



(45) 授权公告日 2022.02.22

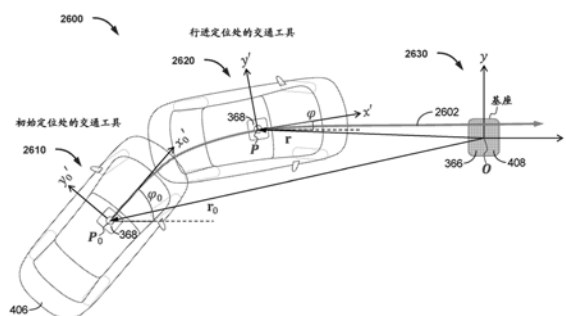
11256

(51) Int.Cl.

权利要求书3页 说明书49页 附图37页

用于定位交通工具的方法和装置

公开了用于定位交通工具方法和装置。用于确定针对交通工具的定位信息的装置可以包括多个接收线圈电路和硬件处理器。该多个接收线圈电路被配置为从磁场生成电压信号。该硬件处理器被配置为生成相对于多个接收线圈的定位的磁场发生器定位的定位估计,定位估计的第一序列中的每个定位估计基于从电压信号得到的对应的电压向量和多个参考向量中的至少一个参考向量被确定。该硬件处理器被配置为基于定位估计的第一序列和定位估计的第二序列来更新多个参考向量,定位估计的第二序列基于不同于多个接收线圈电路的源被生成。



1. 一种用于确定针对交通工具的定位信息的装置,所述装置包括:
多个接收线圈电路,被配置为从由磁场发生器生成的磁场生成一组电压信号;以及
硬件处理器,被配置为:
生成相对于所述多个接收线圈的定位的、所述磁场发生器的定位的定位估计的第一序列,其中定位估计的所述第一序列基于从所述一组电压信号得到的对应的电压向量和多个参考向量中的至少一个参考向量被确定;以及
基于定位估计的所述第一序列和定位估计的第二序列,更新所述多个参考向量,定位估计的所述第二序列基于不同于所述多个接收线圈电路的源被生成。
2. 根据权利要求1所述的装置,其中所述硬件处理器还被配置为基于如下确定所述交通工具的定位信息:基于定位估计的所述第二序列来更新定位估计的所述第一序列。
3. 根据权利要求2所述的装置,其中所述硬件处理器还被配置为:通过确定用于将定位估计的所述第二序列变换为定位估计的第三序列的坐标变换,来更新定位估计的所述第一序列,定位估计的所述第三序列最接近地匹配定位估计的所述第一序列。
4. 根据权利要求2所述的装置,其中所述硬件处理器还被配置为将与定位估计的所述第一序列相对应的所述电压向量中的每个电压向量和所述多个参考向量中的一个或多个参考向量进行比较,以产生在定位估计的所述第一序列和所述一个或多个参考向量之间的多个偏差,其中所述一个或多个参考向量中的每个参考向量包括所述多个参考向量中最接近地对应于定位估计的经更新的所述第一序列中的定位估计的参考向量。
5. 根据权利要求4所述的装置,其中所述硬件处理器还被配置为通过如下来确定所述多个偏差:旋转地变换与定位估计的所述第一序列相对应的所述电压向量,并且将经旋转变换的所述电压向量与所述一个或多个参考向量进行比较。
6. 根据权利要求4所述的装置,其中所述硬件处理器被配置为基于与所述参考向量相关联的定位和所述定位估计之间的欧几里德距离,选择作为最接近地对应于定位估计的经更新的所述第一序列中的所述定位估计的所述参考向量。
7. 根据权利要求4所述的装置,其中所述硬件处理器还被配置为基于所述多个偏差确定修正函数,并且被配置为基于将所述修正函数应用于所述多个参考向量来生成经更新的多个参考向量。
8. 根据权利要求1所述的装置,其中所述多个接收线圈电路包括被布置在不同的几何平面中的线圈。
9. 根据权利要求8所述的装置,其中所述多个接收线圈电路的所述线圈被布置在相互正交的平面中。
10. 根据权利要求1所述的装置,其中所述硬件处理器还被配置为基于车轮传感器和转向角传感器中的至少一个传感器来生成定位估计的所述第二序列。
11. 根据权利要求1所述的装置,其中所述硬件处理器还被配置为基于一个或者多个惯性传感器来生成定位估计的所述第二序列。
12. 根据权利要求1所述的装置,其中所述硬件处理器还被配置为使用与所述交通工具相关联的一个或多个光学系统生成定位估计的所述第二序列。
13. 根据权利要求1所述的装置,所述硬件处理器还被配置为使用卫星定位系统来生成定位估计的所述第二序列。

14. 根据权利要求1所述的装置,其中定位估计的所述第一序列的所述定位估计是绝对定位估计,并且其中定位估计的所述第二序列的所述定位估计是相对定位估计。

15. 根据权利要求1所述的装置,其中定位估计的所述第一序列和定位估计的所述第二序列中的一个序列还包括定向估计。

16. 一种用于确定针对交通工具的定位信息的方法,包括:

响应于由磁场发生器生成的磁场,在多个接收线圈处生成一组电压信号;以及

生成相对于所述多个接收线圈的定位的、所述磁场发生器的定位的定位估计的第一序列,其中定位估计的所述第一序列中的每个定位估计基于从所述一组电压信号得到的对应的电压向量和多个参考向量中的至少一个参考向量被确定;

基于定位估计的所述第一序列和定位估计的第二序列,更新所述多个参考向量,所述定位估计的第二序列基于不同于所述多个接收线圈电路的源被生成。

17. 根据权利要求16所述的方法,还包括基于如下确定所述交通工具的定位信息:基于定位估计的所述第二序列来更新定位估计的所述第一序列。

18. 根据权利要求17所述的方法,还包括:通过确定用于将定位估计的所述第二序列变换为定位估计的第三序列的坐标变换,来更新定位估计的所述第一序列,定位估计的所述第三序列最接近地匹配定位估计的所述第一序列。

19. 根据权利要求17所述的方法,还包括:将与定位估计的所述第一序列相对应的所述电压向量中的每个电压向量和所述多个参考向量中的一个或多个参考向量进行比较,以产生在定位估计的所述第一序列和所述一个或多个参考向量之间的多个偏差,其中所述一个或多个参考向量中的每个参考向量包括所述多个参考向量中最接近地对应于定位估计的经更新的所述第一序列中的定位估计的参考向量。

20. 根据权利要求19所述的方法,还包括通过如下来确定所述多个偏差:旋转地变换与定位估计的所述第一序列相对应的所述电压向量,并且将经旋转变换的所述电压向量与所述一个或多个参考向量进行比较。

21. 根据权利要求19所述的方法,还包括基于与所述参考向量相关联的定位和所述定位估计之间的欧几里德距离,选择作为最接近地对应于定位估计的经更新的所述第一序列中的所述定位估计的所述参考向量。

22. 根据权利要求16所述的方法,其中定位估计的所述第二序列基于车轮传感器和转向角传感器中的至少一个传感器被生成。

23. 根据权利要求16所述的方法,其中定位估计的所述第二序列基于一个或多个惯性传感器被生成。

24. 根据权利要求16所述的方法,其中定位估计的所述第二序列使用与所述交通工具相关联的一个或多个光学系统被生成。

25. 根据权利要求16所述的方法,其中定位估计的所述第二序列使用卫星定位系统被生成。

26. 一种用于确定针对交通工具的定位信息的装置,所述装置包括:

用于从由磁场发生器生成的磁场生成一组电压信号的多个部件;

用于生成相对于用于生成一组电压信号的所述多个部件的定位的、所述磁场发生器的定位的定位估计的第一序列的部件,其中定位估计的所述第一序列中的每个定位估计基于

从所述一组电压信号得到的对应的电压向量和多个参考向量中的至少一个参考向量被确定；

用于基于定位估计的所述第一序列和定位估计的第二序列来更新所述多个参考向量的部件，其中定位估计的所述第二序列基于不同于多个接收线圈电路的源被生成。

27. 根据权利要求26所述的装置，其中用于生成的所述多个部件包括多个接收线圈电路，其中用于生成定位估计的所述第一序列的所述部件包括硬件处理器，并且其中用于更新所述多个参考向量的所述部件包括所述硬件处理器。

28. 根据权利要求26所述的装置，还包括用于基于如下确定所述交通工具的定位信息的部件：基于定位估计的所述第二序列来更新定位估计的所述第一序列。

29. 根据权利要求28所述的装置，还包括用于通过确定用于将定位估计的所述第二序列变换为定位估计的第三序列的坐标变换来更新定位估计的所述第一序列的部件，定位估计的所述第三序列最接近地匹配定位估计的所述第一序列。

30. 根据权利要求27所述的装置，其中所述硬件处理器还被配置为将与定位估计的所述第一序列相对应的所述电压向量中的每个电压向量和所述多个参考向量中的一个或多个参考向量进行比较，以产生在定位估计的所述第一序列和所述一个或多个参考向量之间的多个偏差，其中所述一个或多个参考向量中的每个参考向量包括所述多个参考向量中最接近地对应于定位估计的经更新的所述第一序列中的定位估计的参考向量。

用于定位交通工具的方法和装置

技术领域

[0001] 本申请通常涉及无线充电功率传输应用,并且特别地涉及用于定位交通工具的方法和装置。更加特别地,本公开涉及基于磁向量场(磁向量化)和其他辅助传感器和系统来确定交通工具相对于基于地面的充电单元的定位。

背景技术

[0002] 无线感应式充电功率应用中的效率至少部分取决于在无线功率发射器与无线功率接收器之间实现至少最小对准阈值。用于辅助这种对准的一种方法是使用磁向量化,其中无线功率接收器相对于无线功率发射器的定位是基于感测在无线功率发射器或无线功率接收器处或附近生成的磁场的一个或多个属性而确定的,其中该磁场在无线功率发射器或无线功率接收器上生成,或者在靠近无线功率发射器或者无线功率接收器处生成。定位可以包括无线功率接收器相对于无线功率发射器的距离、方向和定向中的至少一项。然而,利用磁向量化以最小模糊准确地确定定位可能涉及大量的计算步骤。因此,需要一种如本文所描述的用于定位交通工具的方法和装置。

发明内容

[0003] 在一些实现中,一种用于确定交通工具定位的装置被提供。该装置包括被布置在不同的几何平面中的多个接收线圈,该多个接收线圈中的每个接收线圈被配置为生成来自自由场发生器所生成的无线磁场的对应的电压信号。该装置还包括硬件处理器,该硬件处理器被配置为生成相对于接收线圈的磁场发生器的绝对定位和定向估计的第一序列,其中,每个绝对姿态估计被基于电压向量和包括多个参考向量的存储的向量映射来确定,该电压向量从由多个接收线圈所生成的一组电压信号得到。该硬件处理器还可以被配置为接收相对定位和定向估计的序列。该硬件处理器还可以被配置为,基于该相对定位和定向估计的序列,来更新绝对定位和定向估计的序列。该硬件处理器还被配置为通过将与绝对定位的和定向估计的序列相关联的电压向量和一个或多个对应的参考向量进行比较,来确定多个偏差,其中每个对应的参考向量包括存储的向量映射中最接近地对应于绝对定位和定向估计的经更新的序列中的绝对定位和定向估计的参考向量。该硬件处理器还可以被配置为基于多个偏差来确定修正函数。该硬件处理器还可以被配置为基于将该修正函数应用于存储的向量映射来生成更新的向量映射。

[0004] 在一些实现中,提供了一种用于确定针对交通工具的定位信息的装置。该装置包括多个接收线圈电路,该多个接收线圈电路被配置为从由磁场发生器生成的磁场生成一组电压信号。该装置还包括硬件处理器。该硬件处理器被配置为生成相对于多个接收线圈的定位的,磁场发生器的定位的定位和定向估计的第一序列。定位估计的第一序列中的每个定位估计基于从一组电压信号得到的对应的电压向量和多个参考向量中的至少一个参考向量被确定。该硬件处理器还被配置为基于定位估计的第一序列和定位估计的第二序列,更新多个参考向量,定位估计的第二序列基于不同于多个接收线圈电路的源被生成。

[0005] 在一些实现中,提供了一种用于确定针对交通工具的定位信息的方法。该方法包括在多个接收线圈处,响应于由磁场发生器所生成的磁场来生成一组电压信号。该方法还包括生成相对于多个接收线圈的定位的磁场发生器的定位的定位估计的第一序列。定位估计的第一序列中的每个定位估计基于从一组电压信号得到的对应的电压向量和多个参考向量中的至少一个参考向量被确定。方法还包括基于定位估计的第一序列和定位估计的第二序列,更新多个参考向量,定位估计的第二序列基于不同于多个接收线圈电路的源被生成。

[0006] 在一些实现中,提供了一种用于确定针对交通工具的定位信息的装置。该装置包括用于从由磁场发生器生成的磁场生成一组电压信号集的多个部件。该装置还包括用于生成相对于用于生成一组电压信号的多个部件的定位的、磁场发生器的定位的定位估计的第一序列的部件,其中定位估计的第一序列中的每个定位估计基于从一组电压信号得到的对应的电压向量和多个参考向量中的至少一个参考向量被确定。该装置还包括用于基于定位估计的第一序列和定位估计的第二序列来更新多个参考向量的部件,定位估计的第二序列基于不同于多个接收线圈电路的源被生成。

[0007] 在一些实现中,提供了一种非瞬态计算机可读存储介质。存储介质包括代码,可执行以响应于由磁场发生器生成的磁场,在多个接收线圈处生成一组电压信号。该存储介质还包括代码,可执行以生成相对于多个接收线圈的定位的磁场发生器的定位的定位估计的第一序列。定位估计的第一序列中的每个定位估计基于从一组电压信号得到的对应的电压向量和多个参考向量中的至少一个参考向量被确定。该存储介质还包括代码,可执行以基于定位估计的第一序列和定位估计的第二序列来更新多个参考向量,定位估计的第二序列基于不同于多个接收线圈电路的源被生成。

附图说明

[0008] 图1是示出了根据一些实现的用于为电动交通工具充电的无线功率传输系统;

[0009] 图2是示出了图1的无线功率传输系统的示例组件的图;

[0010] 图3是示出了图1的无线功率传输系统的示例组件的功能框图;

[0011] 图4是示出了在传感器的(基座)坐标系中,在图3中的基于地面的磁场传感器与基于交通工具的磁场发生器之间的定位的关系的图;

[0012] 图5是示出了在发生器的(交通工具)坐标系中,在图3中的基于地面的磁场传感器与基于交通工具的磁场发生器之间的定位关系的图;

[0013] 图6是示出了根据一些实现的基于磁场的定位系统的框图;

[0014] 图7是示出了根据一些实现的在3轴磁场发生器的线圈中的电流的流动和3轴正交单线圈布置,以及在3轴磁场传感器的线圈中的感应电压的涉及图6的图;

[0015] 图8是示出了如可以由图3中的基座定位子系统检测到的3维电压向量的极性模糊度的图,其在相对的相位同步中,但是不在绝对的相位同步中,其中由图3的电动交通工具定位子系统生成磁场;

[0016] 图9是示出了如可以由图3中的基座定位子系统检测到的9维电压向量的极性模糊度的图,其在相对的相位同步中,但是不在绝对的相位同步中,其中由图3的电动交通工具定位子系统生成磁场;

- [0017] 图10是示出了在(9D)电压向量空间中的电压向量上的噪声的效果的图；
- [0018] 图11是示出了将4D定位和方向空间中的定位向量映射到在9D电压向量空间中的电压向量以及反之亦然图；
- [0019] 图12是示出了在N维向量空间中的两个向量之间的欧几里德距离的图；
- [0020] 图13是示出了在涉及零旋转的磁场传感器的参考向量与在9D电压向量空间中的检测向量的旋转的变换之间的欧几里德距离的图；
- [0021] 图14是示出了根据一些实现的图16的LUT的多个6D参考向量与(例如,由检测的3D电压向量的标量(点)积组成的)6D检测向量之间的欧几里德距离的图；
- [0022] 图15是示出了图16的LUT的多个9D参考向量与在9D电压向量空间中的9D检测向量的旋转的变换之间的欧几里德距离的图；
- [0023] 图16是示出了根据一些实现的在查找表(LUT)中的示例条目,其中该查找表中的示例条目包括:定位坐标、涉及零旋转的磁场传感器的相关联的9D参考向量以及(例如,由3D电压向量的标量(点)积组成的)相关联的6D参考向量；
- [0024] 图17是示出了根据一些实现的虚构的反向发射系统的图,其中图7的3轴磁场发生器被认为是传感器,并且3轴磁场传感器被认为是发生器；
- [0025] 图18是示出了根据一些实现的图16的LUT的6D候选参考向量与6D向量空间中的6D检测向量之间的欧几里德距离的另一图；
- [0026] 图19是示出了图16的LUT的9D候选参考向量与在9D电压向量空间中的9D检测向量的旋转的变换之间的欧几里德距离的另一图；
- [0027] 图20是示出了根据一些实现的图3的基座定位系统的部分的框图；
- [0028] 图21是示出了可以在停车场的真实的环境中遇到的向量场失真效应的图；
- [0029] 图22是示出了可以在停车场的真实的环境中遇到的向量场失真效应的图；
- [0030] 图23是示出了根据一些实现的具有钢筋混凝土墙体以及钢筋混凝土地面的还指示了磁场路径的停车场场景的图；
- [0031] 图24是示出了由于使用了像场源的模型的钢筋混凝土墙体的向量场失真效应的图；
- [0032] 图25是示出了由于使用了像场源的模型的钢筋混凝土地面的向量场失真效应的图；
- [0033] 图26是示出了根据一些实现的沿驾驶轨迹朝向充电基座靠近的交通工具和可以被使用以描述该系统的不同的坐标系的图；
- [0034] 图27是示出了朝向充电基座靠近的交通工具的图,该交通工具装配有磁场发生器和多个辅助传感器和系统；
- [0035] 图28是示出了根据一些实现的如在沿图26的轨迹驾驶上使用图27中的辅助传感器和系统确定的相对定位估计的序列vs.在相对的坐标系中的真实相对轨迹的图；
- [0036] 图29是示出了根据一些实现的,在沿图26的轨迹驾驶上使用图6的磁场定位系统所确定的绝对定位估计的序列VS.在绝对坐标系中的真实绝对轨迹的图；
- [0037] 图30是示出了根据一些实现的,在绝对坐标系中将相对定位估计的序列与绝对定位估计的序列匹配的示意图；
- [0038] 图31是示出了实际(测量的)的电压向量VS.在由图30的相对定位估计的匹配序列

所限定的定位处从图16的LUT中所选择的被存储的参考向量的图；

[0039] 图32是示出了根据一些实现的图3的增强型基座定位系统的部件的框图；

[0040] 图33是示出了根据一些实现的图3的另一增强型基座定位系统的部件的框图；

[0041] 图34是示出了根据一些实现的被扰动的偏差向量的分量(指示如图21和图22所示的场失真效应),以及从回归方法所获得的向量映射修正函数的分量的图；

[0042] 图35是示出了可以由交通工具驾驶以通过修改向量映射来学习系统的不同驾驶轨迹的整体的图；

[0043] 图36是描绘了根据一些实现的,用于确定交通工具的定位和定向的方法的流程图；

[0044] 图37是描绘了根据一些实现的用于修改针对确定交通工具的定位和定向的向量映射的方法的流程图；

[0045] 图38是描绘了根据一些实施例的用于确定针对交通工具的定位信息的方法的流程图。

具体实施方式

[0046] 下面结合附图阐述的详细描述旨在作为示例性实现的描述,而不旨在表示其中可以实践本发明的唯一实现。贯穿本说明书所使用的术语“示例性”意指“用作示例、实例或说明”,而不应当必然被解释为比其他示例性实现优选或有利。详细描述包括为提供对示例性实现的透彻理解目的的具体细节。在一些情况下,一些设备以框图形式示出。

[0047] 无线地传输功率可以是指将与电场、磁场、电磁场等相关联的任何形式的能量从发射器传输给接收器而不使用物理电导体(例如,功率可以通过自由空间传输)。输出到无线场(例如,磁场)中的功率可以由“接收线圈”接收、捕获或耦合以实现功率传输。

[0048] 本文中使用的电动交通工具来描述远程系统,其示例是包括从可充电能量存储设备(例如,一个或多个可再充电电化学电池或其他类型的电池)得到的电功率作为其运动能力的一部分的交通工具。作为非限制性示例,一些电动交通工具可以是除了电动机之外还包括用于直接运动或对交通工具电池充电的传统内燃机的混合电动交通工具。其他电动交通工具可以从电功率中汲取所有的运动能力。电动交通工具不限于汽车,并且可以包括摩托车、推车、踏板车等。作为示例而非限制,在本文中以电动交通工具(EV)的形式描述远程系统。此外,也设想可以至少部分地使用可充电能量存储设备来供电的其他远程系统(例如,电子设备,诸如个人计算设备等)。

[0049] 图1是根据一些示例性实现的用于对电动交通工具112充电的示例性无线功率传输系统100的示图。无线功率传输系统100使得电动交通工具112能够在电动交通工具112停放以便与基座无线充电系统102a高效地耦合的同时进行充电。用于两个电动交通工具的空间被图示在待停放在对应的基座无线充电系统102a和102b上的停放区域中。在一些实现中,本地分配中心130可以连接到功率主干132并且被配置为通过功率链路110向基座无线充电系统102a和102b提供交流(AC)或直流(DC)供应。基座无线充电系统102a和102b中的每一个还包括分别用于无线地传输功率的基座耦合器104a和104b。在一些其他实现(图1中未示出)中,基座耦合器104a或104b可以是独立的物理单元,并且不是基座无线充电系统102a或102b的一部分。

[0050] 电动交通工具112可以包括电池单元118、电动交通工具耦合器116和电动交通工具无线充电单元114。电动交通工具无线充电单元114和电动交通工具耦合器116构成电动交通工具无线充电系统。在本文所示的一些示图中,电动交通工具无线充电单元114也被称为交通工具充电单元(VCU)。电动交通工具耦合器116可以例如经由由基座耦合器104a生成的电磁场的区域来与基座耦合器104a交互。

[0051] 在一些示例性实现中,当电动交通工具耦合器116位于由基座耦合器104a产生的电磁场中时,电动交通工具耦合器116可以接收功率。该场可以对应于其中由基座耦合器104a输出的能量可以由电动交通工具耦合器116捕获的区域。例如,由基座耦合器104a输出的能量可以处于足以对电动交通工具112充电或供电的水平。在一些情况下,该场可以对应于基座耦合器104a的“近场”。近场可以对应于如下的区域:其中存在由于基座耦合器104a中不远离基座耦合器104a来辐射功率的电流和电荷而产生的强反应场。在一些情况下,近场可以对应于如下的区域,其在与基座耦合器104a相距由基座耦合器104a产生的电磁场的频率的波长的约 $1/2\pi$ 内,如下面将进一步描述的。

[0052] 本地分配中心130可以被配置为经由通信回程134与外部源(例如,电网)通信并且经由通信链路108与基站无线充电系统102a通信。

[0053] 在一些实现中,电动交通工具耦合器116可以与基座耦合器104a对准,并且因此简单地通过电动交通工具操作者定位电动交通工具112使得电动交通工具耦合器116相对于基座耦合器104a充分对准而被布置在近场区域内。当对准误差已经下降到可容许值之下时,可以认为对准是足够的。在其他的一些实现中,操作者可以被给予视觉和/或听觉反馈以确定电动交通工具112何时被适当地放置在用于无线功率传输的容许区域内。在其他的又一些实现中,电动交通工具112可以由自动驾驶仪系统定位,自动驾驶系统可以移动电动交通工具112直到实现足够的对准。这可以由电动交通工具112在具有或没有驾驶员干预的情况下自动且自主地执行。这对于配备有伺服转向、雷达传感器(例如,超声传感器)、以及用于安全地操纵和调节电动交通工具的智能装置的电动交通工具112是可能的。在其他的又一些实现中,电动交通工具112和/或基座无线充电系统102可以具有用于相对于彼此分别机械地移位和移动耦合器116和104a以更精确地定向或对准它们并且在它们之间形成充分和/或更有效的耦合的功能。

[0054] 基座无线充电系统102a可以位于各种地点。作为非限制性示例,一些合适的地点包括在电动交通工具112所有者的家中的停车区域、根据传统的基于石油的加油站仿建的为电动交通工具无线充电预留的停车区域、以及其他地点(诸如购物中心和工作地点)处的停车场。

[0055] 对电动交通工具进行无线充电可以提供很多益处。例如,可以自动执行充电,而实际上不需要驾驶员干预或操纵,从而提高了用户的便利性。还可以不存在暴露的电触点和机械磨损,从而提高无线功率传输系统100的可靠性。安全性可以得到改善,因为可以不需要使用线缆和连接器进行操作,并且可以没有要暴露于室外环境中的湿气的线缆、插头或插座。此外,也可以没有可见或可接近的插座、线缆或插头,从而减少充电设备的潜在毁坏。此外,由于可以使用电动交通工具112作为用于稳定电网的分布式存储设备,所以方便的接入电网(docking-to-grid)解决方案可以有助于提高交通工具用于交通工具到电网(V2G)操作的可用性。

[0056] 参考图1描述的无线功率传输系统100还可以提供美学和非障碍性的优点。例如，可以没有可能妨碍交通工具和/或行人的充电桩和线缆。

[0057] 作为交通工具到电网能力的进一步说明，无线功率发射和接收能力可以被配置为是相互的，使得基座无线充电系统102a可以向电动交通工具112发射功率或者电动交通工具112可以向基站无线充电系统102a发射功率。这种能力可以用于通过允许电动交通工具112在由过度需求导致的能源短缺或可再生能源生产（例如，风能或太阳能）的短缺的时候为整个分配系统贡献功率来稳定配电网。

[0058] 图2是根据一些示例性实现的与先前结合图1讨论的类似的无线功率传输系统200的示例性组件的示意图。无线功率传输系统200可以包括基座谐振电路206，基座谐振电路206包括具有电感L1的基座耦合器204。无线功率传输系统200还包括电动交通工具谐振电路222，电动交通工具谐振电路222包括具有电感L2的电动交通工具耦合器216。本文中所描述的实现可以使用形成谐振结构的电容性负载导体回路（即，多匝线圈），如果发射器和接收器均被调谐到共同的谐振频率，则谐振结构能够经由磁性或电磁性近场将能量从初级结构（发射器）有效地耦合到次结构（接收器）。线圈可以用于电动交通工具耦合器216和基座耦合器204。使用用于耦合能量的谐振结构可以被称为“磁耦合谐振”、“电磁耦合谐振”和/或“谐振感应”。将基于从基座耦合器204向电动交通工具112（未示出）的功率传输（但不限于此）来描述无线功率传输系统200的操作。例如，如上所述，能量也可以在相反的方向上传输。

[0059] 参考图2，电源208（例如，AC或DC）向作为基座无线功率充电系统202的一部分的基座功率转换器236提供功率PSDC以向电动交通工具（例如，图1的电动交通工具112）传输能量。基座功率转换器236可以包括电路，诸如被配置为将功率从标准市电AC转换为处于合适电压水平的DC功率的AC/DC转换器、以及被配置为将DC功率转换为处于适合于无线高功率传输的操作频率的功率的DC到低频（LF）转换器。基座功率转换器236向包括与基座耦合器204串联的调谐电容器C1的基座谐振电路206供应功率P1，以便以操作频率来发出电磁场。串联调谐的谐振电路206应当理解为是示例性的。在另一实现中，电容器C1可以与基座耦合器204并联耦合。在其他的又一些实现中，调谐可以由处于并联或串联拓扑的任何组合的若干电抗性元件形成。电容器C1可以被设置为与基座耦合器204形成基本上以操作频率谐振的谐振电路。基座耦合器204接收功率P1，并且以足以对电动交通工具充电或供电的水平无线地发射功率。例如，由基座耦合器204无线地提供的功率的水平可以是千瓦（kW）量级（例如，从1kW到110kW的任何，然而，实际的水平可以更高或更低）。

[0060] 基座谐振电路206（包括基座耦合器204和调谐电容器C1）和电动交通工具谐振电路222（包括电动交通工具耦合器216和调谐电容器C2）可以被调谐到基本上相同的频率。电动交通工具216可以定位在基座耦合器的近场内，并且反之亦然，如下面进一步解释的。在这种情况下，基座耦合器204和电动交通工具耦合器116可以变为彼此耦合，使得功率可以从基座耦合器204向电动交通工具耦合器216无线传输。串联的电容器C2可以被设置成与电动交通工具耦合器216形成基本上以操作频率谐振的谐振电路。串联调谐的谐振电路222应当被理解为是示例性的。在另一实现中，电容器C2可以与电动交通工具耦合器216并联耦合。在其他的又一些实现中，电动交通工具谐振电路222可以由处于并联或串联拓扑的任何组合的若干电抗性元件形成。元素 $k(d)$ 表示在线圈分离 d 下产生的互耦系数。等效电阻 R_{eq} ，

1和Req,2表示基座和电动交通工具耦合器204和216以及调谐(抗电抗)电容器C1和C2可能分别固有的损耗。电动交通工具谐振电路222(包括电动交通工具耦合器316和电容器C2)接收功率P2并且将功率P2提供给电动交通工具充电系统214的电动交通工具功率转换器238。

[0061] 电动交通工具功率转换器238可以包括LF到DC转换器等,LF到DC转换器被配置为将处于操作频率的功率转换回处于可以表示电动交通工具电池单元的负载218的电压水平的DC功率。电动交通工具功率转换器238可以向负载218提供经转换的功率PLDC。电源208、基座功率转换器236和基座耦合器204可以是固定的,并且位于如上文所讨论的各种地点。电动交通工具负载218(例如,电动交通工具电池单元)、电动交通工具功率转换器238和电动交通工具耦合器216可以被包括在作为电动交通工具(例如,电动交通工具112)的一部分或其电池组(未示出)的一部分的电动交通工具充电系统214中。电动交通工具充电系统214还可以被配置为通过电动交通工具耦合器216向基座无线功率充电系统202无线地提供功率,以将功率馈送回电网。基于操作模式,电动交通工具耦合器216和基座耦合器204中的每一个可以用作发射或接收耦合器。

[0062] 尽管未示出,但是无线功率传输系统200可以包括用于将电动交通工具负载218或电源208从无线功率传输系统200安全断开的负载断开单元(LDU)(未示出)。例如,在紧急或系统故障情况下,LDU可以被触发以将负载从无线功率传输系统200断开。除了用于管理对电池的充电的电池管理系统之外,还可以提供LDU,或者LDU可以是电池管理系统的一部分。

[0063] 此外,电动交通工具充电系统214可以包括用于选择性地将电动交通工具耦合器216连接到电动交通工具功率转换器238以及与电动交通工具功率转换器238断开的开关电路(未示出)。断开电动交通工具耦合器216可以暂停充电,并且还可以改变由基座无线功率充电系统202(用作发射器)“看到”的“负载”,这可以用于将电动交通工具充电系统214(用作接收器)从基座无线充电系统202“掩盖”。如果发射器包括负载感测电路,则可以检测负载变化。因此,诸如基座无线充电系统202的发射器可以具有用于确定在基座耦合器204的近场耦合模式区域中何时存在诸如电动交通工具充电系统214的接收器的机制,如下文进一步解释的。

[0064] 如上所述,操作中,在朝向电动交通工具(例如,图1的电动交通工具112)的能量传输期间,从电源208提供输入功率,使得基座耦合器204生成用于提供能量传输的电磁场。电动交通工具耦合器216耦合到电磁场并且生成用于由电动交通工具112存储或消耗的输出功率。如上所述,在一些实现中,基座谐振电路206和电动交通工具谐振电路222根据相互谐振关系而被配置和调谐,使得它们接近或基本上以操作频率来谐振。当电动交通工具耦合器216如下文进一步描述的那样位于基座耦合器204的近场耦合模式区域中时,基座无线功率充电系统202与电动交通工具充电系统214之间的传输损耗最小。

