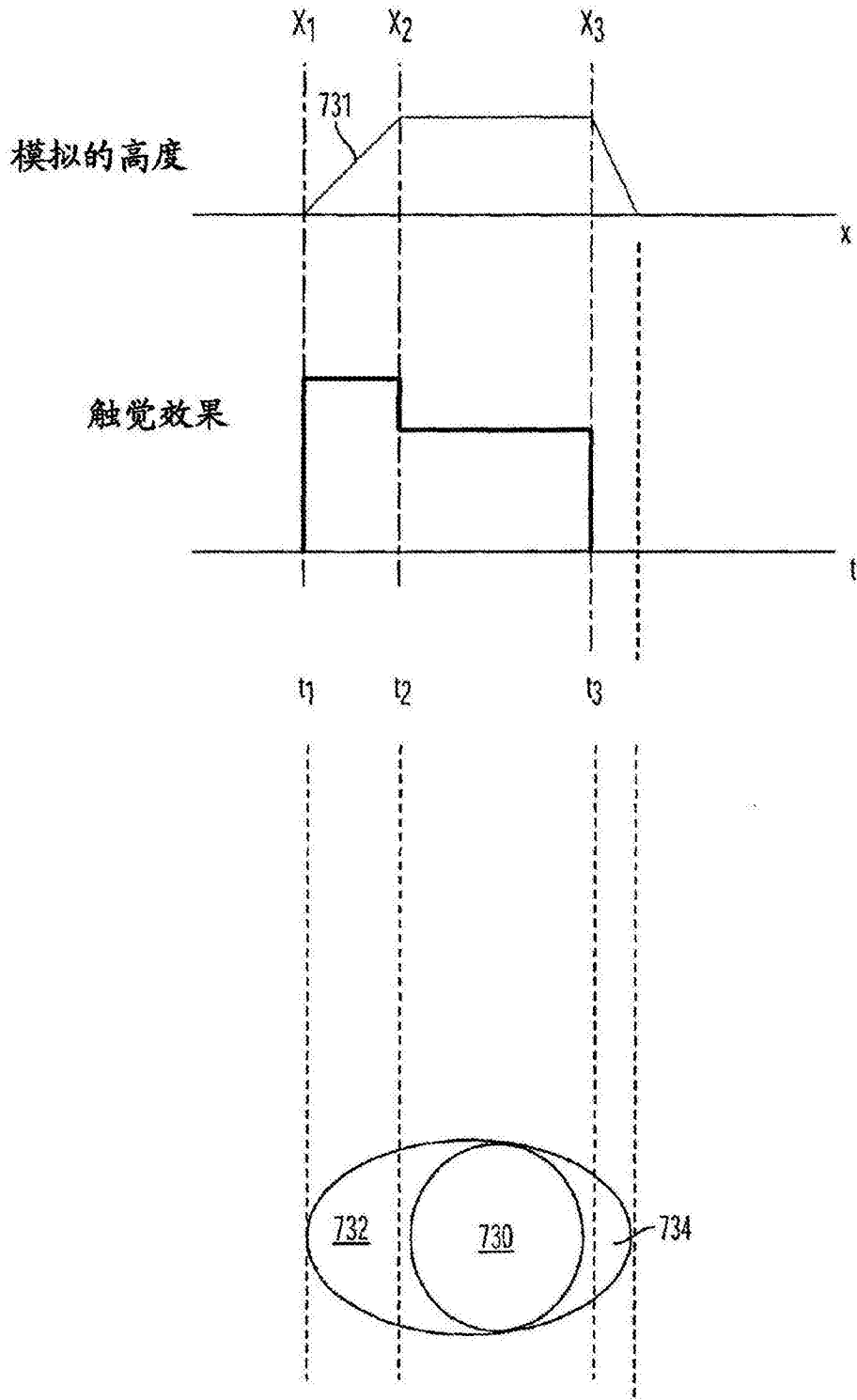


图7

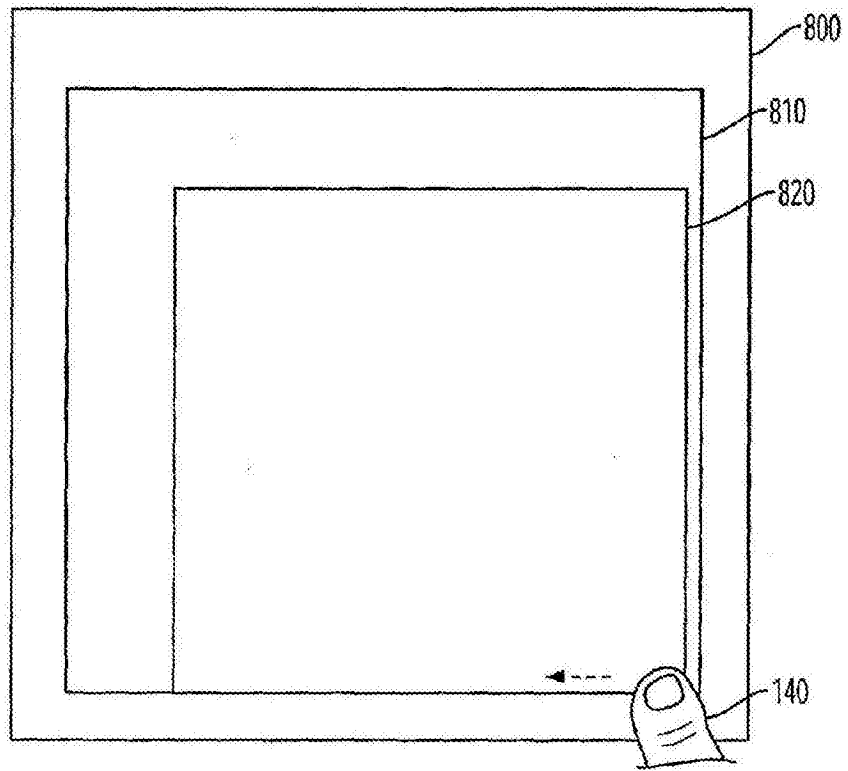