[0065] 如上文所阐述的,通过经由磁性近场而不是经由远场中的电磁波(这可以涉及由于到空间中的辐射而导致的大量损耗)来传输能量而发生有效的能量传输。当在近场中时,可以在发射耦合器与接收耦合器之间建立耦合模式。耦合器周围可能发生这种近场耦合的空间在本文中被称为“近场耦合模式区域”。

[0066] 尽管未示出,但是基座功率转换器236和电动交通工具功率转换器238(如果是双向的)均可以包括用于发射模式的振荡器、诸如功率放大器的驱动器电路、滤波器和匹配电路,以及用于接收模式的整流电路。振荡器可以被配置为生成期望的操作频率,期望的操作

频率可以响应于调节信号而被调节。振荡器信号可以由功率放大器用响应于控制信号的放大量来放大。滤波器和匹配电路可以被包括以滤除谐波或其他不想要的频率,并且将由谐振电路206和222呈现的阻抗分别与基座和电动交通工具功率转换器236和238相匹配。对于接收模式,基座和电动交通工具功率转换器236和238还可以包括整流和开关电路。

[0067] 贯穿所公开的实现来描述的电动交通工具耦合器216和基座耦合器204可以被称为或被配置为“导体回路”,并且更具体地是“多匝导体回路”或线圈。基座和电动交通工具耦合器204和216在本文中也可以被称为或被配置为“磁性”耦合器。术语“耦合器”旨在指代可以无线地输出或接收能量以耦合到另一“耦合器”的组件。

[0068] 如上所述,能量在发射器与接收器之间的高效传输在发射器与接收器之间的匹配或接近匹配的谐振期间发生。然而,即使发射器和接收器之间的谐振不匹配,能量也可以以较低的效率传输。

[0069] 谐振频率可以基于包括如上所述的耦合器(例如,基座耦合器204和电容器C2)的谐振电路(例如谐振电路206)的电感和电容。如图2所示,电感通常可以是耦合器的电感,而电容可以被添加到耦合器以生成处于期望的谐振频率的谐振结构。因此,对于使用展现出较大电感的较大直径线圈的较大尺寸耦合器,产生谐振所需的电容值可以较低。电感也可以取决于线圈的匝数。此外,随着耦合器尺寸的增加,耦合效率可以增加。这主要在基座和电动交通工具耦合器两者的尺寸均增加的情况下是真的。此外,包括耦合器和调谐电容器的谐振电路可以被设计为具有高的质量(Q)因子以改善能量传输效率。

[0070] 如上所述,根据一些实现,公开了在彼此的近场中的两个耦合器之间的耦合功率。如上所述,近场可以对应于耦合器周围主要存在反应性电磁场的区域。如果耦合器的物理尺寸远小于波长(与频率成反比),则不存在由于波远离耦合器而传播或辐射的实质功率损耗。近场耦合模式区域可以对应于接近耦合器的物理体积的体积,通常在波长的小分数内。根据一些实现,诸如单匝和多匝导体回路的磁耦合器优选地用于传输和接收两者,因为实际上处理磁场比电场容易,因为与外部对象(例如,电介质对象和人体)的相互作用较少。然而,也可以使用“电”耦合器(例如,偶极子和单极子)或磁和电耦合器的组合。

[0071] 图3是示出可以在图1的无线功率传输系统100中采用的和/或图2的无线功率传输系统200可以是其一部分的无线功率传输系统300的示例性组件的功能框图。无线功率传输系统300图示了通信链路376、使用例如磁场信号来确定定位或方向的定位链路366、和能够机械地移动基座耦合器304和电动交通工具耦合器316中的一者或两者的对准机构356。基座耦合器304和电动交通工具耦合器316的机械(运动学)对准可以分别由基座对准子系统352和电动交通工具充电对准子系统354来控制。定位链路366可以能够进行双向信令,这意味着定位信号可以由基座定位子系统或电动交通工具定位子系统或这两者发出。如以上参考图1所述,当能量流向电动交通工具112时,在图3中,基座充电系统功率接口348可以被配置为从诸如AC或DC电源(未示出)的电源向基座功率转换器336提供功率。基座功率转换器336可以经由基座充电系统功率接口348接收AC或DC功率,以便以接近或者是参考图2的基座谐振电路206的谐振频率的频率来驱动基座耦合器304。当在近场耦合模式区域中时,电动交通工具耦合器316可以从电磁场接收能量以便以是或接近参考图2的电动交通工具谐振电路222的谐振频率的频率振荡。电动交通工具功率转换器338将来自电动交通工具耦合器316的振荡信号转换为适合于经由电动交通工具功率接口对电池充电的功率信号。

[0072] 基座无线充电系统302包括基座控制器342,并且电动交通工具充电系统314包括电动交通工具控制器344。基座控制器342可以提供到诸如例如计算机、基座公共通信(BCC)、配电中心的通信实体、或智能电网的通信实体等其他系统(未示出)的基座充电系统通信接口。电动交通工具控制器344可以提供到诸如例如交通工具上的车载计算机、电池管理系统、交通工具内的其他系统、和远程系统等其他系统(未示出)的电动交通工具通信接口。

[0073] 基座通信子系统372和电动交通工具通信子系统374可以包括用于具有单独通信信道的特定应用以及还用于与图3的示意图中未示出的其他通信实体进行无线通信的子系统或模块。这些通信信道可以是单独的物理信道或单独的逻辑信道。作为非限制性示例,基座对准子系统352可以通过通信链路376与电动交通工具对准子系统354通信,以提供如下的反馈机制:用于如本文中所描述的那样通过电动交通工具对准子系统354或基座对准子系统352或通过两者、或者通过操作者辅助,例如经由自主机械(运动学)对准,使基座耦合器304和电动交通工具耦合器316更紧密对准。

[0074] 电动交通工具充电系统314还可以包括连接到磁场发生器368的电动交通工具定位子系统364。电动交通工具定位子系统364可以被配置为利用生成交变磁场的电流来驱动磁场发生器368。基座无线充电系统302可以包括连接到基座定位子系统362的磁场传感器366。磁场传感器366可以被配置为在由磁场发生器368生成的交变磁场的影响下生成多个电压信号。基座定位子系统362可以被配置为接收这些电压信号并且输出指示磁场传感器366与磁场发生器368之间的定位估计和角度估计的信号,如将结合图4-37来更详细地描述的。这些定位和角度估计可以被转变成电动交通工具的驾驶员可以用来可靠地停放交通工具的视觉和/或声学引导和对准信息。在一些实现中,这些定位和角度估计可以用于自动停放交通工具而没有或仅有最小的驾驶员干预(线控驱动)。

[0075] 在一些实现中,在偏差(距离) $<20\text{cm}$ 的定位误差(在定位估计中的误差)可以被指定为 $<2\text{cm}$,并且针对距离 $>20\text{cm}$ 的定位误差可以被指定为 $<10\%$ 的距离(例如,在 1m 的距离处 $<10\text{cm}$,在 5m 的距离处 $<50\text{cm}$),其中,如结合示意图4和5所限定的,距离可以指在磁场发生器368的磁中心与磁场传感器366的磁中心之间的水平距离。定位误差可以指对应于被测量的定位误差统计的特定的百分位的误差幅度(误差半径),例如,第90个百分位,对应于这样的误差值:被测量的定位误差幅度的90%可以在该误差值以下被找到。因此,在距离 $<20\text{cm}$ 处的定向误差(在角度估计中的误差)可以被指定为 $<2^\circ$,并且针对 $>20\text{cm}$ 的距离的定向误差被指定为 $<5^\circ$ 。

[0076] 另外,电动交通工具控制器344可以被配置为与电动交通工具板载系统通信。例如,电动交通工具控制器344可以经由电动交通工具通信接口例如向被配置为执行半自动停车操作的制动系统、或者向可以提供更方便和/或更高的停车精度的被配置为协助高度自动化停车(“线控停车”)的操舵伺服系统提供定位数据,如在某些应用中可能需要的,从而在基座与电动交通工具耦合器304和316之间提供足够的对准。此外,电动交通工具控制器344可以被配置为与以下通信:视觉输出设备(例如,仪表板显示器)、声学/音频输出设备(例如,蜂鸣器、扬声器)、机械输入设备(例如,键盘、触摸屏和指点设备,诸如操纵杆、轨迹球等)和音频输入设备(例如,具有电子语音识别的麦克风)。

[0077] 无线功率传输系统300还可以例如通过在电动交通工具充电系统314处设置有线

充电端口(未示出)来经由有线连接支持插入式充电。电动交通工具充电系统314可以在向或从电动交通工具传输功率之前集成两个不同充电器的输出。开关电路可以提供支持无线充电和经由有线充电端口的充电两者所需的功能。

[0078] 为了在基座无线充电系统302与电动交通工具充电系统314之间通信,无线功率传输系统300可以经由基座和电动交通工具耦合器304、316使用带内信令和/或经由通信系统(372,374)使用带外信令,例如,经由RF数据调制解调器(例如,通过在免许可频带中的无线电的太网)。带外通信可以提供足够的带宽以用于向交通工具用户/所有者分配增值服务。无线功率载波的低深度幅度或相位调制可以用作具有最小干扰的带内信令系统。

[0079] 在一些实现中,一些通信(例如,带内信令)可以经由无线功率链路来执行,而不使用特定的通信天线。例如,基座和电动交通工具耦合器304和316还可以被配置为用作无线通信天线。因此,基座无线充电系统302的一些实现可以包括用于使能无线功率路径上的键控型协议的控制器(未示出)。通过用预限定的协议以预限定的间隔键控发射功率水平(振幅移位键控),接收器可以检测来自发射器的串行通信。基座功率转换器336可以包括用于检测在基座耦合器304的近场耦合模式区域中的有源电动交通工具功率接收器的存在或不存在的负载感测电路(未示出)。作为示例,负载感测电路监测流向基座功率转换器336的功率放大器的电流,其受到基座耦合器304的近场耦合模式区域中的有源功率接收器的存在或不存在的影响。功率放大器上的负载变化的检测可以由基座充电控制器342监测,以用于确定是否使能基座无线充电系统302以用于传输能量、与接收器通信、或其组合。

[0080] 图4是示出在传感器366坐标系中图3的基于交通工具的磁场发生器368与基于地面的磁场传感器366之间的示例性定位关系的示图400。传感器366可以与传感器366坐标系的垂直的x和y坐标轴相关联。发生器368可以与发生器368坐标系的垂直的x'和y'坐标轴相关联。图示了具有长度 ρ 的定位向量 $\mathbf{r} = \overrightarrow{OP}$ 。O和P分别代表磁场传感器366和磁场发生器368的磁中心点。发生器368坐标系相对于传感器366坐标系的旋转可以由从平行于x-轴的虚线测量的旋转角度 φ 限定。使用极坐标,磁场发生器368相对于传感器366的定位和旋转可以分别由距离 ρ (r的长度)、从x-轴测量的方位角 α 和旋转角度 φ 来限定。在一些实现中,传感器366坐标系中基于交通工具的磁场发生器368与基于地面的磁场传感器366之间的这种定位关系可以对应于基座(408)坐标系中交通工具(406)与基座(408)的定位关系。图4未示出传感器366和发生器368的坐标系的各自的(垂直的)z轴和z'轴,其将延伸出页面的正面。

[0081] 图5是图示在发生器368坐标系中图3的基于地面的磁场传感器366与基于交通工具的磁场发生器368之间的示例性定位关系的示图500。示出了传感器366坐标系的垂直的x和y坐标轴以及发生器368坐标系的垂直的x'和y'坐标轴。图示了具有长度 ρ 的定位向量 $\mathbf{r}' = \overrightarrow{O'P'}$,其中O'和P'分别代表磁场发生器368和磁场传感器366的磁中心点。传感器366坐标系相对于发生器368坐标系的旋转可以由从x'-轴测量的方位旋转角度 φ' 限定。使用极坐标,磁场传感器366的定位和旋转可以分别由从平行于x'-轴的虚线测量的方位角 α' 、距离 ρ (r'的长度)和方位旋转角度 φ' 来限定。在一些实现中,发生器368坐标系中基于地面的磁场传感器366与基于交通工具的磁场发生器368之间的这种定位关系可以对应于交通工

具(406)坐标系中基座(408)和交通工具(406)的定位关系。图4、图5未示出对应的(垂直的) z 轴和 z' 轴,其将延伸出页面的正面。

[0082] 图6是示出了根据一些实现的基于定位系统600的磁场的框图。基于定位系统600的磁场包括图3的电动交通工具定位子系统364。电动交通工具定位子系统364被配置为利用相应的交流电流驱动磁场发生器368的多个发生器线圈602、604、606中的每一个发生器线圈。发生器线圈602、604、606可以具有对应于结合图7描述的线圈702、704、706的物理的定向和结构,以分别在 x' 轴, y' 轴, z' 轴方向上生成具有磁力矩的磁场。交流电流生成可以被用于定位和定向的发现的交流磁场。

[0083] 基于磁场的定向系统600还包括图3中的磁场传感器366,其包括多个感测线圈612、614、616。感测线圈612、614、616可以具有对应于结合图7描述的线圈712、714、716的物理的定向和结构,以分别在 x 轴, y 轴, z 轴方向上感测磁场分量。多个感测线圈612、614、616被配置为基于通过他们的绕组的磁通量生成电压信号。基座定位子系统362被配置为接收来自多个感测线圈612、614、616的电压信号,并且输出指示基于其定位的信息。

[0084] 在一些实现中,基于磁场的定位系统600被进一步配置为包括可选的同步链路630,可选的同步链路630被配置为在电动交通工具定位子系统364与基座定位子系统362之间建立时间或相位同步。

[0085] 虽然图6示出了具有三个感测线圈612、614、616和具有三个发生器线圈602、604、606(例如,3轴传感器和3轴发生器)的基于磁场的定位系统600,但是应当理解,在其他实现中,基于磁场的定位系统可以具有不同数目的感测线圈和发生器线圈。例如,在一些实现中,基于磁场的定位系统600可以包括2轴发生器和3轴传感器。在这样的实现中,多个发生器线圈602、604、606中的一个发生器线圈可以被忽略,或者备选地利用零电流驱动。类似地,在一些实现中,基于磁场的定位系统600可以包括3轴发生器和2轴传感器。在这样的实现中,多个感测线圈612、614、616中的一个感测线圈可以被忽略,或者备选地从基座定位子系统362在电学上断开。在一些实现中,基于磁场的定位系统600可以包括2轴发生器和2轴传感器。

[0086] 图7示出了根据一些实现的被用于磁定向的3轴磁场发生器368和3轴磁场传感器366的示意图。磁场发生器368可以包括铁氧体结构708和三个发生器线圈702、704、706,每个发生器线圈在相互正交的平面上缠绕或者围绕铁氧体结构708。在一些实现中,发生器线圈706可以被沿着铁氧体结构708的最大的表面的周长来设置。备选地,发生器线圈706可以被缠绕在铁氧体结构708的边缘上。类似地,磁场传感器366可以包括铁氧体结构708和三个感测线圈712、714、716,每个感测线圈在相互正交的平面上缠绕或者围绕铁氧体结构708。在一些实现中,感测线圈716可以被沿着铁氧体结构708的最大的表面的周长来设置,或者备选地,发生器线圈716可以被缠绕在铁氧体结构708的边缘上。

[0087] 在一些实现中,如图3所示,铁氧体结构718可以被在无线功率传输基座耦合器304和磁场传感器366之间共享。在一些实现中,共享铁氧体结构718可以使能较大的铁氧体结构718被使用。较大的铁氧体结构718可以捕捉较多的磁通量,其可以反过来允许基座定位子系统362提供较精确的交通工具定位,或者在大范围内操作。在一些其他的实现中,感测线圈712、714、716中的至少一个感测线圈还可以用作针对无线功率传输的线圈。类似地,在一些实现中,如图3所示,铁氧体结构708可以被在无线功率传输交通工具耦合器316和磁场

发生器368之间共享,使能更大的铁氧体结构708。在一些其他的实现中,发生器线圈702、704、706中的至少一个发生器线圈还可以用作针对无线功率传送的线圈。在一些实现中,通过重新使用针对多种功能的结构,实现了减少的组件数量,这还可以减少制造成本。

[0088] 图7示出了3轴磁场发生器368的线圈702、704、706中的电流的流动,对应于图6中的线圈602、604、606。图7还示出了对应于图6中的线圈612、614、616的在3轴磁场传感器366的感测线圈712、714、716的端子处的电压。具有关于与发生器368对准的定向的任意旋转角度 φ' 的传感器366被示出。在一些实现中,这个角度是指方位角的旋转角度。

[0089] 在一些实施方式中,传感器366相对于发生器368的定位的物理限制适用。在根据图4和5的实施,利用交通工具406上的磁场发生器368和基座408中的磁场传感器366,传感器366的定位和定向通常物理地限制在下半空间和相对于发生器的368坐标框架的基本水平的取向上,使得

$$[0090] \quad r_z' < 0, \quad (1)$$

$$[0091] \quad \theta' \cong \psi' \cong 0 \quad (2)$$

[0092] 成立,其中角度 θ' 和 ψ' 可以指欧拉(Euler)角度,并且更具体地指相对于发生器368的坐标系的传感器366的坐标系的俯仰角旋转角度和偏航角旋转角度。

[0093] 在操作中,电动交通工具定位子系统364可以用相应的交流电流 $i_{x'}(t)$, $i_{y'}(t)$ 和 $i_{z'}(t)$ 驱动生成线圈702、704、706,以生成在正交轴方向上(例如,如图7中指示的发生器368的坐标系的 x' 轴, y' 轴和 z' 轴)具有磁力矩的磁场。从由发生器线圈702、704、706所生成的场的磁通量可以流过感测线圈712、714、716,并且生成跨感测线圈712、714、716中的每一个线圈的端子的相应的电压信号 $v_{x'x}(t)$, $v_{x'y}(t)$, $v_{x'z}(t)$, $v_{y'x}(t)$, $v_{y'y}(t)$, $v_{y'z}(t)$, $v_{z'x}(t)$, $v_{z'y}(t)$,和 $v_{z'z}(t)$,其中例如, $v_{y'x}(t)$ 表示由 y' 磁场感应 x 感测线圈中的电压。

[0094] 为了区别由发生器线圈702、704、706中的每个发生器线圈生成的磁场分量,电动交通工具定位子系统364可以采用场多路技术方案。在一些实现中,电动交通工具定位子系统采用频分多路复用(FDM)方案,通过用在相应的频率 $f_{x'}$ 、 $f_{y'}$ 和 $f_{z'}$ 下振荡的正弦曲线的电流并发地驱动发生器线圈中的每个发生器线圈。在数学术语中,这些励磁电流信号可以被表示为 $i_{x'}(t) = I_{x'} \sin(2\pi f_{x'} t)$, (3)

$$[0095] \quad i_{y'}(t) = I_{y'} \sin(2\pi f_{y'} t), \quad (4)$$

$$[0096] \quad i_{z'}(t) = I_{z'} \sin(2\pi f_{z'} t), \quad (5)$$

[0097] 其中, $I_{x'}$ 、 $I_{y'}$ 和 $I_{z'}$ 表示振荡电流的峰值。

[0098] 在一些实现中, $f_{x'}$ 、 $f_{y'}$ 和 $f_{z'}$ 可以由频率相等地隔开。在其他实现中, $f_{x'}$ 、 $f_{y'}$ 和 $f_{z'}$ 可以不被相等地隔开。在一些其他实现中,电动交通工具定位子系统364可以采用时分复用(TDM)方案。还另一些实现中,它可以使用码分复用(CDM)方案。这些可选的方案不会被在这里进一步描述。

[0099] 在一些实现中,针对基于磁场的定位系统600的数学的处理,线圈励磁电流可以被表示为向量形式:

$$[0100] \quad \mathbf{I}_{x'} = \begin{bmatrix} I_{x'} \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}, \quad \mathbf{I}_{y'} = \begin{bmatrix} 0 \\ I_{y'} \\ 0 \end{bmatrix}, \quad \mathbf{I}_{z'} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ I_{z'} \end{bmatrix}, \quad (6)$$

[0101] 其中, $I_{x'}$ 、 $I_{y'}$ 和 $I_{z'}$ 可以指峰值或者均方值(r.m.s)水平。电流向量还可以被合并到

3*3的电流矩阵中:

$$[0102] \quad [\mathbf{I}] = [\mathbf{I}_{x'} \quad \mathbf{I}_{y'} \quad \mathbf{I}_{z'}] = \begin{bmatrix} I_{x'} & 0 & 0 \\ 0 & I_{y'} & 0 \\ 0 & 0 & I_{z'} \end{bmatrix}. \quad (7)$$

[0103] 类似地, 3*3的矩阵还可以被针对励磁电流的角度的频率限定:

$$[0104] \quad [\boldsymbol{\omega}'] = \begin{bmatrix} \omega_{x'} & 0 & 0 \\ 0 & \omega_{y'} & 0 \\ 0 & 0 & \omega_{z'} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 2\pi f_{x'} & 0 & 0 \\ 0 & 2\pi f_{y'} & 0 \\ 0 & 0 & 2\pi f_{z'} \end{bmatrix}. \quad (8)$$

[0105] 在一些实现中使用FDM, 电动交通工具定位子系统利用相等的峰值或者rms电流水平驱动每个发生器线圈702、704、706, 使得

$$[0106] \quad I_{x'} = I_{y'} = I_{z'} = I \quad (9)$$

[0107] 成立。在一些实现中, 电动交通工具定位子系统364利用具有幅度的交流(正弦曲线的)电流驱动发生器线圈702、704、706, 使得 $\omega_{x'} I_{x'} = \omega_{y'} I_{y'} = \omega_{z'} I_{z'}$. (10)

[0108] 成立。

[0109] 在一些实现中, 使用FDM, 感应的电压分量 $v_{x'x}(t)$ 、 $v_{x'y}(t)$ 、 $v_{x'z}(t)$ 、 $v_{y'x}(t)$ 、 $v_{y'y}(t)$ 、 $v_{y'z}(t)$ 、 $v_{z'x}(t)$ 、 $v_{z'y}(t)$ 和 $v_{z'z}(t)$ 还可以正弦曲线地振荡。在一些实现中, 从 x' 磁场、 y' 磁场和 z' 磁场所接收到的这些电压分量的相位相对于相应的发生器线圈励磁电流 $i_{x'}(t)$ 、 $i_{y'}(t)$ 和 $i_{z'}(t)$ 具有 90° 的相等的相位移。然而, 例如, 在一些实现中, 存在包括铁磁性的钢板的地面, 相位移可能一定程度上偏离 90° 。

[0110] 在一些实现中, 基座定位子系统362采用相位同步, 以检测经由3轴磁场传感器366的感测线圈712、714、716接收到的9个电压信号分量 $v_{x'x}(t)$ 、 $v_{x'y}(t)$ 、 $v_{x'z}(t)$ 、 $v_{y'x}(t)$ 、 $v_{y'y}(t)$ 、 $v_{y'z}(t)$ 、 $v_{z'x}(t)$ 、 $v_{z'y}(t)$ 和 $v_{z'z}(t)$ 。例如, 如前面结合图6所述, 如果基于磁场的定位系统600包括可选的同步链路630, 基座定位子系统可以用电动交通工具定位子系统364建立绝对的相位同步。这样的可选的同步链路630可以需要具有与生产成本相关联的额外的电路。如果基于磁场的定位子系统600忽略这样的同步链路630, 则基座定位子系统362可以至少建立在经由感应线圈712、714、716而接收到的电压信号上的固有相对相位同步。

[0111] 在一些实现中, 基座定位子系统364基于9个检测到的电压 $V_{x'x}$ 、 $V_{x'y}$ 、 $V_{x'z}$ 、 $V_{y'x}$ 、 $V_{y'y}$ 、 $V_{y'z}$ 、 $V_{z'x}$ 、 $V_{z'y}$ 和 $V_{z'z}$ 确定传感器366相对于发生器368的定位和定向, 9个检测到的电压 $V_{x'x}$ 、 $V_{x'y}$ 、 $V_{x'z}$ 、 $V_{y'x}$ 、 $V_{y'y}$ 、 $V_{y'z}$ 、 $V_{z'x}$ 、 $V_{z'y}$ 和 $V_{z'z}$ 指示经由感测线圈712、714、716所接收到的相应的电压信号分量 $v_{x'x}(t)$ 、 $v_{x'y}(t)$ 、 $v_{x'z}(t)$ 、 $v_{y'x}(t)$ 、 $v_{y'y}(t)$ 、 $v_{y'z}(t)$ 、 $v_{z'x}(t)$ 、 $v_{z'y}(t)$ 和 $v_{z'z}(t)$ 。

[0112] 在一些实现中, 9个检测到的电压 $V_{x'x}$ 、 $V_{x'y}$ 、 $V_{x'z}$ 、 $V_{y'x}$ 、 $V_{y'y}$ 、 $V_{y'z}$ 、 $V_{z'x}$ 、 $V_{z'y}$ 和 $V_{z'z}$ 中的每个检测到的电压表示真实值。在一些其他实现中, 9个检测到的电压中的每个检测到的电压表示合成值, 也成为相向量。

[0113] 所检测到的电压(实数的或者复数的)可以被表示为三个一组的3维(3D)电压向量, 如下:

$$[0114] \quad \mathbf{V}_{x'} = \begin{bmatrix} V_{x'x} \\ V_{x'y} \\ V_{x'z} \end{bmatrix}, \quad \mathbf{V}_{y'} = \begin{bmatrix} V_{y'x} \\ V_{y'y} \\ V_{y'z} \end{bmatrix}, \quad \mathbf{V}_{z'} = \begin{bmatrix} V_{z'x} \\ V_{z'y} \\ V_{z'z} \end{bmatrix}. \quad (11)$$

[0115] 备选地,检测到的电压可以被表示为9维(9D)电压向量,如下:

$$[0116] \quad \mathbf{V}' = \begin{bmatrix} V_{x'x} \\ V_{x'y} \\ V_{x'z} \\ V_{y'x} \\ V_{y'y} \\ V_{y'z} \\ V_{z'x} \\ V_{z'y} \\ V_{z'z} \end{bmatrix}, \quad (12)$$

[0117] 或者,表示为一个3*3电压矩阵,如下:

$$[0118] \quad [\mathbf{V}'] = \begin{bmatrix} V_{x'x} & V_{y'x} & V_{z'x} \\ V_{x'y} & V_{y'y} & V_{z'y} \\ V_{x'z} & V_{y'z} & V_{z'z} \end{bmatrix}. \quad (13)$$

[0119] 在一些实现中,基座定位子系统362还基于如等式(11)限定的3D电压向量 $V_{x'}$ 、 $V_{y'}$ 和 $V_{z'}$ 的每个唯一组合的点积(标量积)的绝对值,确定传感器366相对于发生器368的定位,其可以被表示为6D向量,如下:

$$[0120] \quad \mathbf{A}' = \begin{bmatrix} |\mathbf{V}_{x'} \cdot \mathbf{V}_{x'}| \\ |\mathbf{V}_{y'} \cdot \mathbf{V}_{y'}| \\ |\mathbf{V}_{z'} \cdot \mathbf{V}_{z'}| \\ |\mathbf{V}_{x'} \cdot \mathbf{V}_{y'}| \\ |\mathbf{V}_{x'} \cdot \mathbf{V}_{z'}| \\ |\mathbf{V}_{y'} \cdot \mathbf{V}_{z'}| \end{bmatrix}. \quad (14)$$

[0121] 3D电压向量 $V_{x'}$ 、 $V_{y'}$ 和 $V_{z'}$ 取决于发生器368相对于传感器366的定向。这样,包括电压向量 $V_{x'}$ 、 $V_{y'}$ 和 $V_{z'}$ 中的每个电压向量的分量的9D电压向量 $\mathbf{V}'$ 也取决于发生器368相对于传感器366的定向。与之相反,由于 $\mathbf{A}'$ 的分量由3D电压向量 $V_{x'}$ 、 $V_{y'}$ 和 $V_{z'}$ 的点积确定,如果磁传感器366是各向同性的,则向量 $\mathbf{A}'$ 取决于定向。

[0122] 给定由等式(2)所限定的物理限制,如果9D电压向量(12)的幅度 $|\mathbf{V}'|$ 针对磁场传感器366关于其z轴角度 φ' 的任何(方位角的)旋转保持不变或者大体上不变,则3轴磁场传感器366可以被认为是各向同性的。如果磁场传感器366是大体上各向同性的,则6D绝对标量积向量 $\mathbf{A}'$ 对发生器368相对于传感器366的旋转是大体上不变的。

[0123] 在一些实现中,如图7所示,传感器366可以不组成正交感测线圈712、714、716的物理布置。取而代之,基座定位子系统362可以基于如等式(12)所限定的3*3电压矩阵执行正交化的附加操作。应用正交化的该操作,9D电压向量 $\mathbf{V}'$ 的电压分量可以变成等于9D电压向量,如从正交的感测线圈布置中所得到的。

[0124] 在一些实现中,仅依靠如上所述的相对相位同步(例如,当基于磁场的定位系统600缺少在电动交通工具定位子系统364和基座定位子系统362之间的同步链路630时),检测的3D电压向量 V_x 、 V_y 和 V_z 相对于他们的极性可以是模糊的。

[0125] 图8示出了具有由虚线的向量三元组和非虚线的向量三元组指示的极性模糊度的向量三元组 V_x 、 V_y 和 V_z ,800。图9示出了在9D向量空间900中具有由虚线的向量三元组和非虚线的向量三元组指示的极性模糊度的9D向量 V' 。在这种情况下,基座定位子系统362不能区分3D电压向量三元组 V_x 、 V_y 和 V_z (在图8中被示为非虚线向量)和具有相反极性(在图8中被示为虚线向量)的对应的向量三元组 $-V_x$ 、 $-V_y$ 和 $-V_z$ 。然而,相对相位同步可以确保向量三元组 V_x 、 V_y 和 V_z 中的单独的向量相对于彼此不具有极性模糊度,意味着在图8中指示的向量 V_x 、 V_y 和 V_z ,800之间的角度 α 、 β 、 γ 与在系统中采用绝对相位同步中的相同。因此,9D向量 V' 的分量的相对极性可以是不模糊的。然而,如图8中所示,在整个3D向量三元组 V_x 、 V_y 和 V_z ,800上以及也在9D向量空间900中,如图9中所示,由 $\pm V'$ 表示的9D向量 V' 上可能存在剩余的绝对极性模糊度。而且,如上述一些实现中由等式(14)所限定的,可以发现6D绝对标量积 A' 对3D电压向量 V_x 、 V_y 和 V_z 的任意极性模糊度是不变的。

[0126] 在一些实现中,绝对极性模糊度可以导致在位置和/或定向中的模糊度,如由基于磁场的定位系统600所确定的。而且,甚至在缺少绝对极性模糊度的情况下,磁场感测可以导致定位和/或定向模糊度。这个定位和/或定向模糊度的本质是磁场结构所固有的。