图8A

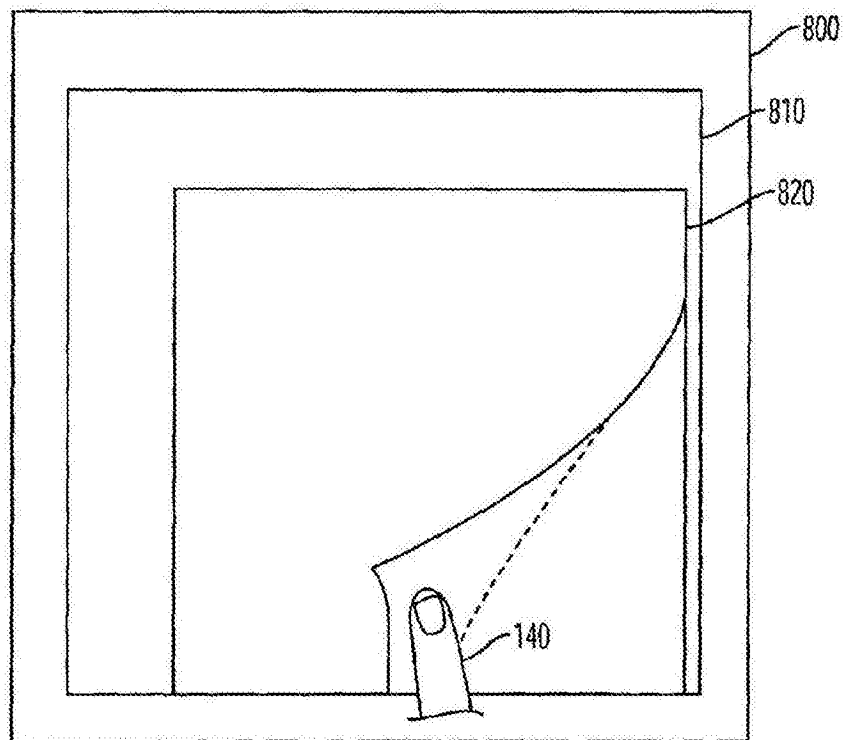


图8B