[0127] 图10示出了在9D电压向量空间100中的9D电压向量上的噪声的效果。存在噪声、干扰和/或失真时,由被可操作地耦合到传感器366上的基座定位子系统362所检测到的电压向量 V' 可以被扰乱。通过附加的噪声的扰乱可以被表示为:

$$[0128] \quad \hat{V}' = V' + V'_N, \quad (15)$$

[0129] 其中 $\hat{V}'$ 是扰乱的9D电压向量, V' 是未被扰乱的电压向量,以及 V'_N 是噪声向量。噪声向量 V'_N 可以被认为随机可变的向量,并且在一些实现中可以由多维(多变量)在统计学上描述的概率分布,例如,多变量高斯分布。例如,图10示出了在未被扰乱的在电压向量 V' 周围的9D超球面的概率分布的示例噪声向量 V'_N 。9D超球面的概率分布可以导致如果噪声向量 V'_N 的所有九个分量具有相同的标准差 σ_N ,使得下面等式成立:

$$[0130] \quad \sigma_N = \sigma_{N,1} = \sigma_{N,2} = \dots = \sigma_{N,9}. \quad (16)$$

[0131] 在这样的情况下,9D概率分布可以被认为是具有半径 $\sqrt{9} \sigma_N$ 的超球面的。

[0132] 由于基座定位子系统362确定6D绝对标量积向量 A' 为9D向量 V' 的分量的点积的绝对值,如果 V' 被扰乱(例如,通过可以被使用9D噪声向量 V'_N 表示的额外的噪声),则类似地,根据一下等式, A' 可以被噪声扰乱

$$[0133] \quad \hat{A}' = A' + A'_N, \quad (17)$$

[0134] 其中 $\hat{A}'$ 是被扰乱的6D向量, A' 是未被扰乱的6D向量,并且 A'_N 是对应于9D噪声向量 V'_N 的6D噪声向量。

[0135] 在一些实现中,由于由基座定位子系统362检测到的任何电压都可能受到来自周围环境和/或来自基座定位子系统362本身的至少最小噪声和/或干扰,被扰乱的向量 $\hat{V}'$ 和

$\hat{\mathbf{A}}'$ 还可以被认为是检测向量。

[0136] 在一些实现中,未被扰乱的零转动9D电压向量 $\mathbf{V}'_0$ 可以被限定为未被扰乱的9D电压向量 $\mathbf{V}'$,其可以在发生器368相对于传感器366的旋转角度 φ' 为零的时候发生。如果传感器366如上所限定的是各向同性的,则具有任意旋转角度 φ' 的利用传感器366获取的未被扰乱的9D电压向量 $\mathbf{V}'(\varphi')$ 以及未被扰乱的零旋转9D电压向量 $\mathbf{V}'_0$ 由下面的矩阵等式被关联起来:

$$[0137] \quad [\mathbf{V}'(\varphi')] = [\mathbf{R}_{\varphi'}][\mathbf{V}'_0], \quad (18)$$

[0138] 其中 $[\mathbf{R}_{\varphi'}]$ 表示旋转矩阵,被限定为

$$[0139] \quad [\mathbf{R}_{\varphi'}] = \begin{bmatrix} \cos \varphi' & \sin \varphi' & 0 \\ -\sin \varphi' & \cos \varphi' & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}. \quad (19)$$

[0140] 基座定位子系统362可以通过利用矩阵等式(18)的反转根据具有任意旋转角度 φ' 的利用传感器366获取的被扰乱的9D检测向量 $\hat{\mathbf{V}}'$ 来确定未被扰乱的零旋转9D电压向量 $\mathbf{V}'_0$ 的估计 $\hat{\mathbf{V}}'_0$:

$$[0141] \quad [\hat{\mathbf{V}}'_0] = [\mathbf{R}_{\varphi'}]^T [\hat{\mathbf{V}}'], \quad (20)$$

[0142] 其中 $[\cdot]^T$ 表示由等式(19)限定的旋转矩阵的转置。如等式(20)限定的矩阵操作在这里是指解旋转,并且矩阵 $[\hat{\mathbf{V}}'_0]$ 是指矩阵 $[\hat{\mathbf{V}}']$ 的旋转的变换。这个矩阵 $[\hat{\mathbf{V}}']$ 的旋转的转化可以被表示为 $[\hat{\mathbf{V}}'(-\varphi')]$ 。

[0143] 图11示出了由在4D定位和定向空间1100中的三个定位坐标 r_x, r_y, r_z 和旋转角度 φ' 组成的4D定位和定向向量 $[\mathbf{r}', \varphi']$ 到在9D电压向量空间1150中的9D电压向量 $\mathbf{V}'$ 的示例映射。在数学术语中,传感器366的定位和定向到电压向量上的映射可以由映射函数来描述:

$$[0144] \quad \mathbf{V}' = f'(\mathbf{r}', \varphi'). \quad (21)$$

[0145] 类似地,图11还示出了在9D电压向量空间1150中的9D电压向量 $\mathbf{V}'$ 到在4D定位和定向向量空间1100中的4D定位和定向向量 $[\mathbf{r}', \varphi']$ 的反向映射。在数学的术语中,此反向映射可以由反向映射函数表示为:

$$[0146] \quad [\mathbf{r}', \varphi'] = f'^{-1}(\mathbf{V}'). \quad (22)$$

[0147] 确定有效的不模糊的定位和/或定向依靠具有一对一关系的映射函数 f' (例如,单射的函数)。换言之,每个定位和定向向量 $[\mathbf{r}', \varphi']$ 映射到单个的电压向量 $\mathbf{V}'$,并且相反地,每个电压向量 $\mathbf{V}'$ 映射到单个定位和定向向量 $[\mathbf{r}', \varphi']$ 上。在图7的3轴发生器/3轴传感器系统是由等式(1)所限定的物理限制下操作的一些实现中,尽管向量 $\mathbf{V}'$ 受绝对极性模糊度的影响,但是映射函数 f' 和 f'^{-1} 可以是单射的。在将少于3轴利用在发生器368或者传感器366中并且具有绝对极性模糊度的实现中,这些映射函数可以变为非单射的,导致交通工具引导和对准系统不得不对付定位和/或定向模糊度。

[0148] 此外,确定准确的定位和定向可以依靠针对特定的停车空间和在一定时间上稳定的有效的映射函数 $f'(\bullet)$ 和/或者它的逆向 f'^{-1} 。

[0149] 在一些实现中,映射函数 f' 和/或它的逆向 f'^{-1} 或其部分可以由数学的(分析的)多维功能描述(例如,基于磁单极或者双极的函数、多项式的函数、指数的函数、三角函数、超几何函数、高斯函数等等)。

[0150] 在一些其他实现中,映射函数 f' 和/或它的逆向 f'^{-1} 或其部分可以由数据结构来限定(诸如,表函数还指查找表(LUT),诸如结合图16描述的)。LUT可以被描述为将离散的输入值字符串关联到离散输出值字符串的数目的阵列。如果应用到逆函数 f'^{-1} ,则每个输入值字符串指电压向量 V' ,并且每个被相关联的输出值字符串指定定位和定向向量 $[r', \varphi']$ 。

[0151] 不管 f' 和/或他的逆向 f'^{-1} 是否被实现为分析的或者列表格式的函数(例如,LUT),映射函数 f' 的输出值字符串和逆映射函数 f'^{-1} 的输入值字符串还可以指参考向量 V' 。

[0152] 在一些实现中,与参考向量 V' 相关联的每个定位 r' 和旋转角度 φ' 对应于在有限的定位和定向空间1100中的网格点,如下面进一步所述。如果逆映射函数基于LUT,则参考向量 V' 的网格点间距和结果数可以表示在定位精确度和LUT大小之间的平衡。如果基于分析的函数,则参考向量 V' 的网格点间距和结果数可以与处理器2004的数值的精确度相关,如结合图20所述。如果处理器2004是模拟电路,则网格点间距可以为零,并且参考向量的数目变为无穷大(连续统)。

[0153] 多个参考向量 V' ,每个与定位 r' 和旋转角度 φ' 相关联,还可以指向量映射,不管 f' 和/或他的逆向 f'^{-1} 是否被实现为分析的函数或表格的函数(LUT),或者是否为有限或者无限组。

[0154] 在一些实现中,多个参考向量 V' 在的系统校准的先前过程中被获得。此系统校准的过程可以涉及计算机仿真(例如,使用有限元法(FEM)、差值法、近似法、使用分析的函数的回归分析、在被控制的环境中的测量、和/或在特定的停车空间中使用磁场定位系统600的真实实现的现场)。

[0155] 在一些实现中,基座定位子系统362可以使用检测向量 V' 作为输入基于根据等式(22)的逆映射函数 f'^{-1} 确定传感器366相对于发生器368的定位和/或定向,其可以被表达为:

$$[0156] \quad [r', \varphi'] = f'^{-1}(\hat{V}') \quad (23)$$

[0157] 如果逆映射函数 f'^{-1} 被分析地限定,则基座定位子系统362可以使用等式(23)和合适的用数字表示的方法来计算定位和/或定向。

[0158] 通过映射函数 f' ,与定位 r' 和旋转角度 φ' 相关的参考向量 V' 的集合可以仅占据电压向量空间的子空间。如果电压向量空间的维度超过其定位和旋转角度空间的维度(例如,9D对4D),并且如果他自己的定位和旋转角度空间是受限制的,则这样可以特别地成立。如果检测向量 $\hat{V}'$ 被扰乱(例如,通过如上所述的额外的噪声),则检测向量 $\hat{V}'$ 可能不属于一组参考向量 $V' = f(r', \varphi')$ 。在这样的情况下,针对 r', φ' ,逆函数 f'^{-1} 可以根本不提供解,或者其可能不提供在物理上有意义的解。如果电压向量空间1150的维度超过定位和旋转空间1100的维度(例如,9D对4D),则针对这样的情况的概率可以是高的。在一些实现中,尽管两

个空间的维度是相等的,并且传感器366的真实的定位和定向是在规定的定位和旋转角度空间以内,但是逆函数 f'^{-1} 可以不总是提供解,这取决于 f'^{-1} 的属性和结构。在任何情况下,如果检测向量 $\hat{\mathbf{V}}'$ 是参考向量 $\mathbf{V}'$ 的被扰乱的版本, $f'^{-1}(\hat{\mathbf{V}}')$ 的解可以被认为是相对于发生器368的传感器366的真实的定位和定向的估计,并且可以被表达为:

$$[0159] \quad [\hat{\mathbf{r}}', \hat{\phi}'] = f'^{-1}(\hat{\mathbf{V}}'). \quad (24)$$

[0160] 在一些实现中,通过首先在检测向量 $\hat{\mathbf{V}}'$ 上执行一些非线性操作,基座定位子系统362推断传感器366相对于发生器368的定位和/或定向,使得针对任何或者至少存在于大部分被扰乱的检测向量针对 $\mathbf{r}'$, ϕ' 存在的物理上有意义的解。在一些实现中,使用如前面限定的各向同性的传感器366,这样的非线性操作可以包括将向量 $\hat{\mathbf{V}}'$ 变换成向量 $\hat{\mathbf{A}}'$,例如,如等式(14)限定。然而,由于这样的非线性操作通常涉及信息的损失,从针对传感器366的真实的定位和定向的最好的估计 $\hat{\mathbf{r}}'$, $\hat{\phi}'$ 来说,这样的实现可能不能分别最佳地执行。

[0161] 在一些实现中,基座定位子系统362可以通过如下推断传感器366相对于发生器368的定位和/或定向:首先确定在检测向量 $\hat{\mathbf{V}}'$ 和之前被确定的(被校准的)多个参考向量 $\mathbf{V}'$ 之间最接近的匹配,以对应于特定的传感器366定位 $\mathbf{r}'$ 和旋转角度 ϕ' ,并且然后将与提供最接近的匹配的此参考向量 $\mathbf{V}'$ 相关联的定位 $\mathbf{r}'$ 和旋转角度 ϕ' 假设为相对于发生器368的传感器366的真实定位和定向的最佳估计 $\hat{\mathbf{r}}'$ 和 $\hat{\phi}'$ 。

[0162] 使用概率学的术语,具有与检测向量 $\hat{\mathbf{V}}'$ 最接近的匹配的多个参考 $\mathbf{V}' = f(\mathbf{r}', \phi')$ 向量的参考向量可以表示最高概率的参考向量。因此,与最接近匹配的此参考向量相关联的定位 $\mathbf{r}'$ 和旋转角度 ϕ' 还可以表示最高概率的传感器366的定位和定向。与最接近匹配的此参考向量相关联的定位 $\mathbf{r}'$ 和旋转角度 ϕ' 还可以分别表示传感器366的真实定位和定向的最佳估计 $\hat{\mathbf{r}}'$ 和 $\hat{\phi}'$ 。

[0163] 如果检测向量 $\hat{\mathbf{V}}'$ 被如等式(16)所限定的具有标准偏差的额外的噪声扰乱,则基座定位子系统362可以使用在两个向量之间的欧几里德距离作为针对最接近匹配的度量。图12示出了在N维向量空间1200中的两个N维向量之间的欧几里德距离。图12示出了向量a和向量b,每个向量具有它的N维向量空间1200的原点中的原点。在向量a和向量b之间的欧几里德距离 ε 被限定为根据下述等式的差异向量d(未示出)的长度。

$$[0164] \quad \varepsilon = |\mathbf{d}| = |\mathbf{a} - \mathbf{b}| = \sqrt{\sum_{i=1}^N (a_i - b_i)^2}. \quad (25)$$

[0165] 其中 a_i 是向量a的第i个向量分量, b_i 是向量b的第i个向量分量。向量a可以指多个参考向量的参考向量 $\mathbf{V}' = f(\mathbf{r}', \phi')$,而向量b指检测向量 $\hat{\mathbf{V}}'$ 。

[0166] 如果等式(16)不成立,则意味着标准偏差 $\sigma_{N,i}$ 不相等,则基座定位子系统362可以采用加权的距离度量,而不是欧几里德距离(等式(25))例如:

$$[0167] \quad \varepsilon_w = \sqrt{\sum_{i=1}^N \frac{1}{\sigma_{N,i}^2} (a_i - b_i)^2}, \quad (26)$$

[0168] 其中 a_i 是指参考向量 $\mathbf{V}'(\mathbf{r}', \varphi')$ 的第 i 个分量, b_i 而是指检测向量 $\hat{\mathbf{V}}'$ 的第 i 个分量, 其分量 b_i 由具有零平均值和标准偏差额 $\sigma_{N,i}$ 的噪声扰乱。在这种情况下, 具有到检测向量 $\hat{\mathbf{V}}'$ 的最小加权距离 ε_w 多个参考向量的参考向量 $\mathbf{V}'(\mathbf{r}', \varphi')$ 可以被认为是到检测向量 $\hat{\mathbf{V}}'$ 的最接近匹配的参考向量。

[0169] 在一些实现中, 基座定位子系统362采用备选的距离度量中的一个距离度量(例如, 平方的欧几里德距离、欧几里德距离的近似、根据等式(26)的加权的距离、或者任意其他合适的距离度量)。下述定位和定向的寻找过程假设由等式(25)限定的标准欧几里德距离, 但是不应该理解为被限制为此。

[0170] 在一些基于LUT的实现中, 取决于网格点间距和规定的定位和旋转角度空间的大小, 如上所述的确定定位和定向的过程可以要求大量的存储器。因此, 在一些使用如上限定的各向同性或者基本上各向同性的传感器366, 基座定位子系统362可以使用存储多个之前被确定的(被校准的)参考向量 $\mathbf{V}'_0$ 的LUT或者其他数据结构, 以对应于特定的传感器366定位 $\mathbf{r}'$, 但是仅针对单个固定的旋转(例如, 传感器366相对于发生器368的零旋转($\varphi' = 0$))。与定位 $\mathbf{r}'$ 相关联的多个参考向量 $\mathbf{V}'_0$ 还可以指针对传感器366的固定的转动的向量映射。

[0171] 在针对参考向量 $\mathbf{V}'_0$ 使用LUT的一些实现中, 基座定位子系统362通过如下推断相对于发生器368的传感器366的定位和定向: 确定检测向量 $\hat{\mathbf{V}}'$ 的多个旋转变换 $\hat{\mathbf{V}}'(-\varphi')$ 和多个参考向量 $\mathbf{V}'_0$ 之间的所有组合的最短欧几里德距离, 并且之后将提供最短欧几里德距离的与参考向量 $\mathbf{V}'_0$ 相关联的定位 $\mathbf{r}'$ 和旋转角度 φ' 假设分别为相对于发生器368的传感器366的真实定位和定向的最佳估计 $\hat{\mathbf{r}}'$ 和 $\hat{\varphi}'$ 。

[0172] 图13示出了示例共同的定位和定向寻找过程, 该过程示出了在9D向量空间1300中的在9D零旋转参考向量 $\mathbf{V}'_0(\mathbf{r}')$ 和9D检测向量 $\hat{\mathbf{V}}'$ 的旋转的变换 $\hat{\mathbf{V}}'(-\varphi')$ 之间的欧几里德距离 ε 。共同地寻找定位和定向可能要求针对多个离散定位 $\mathbf{r}'$ 中的每个定位, 以及针对多个离散角度 φ' 中的每个角度重复地确定在检测向量 $\hat{\mathbf{V}}'$ 的旋转的变换 $\hat{\mathbf{V}}'(-\varphi')$ 和之前确定的(校准的)参考向量 $\mathbf{V}'_0(\mathbf{r}')$ 之间的欧几里德距离 ε 。如上所述, 如果检测向量 $\hat{\mathbf{V}}'$ 受制于极性模糊度, 则共同的定位和定向寻找的过程可以额外的包括在极性假设 $p=+1$ 和 $p=-1$ 两者上的重复。如这里被使用的, “重复地”可以意味着欧几里德距离可以被针对多个离散定位的每个定位以及针对多个离散角度的每个角度 φ' 来确定, 并且如果被需要, 针对用于 $p=+1$ 和 $p=-1$ 两个极性的每个角度 φ' 来确定。

[0173] 在数学上的术语中, 多个离散定位的一个定位 $\mathbf{r}'$ 可以被通过定位向量 $\mathbf{r}'_{i,j,k} = [r'_{x',i}, r'_{y',j}, r'_{z',k}]^T$ 来表达, 其中索引 i, j, k 是整数。类似地, 多个离散角度的相应的角度 φ' 可以被表达为 φ'_l , 其中索引 l 是整数。使用这些限定, 基于最短(最小)欧几里德距离 ε 共同地确定定位和旋转角度的过程可以被表示为数学术语:

$$[0174] \quad \min_{\text{all } i, j, k, l} |\mathbf{V}'_0(\mathbf{r}'_{i,j,k}) - p\hat{\mathbf{V}}'(-\varphi'_l)| \rightarrow \hat{\mathbf{r}}' \rightarrow \hat{\varphi}' , \quad (27)$$

[0175] 其中 $|\cdot|$ 指示在欧式空间中的向量的模(幅度)。术语“所有”(all)应当被理解为 i, j, k 在由特定的实现所指定的数目范围上的所有重复(组合)。通过等式(27)的过程输出的定位 $\hat{\mathbf{r}}'$ 和旋转角度 $\hat{\varphi}'$ 可以分别表示相对于发生器368的传感器366的真实定位和定向的最佳估计 $\hat{\mathbf{r}}'$ 和 $\hat{\varphi}'$ 。在一些实现中,这些估计可以包括在定位或者定向或者两者中的模糊度。9D检测向量 $\hat{\mathbf{V}}'$ 的旋转的变换 $\hat{\mathbf{V}}'(-\varphi'_l)$ (还被称为解旋转)可以由矩阵等式(18)给定,并且在等式(27)的上下文中可以被表达为

$$[0176] \quad [\hat{\mathbf{V}}'(-\varphi'_l)] = [\mathbf{R}_{\varphi'_l}]^T [\hat{\mathbf{V}}'] \quad (28)$$

[0177] 在一些实现中,多个离散定位 $\mathbf{r}'_{i,j,k} = [r'_{x',i}, r'_{y',j}, r'_{z',k}]^T$ 可以对应于在有限的3D定位空间中的网格点,其中该3D空间指搜索空间。搜索空间可以由下面范围限定:

$$x'_{min} < r'_{x',i} < x'_{max}, \quad (29)$$

$$[0178] \quad y'_{min} < r'_{y',i} < y'_{max}, \\ z'_{min} < r'_{z',i} < z'_{max},$$

[0179] 其中 x'_{min} 和 x'_{max} 指示搜索空间的 x' 维度的下限和上限, y'_{min} and y'_{max} 指示搜索空间的 y' 维度的下限和上限等等。在一些实现中,各自可以具有足够紧的间距使得其无论传感器366的定位在哪里,不会使由基座定位子系统362限定的定位估计 $\hat{\mathbf{r}}'$ 的精确性明显地降级。在一些实现中,网格点可以被相等地隔开。在其他一些实现中,网格点可以被不相等地隔开。例如,网格点可以具有根据某些规则随着到3D定位空间的原点的距离增加的间距(半径)。在其中针对由等式(1)限定的传感器366的的定位的物理的限制适用的示例实现中,范围可以被限制为: $x'_{min} = -500\text{cm}$, $x'_{max} = 500\text{cm}$, $y'_{min} = -300\text{cm}$, $y'_{max} = 300\text{cm}$, $z'_{min} = -15\text{cm}$, $z'_{max} = 10\text{cm}$ 。

[0180] 在一些实现中,多个离散角度 φ'_l 对应于在1D方位角度空间中的点,该多个离散角度 φ'_l 由下列范围限定:

$$[0181] \quad \varphi'_{min} \leq \varphi'_l < \varphi'_{max}, \quad (30)$$

[0182] 其中 φ'_{min} 和 φ'_{max} 指示角度空间的下限和上限。角度空间的点可以具有足够紧的间距使得其无论传感器366的定位在哪里,不会使由基座定位子系统362限定的旋转角度估计 $\hat{\varphi}'$ 的精确性明显地降级。在一个示例实现中,限制 $\varphi'_{min} = -180^\circ$, $\varphi'_{max} = 180^\circ$, 以及 1° 的相等的点间距适用。

[0183] 在一些实现中,搜索空间和点间距的限制 x'_{min} 、 x'_{max} 、 y'_{min} 、 y'_{max} 、 z'_{min} 、 z'_{max} 、 φ'_{min} 和 φ'_{max} 是可变的参数,并且可以分别取决于例如,之前找到的定位和定向角度估计。

[0184] 在一些实现中,多个离散定位 $\mathbf{r}'_{i,j,k}$ 对应于在由9D检测向量 $\hat{\mathbf{V}}'$ 的函数确定的搜索空间中的网格点。在一些实现中,基座定位子系统362确定以发生器368的坐标系的原点为中心的3D圆柱型的搜索空间,其中该坐标系由内部的半径 $\rho'_{x',y',min}$ 、外部的半径 $\rho'_{x',y',max}$ 和 z' 高度范围来限制。这个圆柱型搜索空间可以被限定为:

$$[0185] \quad \rho'_{x',y',min} < \sqrt{r_{x',i}^2 + r_{y',i}^2} < \rho'_{x',y',max}, \quad (31)$$

$$[0186] \quad z'_{min} < r_{z',i} < z'_{max}.$$

[0187] 在一些实现中,基座定位子系统362可以基于从9D检测向量 $\hat{\mathbf{V}}$ 中得到的值(例如,基于它的幅度 $|\hat{\mathbf{V}}|$)来确定内部的半径 $\rho'_{x',y',min}$ 和外部的半径 $\rho'_{x',y',max}$ 。

[0188] 在一些实现中,搜索空间可以被限制在3D定位空间的象限或者八分圆内或者限制在任何其他合适的子空间内。

[0189] 基于网格点的数目和搜索空间的大小,共同的定位和定向发现可以为在计算上非常地密集。为了降低计算的负荷,基座定位子系统362可以应用如下所述的备选的过程,并且其可以表示在计算负担和定位精确度的权衡。此备选地过程为两个操作的过程,该过程包括独立于定向的定位发现过程的第一操作和基于在第一操作中找到的有限的定位的共同的定位和定向发现过程的第二操作。此备选的过程可以被应用到上述限定的具有各向同性的或者大体上各向同性的传感器366的基座定位子系统362中。

[0190] 在第一操作中,基座定位子系统362可以基于由等式(15)限定的6D检测向量 $\hat{\mathbf{A}}$ 来首先确定候选定位 $\mathbf{r}'_1, \mathbf{r}'_2, \dots, \mathbf{r}'_{N_c}$ 的数目 N_c ,其中该6D检测向量 $\hat{\mathbf{A}}$ 相对于传感器366的旋转和极性模糊度是不变的。基座定位子系统362可以确定 N_c 候选定位 $\mathbf{r}'_1, \mathbf{r}'_2, \dots, \mathbf{r}'_{N_c}$,其中针对候选定位 $\mathbf{r}'_1, \mathbf{r}'_2, \dots, \mathbf{r}'_{N_c}$,具有与6D检测向量 $\hat{\mathbf{A}}$ 最接近的相关联的6D参考向量

$$\mathbf{A}'(\mathbf{r}'_1), \mathbf{A}'(\mathbf{r}'_2), \dots, \mathbf{A}'(\mathbf{r}'_{N_c}) \quad (\text{例如,在相关联的6D参考向量}$$

$$\mathbf{A}'(\mathbf{r}'_1), \mathbf{A}'(\mathbf{r}'_2), \dots, \mathbf{A}'(\mathbf{r}'_{N_c}) \text{ 6D参考向量 } \hat{\mathbf{A}} \text{ 和6D检测向量 } \hat{\mathbf{A}} \text{ 之间的欧几里德距离}$$

$$\varepsilon_1, \varepsilon_2, \dots, \varepsilon_{N_c} \text{ 小于所有其他6D参考向量 } \mathbf{A}'(\mathbf{r}') \text{ 和6D检测向量 } \hat{\mathbf{A}} \text{ 之间的欧几里德距离 } \varepsilon)。$$

例如,在一些实现中,基座定位系统362可以系统地逐步跟踪由特定的实现所规范的在搜索空间中的与LUT1600中的参考向量 $\mathbf{A}'(\mathbf{r}'_{i,j,k})$ 相关联的每个定位。在一些实现中,得到的 N_c 个x选定 $\mathbf{r}'_1, \mathbf{r}'_2, \dots, \mathbf{r}'_{N_c}$ 可以是模糊的,如上所述。

[0191] 图14示出了在6D向量空间1400中的6D参考向量 $\mathbf{A}'(\mathbf{r}'_1), \mathbf{A}'(\mathbf{r}'_2), \dots, \mathbf{A}'(\mathbf{r}'_{N_c})$ 和6D检测向量 $\hat{\mathbf{A}}$ 之间的 N_c 个最小的欧几里德距离 $\varepsilon_1, \varepsilon_2, \dots, \varepsilon_{N_c}$ 。在数学的术语中,基于 N_c 个最小的欧几里德距离来确定 N_c 个定位 $\mathbf{r}'_1, \mathbf{r}'_2, \dots, \mathbf{r}'_{N_c}$ 的定向无关的该过程可以被表达为:

$$[0192] \quad N_c \text{ smallest } \underset{\text{all } i,j,k}{| \mathbf{A}'(\mathbf{r}'_{i,j,k}) - \hat{\mathbf{A}} |} \rightarrow \mathbf{r}'_1, \mathbf{r}'_2, \dots, \mathbf{r}'_{N_c}, \quad (32)$$

[0193] 其中 $|\cdot|$ 指示在欧式空间中的向量的模。术语“所有”(all)应当被理解为i、j、k在由特定的实现所指定的数目范围上的所有重复(组合)。在一些实现中,这些范围对应于在3D定位空间中的八分圆中的网格点。在一些实现中,不是标识具有在6D向量空间1400中的

6D参考向量 $\mathbf{A}'(\mathbf{r}'_1), \mathbf{A}'(\mathbf{r}'_2), \dots, \mathbf{A}'(\mathbf{r}'_{N_c})$ 和6D检测向量之间的最小欧几里德距离 $\varepsilon_1, \varepsilon_2, \dots, \varepsilon_{N_c}$ 的 N_c 个候选定位, 而是一个或者多个候选定位可以被标识为具有在6D向量空间1400中的6D参考向量 $\mathbf{A}'(\mathbf{r}'_1), \mathbf{A}'(\mathbf{r}'_2), \dots, \mathbf{A}'(\mathbf{r}'_{N_c})$ 和6D检测向量之间的最小欧几里德距离或者它的一些组合, 其小于阈值。

[0194] 在接下来的(第二)操作中, 基座定位子系统362可以从 N_c 个最小的欧几里德距离 $\varepsilon_1, \varepsilon_2, \dots, \varepsilon_{N_c}$ 的集合中确定定位 $\mathbf{r}'$ 和旋转角度 φ'_l , 针对定位 $\mathbf{r}'$ 和旋转角度 φ'_l , 在9D检测向量 $\hat{\mathbf{V}}'$ 的旋转的变换 $\hat{\mathbf{V}}'(-\varphi'_l)$ 和与候选定位 $\mathbf{r}'_1, \mathbf{r}'_2, \dots, \mathbf{r}'_{N_c}$ 相关联的9D参考向量 $\mathbf{V}'_0$ 之间的欧几里德距离 ε 最小。共同定位和定向发现的第二操作的示例在图15中被示出。图15示出了在9D向量空间2600中的在检测向量 $\hat{\mathbf{V}}'$ 的旋转的变换和多个参考向量 $\mathbf{V}'_0$ 之间的欧几里德距离 $\varepsilon_1, \varepsilon_2, \dots, \varepsilon_{N_c}$ 。多个参考向量 $\mathbf{V}'_0$ 指与候选向量 $\mathbf{r}'_1, \mathbf{r}'_2, \dots, \mathbf{r}'_{N_c}$ 相关联的零旋转的9D参考向量, 并且可以被存储在LUT1600中, 如结合图16所述。通过系统地逐步跟踪 N_c 个候选定位 $\mathbf{r}'_1, \mathbf{r}'_2, \dots, \mathbf{r}'_{N_c}$ 中的每个定位, 并且通过选择提供最短(最小)欧几里德距离 ε 的候选定位 $\mathbf{r}'$ 和旋转角度 φ'_l , 基座定位子系统362可以完成此接下来的操作。提供最短欧几里德距离 ε 的定位和旋转角度可以是指发生在发生器368的坐标系中的传感器366的定位和定向的最终估计 $\hat{\mathbf{r}}'$ 和 $\hat{\varphi}'$ 。

[0195] 如果候选定位具有模糊度, 此第二操作可以包括对应于此模糊度的所有定位。如果9D检测向量 $\hat{\mathbf{V}}'$ 也受极性模糊度的影响, 重复可以包括极性 $p=+1$ 和 $p=-1$ 。在包括在极性 p 的重复的 N_c 个候选定位 $\mathbf{r}'_1, \mathbf{r}'_2, \dots, \mathbf{r}'_{N_c}$ 中的共同定位和定向发现的过程可以类比于等式(27)被表示为:

$$[0196] \quad \mathbf{r}' = \underset{p = [+1, -1]}{\min} [\mathbf{r}'_1, \mathbf{r}'_2, \dots, \mathbf{r}'_{N_c}] \quad \begin{array}{l} |\mathbf{V}'_0(\mathbf{r}') - p\hat{\mathbf{V}}'(-\varphi'_l)| \rightarrow \hat{\mathbf{r}}' \\ \rightarrow \hat{\varphi}' \end{array}, \quad (33)$$