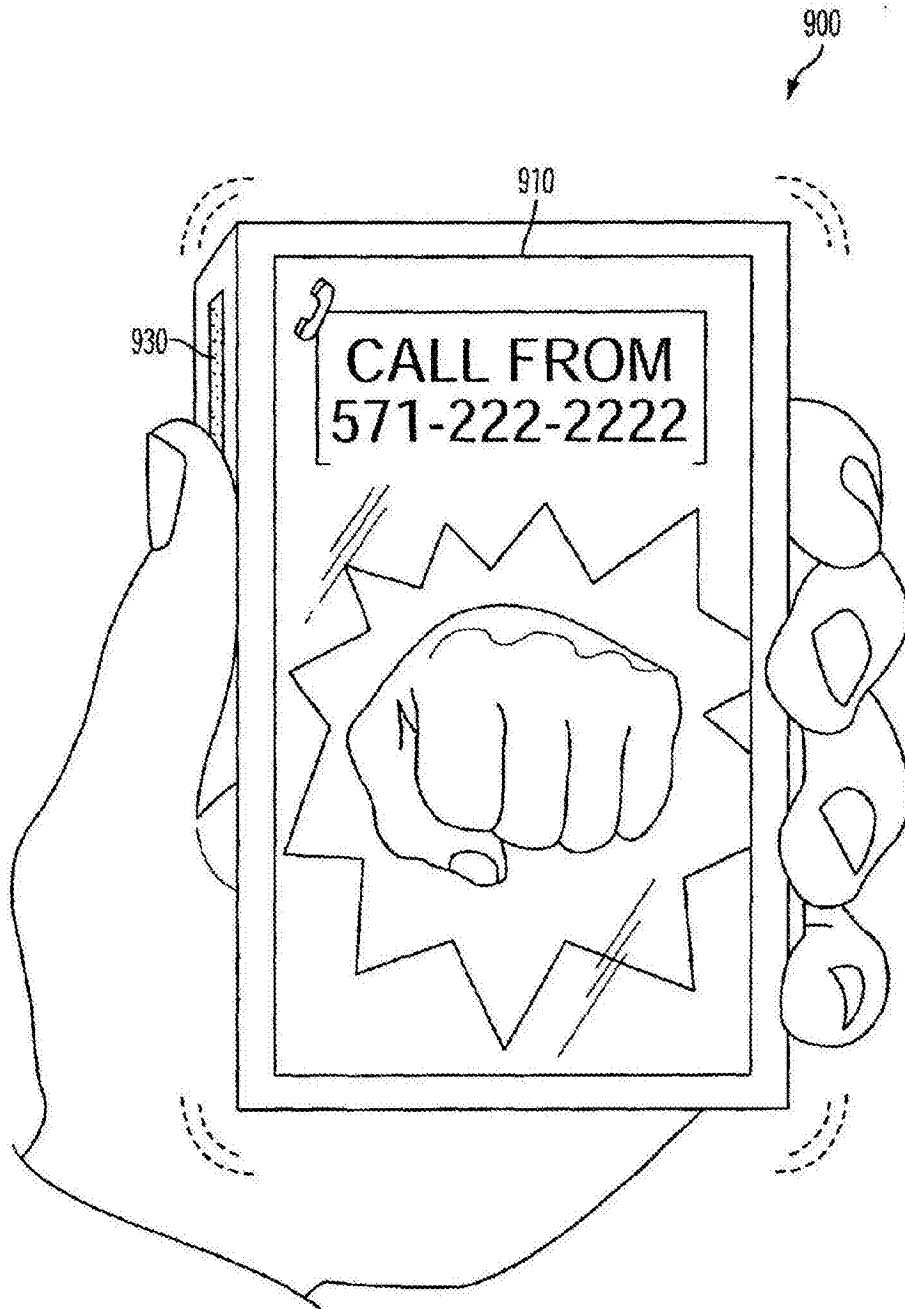


图9

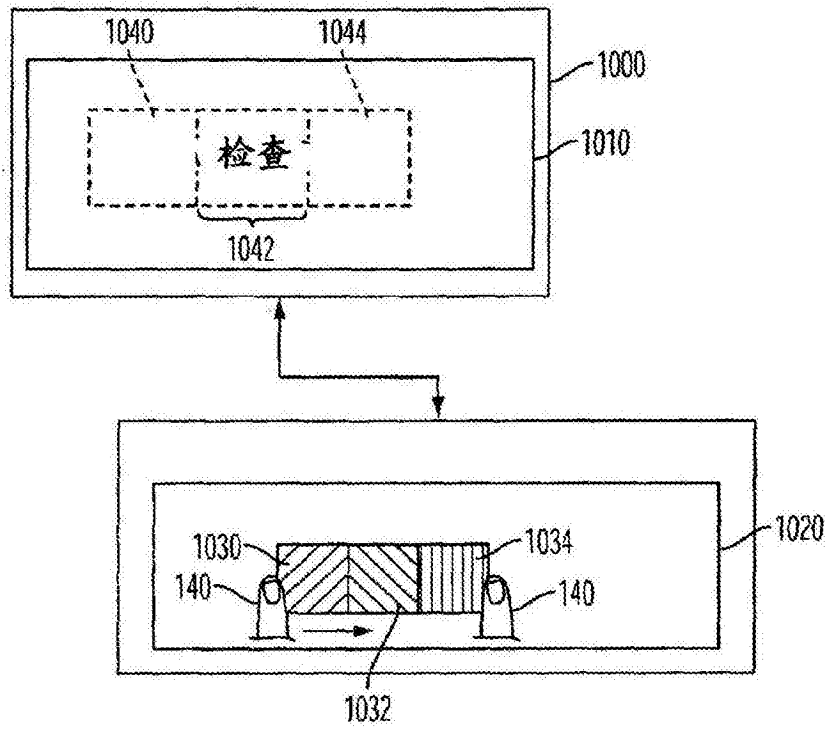