[0197] 其中 $|\cdot|$ 指示在欧式空间中的向量的模。

[0198] 图16示出了在查找表(LUT)1600中的示例条目, 查找表(LUT)1600包括LUT地址 i, j, k 关联的定位坐标 $r_{x',i}, r_{y',j}, r_{z',k}$ 、关联的9D零旋转的参考坐标 $\mathbf{V}'_0(r_{x',i}, r_{y',j}, r_{z',k})$ 、以及关联的6D参考坐标 $\mathbf{A}'(r_{x',i}, r_{y',j}, r_{z',k})$ 。LUT1600可以包括多个如所示的具有通常格式的条目。每个条目可以对应于传感器366相对于被布置在如前所述的有限的3D定位空间上的网格中的发生器368的唯一一定位。在一些实现中, 网格可以被限制到相对于 z' 维度的平面的特定的数目。例如, 网格可以被限制在相对于 z' 维度的 ($k \in 0, 1, 2, 3$) 的四个平面中。在一些其他的实现中, LUT可以包括四个平面 ($k \in 0, 1, 2, 3$), 对应于从发生器368的坐标系的原点 $0'$ 开始的半径范围(例如, 0.7m的半径)的中心的区域。在这个区域之外, LUT可以包括更少的平面(例如, 单平面(例如, $k \in 1$)), 假设针对相同的 x' 坐标轴, y' 坐标轴的但是针对不同的 z' 高度的参考向量 $\mathbf{V}'_0(r_{x',i}, r_{y',j}, r_{z',k})$ 足够类似, 使得它们可以由被针对中间范围 z' 高度(例如, $r_{z',1}$) 校准过的单参考向量表示。

[0199] 在一些实现中, 上述定位过程可以依靠各向同性的磁场传感器366。在一些实现

中,仅磁场发生器368可以被认为是各向同性的或者大体上各向同性的(例如,在其中包括磁场传感器366的基座无线充电站102a的基座垫大于包括磁场发生器368的电动交通工具耦合器116的交通工具垫时并且其中交通工具垫是接近基座垫的实现中)。

[0200] 在这样的实现中,仅磁场发生器368可以被认为是各向同性的或者大体上各向同性的,如上所述,定位和定向发现过程可以依赖虚构的反向地传送系统的概念。在此虚构的系统中,定位和定向在传感器366(基座)坐标系中被确定。

[0201] 线性电网络互反率提到在发生器线圈702、704、706和感测线圈712、714、716之间的耦合并且因此在如图7中所示的系统700中的所有线圈之间的互感系数等于将在如图17所示的虚构的反向传送系统1700中被确定互感系数。在数学的术语中,虚构的系统1700的互感系数矩阵[M]等于系统700的互感系数矩阵[M']的转置,其可以被表达为:

$$[0202] \quad [\mathbf{M}] = \begin{bmatrix} M_{xx'} & M_{yx'} & M_{zx'} \\ M_{xy'} & M_{yy'} & M_{zy'} \\ M_{xz'} & M_{yz'} & M_{zz'} \end{bmatrix} = [\mathbf{M}']^T = \begin{bmatrix} M_{x'x} & M_{y'x} & M_{z'x} \\ M_{x'y} & M_{y'y} & M_{z'y} \\ M_{x'z} & M_{y'z} & M_{z'z} \end{bmatrix}^T, \quad (34)$$

[0203] 其中,例如,结合图7,矩阵元素 $M_{xy'}$ 指示在x感测线圈712和y'生成线圈704之间的互感系数,并且矩阵元素 $M_{x'y}$ 指示在x'感测线圈702和y生成线圈714之间的互感系数。

[0204] 如上所述,由于磁场定位和定向发现可以依靠磁场耦合关系(例如,互感系数),传送的方向可以是无关的。因此上述定位和定向发现过程可以被使用虚构的反向传送系统1700来执行。在此虚构系统中,定位和旋转角度可以分别在具有x轴、y轴、z轴的传感(基座)坐标中指发生器368(交通工具的)的定位和定向。

[0205] 类比于定义(6)、(7)、(8)、(11)、(12)和(13),虚构的反向传送系统1700的向量和度量针对当前的向量可以被限定:

$$[0206] \quad \mathbf{I}_x = \begin{bmatrix} I_x \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}, \quad \mathbf{I}_y = \begin{bmatrix} 0 \\ I_y \\ 0 \end{bmatrix}, \quad \mathbf{I}_z = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ I_z \end{bmatrix}, \quad (35)$$

[0207] 针对3*3的当前矩阵:

$$[0208] \quad [\mathbf{I}] = [\mathbf{I}_x \quad \mathbf{I}_y \quad \mathbf{I}_z] = \begin{bmatrix} I_x & 0 & 0 \\ 0 & I_y & 0 \\ 0 & 0 & I_z \end{bmatrix}, \quad (36)$$

[0209] 针对虚构的励磁的当前3*3的角频率矩阵:

$$[0210] \quad [\boldsymbol{\omega}] = \begin{bmatrix} \omega_x & 0 & 0 \\ 0 & \omega_y & 0 \\ 0 & 0 & \omega_z \end{bmatrix}, \quad (37)$$

[0211] 针对3D电压向量:

$$[0212] \quad \mathbf{V}_x = \begin{bmatrix} V_{xx'} \\ V_{xy'} \\ V_{xz'} \end{bmatrix}, \quad \mathbf{V}_y = \begin{bmatrix} V_{yx'} \\ V_{yy'} \\ V_{yz'} \end{bmatrix}, \quad \mathbf{V}_z = \begin{bmatrix} V_{zx'} \\ V_{zy'} \\ V_{zz'} \end{bmatrix}, \quad (38)$$

[0213] 针对3*3电压矩阵:

$$[0214] \quad [\mathbf{V}] = \begin{bmatrix} V_{xx'} & V_{yx'} & V_{zx'} \\ V_{xy'} & V_{yy'} & V_{zy'} \\ V_{xz'} & V_{yz'} & V_{zz'} \end{bmatrix} = [\mathbf{V}_x \quad \mathbf{V}_y \quad \mathbf{V}_z], \quad (39)$$

[0215] 以及,针对9D电压向量:

$$[0216] \quad \mathbf{V} = \begin{bmatrix} V_{xx'} \\ V_{xy'} \\ V_{xz'} \\ V_{yx'} \\ V_{yy'} \\ V_{yz'} \\ V_{zx'} \\ V_{zy'} \\ V_{zz'} \end{bmatrix}, \quad (40)$$

[0217] 在一些实现中,针对感测线圈712、714、716的正弦电流激励,在三个感测线圈电流 I_x 、 I_y 、 I_z 和得到的感应的电压分量之间的关系可以使用定义 (34)、(36)、(37) 和 (39) 以矩阵的形式表达为:

$$[0218] \quad [\mathbf{V}] = [\omega] [\mathbf{M}] [\mathbf{I}] \quad (41)$$

[0219] 利用与在现实正向传送系统700中的生成线圈702、704、706相同的电流和频率激励虚构的反向传送系统1700的感测线圈712、714、716,使得

$$[0220] \quad [\mathbf{I}] = [\mathbf{I}'] \quad (42)$$

[0221] 和

$$[0222] \quad [\omega] = [\omega'] \quad (43)$$

[0223] 成立,将导致相同的九个感应的电压分量,并且电压矩阵被关联如下:

$$[0224] \quad [\mathbf{V}] = [\omega] [\mathbf{M}] [\mathbf{I}] = [\omega'] [\mathbf{M}']^T [\mathbf{I}'] = [\mathbf{V}']^T. \quad (44)$$

[0225] 因此,正向传送系统和反向传送系统的电压分量被关联如下:

$$\begin{aligned} V_{xx'} &= V_{x'x}, \\ [0226] \quad V_{xy'} &= V_{y'x}, \\ V_{xz'} &= V_{z'x}, \end{aligned} \quad (45)$$

[0227] 等

[0228] 类比于限定 (14),基座定位子系统362可以确定3D向量 V_x 、 V_y 、 V_z 的每个独特的组合点积 (例如,标量积) 的绝对值,其还形成9D电压向量 $\mathbf{V}$ 以生成针对虚构的反向传送系统1700的6维度的绝对标量 (点) 积向量 $\mathbf{A}$ 如下:

$$[0229] \quad \mathbf{A} = \begin{bmatrix} |\mathbf{V}_x \cdot \mathbf{V}_x| \\ |\mathbf{V}_y \cdot \mathbf{V}_y| \\ |\mathbf{V}_z \cdot \mathbf{V}_z| \\ |\mathbf{V}_x \cdot \mathbf{V}_y| \\ |\mathbf{V}_x \cdot \mathbf{V}_z| \\ |\mathbf{V}_y \cdot \mathbf{V}_z| \end{bmatrix}. \quad (46)$$

[0230] 与由(14)限定的6D向量 $\mathbf{A}'$ 相反,此向量可以成为在实现中对发生器368相对于传感器366的旋转不变,在该实现中,仅磁场发生器368被认为是各向同性的。

[0231] 类比于等式(27),针对在图17的虚构的反向传送系统1700中共同地确定定位和定向的过程可以被限定为:

$$[0232] \quad \min_{\text{all } i,j,k,l} |\mathbf{V}_0(\mathbf{r}_{i,j,k}) - p\hat{\mathbf{V}}(-\varphi_l)| \rightarrow \hat{\mathbf{r}}, \quad (47)$$

[0233] 其中 $\mathbf{V}_0(\mathbf{r}_{i,j,k})$ 指示与定位 $\mathbf{r}_{i,j,k}$ 相关联的9D零旋转参考向量,并且 $\hat{\mathbf{V}}(-\varphi_l)$ 指示由(40)限定的虚构的反向传送系统1700中的9D检测向量 $\hat{\mathbf{V}}$ 的旋转的变换。旋转的变换 $\hat{\mathbf{V}}(-\varphi_l)$ 可以被类比于等式(28)限定为:

$$[0234] \quad \hat{\mathbf{V}}(-\varphi_l) = [\mathbf{R}_{\varphi_l}]^T [\hat{\mathbf{V}}], \quad (48)$$

[0235] 其中矩阵 $[\mathbf{R}_{\varphi_l}]$ 表示被类比地限定到定义(19)的旋转矩阵。在一些实现中,参考向量 $\mathbf{V}_0(\mathbf{r}_{i,j,k})$ 被从类比于图16中的LUT160的LUT获得。

[0236] 由等式(47)的过程输出的定位估计 $\hat{\mathbf{r}}$ 和旋转角度估计 $\hat{\varphi}$ 可以指在传感器366的坐标系中的发生器368的定位和定向。在一些实现中,使用有下面等式给出的标准坐标系变换,在传感器366的坐标系中的虚构的反向传送系统1700中确定定位估计 $\hat{\mathbf{r}}$ 和旋转角度估计 $\hat{\varphi}$ 可以被变换回发生器366的坐标系

$$[0237] \quad \hat{\mathbf{r}}' = [\mathbf{R}_{\hat{\varphi}}](-\hat{\mathbf{r}}), \quad (49)$$

$$[0238] \quad \hat{\varphi}' = -\hat{\varphi}. \quad (50)$$

[0239] 矩阵 $[\mathbf{R}_{\varphi_l}]$ 表示旋转矩阵,并且被类似于定义(19)来限定。

[0240] 因此,在一些实现中,如下所述,在两个操作过程中,基座定位子系统362可以使用图17的备选的反向传送系统1700的概念来确定相对于传感器366的发生器的定位估计 $\hat{\mathbf{r}}$ 和旋转角度估计 $\hat{\varphi}$ 。在第一操作中,基座定位子系统362可以在定向无关的过程中发现候选定位 $\mathbf{r}_1, \mathbf{r}_2, \dots, \mathbf{r}_{N_c}$ 的数目 N_c ,其中该过程在这里不进一步描述,类比于等式(32)的过程。图18示出了在类比于LUT1600的LUT的6D参考向量 $\mathbf{A}(\mathbf{r}_1), \mathbf{A}(\mathbf{r}_2), \dots, \mathbf{A}(\mathbf{r}_{N_c})$ 和在6D向量空间1800中的6D检测向量 $\hat{\mathbf{A}}$ 之间的欧几里德距离 $\varepsilon_1, \varepsilon_2, \dots, \varepsilon_{N_c}$ 。

[0241] 在接下来的(第二)操作中,基座定位子系统362可以从一组 N_c 个候选定位 $\mathbf{r}_1, \mathbf{r}_2, \dots, \mathbf{r}_{N_c}$ 中确定定位 $\mathbf{r}$ 和旋转角度 φ_l ,针对该定位 $\mathbf{r}$ 和旋转角度 φ_l ,在9D检测向量 $\hat{\mathbf{V}}$ 的旋

转的变换 $\hat{\mathbf{V}}(-\phi_i)$ 和与候选定位 $\mathbf{r}_1, \mathbf{r}_2, \dots, \mathbf{r}_{N_c}$ 相关联的9D参考向量 $\mathbf{V}_0$ 之间的欧几里德距离 ε 是最小的。此共同的定位和定向发现的第二操作可以被类比于等式(33)的过程,在这里不进一步被描述。图19示出了在9D向量空间1900中,检测向量 $\hat{\mathbf{V}}$ 的旋转的变换和多个参考向量之间的欧几里德距离 $\varepsilon_1, \varepsilon_2, \dots, \varepsilon_{N_c}$ 。多个参考向量 $\mathbf{V}_0$ 可以指与候选定位 $\mathbf{r}_1, \mathbf{r}_2, \dots, \mathbf{r}_{N_c}$ 相关联的零旋转9D参考向量,并且可以被存储在类似于图16的LUT1600的LUT中。在第二操作中被确定的定位和旋转角度可以是指传感器的坐标戏中的发生器368的定位和定向的最终估计 $\hat{\mathbf{r}}$ 和 $\hat{\phi}$ 。

[0242] 图20示出了根据一些实现的图3的基座定位子系统362的至少一部分的框图。基座定位子系统362可以包括相位同步电路2002,处理器2004,和存储器2010。相位同步电路2002可以被配置为接收和检测由感测线圈712、714、716(如图6和图7中所示)中的每个感测线圈输入的电压信号 $v_x(t)$ 、 $v_y(t)$ 、 $v_z(t)$ 。相位同步电路200还可以基于所接收到的电压信号 $v_x(t)$ 、 $v_y(t)$ 、 $v_z(t)$ 建立相关的相位同步。相位同步电路2002可以将由等式(12)限定的指示针对检测到的9D检测向量的电压分量

$\hat{V}'_{x'x}, \hat{V}'_{x'y}, \hat{V}'_{x'z}, \hat{V}'_{y'x}, \hat{V}'_{y'y}, \hat{V}'_{y'z}, \hat{V}'_{z'x}, \hat{V}'_{z'y}, \hat{V}'_{z'z}$ 的信号输出给处理器2004以用于后续的处理。九个检测到的电压分量 $\hat{V}'_{x'x}, \hat{V}'_{x'y}, \hat{V}'_{x'z}, \hat{V}'_{y'x}, \hat{V}'_{y'y}, \hat{V}'_{y'z}, \hat{V}'_{z'x}, \hat{V}'_{z'y}, \hat{V}'_{z'z}$

可以是指被感应到图7的感测线圈712、714、716中的对应的电压。

[0243] 在一些实现中,相位同步电路2002被配置为每 T_p 秒(例如, $T_p=200\text{ms}$)输出9D检测向量。在一些实现中,相位同步电路2002在周期中输出9D检测向量 $\hat{\mathbf{V}}'$,其中该周期取决于9D

检测向量 $\hat{\mathbf{V}}'$ 的幅度 $|\hat{\mathbf{V}}'|$ 。例如,根据一些规则,如果向量的幅度为低,则9D检测向量 $\hat{\mathbf{V}}'$ 可以被以较低的速率输出;并且如果向量的幅度为高,则9D检测向量 $\hat{\mathbf{V}}'$ 可以被以较高的速率输出。备选地,相位同步电路2002可以基于信号到噪声比(SNR)调整输出速率,其中该SNR可以被限定为向量 $\hat{\mathbf{V}}'$ 的幅度的平均与在它的分量(例如, $\hat{V}'_{x'x}, \hat{V}'_{x'y}, \hat{V}'_{x'z}, \hat{V}'_{y'x}, \hat{V}'_{y'y},$

$\hat{V}'_{y'z}, \hat{V}'_{z'x}, \hat{V}'_{z'y}, \hat{V}'_{z'z}$)中的均值方差之间的比例。这可以允许,当接收信号水平和/或SNR为低时,为了增加9D检测由相位同步电路2002输出的向量 $\hat{\mathbf{V}}'$ 的质量(SNR),相位同步电路2002执行平均(例如,在连续地被检测的电压向量 $\hat{\mathbf{V}}'$ 上的平均)。还又一些其他的实现中,相位同步电路2002基于被估计的定位 $\hat{\mathbf{r}}'$ 或者基于距离(例如, $\rho = |\hat{\mathbf{r}}'|$)来调整输出速率。例如,根据一些规则,如果传感器366的定位 $\hat{\mathbf{r}}'$ 离发生器368远,则相位同步电路2002可以将9D检测向量 $\hat{\mathbf{V}}'$ 以较低的速率输出,并且如果传感器366的定位 $\hat{\mathbf{r}}'$ 离发生器368近,则相位同步电路2002可以将9D检测向量 $\hat{\mathbf{V}}'$ 以较高的速率输出。

[0244] 在一些实现中,相位同步电路2002被配置为附加地输出关于被检测到的电压向量 $\hat{\mathbf{V}}'$ 的置信度的信息(例如,噪声方差、SNR或者类似的质量信息(在图20中未示出))。

[0245] 存储器2010可以被配置为存储信息以被相位同步电路2002和处理器2004中的一个或者两者使用。例如,图16的LUT1600和/或任何与任何确定相关联的数据,计算或者之前

结合图3-图9中的任何图描述的过程可以被存储在存储器2010中。尽管在图20中存储器2010被作为一个分离于相位同步电路2002和处理器2004的实体示出,当前申请不被限制如此。备选地,存储器2010可以被集成到相位同步电路2002或处理器2004中的一个或者两者中。

[0246] 处理器2004可以被配置为接收针对被检测到的电压分量

$\hat{V}'_{x'x}, \hat{V}'_{x'y}, \hat{V}'_{x'z}, \hat{V}'_{y'x}, \hat{V}'_{y'y}, \hat{V}'_{y'z}, \hat{V}'_{z'x}, \hat{V}'_{z'y}, \hat{V}'_{z'z}$ 的指示的信号,该被检测到的电压分量 $\hat{V}'_{x'x}, \hat{V}'_{x'y}, \hat{V}'_{x'z}, \hat{V}'_{y'x}, \hat{V}'_{y'y}, \hat{V}'_{y'z}, \hat{V}'_{z'x}, \hat{V}'_{z'y}, \hat{V}'_{z'z}$ 指示感应到图7的传感器线圈

712、714和716中的对应的电压。处理器2004还可以被配置为每 T_p 秒(例如, $T_p = 200\text{ms}$) 输出指示定位估计 $\hat{\mathbf{r}}'$ 和角度估计 φ' 信号,如上面结合图3-19所述。在一些实现中,处理器2004被配置为接收关于检测向量 $\hat{\mathbf{V}}'$ 的置信度信息,并且被配置为输出关于定位估计 $\hat{\mathbf{r}}'$ 和角度估计 φ' 其他新任务信息(在图20中未示出)。

[0247] 例如,在一些实现中,相位同步电路2002或者处理器2004可以被配置为基于由多个传感器线圈712、714、716(见图6和图7以及等式(12))生成的相应的电压信号 $v_x(t), v_y(t), v_z(t)$ 来确定具有第一数目的维度(例如,9D)的第一检测向量 $\hat{\mathbf{V}}'$ 。

[0248] 在一些实现中,处理器2004还可以被配置为确定具有第二数目的维度(例如,6D)的第二检测向量 $\hat{\mathbf{A}}'$, 其中第二数目的维度小于第一数目的维度(见图6和图7以及等式(14))。第二检测向量 $\hat{\mathbf{A}}'$ 相对于多个感测线圈712、714、716的定向可以旋转地不变。

[0249] 在一些实现中,处理器2004还可以被配置为选择多个存储的第一参考向量 $\mathbf{A}'(\mathbf{r}'_1), \mathbf{A}'(\mathbf{r}'_2), \dots, \mathbf{A}'(\mathbf{r}'_{N_c})$ (见图14和图16), 每个第一参考向量具有第二数目的维度(例如,6D), 并且每个第一参考向量对应于相对于磁场发生器368的相应的被校准的定位 $\mathbf{r}'_1, \mathbf{r}'_2, \dots, \mathbf{r}'_{N_c}$ 。多个存储的第一参考向量 $\mathbf{A}'(\mathbf{r}'_1), \mathbf{A}'(\mathbf{r}'_2), \dots, \mathbf{A}'(\mathbf{r}'_{N_c})$ 可以基于具有在所选择的多个存储的第一参考向量 $\mathbf{A}'(\mathbf{r}'_1), \mathbf{A}'(\mathbf{r}'_2), \dots, \mathbf{A}'(\mathbf{r}'_{N_c})$ 与所确定的第二检测向量 $\hat{\mathbf{A}}'$ 之间的具有比所有其他的存储的第一参考向量 $\mathbf{A}'(\mathbf{r}')$ 小的欧几里德距离 $\varepsilon_1, \varepsilon_2, \dots, \varepsilon_{N_c}$ 来选择(见等式(32))。

[0250] 处理器204还可以被配置为选择多个存储的第二参考向量

$\mathbf{V}'_0(\mathbf{r}'_1), \mathbf{V}'_0(\mathbf{r}'_2), \dots, \mathbf{V}'_0(\mathbf{r}'_{N_c})$ (见图15和图16), 每个第二参考向量具有具有第一数目的维度(例如,9D), 并且针对多个存储的第一参考向量 $\mathbf{A}'(\mathbf{r}'_1), \mathbf{A}'(\mathbf{r}'_2), \dots, \mathbf{A}'(\mathbf{r}'_{N_c})$ 中的一个第一参考向量, 每个第二参考向量对应于关于磁场发生器368的相应的被校准的定位 $\mathbf{r}'_1, \mathbf{r}'_2, \dots, \mathbf{r}'_{N_c}$ (见图14和图16)。

[0251] 处理器2004还可以被配置为将所确定的第一检测向量 $\hat{\mathbf{V}}'$ 旋转地变换至少一个预定的旋转角度(例如, φ') (见等式(28))。

[0252] 处理器2004还可以被配置为通过预定的角度阶梯来递增至至少预定的旋转角度,例如, φ' , 并且将所确定的第一检测向量 $\hat{\mathbf{V}}$ 多次旋转地变换被递增至的旋转角度 φ' 直到达到预定旋转角度范围的极限(见等式(30))。

[0253] 处理器2004还可以被配置为针对经旋转的变换的第一检测向量中的每个经旋转的变换的第一检测向量以确定在经旋转的变换的第一检测向量 $\hat{\mathbf{V}}'(-\varphi')$ 与所选择的存储的第二参考向量 $\mathbf{V}'_0(\mathbf{r}'_1), \mathbf{V}'_0(\mathbf{r}'_2), \dots, \mathbf{V}'_0(\mathbf{r}'_{N_c})$ 之间的欧几里德距离 ϵ 。(见图15和图16,以及等式(33))。

[0254] 处理器2004还可以被配置为基于所选择的存储的第二参考向量 $\mathbf{V}'_0(\mathbf{r}')$ 来确定相对于磁场发生器368的传感器366的定位和定向,其中针对所选择的存储的第二参考向量 $\mathbf{V}'_0(\mathbf{r}')$ 所确定的在被选择的存储的第二参考向量 $\mathbf{V}'_0(\mathbf{r}')$ 与任何第一检测向量 $\hat{\mathbf{V}}'(-\varphi')$ 的旋转的变换之间欧几里德距离 ϵ 是最小的。

[0255] 处理器2004还可以被配置为将被从相位同步电路2002接收的输入解释为9D检测向量 $\hat{\mathbf{V}}$, 并且被配置为使用结合前面图17-19所描述备选的反向传送系统的概念在传感器的坐标系系统中确定相对于磁场传感器366的磁场发生器368的定位和定向。

[0256] 图21分别示出了对比地显示两个向量场2110和向量场2120的示例向量图2100,以及向量场2110和向量场2120的两个单独的2D向量2131和2D向量2134的放大视图2130。2D向量2132由在校准的过程中所获得的参考向量 $\mathbf{V}_0$ (例如,9D参考向量) 分量 $V_{0,xx}$ 和分量 $V_{0,xy}$ 组成(例如,针对理想的环境)。2D向量2134由被在实际停车空间中的基座子系统362检测到的向量 $\hat{\mathbf{V}}$ 的分量 $\hat{V}_{xx}$ 和分量 $\hat{V}_{xy}$ 组成。分量 $\hat{V}_{xx}$ 和分量 $\hat{V}_{xy}$ 指示被感应到生成线圈702和704中的电压信号,其中被感应到生成线圈702和704中的电压信号由图17的虚构的反向传送系统的零定向的传感器366($\varphi = 0$) 感测线圈712所生成的x磁场来生成。向量图2100可以在一块区域上的具有20cm间距的网格点上来显示2D向量2132和2D向量2134,其中该区域为在x轴方向上从0延伸到500cm并且在y轴方向上从-150cm延伸到150cm的区域。(由于没有向量数据在那里被测量,所以在基座408附近的两个小区域可以为空。)如图21所示,x轴和y轴可以指传感器366坐标系。为了便于视觉化和便于向量场2110和2120的比较,所有向量2124和2132可以被用同样的系数在幅度上来缩放,使得两者中的较大者具有统一的幅度。由于磁近场的第三幂法则定律衰减,所以如果发生器368被移动(例如从 $x=0, y=0$ 的定位移动到 $x=500\text{cm}, y=150\text{cm}$ 的定位),则真实的向量幅度可以在幅度上变化数倍。

[0257] 类似地,图22分别示出了对比地显示向量场2210和向量场2220的示例向量图2200和向量场2232和2234的两个单独的向量2232和2234的放大视图2230。2D向量2232可以由针对在理想的环境中的校准的过程中所获得的参考向量 $\mathbf{V}_0$ (例如,9D参考向量) 的 $V_{0,yx}$ 分量和 $V_{0,yy}$ 分量组成。2D向量2234由在实际停车空间中由基座定位子系统362所检测到的向量 $\hat{\mathbf{V}}$ 的 $\hat{V}_{yx}$ 分量和 $\hat{V}_{yy}$ 分量组成。分量 $\hat{V}_{yx}$ 和分量 $\hat{V}_{yy}$ 指示被感应到生成线圈702和704中的电压信号,其中被感应到生成线圈702和704中的电压信号由图17的虚构的反向传送系统的零定向的传感器366($\varphi = 0$) 感测线圈714所生成的y磁场来生成。如图21的向量图2100中,向量

图2200在相同的网格点上显示2D向量2232和2D向量2234。 x 轴和 y 轴指传感器366的坐标系。(由于没有向量数据被在那里测量,所以在基座408附近的两个小区域可以为空。)类似在图21中,向量2232和向量2234可以被用同样的系数在幅度上来缩放,使得两者中的较大者具有统一的幅度。

[0258] 图21的向量图2100和图22的向量图2200示出了被检测的向量2134和向量2234通常可以分别从参考向量2121和参考向量2232得到。在一些实现中,这些在向量2134和向量2132之间偏差以及在向量2234和2232之间的偏差可以随着从基座408的距离的增加而变得更显著。在一些实现中,这些偏差可以是由于在基于磁场的定位系统600的环境中的金属的结构而产生的场失真效应。

[0259] 图23是示出了示例停车场景2300和场失真的潜在的源头的侧面图。图23示意地示出了被配备有磁场发生器368的交通工具406、集成了磁场传感器366的基座408、包含钢筋2306的水泥地面2302、和包含钢筋2306的水泥墙体2304。如图23所示,在地面2302中的钢筋2306可以位于地面2302(地板线)的表面下的一定深度,这针对钢筋混凝土停车地面是非常常见的。一般地,钢筋(螺纹钢)2306可以被在表面以下5-10cm的深度上发现。图23还示出了开始于磁场传感器366的磁通量2320的示例路径,其中如果传感器366的感测线圈712由电流 I_x 驱动,则该磁场传感器366可以生成水平方向上被极化的磁力矩(例如,在 x 轴方向上),如图17的虚构反向传送系统所示。而且,图23示出了被放置在地板上的相对地大的金属对象2308,其阻碍了在传感器366和发生器368之间的直接磁通量路径2320。

[0260] 违背了最初的预料,如由基于磁场的定位系统600根据这里所描述的一些实现所确定的,此金属对象2308可以具有对定位和定向的可忽略的影响。可忽略的影响还可以针对交通工具406的车轮以及还可以针对任何其他交通工具(例如,被停在相邻停车空间上而不管他们的定位)发现。这可以由磁场能够容易地规避金属对象(例如,金属对象2308)的事实来解释,如果在阻碍的金属对象之间存在间隙(例如,如图23所示,在金属对象2308和钢筋2306之间)。

[0261] 当从传感器366到发生器368之间的磁通路径2320的部分可以是事实上畅通无阻时,如在基座右手侧所指示的磁通路径2320的部分可能被水泥墙体2304的钢筋2306所影响。在一些实现中,电感结构(例如,钢筋2306)可以相对于自由空间场设定针对导致强场失真的磁场的边界。因为磁场线是闭合线,所以由钢筋混凝土墙体2306引起的场失真还可以在交通工具406所位于的基座408的相反侧被体验到,即使在更少的程度上。

[0262] 低频交变磁场的失真还可以由被感应到墙体或者地面的传感结构中的涡电流所引起。例如,在一些实现中,钢筋2306可以形成电感网结构。在频率在某些范围内的频率上(例如,在100kHz范围内),被感应到具有钢筋混凝土墙体2304的钢筋2306的感应网结构中的涡电流可以生成次磁场,其中该次磁场可以抵消垂直于网结构的平面的至少一部分磁场分量,引起屏蔽或者场失真效应。

[0263] 在一些实现中,场失真效应(例如,如图23所示,那些由于钢筋混凝土墙体2304的存在)可以通过将钢筋2306建模为无限的传导平面并且使用如静电所知像充电理论而被粗略地评估。这个理论可以类比地应用到交变磁场以在感应的平面生成涡电流。

[0264] 图24是场景2400的俯视图,其使用像源模型示出了钢筋混凝土墙体2304的示例的磁场失真效应。如在图23中,图24假设磁场传感器366被集成在基座中并且作为虚构的反向

传送系统1700的场发生器使用。由传感器366 (被认为是在虚构的反向传送系统1700中的发生器) 所生成的磁场的磁中心0可以位于距墙体的钢筋2306的表面距离d处。点P表示基于交通工具的发生器368的定位 (磁中心), 该发生器368被认为是在虚构的反向传送系统1700中的传感器。图24还示出了以与点0对称点的 $\bar{0}$ 为中心的像场源2402, 其中该点 $\bar{0}$ 在与真实场源366相对的距离d处, 像场源2402模拟假定为无限传导平面的钢筋混凝土墙体2304的失真效果。而且, 电压向量 V 和 $\bar{V}$ 对应于由真实场源366和像场源2402在发生器368的定位P处所生成的电压向量。由于基座定位子系统362可能不能区分从真实场源和从像场源所接收的信号, 所以在它的输出处的电压向量将为真实向量 V 和像向量 $\bar{V}$ 的和 (叠加), 导致场失真效果。

[0265] 在一些实现中, 在点P的场失真效果可以由在像向量 $\bar{V}$ 与真实向量 V 的比例来量化, 还指场失真系数。针对在定位P和定位0之间的距离比传感器366和发生器368的尺寸大得多, 第三功率定律可以适用并且场失真系数可以近似的给出:

$$[0266] \quad \frac{|\bar{V}|}{|V|} \cong \frac{\rho^3}{\bar{\rho}^3} = \left(\frac{\rho}{\bar{\rho}}\right)^3, \quad (51)$$

[0267] 其中 ρ 和 $\bar{\rho}$ 分别指示在点P和点0之间的距离, 以及在点P和 $\bar{0}$ 之间的距离。针对距离比例 $\bar{\rho}/\rho = 2$, 所得到的场失真系数为近似1/8 (12.5%)。如图24所示, 针对位于距钢筋混凝土墙体2304的距离为2.5米处的基座408, 以及针对在位于x轴上的点P上的交通工具406, 等式 (51) 针对交通工具到基座距离 $\rho = 2$ 来预测较小的场失真系数为2.3%。然而针对距离 $\rho = 3\text{m}$, 被预测的场失真是5.3%, 其可以被认为对于定位精确度来说是实质性的 (例如, 如上面结合图3所述)。如简单的像源模型所预测的通常的趋势可以被在区域中 (例如, 停车库) 发现。

[0268] 图25是示例场景2500的侧视图, 使用像源模型示出了钢筋混凝土地面2302的磁场失真效果。图25示出了集成了被放置在钢筋混凝土地面2302上的磁场传感器366的基座2302, 该基座2302在点0具有磁中心。如在图24的场景2400中所示, 场景2500认为传感器366为图17的虚构的反向传送系统1700的场源。点P表示基于被认为是传感器的交通工具的发生器368的定位 (磁中心)。将钢筋2306的上表面建模为无限感应平面, 如在点P处被检测到的它在电压向量 V 上的效果可以由像场源2402评估, 像场源2402具有位于0的对称点 $\bar{0}$ 处的磁中心, 其中该点 $\bar{0}$ 在由图25中所示的钢筋2306所限定的传导平面的相反侧的相同距离d处。在点P和在任何在有限区域内的其他点上, 由在距离 ρ 上的真实场源366和由在距离 $\bar{\rho}$ 上的像场源2402所分别产生的真实电压向量 V 和像电压向量 $\bar{V}$ 将叠加, 导致场失真效果。因为真实场源366和像场源2402可以在相同的方向上具有磁力矩, 并且因为距离 ρ 和 $\bar{\rho}$ 可以是相同的, 所以被在定位P检测到的电压向量 V 和 $\bar{V}$ 在幅度和方向两方面也可以是相同的。这可以导致和向量 $V + \bar{V}$, 其在幅度大幅度地大于单独的向量 V 和 $\bar{V}$ 。移动发生器368进一步远离场源并且保持其高度在地面2302之上, 场失真系数覆盖向100%靠近, 指示了幅度 $|V + \bar{V}|$ 将到达几乎为 $|V|$ 的两倍大的系数的值。

[0269] 如果天花板可以建模为无限传导平面, 则像源模型还可以适用于具有钢筋混凝土

天花板的场景(未示出),其中像源将大体上出现在天花板两倍高的定位。

[0270] 在一些实现中,像源模型还可以适用于在交通工具406上生成磁场并且在基座408传感磁场的正向传送系统。由于磁场耦合的互反法则,导致场失真系数 $|\vec{v}'|/|\vec{v}|$ 可以是与虚构的反向传送系统的场失真系数相同的。而且,考虑到在交通工具406上生成磁场的系统,建议交通工具406本身并且特别是交通工具406的底盘(如果是金属的)还可以对空闲空间环境施加场失真效果。例如,涡电流可以被感应到交通工具406的金属的底盘(底部)中,生成与由磁场发生器368的主场叠加的次场。

[0271] 而且,基于如上所述的无限感应平面的简单像源模式,可能不使用在具有本质上不均匀性的区域(例如,在地面2302的钢筋2402具有本质上不均匀性的停车场地面上,或者钢筋2402在磁场传感器366的或者磁场发生器368的临近处终结)。

[0272] 图26示出了具有在行驶轨迹2602上的交通工具406靠近基座408的示例场景2600。交通工具406可以处于行驶轨迹2602上的第一定位,其可以被认为初始定位 P_0 ,并且还可以处于在行驶轨迹2602上进一步朝基座408方向的第二定位P。图26示出了三个坐标系,包括具有轴 x_0' 和轴 y_0' 以及在初始交通工具定位 P_0 处的它的原点的第二交通工具坐标系2610,具有轴 x' 和轴 y' 以及在初始交通工具定位P处的它的原点的第二交通工具坐标系2620,以及具有轴 x 和轴 y 以及原点O的基座坐标系2630。第一交通工具坐标系2610在此处还指初始参考系2610。尽管在一些考虑中是有用的,图26没有示出相应的将延伸出页面的前方的(垂直的) z_0' 轴, z 轴和 z' 轴。此外,图26指示具有以O为原点并分别指向定位 P_0 和P的定位向量 r_0 和 r ,以及需要分别限定在基座408处的点O与交通工具406在它的初始定位 P_0 和在它的前进定位P之间的定位关系旋转角度 φ_0 和 φ 。如在图4和图5中所示,图26示出了坐标系2610、2620和2630的坐标系的原点与对应的基于交通工具460的磁场发生器和集成了磁场传感器366的基座408的磁中心重合。

[0273] 为使术语简单合理化,主体或者坐标系的定位和定向(旋转角)可以指为主题的“姿态”或者坐标系的“姿态”。相应地,一系列连续地被确定的移动的交通工具406的姿态,每个由定位向量 r 和旋转角度 φ 组成的姿态可以被称为“姿态轨迹”。在等式(2)所限定的物理限制适用的一些实现中,姿态可以被表达为4D向量,例如:

$$[0274] \quad \mathbf{X} = \begin{bmatrix} r_x \\ r_y \\ r_z \\ \varphi \end{bmatrix} \quad (52)$$

[0275] 相应地,姿态轨迹可以被表达为一系列(列)的姿态向量 X_i ,其中索引是指一些列姿态向量中的第 i 个向量。

[0276] 在一些实现中,假设基座408被固定在地面上,基座坐标系2630的姿态通常被固定,并且可以被限定在例如世界坐标系统(在图26中未示出)中。因此,基座坐标系2630可以被认为是决定的坐标系。相应地,在基座坐标系2630中的交通工具的姿态可以指绝对的定位。相对照地,交通工具坐标系2620的姿态通常是不固定的,并且是相对于世界坐标系不确定的,并且因此可以被指为相对坐标系。这还可以针对初始参考系2610成立。相应地,在定位P处的交通工具406的姿态(例如,相对于初始参考系)可以指交通工具406的相对姿态。相应地,一系列连续地被确定的移动交通工具406的绝对姿态可以指绝对姿态轨迹,以及一

列连续的被确定的相对姿态轨迹可以指相对的姿态轨迹。

[0277] 图27示出了如图26所示的场景2600的另一视图。图27示出了集成了磁场传感器366的基座408以及被配备有多系统和包括磁场发生器368的传感器的交通工具406。系统和传感器可以包括车轮传感器2720、转向角传感器2716、卫星导航系统2722、超声波传感器2726、和/或可以被交通工具用于安全和导航用途的其他系统和传感器(例如,包括加速器和陀螺仪)、磁力计2714、可见光相机2719、红外线相机2718、光检测和测距(LIDAR)系统2724、微波RADAR系统2728、蜂窝无线终端2729、和/或可以被交通工具用于其他应用(例如,自动驾驶和/或自动停车)的其他系统和传感器。

[0278] 在一些实现中,来自车轮传感器2720和转向角传感器2716的数据可以被用于使用航位推测法确定在相对的坐标系中(例如,在初始参考系2610中)的相对的交通工具406的姿态或者相对的姿态轨迹。然而,在一些实现中,来自传感器2720和传感器2716的数据可能不允许在绝对坐标系(例如,基座坐标系2630)中确定绝对姿态或者绝对姿态轨迹。类似地,在一些实现中,从惯性传感器2712获得的可以测量相对于交通工具406的初始姿态的线性加速度和角速度的数据可以被用以确定相对姿态或者姿态轨迹,而不是绝对姿态或者绝对姿态轨迹。

[0279] 相对姿态或者相对姿态轨迹(例如,初始参考系2610)还可以被基于从光学系统(例如,可见光相机2719、IR相机2718或者LIDAR系统2724)获得的数据使用计算机视觉和航位推测法(还指视觉量距)确定。此方法可以被基于特征提取和特征跟踪顺序的视频数据(摄像图像),以用于确定相对姿态或者相对姿态轨迹,并且可以依靠源自相对于基座408至少暂时地静止的和可以是被在连续的图像上清晰地跟踪的对象(结构)大部分的特征。此对象可以包括自然对象(诸如,在停车空间的环境中的墙体、柱子、停车场(公路)标记)、基座408本身、和被放置以用于交通工具定位目的的一个或者多个人工对象(目标)。人工目标可以包括图片、象形图、标记、指示牌、标签、和/或使用视觉量距方法可区分的和适合用于确定交通工具406的相对姿态其他对象。而且,在一些实现中,此目标可以是针对可见光、红外线光、或者针对任何其他波长的光高度反射的。在一些实现中,人工目标可以在某些波长上主动地发射光和电磁地或声学地发出信号。这些一个或多个目标可以被部署在地面上、墙上、被悬挂于停车库的天花板上、或者被放置在杆子上、柱子上等,更倾向被部署在他们可以很好地并且始终如一地对交通工具406车载光学系统可见的地点。

[0280] 在一些实现中,取决于光学系统配置,视觉量距方法可以要求从车轮传感器2720和/或惯性传感器2712(例如,出于长度缩放(例如,以米为单位)的目的,和/或用于增强的精确度)来补充数据。被利用来自惯性传感器的数据来增强的视觉量距方法可以指视觉惯性量距。

[0281] 在一些实现中,如果在停车空间的环境中的一些可区分的对象的定位和/或姿态(例如,在基座坐标系2630中)被良好地确定,则从光学系统(诸如,可见光相机2719)所获得的数据原则上可以被用于确定交通工具406的绝对姿态或绝对姿态轨迹。例如,在一些情况下,一个或多个可区分的人工目标可以被放置在提供针对三角测量和非阻塞的视线的足够基座的定位。当这些一个或多个目标的绝对定位和/或姿态被精确地知道时(例如,在基座坐标系2630中),目标的定位和/或姿态可以被配备有合适的光学传感器和系统的交通工具406使用,其中该合适的光学传感器和系统用于确定绝对姿态(例如,在基座坐标系2630

中)。这可以包括利用定位系统的第一次的交通工具停车,并不特定地用于针对特别的停车空间所训练的交通工具停车。

[0282] 在一些区域中(诸如,既没有墙体也没有天花板并且地面可以为被白雪覆盖的开放区域停车场),人工目标的部署可以被认为是不切实际的、障碍的或非美学的。在这种情况下,在一些实现中,从可见光相机2719和LIDAR系统2724所获得的数据可以被用于创建停车空间的环境的电子3D地图。这样的3D地图可以包括源自很好地可见的、足够可区分的、并且相对于基座408固定的自然对象、地标和结构的特征。3D地图可以被以一种方式和格式产生,使得它可以被用于被配备有合适的系统和传感器的主要的交通工具406。这可以包括利用定位系统的第一次的交通工具406停车,并不特定地用于针对特别的停车空间所训练的、学习的或者有条件的交通工具停车。

[0283] 然而,在一些环境和情况中,基于3D地图的计算机视觉方法可能不能利用足够的定位精确度可靠地执行(例如,如结合图3所述)。这样的环境和情况可以包括那些在针对准确定位所需要的一定范围内缺少可区别特征的外停车场、差的照明和可见度条件、和/或被停在旁边的其他交通工具挡住一些主要特征。

[0284] 在一些实现中,从测量地球的磁场强度和方向的磁力计2714所获得的数据原则上可以被用于在绝对坐标系(例如,基座坐标系2630)中确定交通工具406的绝对定向。然而,强磁性对象(诸如,交通工具406本身、停在旁边的交通工具、和/或在钢筋混凝土建筑结构中的钢筋)可能使静态磁场失真,导致定向误差。理论上来说,来自磁力计2714的数据可以被使用特定定位的校准数据来纠正。然而,在实践中,在磁力计2714的地点的地球磁场可能由于交通工具到来/离开的动态而不够稳定。然而,在一些实现中,来自磁力计2714的数据可以帮助改进相对姿态估计(例如,如在惯性参考系2610中被使用惯性传感器2712来确定)。

[0285] 在一些实现中,卫星定位系统2722可以被用以确定在与基座坐标系2630有绝对固定关系的世界坐标系统中的绝对定位(例如,使用来自全球导航卫星系统(例如,GPS))。然而,在一些实现中,基于卫星的定位的使用可能为被限制于开放区域空间(OAS)环境。而且,基于卫星的定位经常不能确定交通工具406的定位,除非有两个很好地被分离的卫星定位接收器被安装在交通工具406的周围。然而,哪怕利用两个接收器,由于接收器与交通工具406的分离是有限的,所以定向精确度可能太低。而且,在一些实现中,在移动的工具上的真实的卫星定位系统2722的定位精确度针对确定交通工具相对于基站408(例如,15m的定位精确度,其为远离结合图3中的示例所述的定位精确值)的有用的姿态可能是不够精确的。在一些实现中,基于卫星的定位可以通过使用包括一个或多个基于地面固定的参考站的本地地区的增强系统。这个概念还称为差分的卫星定位。从本质上来说,参考站可以广播在如参考站所确定的定位和被精确地指导的它的真实定位(例如,在世界坐标系统中)之间的偏差(不同)。此偏差信息可以被接收并且由卫星定位系统2722应用以到达参考站。在一些实现中,在10cm量级的定位精确度可以被在单纯的OAS系统中利用差分卫星定位来实现。然而,在一些环境和地点中(例如,诸如靠近楼宇的地点),卫星信号可能由于多径传输效应而变得受损,其可能导致相当地高于10cm的定位误差。

[0286] 在室外停车场中,如上所述,来自卫星定位系统2722的数据可以被与来自其他交通工具车载传感器和系统的数据融合,以用于确定改进的绝对姿态估计和相对姿态估计。

来自卫星定位系统2722的数据还可以被用于将交通工具406引导到被配备有基座无线充电系统102a的停车空间。

[0287] 在一些实现中,交通工具406还可以被配备有专用于本地区域(室内)定位的其他系统。例如,一些交通工具可以被配备有如图27中指示的一个或多个超宽带(UWB)收发器2731。在一些实现中,UWB系统工作在微波频段(例如,3.1-10.6GHz、24GHz附近、或65GHz附近),并且包括多个基于交通工具的UWB收发器2731和多个基于地面的UWB收发器,还被称为锚定节点。在一些实现中,多个UWB收发器2713中的一些UWB收发器被配置为UWB信号变换器,并且定位基于测量往返延时和多点定位技术。在其他的实现中,多个UWB收发器2713中的一些UWB收发器被配置为UWB发射器,而其他的被配置为UWB接收器,并且定位可以基于到达时间差(DToA)和多点定位技术。在一些实现中,如果锚定节点的定位为已知的(例如,在基座坐标系2630中),则交通工具408的绝对姿态可以被确定。在一些实现中,由于与UWB发射器和UWB接收器相关联的信号可以被传播效果(诸如,阻碍物和多径接收)所损害,所以UWB系统可能不具有用于确定交通工具408相对于基站408姿态的足够的定位精确度。然而,来自基于地面和/或基于交通工具的UWB收发器2731的数据可能被与来自其他交通工具车载传感器和系统的数据融合,用于确定改进的绝对姿态估计和相对姿态估计。例如,在被配备有基于UWB的本地地区定位系统的停车场中,来自UWB收发器2731的数据还可以被用于将交通工具406引导到被配备有基座无线充电系统102a的停车空间。

[0288] 在一些实现中,宽带蜂窝无线网络(例如,基于CDMA,LTE)可以支持用户终端内的定位(例如,针对签约用户的安全,基于定位的服务等)。因此,来自基于交通工具的蜂窝无线终端2729的数据还可以服务于确定绝对定位。然而,基于蜂窝网络的定位的精确度(例如,通过测量无线信号的到达时间(ToA))和三边测量可能被信号传播效果很强地损坏。如果直接的信号路径被阻塞(例如,被楼宇和地势),这在室内和室外是大体上真实的。在一些实现中,可实现的定位精确度可能通常为100m的量级,这可能不足以用于确定交通工具406相对于基站408的姿态。如果例如,微蜂窝基站被安装,则提供更高的小区密度和明显地更多的带宽的未来的蜂窝无线网络可以潜在地允许在停车库中也具有更高精确度的绝对定位。

[0289] 在一些实现中,无线局域网(WLAN)接入点可以被安装在室外停车场和停车库(例如,用于与电动交通工具充电有关的通信)。因此,来自交通工具车载WLAN终端2730的数据,(例如,担当电动交通工具通信子系统374的一部分)还可以被用于确定绝对定位。由于利用基于蜂窝网络的定位,基于WLAN的定位,例如,使用ToA和三边测量法可能遭受信号传播效果。然而,与利用卫星定位系统2722类似地,来自蜂窝网络终端2729和WLAN终端2730的数据可能被与来自其他交通工具车载传感器和系统的数据融合,以用于确定改进的绝对姿态估计和相对姿态估计,并且用于将交通工具406引导到被配备有基座无线充电系统102a的停车空间。

[0290] 在一些实现中,被用于停车安全的被从微波RADAR 2728和超声传感器2726获得的数据还可以服务以改进可靠性、精确性、和交通工具定位的安全。

[0291] 图28示出了针对如图26所示的朝在驾驶轨迹2602上的基座408移动的交通工具406所确定的相对定位估计2802的示例序列。图28表示在相对坐标系2800(例如,图26的惯性参考系2610)中的离散相对定位估计2802和连续的真实相对轨迹2804。从真实相对轨迹

2804所获得的相对定位估计2802的偏差指示相对定位误差。交通工具406的被估计的相对定向和真实相对定向的航向未被示出。

[0292] 相对定位估计2802的序列可以指如结合图32所述的相对定位处理器3204的结果输出。在一些实现中,相对定位处理器3204使用结合图27所述的来自系统和传感器的数据确定在初始参考系2610中的交通工具406的相对姿态。

[0293] 图28示出了随着沿驾驶轨迹2602的行驶距离稍微增长的相对定位误差。这样的误差趋势可以是针对,例如,如前面结合图27所述的依赖航位推测法的相对定位过程所特有的。在一些实现中(例如,如前面结合图27所述,使用视觉惯性视觉量距),相对定位误差的标准偏差可以为小于行进的距离的2%(例如,在10m处 $<20\text{cm}$)。

[0294] 图29示出了朝在驾驶轨迹2602上的基座408移动的交通工具406所确定的绝对定位估计2902的示例序列。图29表示了绝对坐标系2900(例如,图26中的基座坐标系2630)中的离散绝对定位估计2902和连续的真实的绝对轨迹2905。来自真实绝对轨迹2804的绝对定位估计2902的偏差指示绝对定位误差。交通工具406的被估计的绝对定向的航向和真实绝对定向的航向未被示出。

[0295] 绝对定位估计2902的序列可以指如结合图20和图32所述的绝对定位处理2004的结果输出。在一些实现中,绝对定位处理2004使用结合图6-图20所述的处理中的一个处理凭借9D检测向量 $\vec{v}$ 来确定交通工具406的绝对姿态。

[0296] 图29示出了从基座408到一定距离(半径)的相对地精确的绝对定位估计2902。此距离范围可以是指中心区域。针对在中心区域以外的交通工具406定位,图29示出了绝对定位误差随着距408的距离的相当地增长。此误差趋势可以是针对工作在存在如前面结合图21-24所述的本地场失真效果的基于磁场的定位系统600所特有的。这样的场失真效果可以潜在地影响在距基座408的距离(例如, $>2\text{m}$)上的定位精确度。在一些实现中,绝对定位误差的标准偏差可以为在0-10m的距离范围内 $<1\text{cm}$,在10-200cm的距离范围内小于距离的5%,以及在200-500m的范围内 $<20\%$,其中,距离可以指在结合图4和图5所限定的磁场发生器368的磁中心和磁场传感器366之间的水平的距离。

[0297] 在一些实现中,为了改进在存在磁场失真效果(例如,如前面结合图21-25所述)时的定位准确度,基于磁场的定位系统600可以使用来自结合图27所述的基于交通工具的辅助系统和传感器的数据。

[0298] 图32示出了根据一些实现的,作为基于改进磁场的定位系统600的一部分的基座定位子系统362的至少一部分的框图3200。此基座定位子系统362可以包括绝对定位处理器2004、相对定位处理器3204、组合器3208、向量映射处理器3206和存储器2010。在一些实现中,基座定位子系统362还可以包括在图32中未示出的相位同步电路2002。此外,尽管图32示出了绝对定位处理器2004、相对定位处理器3204、组合器3208、向量映像处理器3206和存储器2010作为基座无线充电系统302的基座定位子系统362的一部分,应当理解在一些其他实施例中,这些组件可以被实现为电动交通工具无线充电系统314的电动交通工具定位子系统364的一部分,或者为其组合。

[0299] 绝对定位处理器2004可以被配置为接收指示电压向量 $\vec{v}$ 的信号(例如,由如之前结合图20所述的被在操作上连接到磁场传感器366的相位同步电路2002所检测到的)。相位同步电路2002可以每 T_p 秒(例如, $T_p=200\text{ms}$)输出向量 $\vec{v}$ 或者以基于一些如结合图20所述的其

他条件的速率输出。在一些实现中,向量 $\vec{V}$ 可以指如等式(40)所限定的电压向量,以用于之前如结合图17所述的虚构的反向传送系统1700。向量 $\vec{V}$ 的分量可以为指示的用于随着由x-磁场、y-磁场、z-磁场中的每个磁场被感应到虚构的反向传送系统的磁场发生器368的生成线圈702、704、706中的九个电压信号 $v_{xx'}(t)$, $v_{xy'}(t)$, $v_{xz'}(t)$, $v_{yx'}(t)$, $v_{yy'}(t)$, $v_{yz'}(t)$, $v_{zx'}(t)$, $v_{zy'}(t)$, $v_{zz'}(t)$ 。在一些实现中,绝对定位处理器2004还被配置为接收关于向量 $\vec{V}$ 的置信度信息(例如,噪声变化,SNR或类似质量信息(在图32中未示出))。绝对定位处理器2004还可以被配置为基于至少输入 $\vec{V}$ 和存储在存储器2010中的多个参考向量 $V_{0,k}$ 确定绝对姿态估计 $\hat{Y}_a$,并且被配置为输出针对绝对姿态估计 $\hat{Y}_a$ (例如,每 T_p 秒)的信号。在一些实现中,绝对定位处理器2004使用如之前结合图18和图19所述的两步操作过程来根据被检测到的向量 $\vec{V}$ 和向量 $\vec{A}$ 以及以LUT的形式(例如,根据图16的LUT1600)存储在存储器2010中的多个参考向量 A_k 和 $V_{0,k}$ 来确定绝对姿态估计 $\hat{Y}_a$ 。绝对姿态估计 $\hat{Y}_a$ 可以由如之前由等式(50)所限定的定位估计 $\hat{r}$ 和定向估计 $\hat{\phi}$ 组成,并且可以参考绝对坐标系2900(例如,被假定为基座坐标系2630的传感器366的坐标系)。在一些实现中,绝对定位处理器2004被配置为额外地输出关于绝对姿态估计 $\hat{Y}_a$ 的置信度(例如,误差方差(在图32中未示出))的信息。

[0300] 相对定位处理器3204被配置为接收多个信号,该多个信号指示来自结合图27所述的基于各种交通工具的辅助系统和传感器的数据。在一些实现中,相对定位处理器3204从惯性传感器2712、车轮传感器2720、转向角传感器2716、可见光相机2719、LIDAR 2724、和/或上述其它传感器系统中的任一种的一些组合来接收数据。这些辅助数据输入通常可以由被指示为 $\vec{R}_1, \vec{R}_2, \vec{R}_3, \dots, \vec{R}_N$ 的向量表示。如果被检测到,Hub口音(例如,在向量 $\vec{R}_1$ 上)指示该数据可能被扰动(例如,在噪声和/或失真的存在下)。在一些实现中,输入 $\vec{R}_1, \vec{R}_2, \vec{R}_3, \dots, \vec{R}_N$ 通过由图32中的虚线箭头所示的图3的通信链路376而被接收。相对定位处理器3204还可以进一步被配置为输出信号,该信号,例如,每 T_p 秒,指示相对坐标系2800中的相对姿态估计 $\hat{Z}_r$ 。在一些实现中,相对姿态估计 $\hat{Z}_r$ 由相对定位估计 $\hat{r}'_0$ 和相对旋转角度 $\hat{\phi}'_0$ 组成,并且该相对姿态估计 $\hat{Z}_r$ 是指图26的初始参考帧2610。在一些实现中,相对定位处理器3204被配置为附加地输出关于相对姿态估计 $\hat{Z}_r$ 的置信度的信息,例如,误差方差(图32中未示出)。

[0301] 组合器3208被配置为接收信号,该信号指示,例如,每 T_p 秒内,的绝对姿态估计 $\hat{Y}_a$ 和对应的相对姿态估计 $\hat{Z}_r$,并且被配置以一种方式处理这两个输入,从而输出信号 $\hat{X}_a$,该信号 $\hat{X}_a$ 表示例如,每 T_p 秒内,潜在地改进的绝对姿态估计的信号 $\hat{X}_a$ 。为此,组合器3208可以使用交通工具406的模型。该模型可以包括交通工具的几何数据(例如,车轮的定位、磁场发生器368的磁中心定位、和其他辅助车载传感器的定位,以用于确定相对姿态估计 $\hat{Z}_r$ 。在一些实现中,组合器3208还被配置为,例如,通过如图32中的虚线箭头所示的通信链路376,来接收指示交通工具模型参数K的信号。在一些进一步的用定位处理器2004和3204提供置信信

息的实现中,组合器3208还可被配置为接收置信度信息,并输出与绝对姿态估计 $\hat{\mathbf{x}}_a$ 相关联的其它置信度信息(在图32中未示出)。

[0302] 在一些实现中,向量映射处理器3206可被配置为接收信号,该信号指示绝对姿态估计 $\hat{\mathbf{y}}_a$ 、对应的相对姿态估计 $\hat{\mathbf{z}}_r$ 、对应的绝对姿态估计 $\hat{\mathbf{x}}_a$ 、以及对应的电压向量 $\hat{\mathbf{v}}$ 。在一些实现中,它还被配置为接收关于姿态估计 $\hat{\mathbf{x}}_a$ 、 $\hat{\mathbf{y}}_a$ 、 $\hat{\mathbf{z}}_r$ 和电压向量 $\hat{\mathbf{v}}$ 的置信度信息(在图32中未示出)。向量映射处理器3206还可以被配置为从存储器2010接收信号,该信号指示多个当前参考向量 $\mathbf{V}_{0,k}$,在本文中也称为当前向量映射。向量映射处理器3206还可以被配置为,例如,基于对应输入 $\hat{\mathbf{x}}_a$ 、 $\hat{\mathbf{y}}_a$ 、 $\hat{\mathbf{z}}_r$ 、 $\hat{\mathbf{v}}$ 的序列,来修改当前向量图映射 $\mathbf{V}_{0,k}$,并且被配置为输出信号,该信号指示多个被不时地修改的参考向量 $\mathbf{V}_{0,k+1}$,和/或参考向量 $\mathbf{A}_{k+1}$,这取决于从定位处理器2004和3204接收的数据量。该多个被修改的参考向量 $\mathbf{V}_{0,k+1}$ 、参考向量 $\mathbf{A}_{k+1}$ 也可以在本文中被称为新向量映射 $\mathbf{V}_{0,k+1}$ 、 $\mathbf{A}_{k+1}$ 。索引k表示向量映射版本计数器,当每次发布向量映射的新版本时,该向量映射版本计数器被从k递增至k+1。

[0303] 存储器2010被配置为存储当前向量映射。在一些实现中,该存储器2010被配置为存储当前向量映射,该当前向量映射,例如,根据图16的LUT 1600,以LUT的形式包括多个参考向量 $\mathbf{V}_{0,k}$ 和 $\mathbf{A}_k$ 。该存储器2010还被配置为接收指示信号,该信号指示来自外部源(在图32中未示出)的初始向量映射 $\mathbf{V}_{0,0}$ 、 $\mathbf{A}_0$ ($k=0$),和指示新向量映射 $\mathbf{V}_{0,k+1}$ 、 $\mathbf{A}_{k+1}$,并且将新向量映射 $\mathbf{V}_{0,k+1}$ 、 $\mathbf{A}_{k+1}$ 存储到当前向量映射 $\mathbf{V}_{0,k}$ 、 $\mathbf{A}_k$ 的定位。在一些实现中,新向量映射 $\mathbf{V}_{0,k+1}$ 、 $\mathbf{A}_{k+1}$ 变成当前向量映射 $\mathbf{V}_{0,k}$ 、 $\mathbf{A}_k$,并且索引k被递增1。该存储器2010还可被配置为将指示当前参考向量 $\mathbf{V}_{0,k}$ 和/或当前参考向量 $\mathbf{A}_k$ 的信号发送到向量映射处理器3206。

[0304] 在一些实现中,将当前向量映射 $\mathbf{V}_{0,k}$ 、 $\mathbf{A}_k$ 修改为新的向量映射 $\mathbf{V}_{0,k+1}$ 、 $\mathbf{A}_{k+1}$ 的过程可以被认为是改进、纠正、更新或适配向量映射,以与由在特定环境中的特定停车空间上的基座定位子系统362所检测到的向量 $\hat{\mathbf{v}}$ 和 $\hat{\mathbf{a}}$ 更好地进行匹配。

[0305] 在一些实现中,将当前向量映射 $\mathbf{V}_{0,k}$ 、 $\mathbf{A}_k$ 修改为新向量映射 $\mathbf{V}_{0,k+1}$ 、 $\mathbf{A}_{k+1}$ 的过程可以被认为是训练或学习过程的一部分,并且可以被称为学习周期。

[0306] 在一些实现中,学习过程可以开始于初始(默认)向量映射 $\mathbf{V}_{0,0}$ 、 $\mathbf{A}_0$,其例如,在系统安装时,被由图1的基座无线充电系统102a的安装者,加载到基座定位子系统362的存储器2010中。

[0307] 在一些实现中,学习过程可能需要多个学习周期,直到基于磁场的定位系统600的精确度满足在交通工具406可以被找到的特定停车空间的所有定位处的规范。

[0308] 在一些实现中,向量映射处理器3206可被配置为基于绝对姿态估计 $\hat{\mathbf{y}}_a$ 、对应的相对姿态估计 $\hat{\mathbf{z}}_r$ 、对应的被检测的电压向量 $\hat{\mathbf{v}}$ 的序列、以及基于被存储在存储器2010中的当前向量映射 $\mathbf{V}_{0,k}$,来产生新向量映射 $\mathbf{V}_{0,k+1}$ 、 $\mathbf{A}_{k+1}$ 。

[0309] 在一些实现中, $\hat{\mathbf{y}}_a$ 、 $\hat{\mathbf{z}}_r$ 和 $\hat{\mathbf{v}}$ 的序列可以分别指当图26中所示的交通工具406在驾驶轨迹2602上从初始参考定位 $\mathbf{P}_0$ 向基座408行进时所获得的绝对定位处理器2004、相对定位处理器3204、和图20的相位同步电路2002的连续输出的记录的序列。在一些实现中,这

些被记录的序列可以暂时存储在向量映射处理器3206中。

[0310] 在一些实现中,序列 $\hat{\mathbf{V}}_a$ 、 $\hat{\mathbf{Z}}_r$ 和 $\hat{\mathbf{V}}$ 可以在特殊测试(学习)驾驶上获得(例如,由系统安装者使用交通工具406来执行,其中该交通工具406通常被配备有辅助系统和传感器,如前面结合图27所述)。例如,图35示出了轨道2602的示例性整体,对应于针对包含基座408的特定停车空间中的交通工具406的多个测试驾驶。

[0311] 在一些其它实现中,序列 $\hat{\mathbf{V}}_a$ 、 $\hat{\mathbf{Z}}_r$ 和 $\hat{\mathbf{V}}$ 可以在普通停车操作期间由用户执行来获得(例如,如之前结合图27所述,出于无线充电目的,使用配备有系统和传感器的它们自己的交通工具406)。