图10

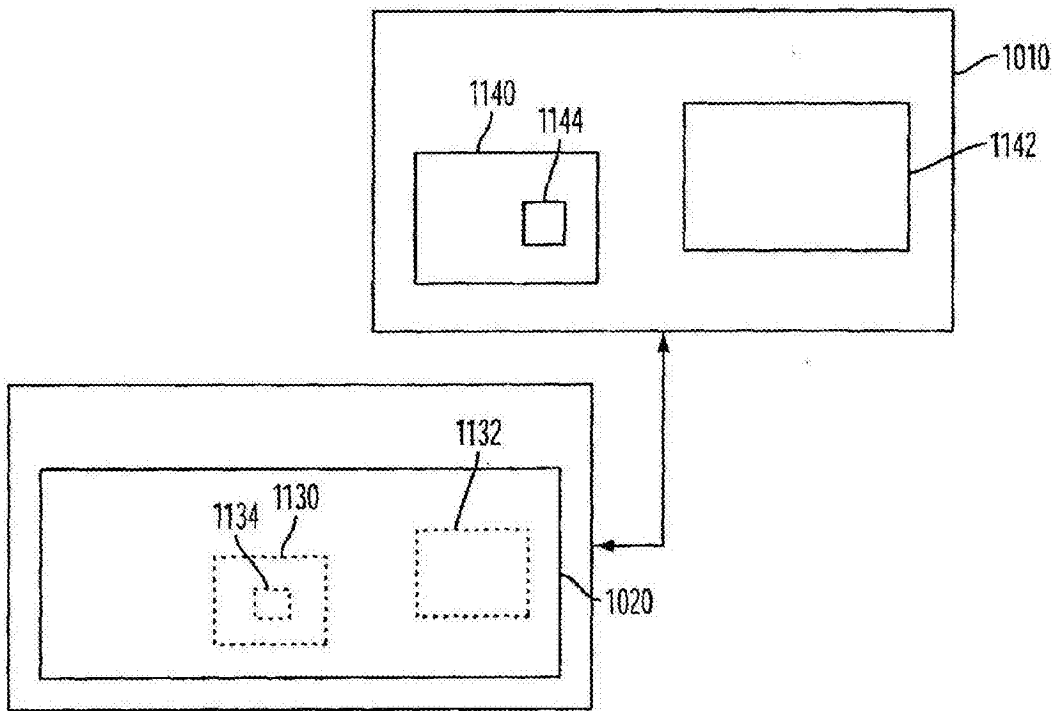


图11