[0312] 在一些实现中,修改向量映射 $V_{0,k}$ 、 A_k 可以被在四步操作过程中完成。在第一操作中,向量映射处理器3206使用从绝对定位处理器2004接收的绝对姿态估计 $\hat{\mathbf{V}}_a$ 的序列、从相对定位处理器3204接收的相对姿态估计 $\hat{\mathbf{Z}}_r$ 的对应序列,来产生绝对姿态估计 $\hat{\mathbf{Z}}_a$ (未示出)的新序列,其精确度潜在地高于对应的绝对姿态估计 $\hat{\mathbf{V}}_a$ 的精确度。在修改向量映射的第二操作中,向量映射处理器3206将对应于绝对姿态估计 $\hat{\mathbf{Z}}_a$ 的序列的,被检测的电压向量 $\hat{\mathbf{V}}$ 的旋转变换与参考向量 $V_{0,k}$ 进行比较。在最接近于由对应的绝对姿态估计 $\hat{\mathbf{Z}}_a$ 所给出的定位的坐标点条目处,可以从被存储的向量映射(例如,被存储为诸如LUT1600的LUT)中选择参考向量 $V_{0,k}$ 。用于将被检测到的电压向量 $\hat{\mathbf{V}}$ 旋转地变换(解旋转)的角度可以是由对应的绝对姿态估计 $\hat{\mathbf{Z}}_a$ 所给出的角度的负值。该比较可以包括根据针对每个被选择的参考向量 $V_{0,k}$ 的对应的参考向量中,来确定被旋转地变换的检测向量的偏差。在第三操作中,向量映射处理器3206可以使用该偏差来确定修正(校正)函数,并且可以应用该修正函数来修改当前向量映射 $V_{0,k}$ 、 A_k ,以及在第四操作中创建新向量映射 $V_{0,k+1}$ 、 A_{k+1} 。下面更详细地描述该四步操作过程的示例性实现。

[0313] 在一些实现中,修改向量映射的第一操作利用绝对姿态估计 $\hat{\mathbf{V}}_a$ 和相对姿态估计 $\hat{\mathbf{Z}}_r$ 的特定的姿态误差统计。在一些实现和场景中,参考图28和图29,绝对姿态估计 $\hat{\mathbf{V}}_a$ 可能被认为在中心区域中是潜在地精确的,但是在中心区域外部,可能是潜在地不精确的,而相对姿态估计 $\hat{\mathbf{Z}}_r$ 可能被认为在整个距离范围内是潜在地精确的,但仅是相对的。在给定这样的条件下,向量映射处理器3206可以在区域中通过将相对姿态估计 $\hat{\mathbf{Z}}_r$ 的序列匹配到绝对姿态估计 $\hat{\mathbf{V}}_a$ 的序列来完成第一操作,其中,在该区域中,绝对定位估计和相对定位估计都被期望为潜在地精确的(例如,在如以上结合图29所述的中央区域中)。该匹配过程可以被认为是找到坐标变换的过程,该坐标变换包括通过向量 $\hat{\mathbf{r}}_0$ 的平移和通过角度 $\hat{\phi}_0$ 的旋转,其将相对定位序列 $\hat{\mathbf{Z}}_r$ 变换为最佳地匹配到例如在中心区域中的绝对定位序列 $\hat{\mathbf{V}}_a$ 的绝对定位序列 $\hat{\mathbf{Z}}_a$ (未在图2中示出)。在该第一操作中确定的平移向量 $\hat{\mathbf{r}}_0$ 和旋转角度 $\hat{\phi}_0$ 还可以被认为是在绝对坐标系2900(例如,基座坐标系2630)中的相对坐标系2800(例如,如图26中所示的初始参考系2610)的真实绝对姿态 $\mathbf{r}_0$ 、 ϕ_0 的估计。

[0314] 在一些实现中,向量映射处理器3206应用被加权的最小均方(1ms)准则来找到最佳匹配。对于被加权的LMS的匹配过程的数学描述,以下针对向量 $\hat{\mathbf{V}}_a$ 和 $\hat{\mathbf{Z}}_r$ 的定义(53)和(54)

并可被使用。可以将3D绝对姿态估计向量 $\hat{\mathbf{Y}}_a$ 的序列的第i个向量限定为

$$[0315] \quad \hat{\mathbf{Y}}_{a,i} = \begin{bmatrix} \hat{Y}_{x_{a,i}} \\ \hat{Y}_{y_{a,i}} \\ \hat{Y}_{\varphi_{a,i}} \end{bmatrix}, \quad (55)$$

[0316] 其中,索引 x_a 、 y_a 、 φ_a 分别指绝对坐标系2900的x-维度、y-维度和旋转角(φ -)维度。类似于等式(55),可以将3D相对姿态估计向量 $\hat{\mathbf{Z}}_r$ 的序列的第i个向量限定为

$$[0317] \quad \hat{\mathbf{Z}}_{r,i} = \begin{bmatrix} \hat{Z}_{x_{r,i}} \\ \hat{Z}_{y_{r,i}} \\ \hat{Z}_{\varphi_{r,i}} \end{bmatrix}, \quad (56)$$

[0318] 其中,索引 x_r 、 y_r 、 φ_r 分别指相对坐标系2800的x-维度、y-维度和旋转角(φ -)维度。上述定义(57)和(58)忽略了z分量 $\hat{Y}_{z_{a,i}}$ 和 $\hat{Z}_{z_{r,i}}$,以简化结合图32和图33的描述。然而,这不应排除还依赖于分量z的 $\hat{Y}_{z_{a,i}}$ 和 $\hat{Z}_{z_{r,i}}$ 的实现。

[0319] 使用标准坐标变换,如上所述的3D姿态估计 $\hat{\mathbf{Z}}_a$ 的被变换的序列的第i个向量,可以被表示为平移向量 $\mathbf{r}$ 和旋转角 φ 的函数,如下:

$$[0320] \quad \hat{\mathbf{Z}}_{a,i}(\mathbf{r}, \varphi) = \begin{bmatrix} \hat{Z}_{x_{a,i}}(\mathbf{r}, \varphi) \\ \hat{Z}_{y_{a,i}}(\mathbf{r}, \varphi) \\ \hat{Z}_{\varphi_{a,i}}(\mathbf{r}, \varphi) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \hat{Z}_{x_{r,i}} \cos \varphi - \hat{Z}_{y_{r,i}} \sin \varphi + r_x \\ \hat{Z}_{x_{r,i}} \sin \varphi + \hat{Z}_{y_{r,i}} \cos \varphi + r_y \\ \hat{Z}_{\varphi_{r,i}} - \varphi \end{bmatrix}, \quad (59)$$

[0321] 其中, r_x 和 r_y 是指平移向量 $\mathbf{r}$ 的x和y分量。使用上述定义(60)、(61)、和(59),在一些实现中,基于被加权的LMS的第一操作的两个姿态序列 $\hat{\mathbf{Y}}_a$ 和 $\hat{\mathbf{Z}}_a(\mathbf{r}, \varphi)$ 的匹配可以被表达为

$$[0322] \quad \min_{\mathbf{r}, \varphi} \frac{1}{i_{\max} - i_{\min}} \sum_{i_{\min}}^{i_{\max}} \left\{ w_{x,i} \left(\hat{Y}_{x_{a,i}} - \hat{Z}_{x_{a,i}}(\mathbf{r}, \varphi) \right)^2 \rightarrow \hat{\mathbf{r}}_0 \right. \\ \left. + w_{y,i} \left(\hat{Y}_{y_{a,i}} - \hat{Z}_{y_{a,i}}(\mathbf{r}, \varphi) \right)^2 \rightarrow \hat{\varphi}_0 \right. \\ \left. + w_{\varphi,i} \left(\hat{Y}_{\varphi_{a,i}} - \hat{Z}_{\varphi_{a,i}}(\mathbf{r}, \varphi) \right)^2 \right\}, \quad (62)$$

[0323] 其中, $w_{x,i}$ 、 $w_{y,i}$ 、和 $w_{\varphi,i}$ 分别表示针对第i个向量差 $\hat{\mathbf{Y}}_{a,i} - \hat{\mathbf{Z}}_{a,i}(\mathbf{r}, \varphi)$ 的x分量、y分量和 φ 分量的平方的加权因子,并且 $i_{\min}$ 和 $i_{\max}$ 分别表示针对索引的下限和上限。如针对特定实现所指定的,术语" $\min \mathbf{r}, \varphi$ "意思是在参数空间上 $\mathbf{r}, \varphi$ 中搜索最小值。等式(62)的结果 $\hat{\mathbf{r}}_0$ 、 $\hat{\varphi}_0$ 可以被认为是在绝对坐标系2900中的相对坐标框系2800的真实绝对姿态的最佳估计 $\mathbf{r}_0$ 、 φ_0 ,如先前结合图28和图29所述。

[0324] 在一些实现中,等式(62)中的最小搜索被在参数搜索空间 $\mathbf{r}, \varphi$ 上执行,在该参数搜索空间 $\mathbf{r}, \varphi$ 上,相对坐标系2800的真实绝对姿态被期望。此外,可以仅用所述序列 $\hat{\mathbf{Y}}_a$ 和 $\hat{\mathbf{Z}}_{a,i}$ 的一部分来执行该最小搜索,其中,绝对姿态估计被期望为潜在精确的。该部分在等式(62)中由针对索引i的下限 $i_{\min}$ 和上限 $i_{\max}$ 来表示。

[0325] 在一些实现中,加权因子 $w_{x,i}$ 、 $w_{y,i}$ 和 $w_{\varphi,i}$ 可以分别在第i个向量 $\hat{\mathbf{Y}}_{a,i}$ 和第i个向量 $\hat{\mathbf{Z}}_{r,i}$ 的x维、y维度和z维度上,被基于统计方差

$\sigma_{x_{a,i}}^2$ 、 $\sigma_{y_{a,i}}^2$ 、 $\sigma_{\varphi_{a,i}}^2$ 、 $\sigma_{x_{r,i}}^2$ 、 $\sigma_{y_{r,i}}^2$ 、 $\sigma_{\varphi_{r,i}}^2$ 来确定,

[0326] 在一些实施方式中,相等的方差表示为

$$[0327] \quad \sigma_{a,i}^2 = \sigma_{x_{a,i}}^2 = \sigma_{y_{a,i}}^2, \quad (63)$$

$$[0328] \quad \sigma_{r,i}^2 = \sigma_{x_{r,i}}^2 = \sigma_{y_{r,i}}^2 \quad (64)$$

[0329] 可以分别假设针对向量 $\hat{\mathbf{Y}}_{a,i}$ 和向量 $\hat{\mathbf{Z}}_{r,i}$ 的分量,并且该加权因子可以被确定为以下:

$$[0330] \quad w_{x,i} = w_{y,i} = \frac{1}{\sigma_{a,i}^2 + \sigma_{r,i}^2} = \frac{1}{\sigma_i^2}, \quad (65)$$

$$[0331] \quad w_{\varphi,i} = \frac{1}{\sigma_{\varphi_{a,i}}^2 + \sigma_{\varphi_{r,i}}^2} = \frac{1}{\sigma_{\varphi,i}^2}, \quad (66)$$

[0332] 其中, σ_i^2 和 $\sigma_{\varphi,i}^2$ 分别表示 $\sigma_{a,i}^2 + \sigma_{r,i}^2$ 和 $\sigma_{\varphi_{a,i}}^2 + \sigma_{\varphi_{r,i}}^2$ 的和方差。

[0333] 在一些实现中,可以基于残差向量差 $\hat{\mathbf{Y}}_{a,i} - \hat{\mathbf{Z}}_{a,i}(\hat{\mathbf{r}}_0, \hat{\varphi}_0)$ 来分别确定和方差 σ_i^2 和 $\sigma_{\varphi,i}^2$ 的估计 $\hat{\sigma}_i^2$ 和 $\hat{\sigma}_{\varphi,i}^2$,如上文所述和由等式(62)表示的一系列被加权的LMS过程中获得的。

[0334] 在一些实现中,向量映射处理器3206可以使用顺序方法来针对 $\mathbf{r}_0, \varphi_0$ 确定估计。在第一步骤中,向量映射处理器3206仅基于向量 $\hat{\mathbf{Y}}_{a,i}$ 和向量 $\hat{\mathbf{Z}}_{a,i}$ 的分量 φ ,来根据以下确定临时估计 $\tilde{\varphi}_0$

$$[0335] \quad \min_{\varphi} \frac{1}{i_{\max} - i_{\min}} \sum_{i_{\min}}^{i_{\max}} \left(\hat{Y}_{\varphi_{a,i}} - \hat{Z}_{\varphi_{a,i}}(\mathbf{r} = \mathbf{0}, \varphi) \right)^2 \rightarrow \tilde{\varphi}_0. \quad (67)$$

[0336] 在第二步骤中,向量映射处理器3206可以联合地根据由等式(62)所描述的过程,通过基于临时估计来对参数施加减小的搜索范围(例如, $\tilde{\varphi}_0 - \delta\varphi \leq \varphi \leq \tilde{\varphi}_0 + \delta\varphi$),来确定最终估计 $\hat{\mathbf{r}}_0, \hat{\varphi}_0$,其中,搜索间隔 $\delta\varphi$ 的半宽足够大以找到具有高概率 $\hat{\varphi}_0$ 的最佳估计。在一些实现中,向量映射处理器3206可以选择 $\delta\varphi = 0$ 。

[0337] 根据一些实现,图30示出了将相对定位估计2802的序列的第一操作(如图28中所示)匹配到在绝对坐标系2900中的绝对定位估计2902的序列中。椭圆3004表示两个序列的区域或部分,在该两个序列的区域或部分中,匹配(例如,LMS匹配)被执行(例如,中心区域)。相对定位估计3002的匹配序列可以是如在如图28的相对坐标系2800中所显示的相对定位估计2802的序列的被平移和被旋转的版本。

[0338] 在一些实现中,为了简化修改向量映射的第二操作的等式,如等式(62)给出的,为(改进的)绝对姿态估计 $\hat{\mathbf{Z}}_{a,i}(\hat{\mathbf{r}}_0, \hat{\varphi}_0)$,引入了以下简化符号:

$$[0339] \quad \hat{\mathbf{Z}}_{a,i}(\hat{\mathbf{r}}_0, \hat{\varphi}_0) = \begin{bmatrix} \hat{Z}_{x,a,i}(\hat{\mathbf{r}}_0, \hat{\varphi}_0) \\ \hat{Z}_{y,a,i}(\hat{\mathbf{r}}_0, \hat{\varphi}_0) \\ \hat{Z}_{\varphi,a,i}(\hat{\mathbf{r}}_0, \hat{\varphi}_0) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \hat{r}_{x,i} \\ \hat{r}_{y,i} \\ \hat{\varphi}_i \end{bmatrix}. \quad (68)$$

[0340] 在一些实现中,向量映射处理器3206通过比较对应于绝对姿态估计序列 $\hat{\mathbf{r}}_{x,i}$, $\hat{\mathbf{r}}_{y,i}$, $\hat{\varphi}_i$ 的被检测到的电压向量 $\hat{\mathbf{V}}$ 的序列的每个向量 $\hat{\mathbf{V}}_i$ 的旋转变换 $\hat{\mathbf{V}}_i(-\hat{\varphi}_i)$,和参考向量 $\mathbf{V}_{0,k}$ 来执行第二操作。对于该比较,向量映射处理器3206,在位于最接近的定位 $\hat{\mathbf{r}}_{x,i}$, $\hat{\mathbf{r}}_{y,i}$ 的坐标条目处,从存储在存储器2010(例如,LUT1600)中的向量映射中选择当前参考向量 $\mathbf{V}_{0,k}$ 。该参考向量可以简单地被表示为 $\mathbf{V}_{0,k}(\hat{\mathbf{r}}_{x,i}, \hat{\mathbf{r}}_{y,i})$ 。

[0341] 图31示出了将被检测到的电压向量 $\hat{\mathbf{V}}_i$ 的旋转变换 $\hat{\mathbf{V}}_i(-\hat{\varphi}_i)$ 2134与来自LUT的参考向量 $\mathbf{V}_{0,k}(\hat{\mathbf{r}}_{x,i}, \hat{\mathbf{r}}_{y,i})$ 2132进行比较的第二操作。图31示出了在绝对坐标系2900中的它们的原点在离散定位处 $\hat{\mathbf{r}}_{x,i}$, $\hat{\mathbf{r}}_{y,i}$ 的向量2134和2132。定位 $\hat{\mathbf{r}}_{x,i}$, $\hat{\mathbf{r}}_{y,i}$ 是指如在图30中所示的相对定位估计3002的被匹配的序列

[0342] 在一些实现中,向量映射处理器3206比较向量2132和向量2138来确定修正(校正)函数,该修正(校正)函数可应用于当前向量映射 $\mathbf{V}_{0,k}$,以更好地与在特定停车空间中被检测到的实际电压向量 $\hat{\mathbf{V}}$ 相匹配。在一些实现中,向量映射处理器3206针对被检测到的电压向量的序列的每个向量 $\hat{\mathbf{V}}_i$,来确定差向量,该差向量为该向量 $\hat{\mathbf{V}}_i$ 的旋转变换 $\hat{\mathbf{V}}_i(-\hat{\varphi}_i)$ 和从LUT中选择出对应的参考向量 $\mathbf{V}_{0,k}(\hat{\mathbf{r}}_{x,i}, \hat{\mathbf{r}}_{y,i})$,如下:

$$[0343] \quad \hat{\mathbf{d}}_i(\hat{\mathbf{r}}_{x,i}, \hat{\mathbf{r}}_{y,i}) = \Delta \hat{\mathbf{V}}_i = \hat{\mathbf{V}}_i(-\hat{\varphi}_i) - \mathbf{V}_{0,k}(\hat{\mathbf{r}}_{x,i}, \hat{\mathbf{r}}_{y,i}). \quad (69)$$

[0344] 该差向量 $\Delta \hat{\mathbf{V}}_i$ 也可以被称为被测量的偏差向量,被表示为 $\hat{\mathbf{d}}_i$ 。同样,术语 $\hat{\mathbf{d}}_i$ 将表示该被测量的偏差向量 $\hat{\mathbf{d}}_i$ 通常是真实偏差向量 $\mathbf{d}_i$ 的被扰动的版本,因为它是根据通常被扰动的检测向量 $\hat{\mathbf{V}}_i$,并且进一步基于对应于定位估计 $\hat{\mathbf{r}} = (\hat{\mathbf{r}}_{x,i}, \hat{\mathbf{r}}_{y,i})$ 的参考向量 $\mathbf{V}_{0,k}$ 来确定的,其中,该定位估计 $\hat{\mathbf{r}} = (\hat{\mathbf{r}}_{x,i}, \hat{\mathbf{r}}_{y,i})$ 通常受一些误差影响。真实偏差向量 $\mathbf{d}_i(\hat{\mathbf{r}}_{x,i}, \hat{\mathbf{r}}_{y,i})$ 可以被认为是由在坐标点 $\hat{\mathbf{r}}_{x,i}$, $\hat{\mathbf{r}}_{y,i}$ 处的环境引起的场失真效应,并且需要被使用受误差影响的测量数据确定(估计)。在一些实现中,在第i个被测量的偏差向量 $\hat{\mathbf{d}}_i$ 中的误差向量可以以数学术语表示为

$$[0345] \quad \boldsymbol{\epsilon}_i = \hat{\mathbf{d}}_i - \mathbf{d}_i(\hat{\mathbf{r}}_{x,i}, \hat{\mathbf{r}}_{y,i}). \quad (70)$$

[0346] 在一些实现中,向量映射处理器3206可以确定针对被检测到的电压向量 $\hat{\mathbf{V}}$ 的序列的每个向量 $\hat{\mathbf{V}}_i$ 的偏差向量 $\mathbf{d}_i$ 的估计,如下:

$$[0347] \quad \hat{\mathbf{d}}_i(\hat{\mathbf{r}}_{x,i}, \hat{\mathbf{r}}_{y,i}) = \frac{\Delta \hat{\mathbf{V}}_i}{|\mathbf{V}_{0,k}(\hat{\mathbf{r}}_{x,i}, \hat{\mathbf{r}}_{y,i})|} = \frac{\hat{\mathbf{V}}_i(-\hat{\varphi}_i) - \mathbf{V}_{0,k}(\hat{\mathbf{r}}_{x,i}, \hat{\mathbf{r}}_{y,i})}{|\mathbf{V}_{0,k}(\hat{\mathbf{r}}_{x,i}, \hat{\mathbf{r}}_{y,i})|}. \quad (71)$$

[0348] 以上限定(71)可被称为归一化差向量。

[0349] 在一些实现中,向量映射处理器3206可以将偏差向量估计 $\hat{\mathbf{d}}_i$ 确定为向量 $\hat{\mathbf{V}}_i(-\hat{\varphi}_i)$

和参考向量 $\mathbf{V}_{0,k}(\hat{r}_{x,i}, \hat{r}_{y,i})$ 的商,如下:

$$[0350] \quad \hat{\mathbf{d}}_i(\hat{r}_{x,i}, \hat{r}_{y,i}) = \frac{\hat{\mathbf{V}}_i(-\hat{\varphi}_i)}{\mathbf{V}_{0,k}(\hat{r}_{x,i}, \hat{r}_{y,i})} \quad (72)$$

[0351] 在欧几里德空间 $\mathbb{R}^N$ 中的两个N维向量a和b的商向量q可以类似于在复数空间 $\mathbb{C}$ 中的两个复数的商来限定,其也可以被在球面坐标中表示为径向坐标(幅值)的商,以及角度坐标的差。该概念可以通过在超球面坐标中表示向量,而被扩展到N维向量空间

$$[0352] \quad \mathbf{a} = (|\mathbf{a}|, \alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_N)^T \quad (73)$$

$$[0353] \quad \mathbf{b} = (|\mathbf{b}|, \beta_1, \beta_2, \dots, \beta_N)^T \quad (74) \text{ 其中, } \alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_N \text{ 和 } \beta_1, \beta_2, \dots, \beta_N \text{ 指角度坐标系。使用限定 (73) 和 (74), 在 } \mathbb{R}^N \text{ 中的两个N维向量的商q可以被表达为}$$

$$[0354] \quad \mathbf{q} = \left(\frac{|\mathbf{a}|}{|\mathbf{b}|}, \alpha_1 - \beta_1, \alpha_2 - \beta_2, \dots, \alpha_N - \beta_N \right)^T \quad (75)$$

[0355] 针对N=3,该商也可以被在4D复数空间 $\mathbb{C}^4$ 中表示为商,所述4d复数空间具有一个实部和三个虚部(1, i, j, k),其中i, j, k指-1的不同根。针对N=7该商还可以被在8D复数空间 $\mathbb{C}^8$ 中表示为八元数,该8D复数空间具有一个实部和七个虚部,指-1的不同的根。复数表示可以避开超球面向量表示的角度坐标中的模 2π 跳跃的问题(例如,如果偏差向量数据用于确定如下文结合图34所述的修正函数)。

[0356] 在一些实现中,向量映射处理器3206可以针对3D电压向量 $\hat{\mathbf{V}}_{x,i}, \hat{\mathbf{V}}_{y,i}, \hat{\mathbf{V}}_{z,i}$ 中的每个3D电压向量分别确定偏差向量,(见等式(38))作为向量商

$$[0357] \quad \hat{\mathbf{d}}_{x,i}(\hat{r}_{x,i}, \hat{r}_{y,i}) = \frac{\hat{\mathbf{V}}_{x,i}(-\hat{\varphi}_i)}{\mathbf{V}_{0,x,k}(\hat{r}_{x,i}, \hat{r}_{y,i})}, \hat{\mathbf{d}}_{y,i}(\hat{r}_{x,i}, \hat{r}_{y,i}) = \frac{\hat{\mathbf{V}}_{y,i}(-\hat{\varphi}_i)}{\mathbf{V}_{0,y,k}(\hat{r}_{x,i}, \hat{r}_{y,i})}, \quad (76)$$

$$\hat{\mathbf{d}}_{z,i}(\hat{r}_{x,i}, \hat{r}_{y,i}) = \frac{\hat{\mathbf{V}}_{z,i}(-\hat{\varphi}_i)}{\mathbf{V}_{0,z,k}(\hat{r}_{x,i}, \hat{r}_{y,i})},$$

[0358] 并且通过如上所述的在 $\mathbb{C}^4$ 中的商来表示每个向量商。

[0359] 在第三操作中,向量映射处理器3206可以使用在第二操作中所确定的偏差向量 $\hat{\mathbf{d}}_i(\hat{r}_{x,i}, \hat{r}_{y,i})$, 例如,根据等式(69)、(71)、(72)、和(76)中的一个等式,来确定多维修正(校正)函数c(r),以用于将当前向量映射 $\mathbf{V}_{0,k}(\mathbf{r})$ 修改为新向量映射 $\mathbf{V}_{0,k+1}$ 。图34示出执行第三操作的示例性图,显示了将一些被测量的偏差向量 $\hat{\mathbf{d}}_i$ 的xx'分量和作为3d空间3400中的x坐标和y坐标的函数的修改C。为了简易可视化,图34仅示出了在 $x=x_0$ 的沿平行于y轴线的轴线的xx'分量(例如, $x_0 = -3\text{m}$),并且不显示伸出页面前部的x轴。绘制在图34中的中的数据点3402可以指不同的驾驶轨迹2602,例如,如图35所示。特别地,图34示出了由 $\hat{\mathbf{d}}_{xx',i}$ 和 $\hat{\mathbf{d}}_{xx',j}$ 所指定的数据点3402的两个数据点,以及对应与y坐标的 $\hat{r}_{y,i}$ 和 $\hat{r}_{y,j}$ 。这些数据点3402可以分别指

(例如,交通工具406)沿第一轨迹的第一驾驶,和沿第二轨迹的第二驾驶,然而,该第二轨迹相对于该第一轨迹稍微偏离y轴线方向。由 $C_{xx'}(x_0, y)$ 表示的曲线3404是指沿 $x=x_0$ 轴的多维(例如,9D)修正函数c(x, y)的xx'分量。曲线3404可以被认为是在具有x, y, $d_{xx'}$ 维度的3D空间3400中由 $c_{xx'}(x, y)$ 所描述的表面的横截面视图。C(x, y)的每个分量可以由在3D空间3400中的表面所表示。

[0360] 在一些实现中,向量映射处理器3206基于至少一个偏差向量 $\mathbf{d}$ 来确定修正函数 $c(x,y)$ 。在一些实现中,向量映射处理器3206基于多个偏差向量 $\mathbf{d}_i$ 来确定修正函数 $C(x,y)$ 。在一些实现中,该多个偏差向量 $\mathbf{d}_i$ 可以指,例如,交通工具406沿着轨迹2602的驾驶中所确定的至少一个偏差向量 $\mathbf{d}_i$ 的序列。

[0361] 在一些实现中,向量映射处理器3206使用函数匹配过程来确定修正函数 $C(x,y)$ 。函数匹配过程可用于平滑(滤波)和预测。因为所测量的偏差向量 $\mathbf{d}_i$ 可以如先前讨论的那样经受误差 ϵ_i 影响,所以平滑可能是有用的。在定位(区域2)处可能需要偏差向量 $\mathbf{d}$ 的预测,该定位不被一个或多个驾驶轨迹2602所覆盖,并且因此,没有被测量的偏差向量数据是可用的。如果真实偏差向量函数 $d(x,y)$ 的所有分量在 x 和 y 上缓慢变化,则平滑可能是特别有用的,这意味着梯度 $(\frac{\partial}{\partial x} \mathbf{d}(x,y), \frac{\partial}{\partial y} \mathbf{d}(x,y))$ 较小。

[0362] 在一些实现中,向量映射处理器3206可以采用基于插值的函数匹配过程,假设所测量的偏差向量数据是无误差的。在一些其它实现中,向量映射处理器3206可以采用基于回归的函数匹配过程,例如,线性回归或非线性回归,假设所测量的偏差向量数据是如先前所述的受误差(噪声)影响。在一些实现中,向量映射处理器3206可以基于 n 级的多项式的多项式回归和普通最小二乘,来采用多项式回归。在一些实现中,向量映射处理器3206采用高斯过程回归方法,将真实偏差向量函数 $d(x,y)$ 的分量建模为2D高斯随机过程的结果(实现)。该2D高斯随机过程可由均值函数 $\mu_d(x,y)$ 和协方差函数 $\kappa_d(\Delta x, \Delta y)$ 统计地限定,其中 Δx 和 Δy 分别表示所述在 x 平面、 y 平面中的两个任意点的 x 坐标和 y 坐标的差。在一些实现中,高斯过程回归还可以包括针对偏差向量数据 $\mathbf{d}_i$ 中的测量误差 ϵ_i 的统计模型(例如,由均值函数 $\mu_\epsilon(x,y)$ 和协方差函数 $\kappa_\epsilon(\Delta x, \Delta y)$ 所限定的高斯模型。

[0363] 在一些实现中,向量映射处理器3206可选择2D高斯过程的实现,其可以基本上分别对应于给定所测量的偏差向量 $\mathbf{d}_i$ 的集合的最可能实现,均值函数和协方差函数 $\mu_d(x,y)$ 、 $\mu_\epsilon(x,y)$ 和 $\kappa_d(\Delta x, \Delta y)$ 、 $\kappa_\epsilon(\Delta x, \Delta y)$,并且使用此实现作为修正函数 $C(x,y)$ 。

[0364] 在一些实现中,向量映射处理器3206还可以基于多个被测量的偏差向量 $\mathbf{d}_i$ 分别估计均值函数和协方差函数 $\mu_d(x,y)$ 、 $\mu_\epsilon(x,y)$ 和 $\kappa_d(\Delta x, \Delta y)$ 、 $\kappa_\epsilon(\Delta x, \Delta y)$ 。在一些实现中,多维(例如,9D)协方差函数的每个分量可由2D高斯函数(钟形曲面)建模。偏差向量 $\mathbf{d}(x,y)$ 的高斯相关函数可以被,例如,针对 xx' 分量,表示为

$$[0365] \quad \kappa_{d_{xx'}}(\Delta x, \Delta y) = \sigma_{d_{xx'}}^2 \exp\left(-\left(\frac{\Delta x^2}{2 l_{x,d_{xx'}}^2} + \frac{\Delta y^2}{2 l_{y,d_{xx'}}^2}\right)\right), \quad (77)$$

[0366] 其中, $\sigma_{d_{xx'}}^2$ 表示高斯过程的方差,并且 $l_{x,d_{xx'}}$ 和 $l_{y,d_{xx'}}$ 表示其在 x 和 y 方向上的相关长度(长度刻度)。等式(77)可类似地应用于多维相关函数的其它分量,但是具有一般不同的数值参数值。限定多维高斯相关函数 $\kappa_d(\Delta x, \Delta y)$ 的参数集

$\lambda = (\sigma_{d_{xx'}}, l_{x,d_{xx'}}, l_{y,d_{xx'}}, \sigma_{d_{yy'}}, l_{x,d_{yy'}}, l_{y,d_{yy'}}, \text{等})$ 也可以称为高斯过程的超参数。

[0367] 在一些实现中,向量映射处理器3206还,例如,使用最大化边缘似然性的梯度搜索方法估计的超参数集 λ :

$$[0368] \quad \frac{\partial}{\partial \lambda} \log p(\hat{\mathbf{d}}|\hat{\mathbf{r}}) = 0, \quad (78)$$

[0369] 其中, $\hat{\mathbf{d}}$ 表示可用于该估计过程的所测量的偏差向量集, 以及 $\hat{\mathbf{r}}$ 表示对应定位集。向量映射处理器3206可以执行超参数估计向量的此过程。在一些其它实现中, 向量映射处理器3206使用网格搜索方法来估计超参数集 λ 。

[0370] 在一些停车空间中, 相关长度 $l_{x,d_{xxi}}$ 、 $l_{y,d_{xxi}}$ 、 $l_{x,d_{yxi}}$ 、 $l_{y,d_{yxi}}$, 等可以取决于在停车空间中的定位(地区)。因此, 在一些实现中, 向量映射处理器3206可以估计特别针对在 x , y 平面中的预定区域的超参数集 λ 。这样的预定地区可以是位于基座408中的, 并且由内半径和外半径所限定的环形地区。地区也可以由针对 x 坐标和 y 坐标的上限和上限限定。

[0371] 在第四操作中, 向量映射处理器3206可以应用由第三操作所确定的修正函数 $C(x, y)$, 以修改从存储器2010中所读取的当前向量映射 $V_{0,k}(r)$; 并且产生被写入到存储器2010中的新向量映射 $V_{0,k+1}(r)$ 和/或 $A_{k+1}(r)$ 。参考向量 $A_{k+1}(r)$ 可以从根据等式(46)和等式(40)的参考向量 $V_{0,k+1}(r)$ 中获得。

[0372] 在一些实现中, 如果 $C(x, y)$ 为基于由等式(71)所限定的归一化的偏差向量 $\hat{\mathbf{d}}_i$, 向量映射处理器3206在将其应用于向量映射 $V_{0,k}(r)$ 之前, 对修正函数 $C(x, y)$ 进行去归一化。在一些实现中, 向量映射修改的第四操作可被表示为

$$V_{0,k+1}(r) = V_{0,k}(r) + |V_{0,k}(r)| \cdot C(r). \quad (79)$$

[0373] 其中, r 指由LUT所限定(例如与图16的LUT 1600类似的)的定位项目。

[0374] 如果 $C(r)$ 为基于, 例如, 由等式(72)所限定的复商 $\hat{\mathbf{d}}_i$, 则向量映射修改的操作可被表达为

$$[0375] \quad V_{0,k+1}(r) = C(r) \otimes V_{0,k}(r). \quad (80)$$

[0376] 其中 $\otimes$ 表示多维复数乘法

[0377] 在一些实现中, 向量映射处理器3206可以使用过去的电压向量和被, 例如, 如上所述的在一个或多个测试(学习)驾驶期间所记录的姿态数据, 来潜在地对向量映射 $V_{0,k}(r)$ 进行“离线”改善。在一些实现中, 如图32所示的组合器3208可以, 通过合并从绝对定位处理器2004所接收到的绝对姿态估计 $\hat{\mathbf{Y}}_a$ 和从相对定位处理器3204所接收的相对姿态估计 $\hat{\mathbf{Z}}_r$, 来“实时地”潜在地改善姿态估计。

[0378] 在一些实现中, 组合器3208基于绝对姿态估计 $\hat{\mathbf{Y}}_a$, 相对姿态估计 $\hat{\mathbf{Z}}_r$, 和交通工具模型参数 K 集, 通过在给定的姿态估计 $\hat{\mathbf{Y}}_a$ 、 $\hat{\mathbf{Z}}_r$ 、交通工具参数 K , 统计模型(例如, 的由条件概率函数 $p(\mathbf{X}_a|\hat{\mathbf{Y}}_a, \hat{\mathbf{Z}}_r, K)$ 所限定)下, 找出基本上最可能的姿态 X_a , 来确定潜在改善的姿态估计 $\hat{\mathbf{X}}_a$ 。姿态估计 $\hat{\mathbf{X}}_a$ 可以通过在期望真实姿态被期待的 X_a 范围内最大化条件概率函数 $p(\mathbf{X}_a|\hat{\mathbf{Y}}_a, \hat{\mathbf{Z}}_r, K)$ 来确定。在数学术语中, 这可以被表达为

$$[0379] \quad \max_{\text{all } \mathbf{X}_a} p(\mathbf{X}_a | \hat{\mathbf{Y}}_a, \hat{\mathbf{Z}}_r; \mathbf{K}) \rightarrow \hat{\mathbf{X}}_a \quad (81)$$

[0380] 最大化 $p(\mathbf{X}_a | \hat{\mathbf{Y}}_a, \hat{\mathbf{Z}}_r; \mathbf{K})$ 的姿态 $\mathbf{X}_a$ 可以被认为是在传感器366的坐标系中的发生器368姿态的最佳估计 $\hat{\mathbf{X}}_a$ 。

[0381] 在其它实现中,组合器3208可以基于绝对姿态估计和相对姿态估计 $\hat{\mathbf{Y}}_{a,i}$, $\hat{\mathbf{Z}}_{r,i}$, 交通工具模型参数 $\mathbf{K}$,以及还基于至少一个过去的绝对姿态和相对姿态估计 $\hat{\mathbf{Y}}_{a,i}$, $\hat{\mathbf{Z}}_{r,i}$, 来确定潜在改进的姿态估计 $\hat{\mathbf{X}}_{a,i}$, 其中,索引 i 是指序列计数器。组合器3208可以通过找出姿态 $\mathbf{X}_a$ 来确定姿态估计 $\hat{\mathbf{X}}_{a,i}$, 该姿态为,在给定至少姿态估计 $\hat{\mathbf{Y}}_{a,i}$, $\hat{\mathbf{Y}}_{a,i-1}$, $\hat{\mathbf{Z}}_{r,i}$, $\hat{\mathbf{Z}}_{r,i-1}$, 交通工具参数 $\mathbf{K}$,和统计模型(例如,由条件概率函数 $p(\mathbf{X}_{a,i} | \hat{\mathbf{Y}}_{a,i}, \hat{\mathbf{Y}}_{a,i-1}, \hat{\mathbf{Z}}_{r,i}, \hat{\mathbf{Z}}_{r,i-1}; \mathbf{K})$ 所限定的统计模型)下,基本上最可能的。例如,通过在被期望的真实姿态的 $\mathbf{X}_a$ 范围内最大化条件概率函数来实现找到姿态估计 $\hat{\mathbf{X}}_{a,i}$ 。在数学术语中,这可以被表达为

$$[0382] \quad \max_{\text{all } \mathbf{X}_a} p(\mathbf{X}_a | \hat{\mathbf{Y}}_{a,i}, \hat{\mathbf{Y}}_{a,i-1}, \hat{\mathbf{Z}}_{r,i}, \hat{\mathbf{Z}}_{r,i-1}; \mathbf{K}) \rightarrow \hat{\mathbf{X}}_a \quad (82)$$

[0383] 在可用绝对姿态数据和相对姿态数据的约束下,最大化 $p(\mathbf{X}_a | \hat{\mathbf{Y}}_{a,i}, \hat{\mathbf{Y}}_{a,i-1}, \hat{\mathbf{Z}}_{r,i}, \hat{\mathbf{Z}}_{r,i-1}; \mathbf{K})$ 的姿态 $\mathbf{X}_a$ 可以被认为是最佳姿态估计 $\hat{\mathbf{X}}_a$ 。

[0384] 在一些实现中,组合器3208采用假设线性高斯状态空间模型的贝叶斯滤波。更具体地,组合器3208可以采用卡尔曼滤波器或适合用于融合和过滤输入(姿态)数据的流的类似过滤器。

[0385] 在一些其它实现中,组合器3208采用扩展的卡尔曼滤波器或粒子滤波器,假设非线性和/或非高斯状态空间模型。此假设可以是合理的(例如,由于,例如,如先前结合图11所述的,姿态模糊性问题所引起的姿态估计 $\hat{\mathbf{Y}}_a$ 的流中的异常值)。

[0386] 在一些实现中,由组合器3208所执行的数据融合和滤波依靠空间姿态数据历史而不是时间姿态数据历史。这可以通过以可变更更新率融合和过滤姿态数据来实现(例如,与交通工具406的被估计的速度成比)。例如,如果交通工具406的被估计的速度为高,则滤波器更新率也为高。相反地,如果被估计的速度为低,则更新速率也会为低。如果交通工具406停止,则将冻结过滤状态。

[0387] 在使用组合器3208的一些实施方式中,除了 $\hat{\mathbf{Y}}_a$, $\hat{\mathbf{Z}}_r$, $\hat{\mathbf{V}}$, 向量映射处理器3206可以使用组合器3208的输出 $\hat{\mathbf{X}}_a$ 来用于修改如图32所示的向量映射 $\mathbf{V}_{0,k}(\mathbf{r})$ 。

[0388] 图33是示出了根据一些其它实现方式的,基座定位子系统362的至少一部分作为基于增强的磁场的定位系统600的一部分的框图3300。与图32所示的系统相反,该基座定位子系统362包括单个定位处理器3304。

[0389] 定位处理器3302被配置为接收信号,该信号为,例如,被可操作地连接到磁场传感器366相位同步电路2002所检测到的,指示电压向量 $\hat{\mathbf{V}}$ 的信号。相位同步电路2002可以每 T_p

秒(例如, $T_p = 200\text{ms}$), 或以取决于先前结合图20所描述的某些其它条件的速率, 输出向量 $\hat{\mathbf{V}}$ 。在某些实现中, 向量 $\hat{\mathbf{V}}$ 可以指如等式(40)所限定的电压向量, 用于如先前结合图17所述的虚构反向传送系统1700。定位处理器3302还被配置为接收信号, 该信号指示来自如结合图27和图32所述的基于各种交通工具的辅助系统和传感器的数据。这些辅助数据输入由向量 $\hat{\mathbf{R}}_1$ 、 $\hat{\mathbf{R}}_2$ 、 $\hat{\mathbf{R}}_3$ 、...、 $\hat{\mathbf{R}}_N$ 来表示。在一些实现中, 输入 $\hat{\mathbf{R}}_1$ 、 $\hat{\mathbf{R}}_2$ 、 $\hat{\mathbf{R}}_3$ 、...、 $\hat{\mathbf{R}}_N$ 可以经由如图33中的虚线箭头所示的图3中的通信链路376而被接收。定位处理器3302还配置为接收指示交通工具模型参数K的信号(例如, 经由如图33中的虚线箭头所指示的通信链路376)。定位处理器3302还被配置为分别, 例如, 每 T_p 秒, 输出绝对姿态估计和相对姿态估计 $\hat{\mathbf{X}}_a$ 和 $\hat{\mathbf{Z}}_r$ 。在一些实现中, 定位处理器3302被配置为附加地输出关于绝对和相对姿态估计 $\hat{\mathbf{X}}_a$ 和 $\hat{\mathbf{Z}}_r$ 的置信度的信息(图3中未示出)。

[0390] 向量映射处理器3206被配置为接收信号, 该信号指示绝对姿态估计 $\hat{\mathbf{X}}_a$, 对应的相对姿态估计 $\hat{\mathbf{Z}}_r$, 以及对应的电压向量 $\hat{\mathbf{V}}$ 。在一些实施方式中, 其还被配置为接收关于姿态估计 $\hat{\mathbf{X}}_a$ 、 $\hat{\mathbf{Z}}_r$ 和电压向量 $\hat{\mathbf{V}}$ 的置信度信息(图32中未示出)。向量映射处理器3206还被配置为从存储器2010接收指示多个当前参考向量 $\mathbf{V}_{0,k}$ 的信号, 也称为当前向量映射。其还被配置为, 基于相应输入 $\hat{\mathbf{X}}_a$ 、 $\hat{\mathbf{Z}}_r$ 、 $\hat{\mathbf{V}}$ 的序列, 来修改当前向量映射 $\mathbf{V}_{0,k}$, 并且输出信号, 该信号表示, 根据从定位处理器2004和3204所接收到的数据量, 来不时地被修改的向量映射 $\mathbf{V}_{0,k+1}$, $\mathbf{A}_{k+1}$ 。

[0391] 在一些实现中, 修改向量映射 $\mathbf{V}_{0,k}$, $\mathbf{A}_k$ 在四步操作过程中被完成, 除了姿态向量 $\hat{\mathbf{Y}}_a$ 不被使用, 该四步操作过程与结合图32所述的过程类似。例如, 当图32的系统基本上基于至少一个绝对姿态估计和相对姿态估计 $\hat{\mathbf{Y}}_a$ 和 $\hat{\mathbf{Z}}_r$ 来确定姿态估计 $\hat{\mathbf{X}}_a$ 时, 图33的基座定位子系统362可以从“原始数据” $\hat{\mathbf{V}}$ 、 $\hat{\mathbf{R}}_1$ 、 $\hat{\mathbf{R}}_2$ 、 $\hat{\mathbf{R}}_3$ 、...、 $\hat{\mathbf{R}}_N$ 中直接推断出潜在改进的姿态估计 $\hat{\mathbf{X}}_a$ 。

[0392] 在一些实现中, 定位处理器3302通过找出 $\mathbf{X}_a$ 来确定潜在改善的姿态估计 $\hat{\mathbf{X}}_a$, 该姿态估计 $\mathbf{X}_a$ 为, 在给定 $\hat{\mathbf{V}}$ 、 $\hat{\mathbf{R}}_1$ 、 $\hat{\mathbf{R}}_2$ 、 $\hat{\mathbf{R}}_3$ 、...、 $\hat{\mathbf{R}}_N$ 、交通工具参数K(图33中未示出)、和统计模型下(例如, 由条件概率函数所限定的 $p(\mathbf{X}_a | \hat{\mathbf{V}}, \hat{\mathbf{R}}_1, \hat{\mathbf{R}}_2, \hat{\mathbf{R}}_3, \dots, \hat{\mathbf{R}}_N; \mathbf{K})$) 的基本上最可能的。这可以通过在被期望的真实姿态的 $\mathbf{X}_a$ 范围内最大化条件概率函数

$p(\mathbf{X}_a | \hat{\mathbf{V}}, \hat{\mathbf{R}}_1, \hat{\mathbf{R}}_2, \hat{\mathbf{R}}_3, \dots, \hat{\mathbf{R}}_N)$ 来实现。在数学术语中, 最大化条件概率函数可以被表达为

$$[0393] \quad \max_{\text{all } \mathbf{X}_a} p(\mathbf{X}_a | \hat{\mathbf{V}}, \hat{\mathbf{R}}_1, \hat{\mathbf{R}}_2, \hat{\mathbf{R}}_3, \dots, \hat{\mathbf{R}}_N; \mathbf{K}) \rightarrow \hat{\mathbf{X}}_a \quad (83)$$

[0394] 在一些其它实现中, 定位处理器3302, 基于当前“原始”数据集 $\hat{\mathbf{V}}_i$ 、 $\hat{\mathbf{R}}_{1,i}$ 、 $\hat{\mathbf{R}}_{2,i}$ 、...、 $\hat{\mathbf{R}}_{N,i}$, 交通工具模型参数K集, 以及基于至少一个过去的“原始”数据集

$\hat{\mathbf{V}}_{i-1}$ 、 $\hat{\mathbf{R}}_{1,i-1}$ 、 $\hat{\mathbf{R}}_{2,i-1}$ 、 $\hat{\mathbf{R}}_{3,i-1}$ 、...、 $\hat{\mathbf{R}}_{N,i-1}$ ，来确定姿态估计 $\hat{\mathbf{X}}_{a,i}$ ，其中，索引*i*是指序列计数器。它通过找出姿态 $\mathbf{X}_a$ 来确定姿态估计 $\hat{\mathbf{X}}_{a,i}$ ，该姿态 $\mathbf{X}_a$ 为，在给定当前向量的 $\hat{\mathbf{V}}_i$ 、 $\hat{\mathbf{R}}_{1,i}$ 、 $\hat{\mathbf{R}}_{2,i}$ 、...、 $\hat{\mathbf{R}}_{N,i}$ ，和至少一个过去的“原始”数据集 $\hat{\mathbf{V}}_{i-1}$ 、 $\hat{\mathbf{R}}_{1,i-1}$ 、 $\hat{\mathbf{R}}_{2,i-1}$ 、...、 $\hat{\mathbf{R}}_{N,i-1}$ ，交通工具参数 $\mathbf{K}$ ，以及由条件概率函数 $p(\mathbf{X}_{a,i}|\hat{\mathbf{V}}_i, \hat{\mathbf{R}}_{1,i}, \dots, \hat{\mathbf{R}}_{N,i}, \hat{\mathbf{V}}_{i-1}, \hat{\mathbf{R}}_{1,i-1}, \dots, \hat{\mathbf{R}}_{N,i-1}; \mathbf{K})$ 所限定的统计模型下基本上最可能的。这可以通过在被期望的真实姿态的 $\mathbf{X}_a$ 范围内最大化条件概率函数来实现。在数学术语中，这可以被表达为
$$\max_{\text{all } \mathbf{X}_a} p(\mathbf{X}_a|\hat{\mathbf{V}}_i, \hat{\mathbf{R}}_{1,i}, \dots, \hat{\mathbf{R}}_{N,i}, \hat{\mathbf{V}}_{i-1}, \hat{\mathbf{R}}_{1,i-1}, \dots, \hat{\mathbf{R}}_{N,i-1}; \mathbf{K}) \rightarrow \hat{\mathbf{X}}_a \quad (84)$$

[0395] 最大化 $p(\mathbf{X}_a|\hat{\mathbf{V}}_i, \hat{\mathbf{R}}_{1,i}, \dots, \hat{\mathbf{R}}_{N,i}, \hat{\mathbf{V}}_{i-1}, \hat{\mathbf{R}}_{1,i-1}, \dots, \hat{\mathbf{R}}_{N,i-1}; \mathbf{K})$ 的姿态 $\mathbf{X}_a$ 可以被认为是在可用“原始”数据的约束下的最佳估计 $\hat{\mathbf{X}}_a$ 。

[0396] 在一些实现中，定位处理器3302采用扩展的卡尔曼滤波器，粒子滤波器或其他合适的数据融合滤波方法，假设非线性非高斯状态空间模型。这样的假设可以例如通过电压向量和姿态之间的非线性关系来调整。

[0397] 图36是示出了根据一些实现的用于确定交通工具的定位和定向的方法的流程图3600。流程图3600对应于先前描述的图，并且可以对应于磁场定位系统600，尽管此处参考特定顺序描述了流程图3600，在各种实现中，本文中的块可以以不同的顺序来执行，或者省略，并且可以添加附加的块。

[0398] 在方框3602处，处理器（例如，处理器2004）基于相应的电压信号来确定第一组（电压）数据，其中该相应的电压由包括多个接收线圈的场传感器生成，其中多个接收线圈中的每个接收线圈被配置为响应于由场发生器所生成的无线磁场而生成相应的电压信号。在一些实现中，第一组（电压）数据对应于多维向量（例如，9维向量）

[0399] 在方框3604处，将第一组（电压）数据减少到第二组数据，其中不管多个接收线圈和场发生器之间的相对旋转如何，第二组数据都保持基本上恒定。在一些实现中，第二组数据可以对应于多维向量（诸如，6维向量的）。在一些实现中，将第一组电压数据减少到第二组数据包括对该第一组电压数据执行非线性变换

[0400] 在方框3606处，基于该第一组数据和该第二组数据，确定相对于所述场传感器的场发生器的定位和定向。在一些实现中，这可以包括将第二组数据与多个第一组存储数据进行比较，每个第一组存储数据对应于相对于场传感器的定位，以确定多个第一组存储数据的子集。可使用对应于该多个第一组存储数据的子集的定位来确定第二组存储（电压）数据的子集，其可与第一组（电压）数据的至少一个旋转变换相比较，以确定定位和定向。

[0401] 图37是描绘了根据一些实施例的用于修改向量映射来确定交通工具的定位和定向的方法的流程图3700。流程图3700对应于先前描述的图，并且可以对应于磁场定位系统600。尽管参考特定次序描述了流程图3700，在各种实现中，本文的方框可以以不同的顺序执行，或者省略，并且可以添加附加的块。

[0402] 在方框3702处，相对于场传感器的场发生器的绝对定位和定向估计的序列被生

成,其中每个绝对定位和定向估计基于电压向量和包括多个参考向量的存储向量映射被确定,其中,该电压向量从由多个接收线圈所生成的一组电压信号得到。在一些实施例中,电压向量可以包括多维电压向量(诸如,9D电压向量)。

[0403] 在方框3704处,相对定位和定向估计的序列被接收。在一些实施例中,相对定位和定向估计被基于惯性传感器、车轮传感器和转向角传感器中的至少一个,使用航位推算来生成。在一些实施例中,相对定位和定向估计使用与交通工具相关联的一个或多个光学系统被生成。在一些实施例中,相对定位和定向估计使用卫星定位系统被生成。

[0404] 在方框3706处,基于相对定位和定向估计的序列来更新绝对定位和定向估计的序列。在一些实施例中,更新绝对定位和定向估计的序列包括确定坐标变换,该坐标变换用于将相对的序列变换为最紧密地匹配绝对定位和定向估计的序列的绝对姿态估计的序列。在一些实施例中,可以使用LMS标准来确定最接近的匹配。

[0405] 在方框3708处,通过将与绝对定位和定向估计的序列相关联的电压向量与一个或多个对应的参考向量进行比较来确定多个偏差,其中每个对应的参考向量包括存储的向量映射的参考向量,存储的向量映射的参考向量最接近地对应于绝对定位和定向估计的经更新的序列的绝对定位和定向估计。在一些实施例中,在被与对应的参考向量进行比较之前,电压向量被旋转地变换。在一些实施例中,基于在与参考向量相关联的定位与绝对定位和定向估计之间的欧几里德距离,选择对应的参考向量作为接近地对应于绝对定位和定向估计的被更新的序列的绝对定位和定向估计的参考向量。

[0406] 在方框3710处,基于多个偏差,修正函数被确定。该修正函数可以使用诸如回归的函数匹配过程来确定。

[0407] 在方框3712处,经更新的向量映射基于将修正函数映射应用到存储的向量映射被生成。经更新的映射可用于生成定位和定向估计的更精确的后续的序列。例如,如上所述,经更新的向量映射可以被用于从由在场传感器处的多个接收线圈生成的一组电压信号所得到的电压向量来确定更精确的定位和定向估计。

[0408] 图38是根据一些实施例的用于确定交通工具的定位信息的方法的流程图3800。流程图3800对应于先前描述的图,并且可以对应于磁场定位系统600。尽管本文所描述的流程图3800参考了特定的顺序,在各种实现中,本文的方框可以以不同的顺序执行,或者被省略,并且可以添加附加的方框。

[0409] 在方框3802处,多个接收线圈可以响应于由磁场发生器所生成的磁场生成一组电压信号。

[0410] 在方框3804处,定位估计的第一序列可以被生成。定位估计的第一序列可以对应于相对于多个接收线圈的磁场发生器的定位的序列。在一些实施例中,定位估计的第一序列可以基于电压向量来确定,该电压向量响应于由磁场发生器所生成的磁场从由多个接收线圈所生成的一组电压信号得到。在一些实施例中,定位估计的第一序列可以基于对应的电压向量和多个参考向量得到,对应的电压向量从一组电压信号得到。

[0411] 在框3806处,多个参考向量基于定位估计的第一序列和定位估计的第二序列被更新,第二序列基于不同于多个接收线圈电路的源被生成。在一些实施例中,定位估计的第二序列基于多个其它传感器被生成。在一些实施例中,定位估计的第一序列可以对应于绝对定位估计,而定位估计的第二序列可以对应于相对定位估计。

[0412] 上述方法的各种操作可以由能够执行操作的任何合适的部件来执行,诸如(一个或多个)各种硬件和/或软件组件、电路和/或(一个或多个)模块。通常,附图中所示的任何操作可以由能够执行操作的对应的功能部件执行。

[0413] 信息和信号可以使用各种不同工艺和技术中的任何一种来表示。例如,可以在以上描述中被引用的数据、指令、命令、信息、信号、比特、符号和芯片可以由电压、电流、电磁波、磁场或粒子、光场或粒子或其任何组合来表示。

[0414] 结合本文中公开的实现而描述的各种说明性逻辑块、模块、电路和算法步骤可以被实现为电子硬件、计算机软件或两者的组合。为了清楚地说明硬件和软件的这种可互换性,以上已经在其功能方面一般地描述了各种说明性组件、块、模块、电路和步骤。这种功能是被实现为硬件还是软件取决于特定应用和施加在整个系统上的设计约束。所描述的功能可以针对每个特定应用以不同的方式来实现,但是这种实现决策不应当被解释为导致脱离实现的范围。

[0415] 结合本文中公开的实现而描述的各种说明性块、模块和电路可以用以下来实现或执行:被设计用于执行本文中所描述的功能的通用处理器、数字信号处理器(DSP)、专用集成电路(ASIC)、现场可编程门阵列(FPGA)或其他可编程逻辑器件、离散门或晶体管逻辑、离散硬件组件、或其任何组合。处理器可以是微处理器,但是备选地,处理器也可以是任何常规的处理器、控制器、微控制器或状态机。处理器也可以被实现为计算设备的组合,例如DSP和与DSP内核结合的微处理器、多个微处理器、一个或多个微处理器的组合、或任何其他这样的配置。

[0416] 结合本文中公开的实现描述的方法或算法和功能的步骤可以直接以硬件、以由处理器执行的软件模块、或以两者的组合来实现。如果以软件实现,则这些功能可以作为一个或多个指令或代码存储在有形的非暂态计算机可读介质上,或者作为存储在有形的非暂态计算机可读介质上的一个或多个指令或代码而传输。软件模块可以驻留在随机存取存储器(RAM)、闪存、只读存储器(ROM)、电可编程ROM(EPROM)、电可擦除可编程ROM(EEPROM)、寄存器、硬盘、可移动盘、CD ROM、或本领域已知的任何其他形式的存储介质中。存储介质耦合到处理器,使得处理器可以从存储介质读取信息并且向存储介质写入信息。在备选方案中,存储介质可以与处理器集成。如本文中所使用的盘和碟包括压缩碟(CD)、激光碟、光碟、数字通用碟(DVD)、软盘和蓝光盘,其中盘通常磁性地再现数据,而碟用激光来光学地再现数据。上述的组合也应当被包括在计算机可读介质的范围内。处理器和存储介质可以驻留在ASIC中。

[0417] 为了概括本公开,本文中已经描述了某些方面、优点和新颖特征。应当理解,根据任何具体实现,不一定可以实现所有这些优点。因此,一个或多个实现会实现或优化本文中教导的一个优点或一组优点,而不一定实现可以在本文中教导或建议的其他优点。

[0418] 上文描述的实现的修改将是显而易见的,并且在不脱离本申请的精神或范围的情况下,本文中限定的一般原则可以应用于其他实现。因此,本申请不旨在限于本文中所示的实现,而是符合与本文中公开的原理和新颖特征相一致的最宽范围。