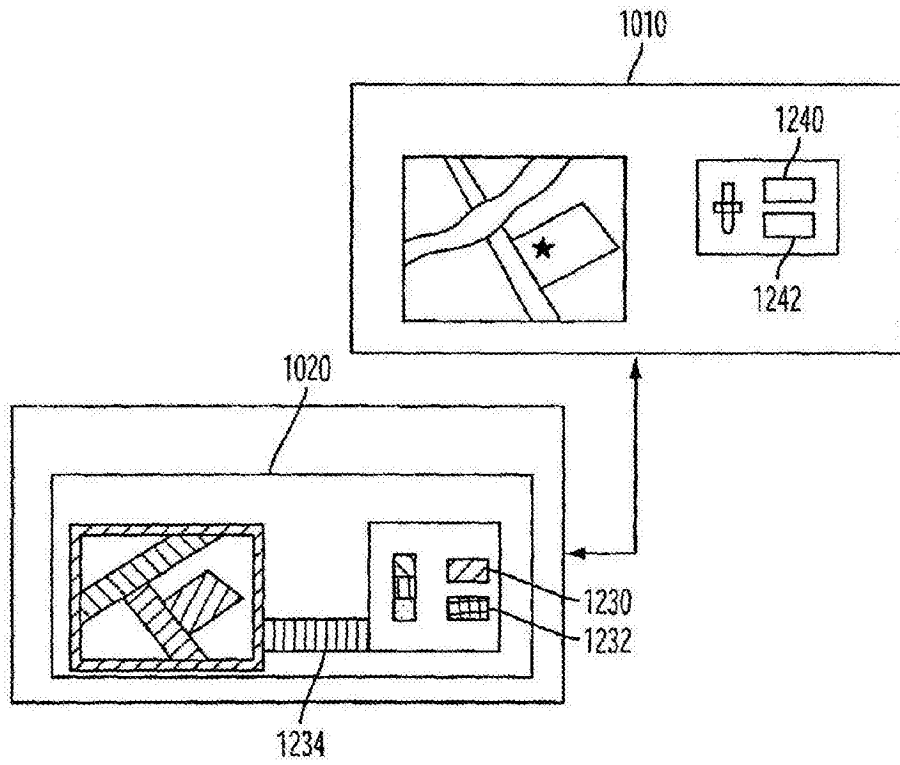


图12

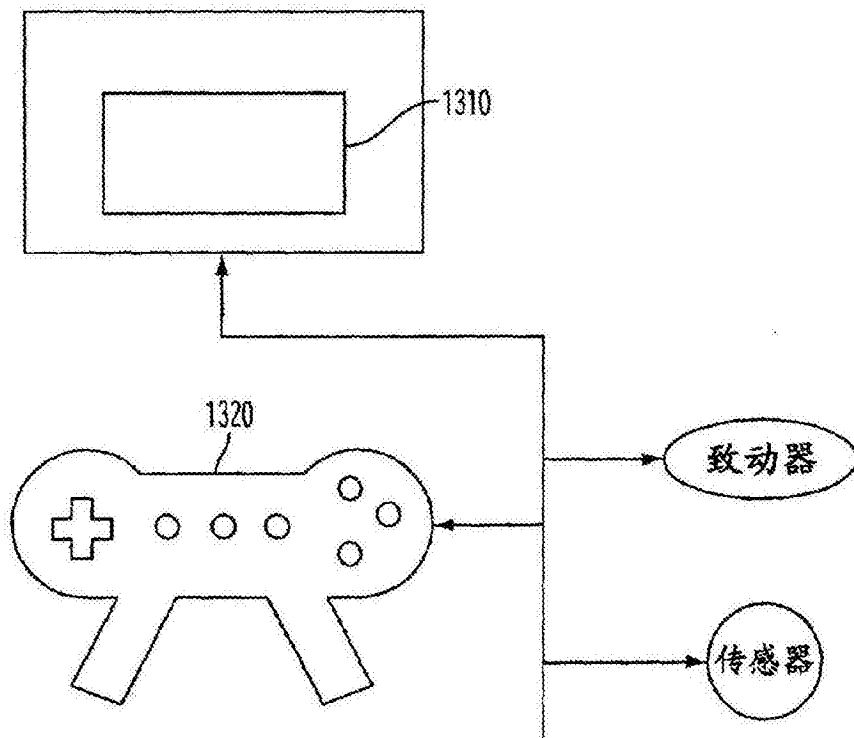


图13

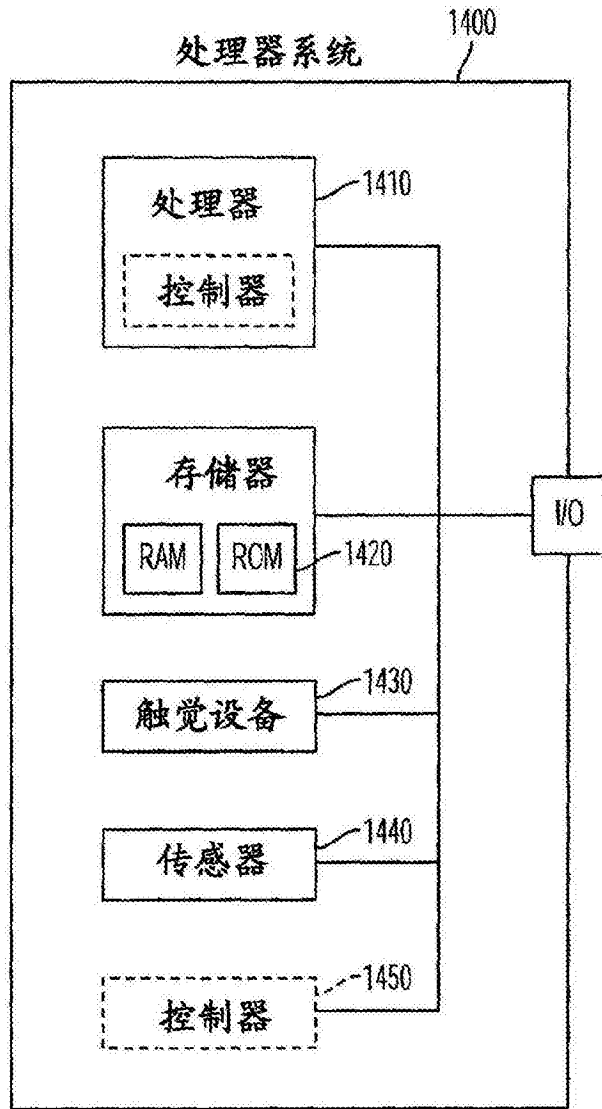


图14