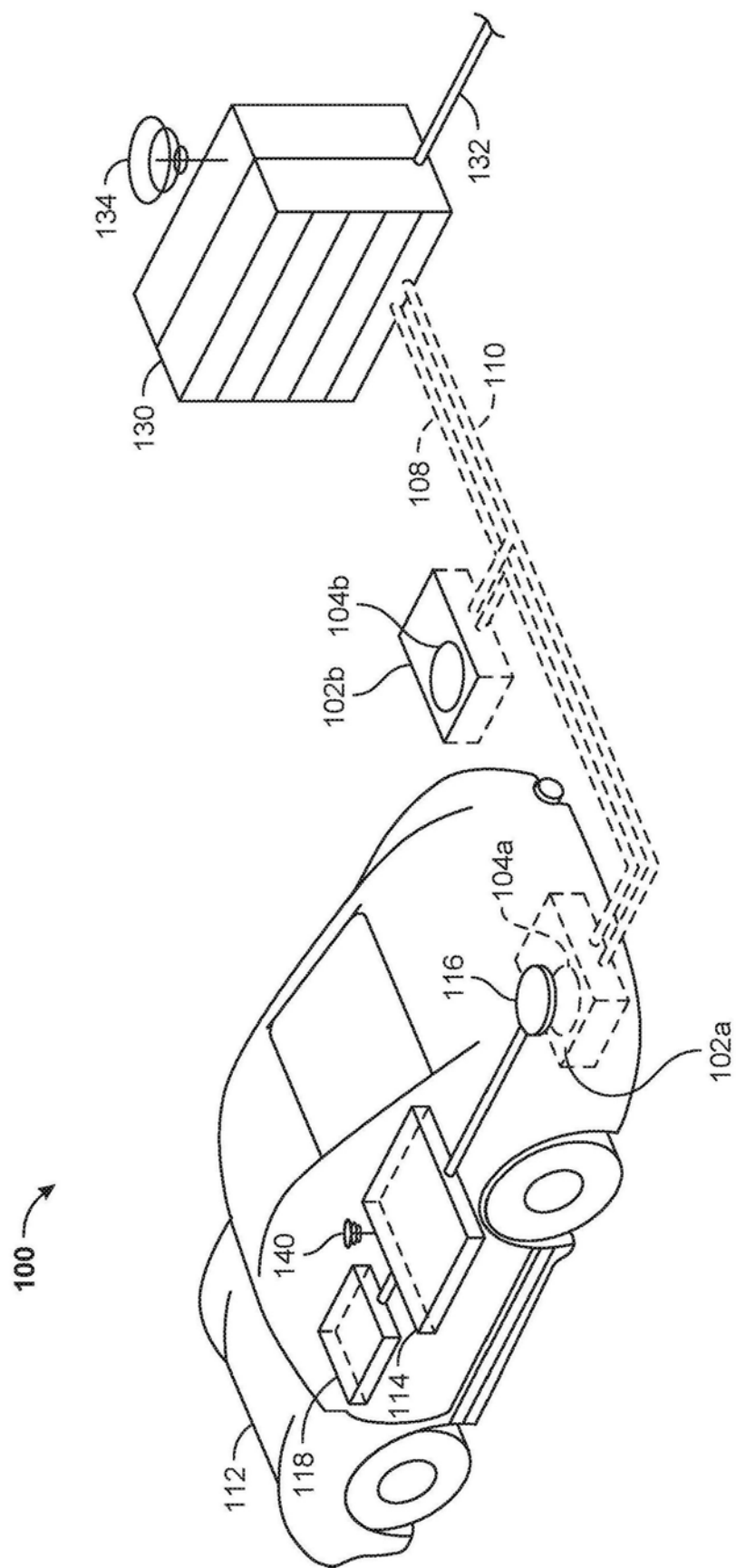


图1

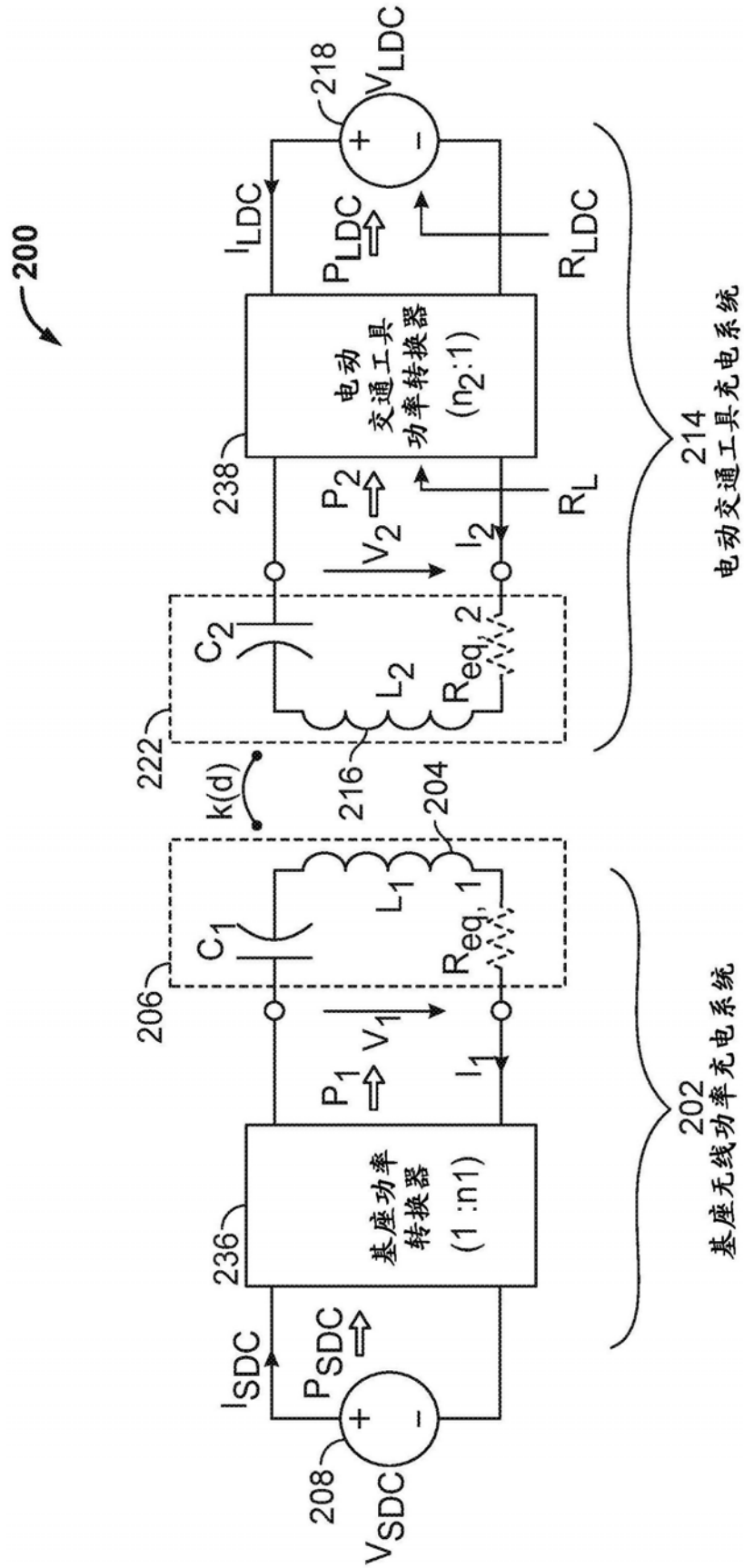


图2

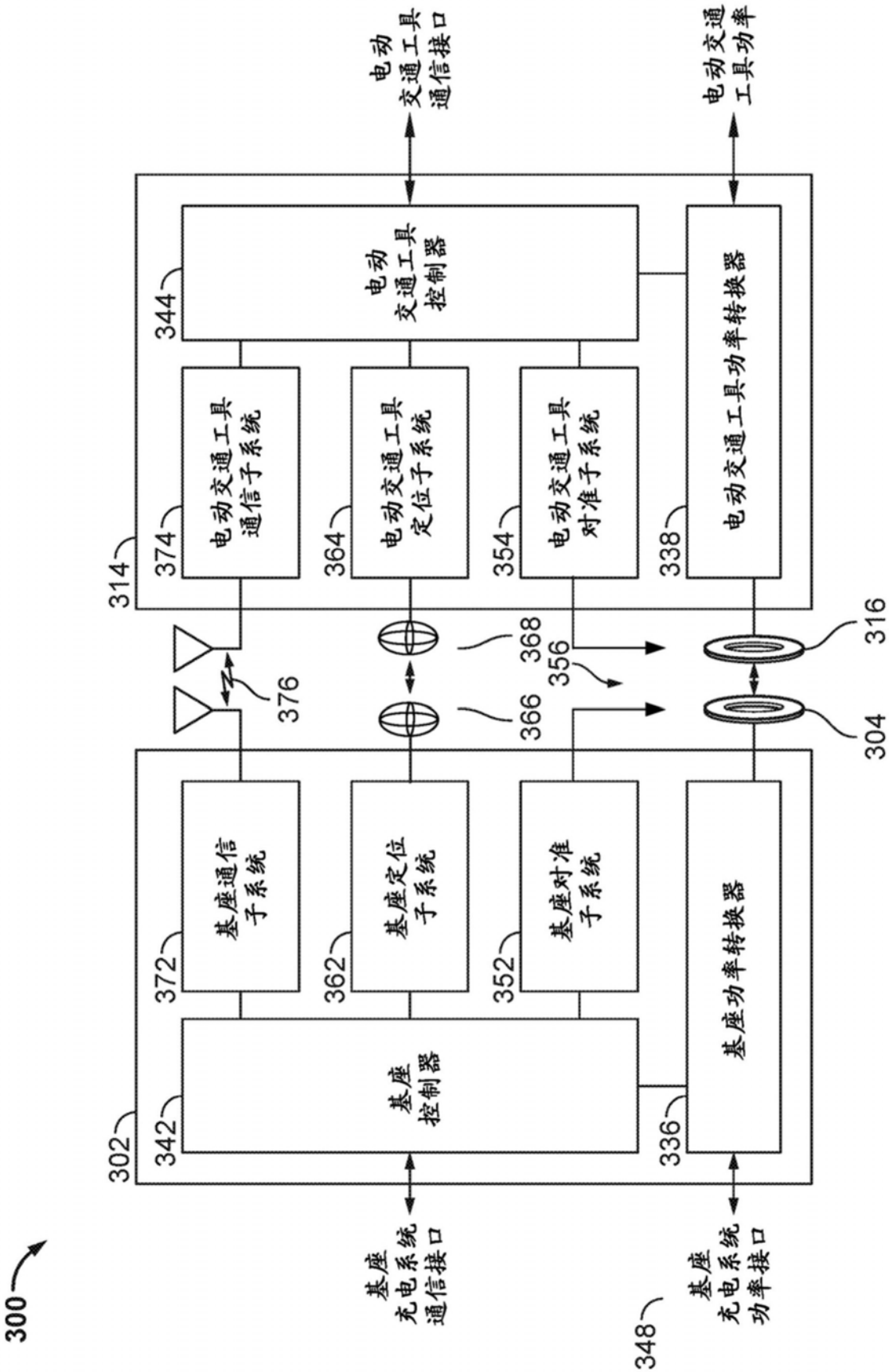


图3

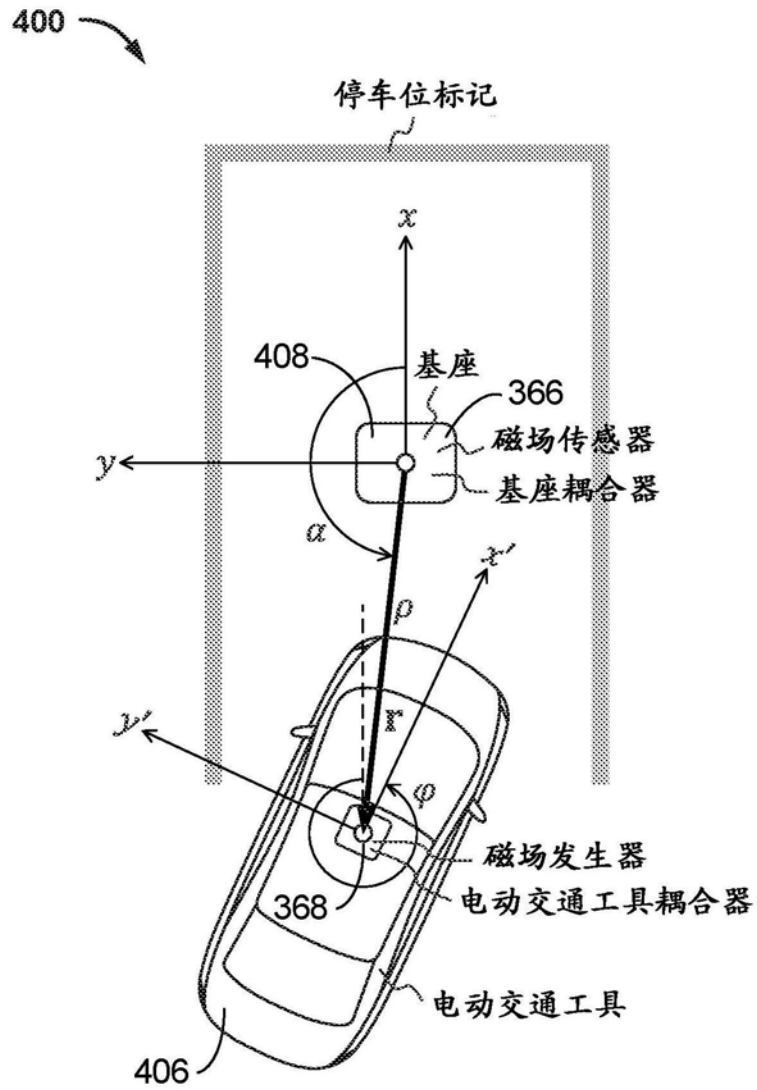


图4

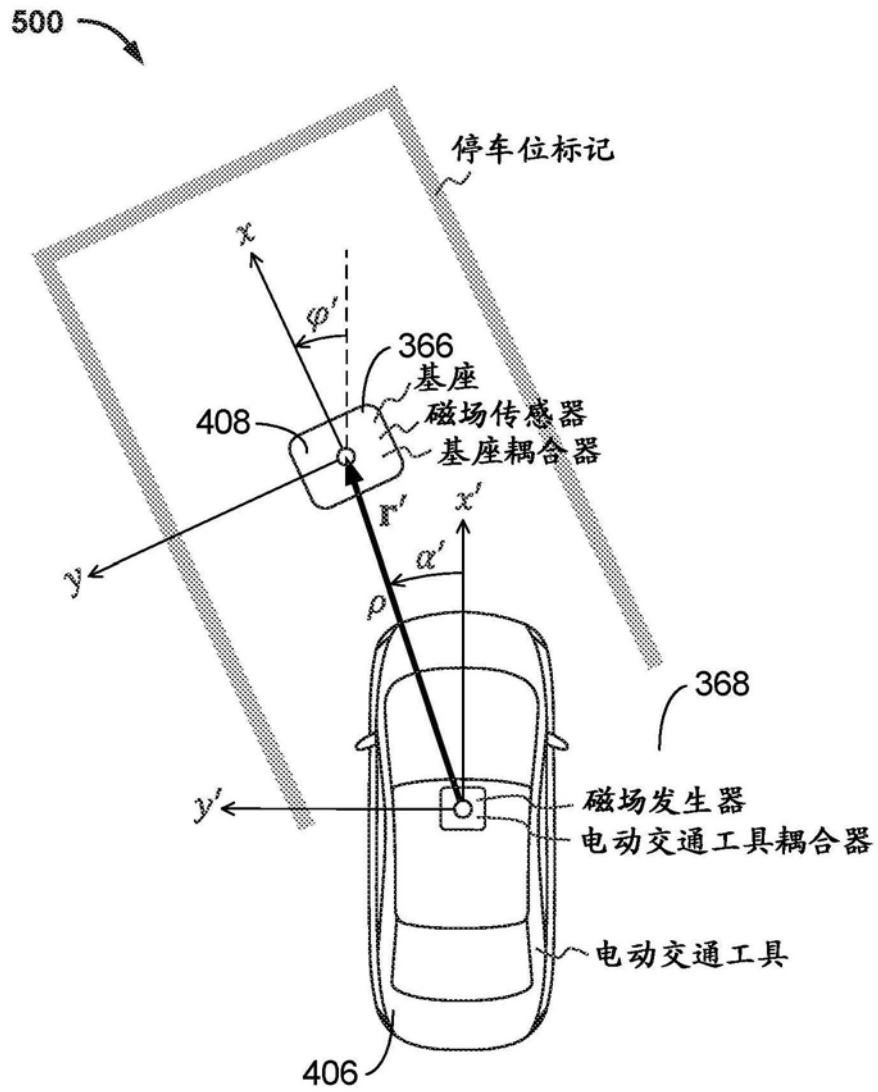


图5

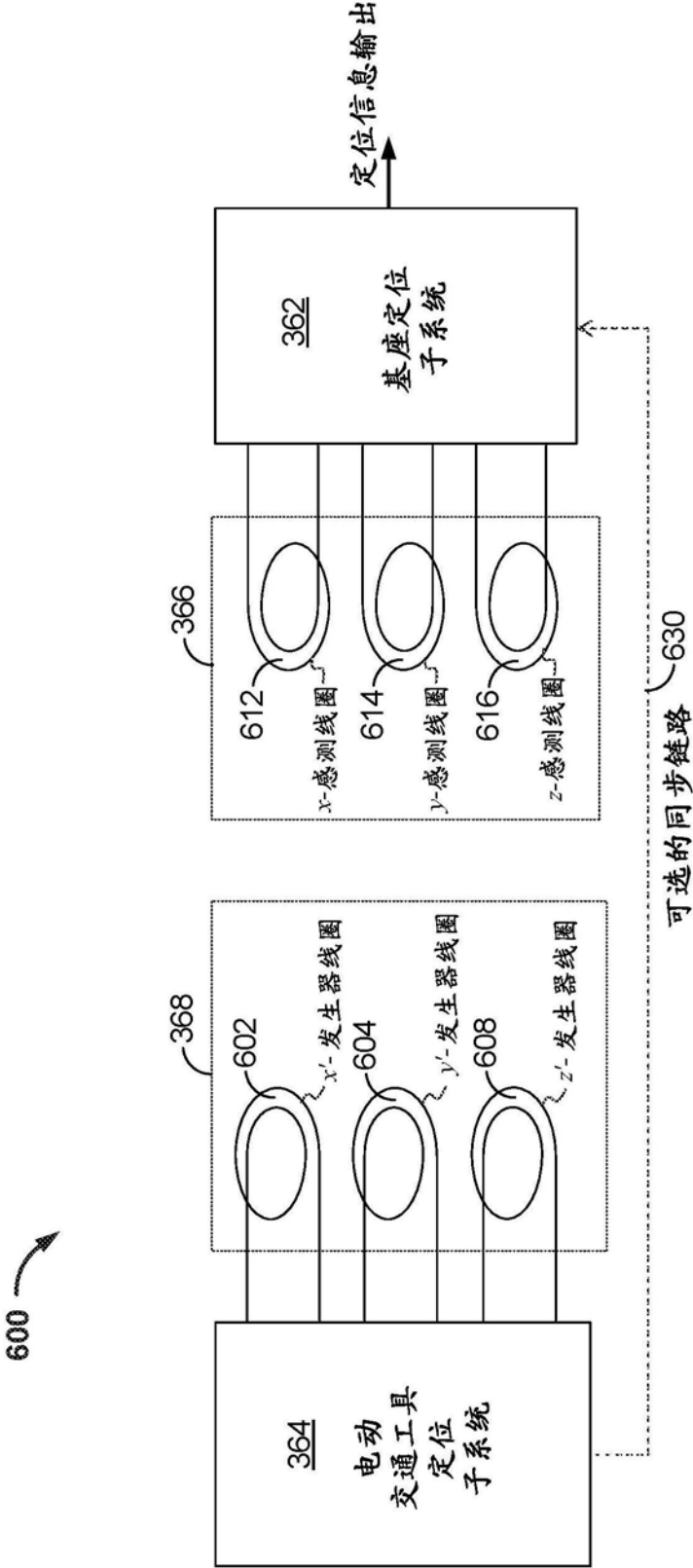


图6

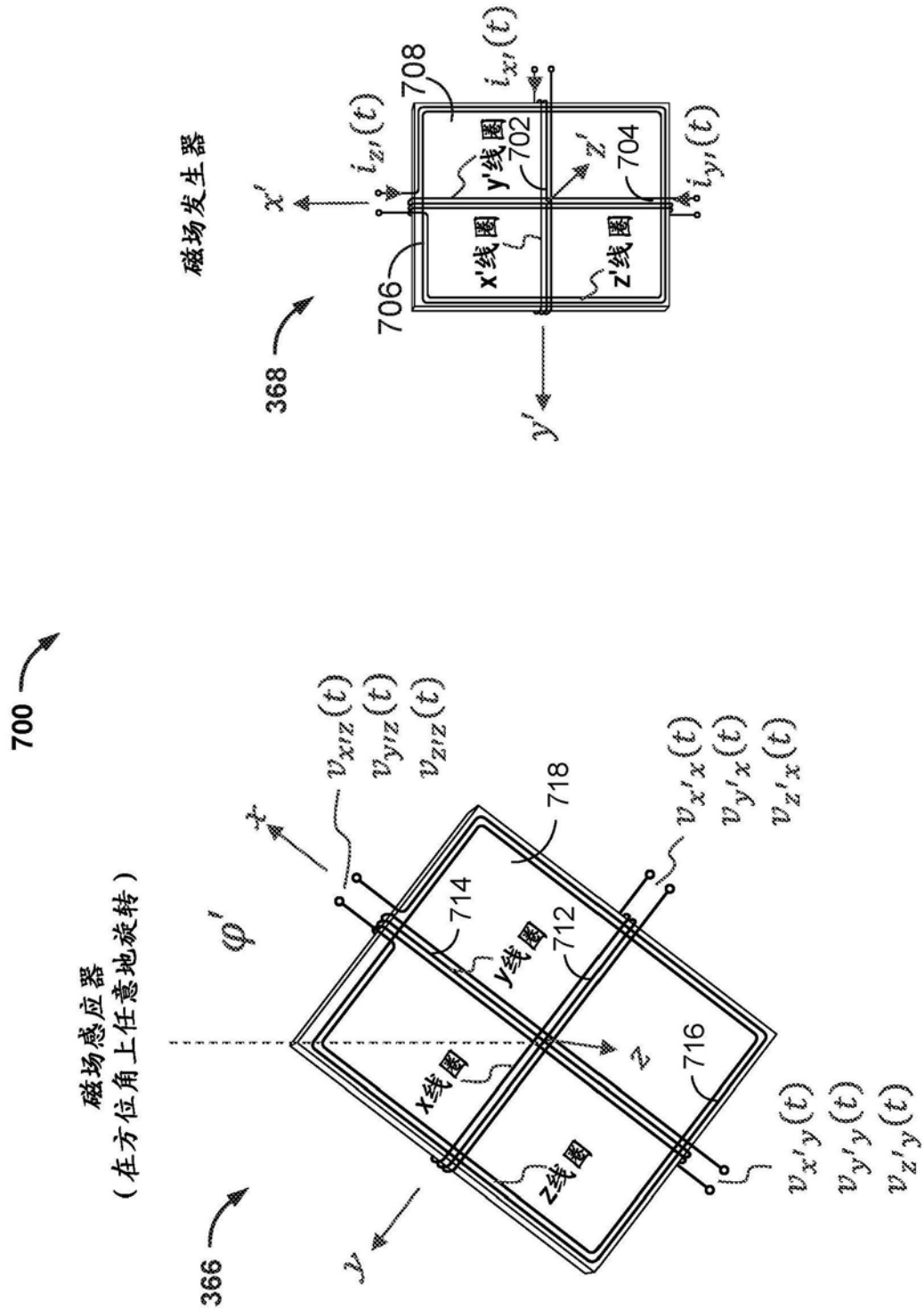


图7

800

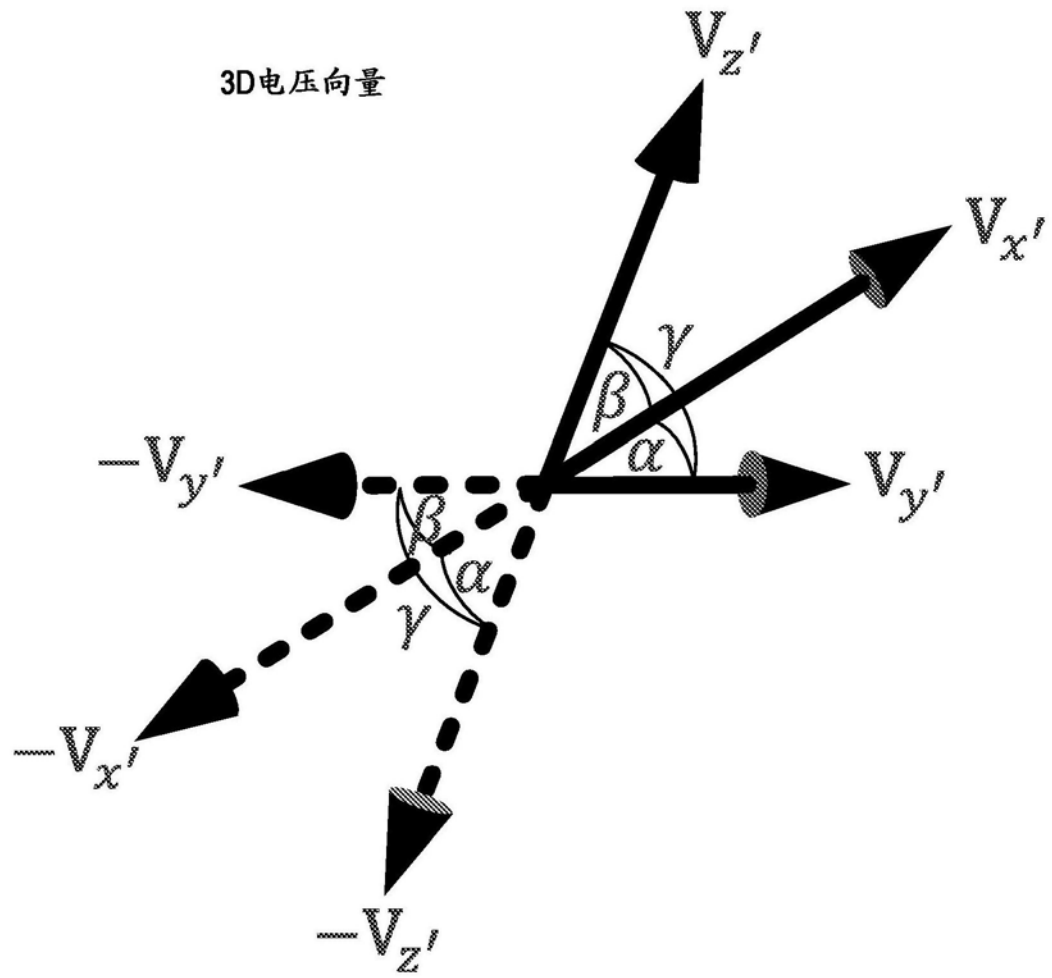


图8

900

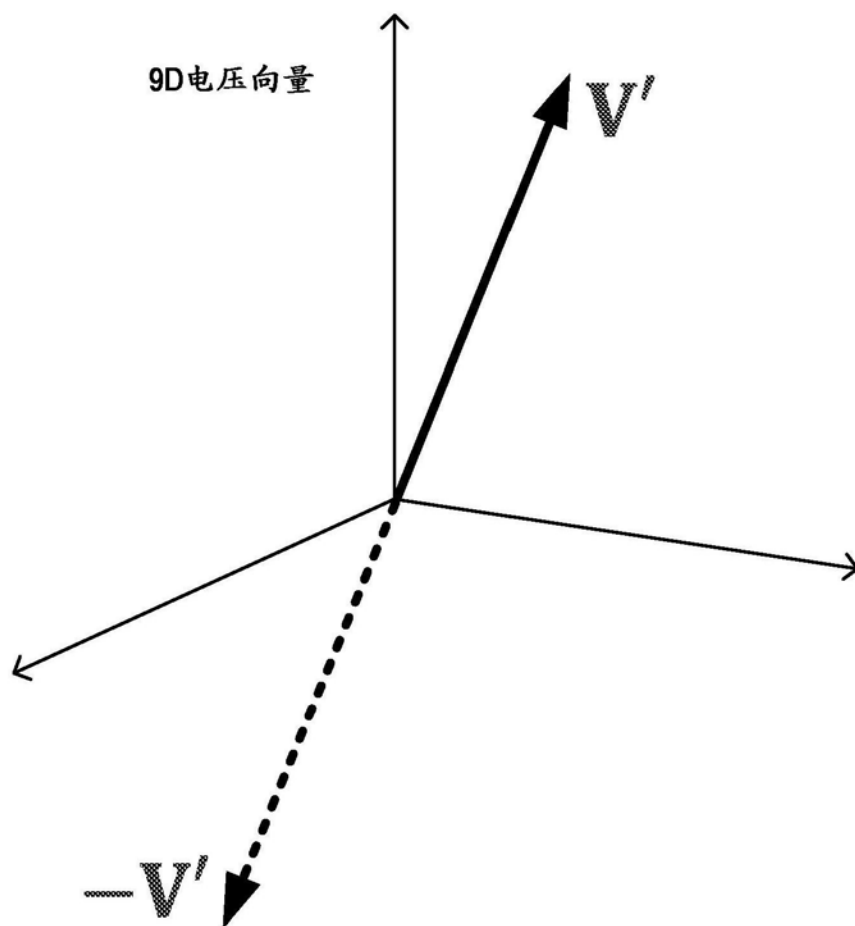


图9

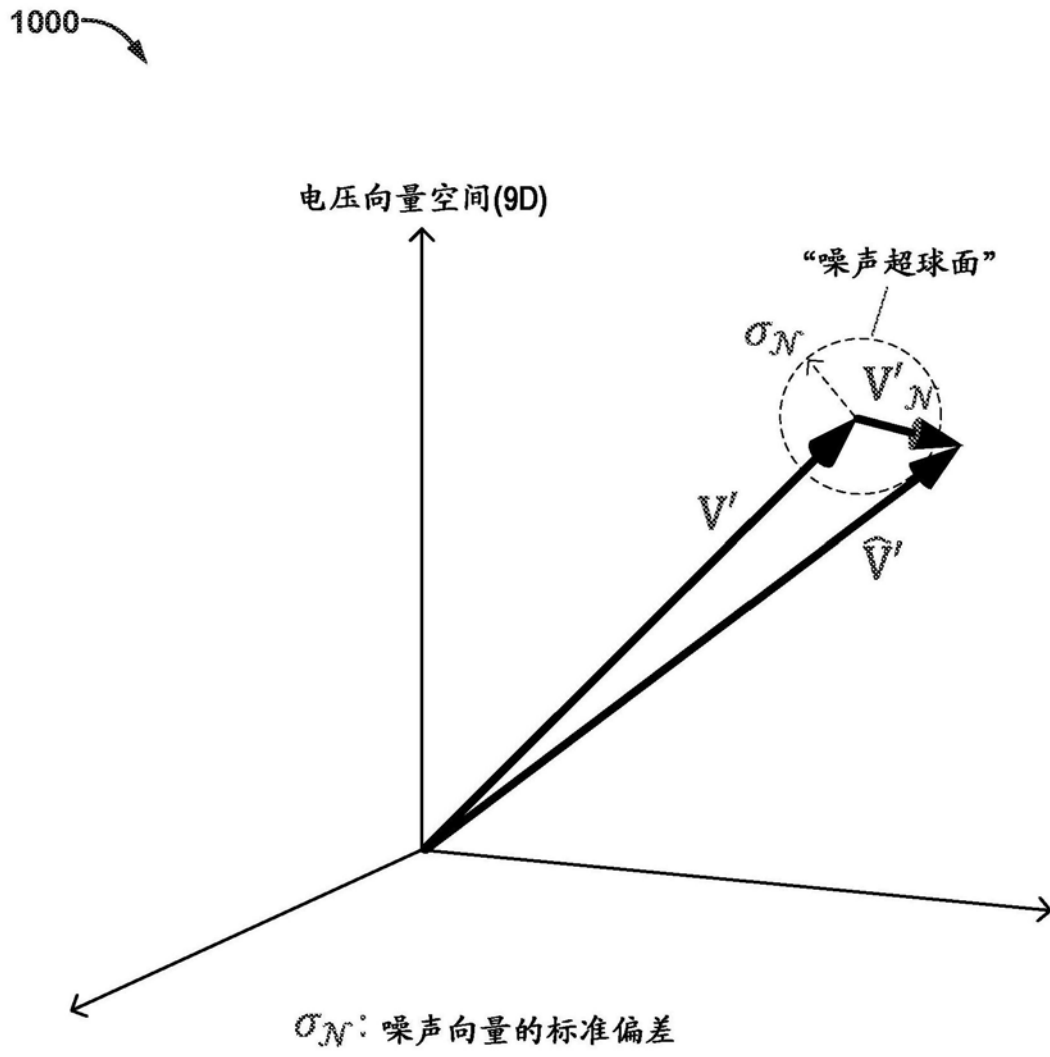


图10

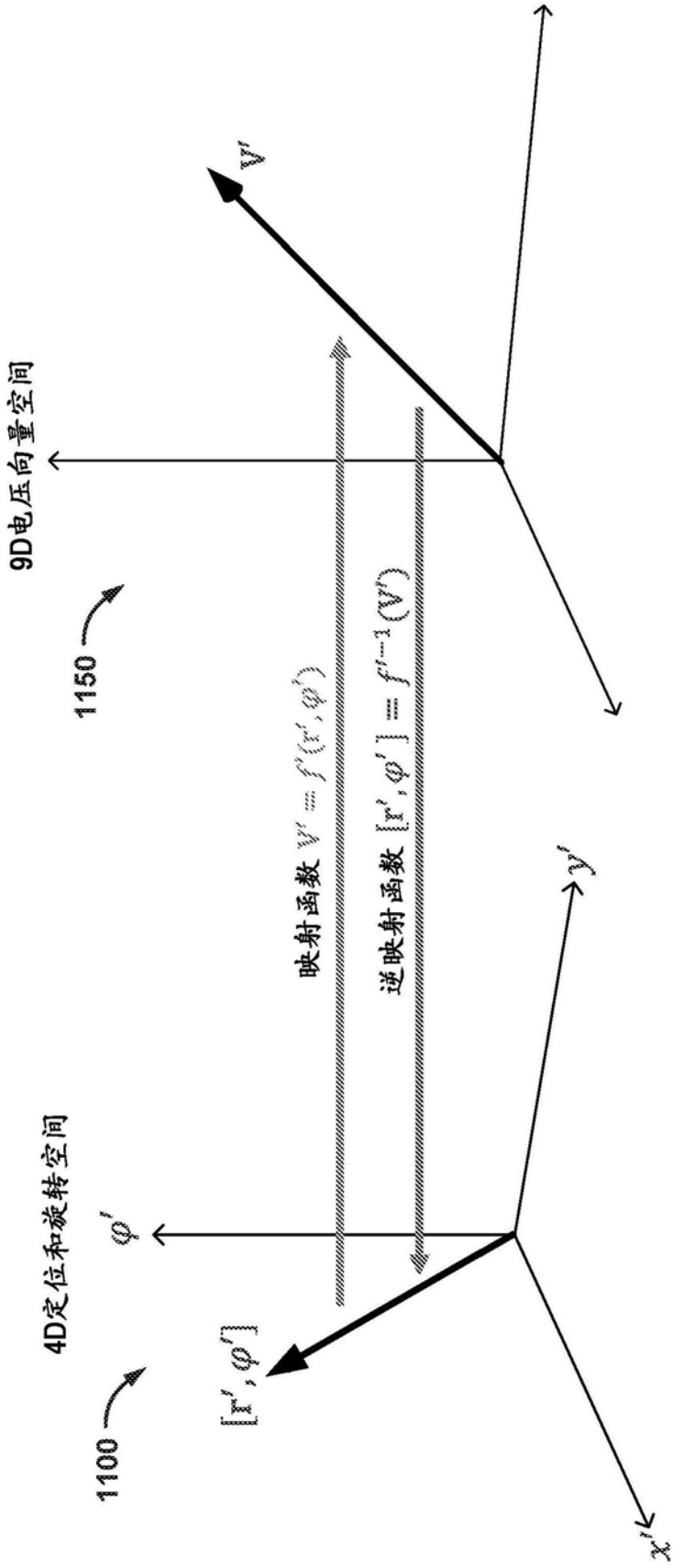


图11

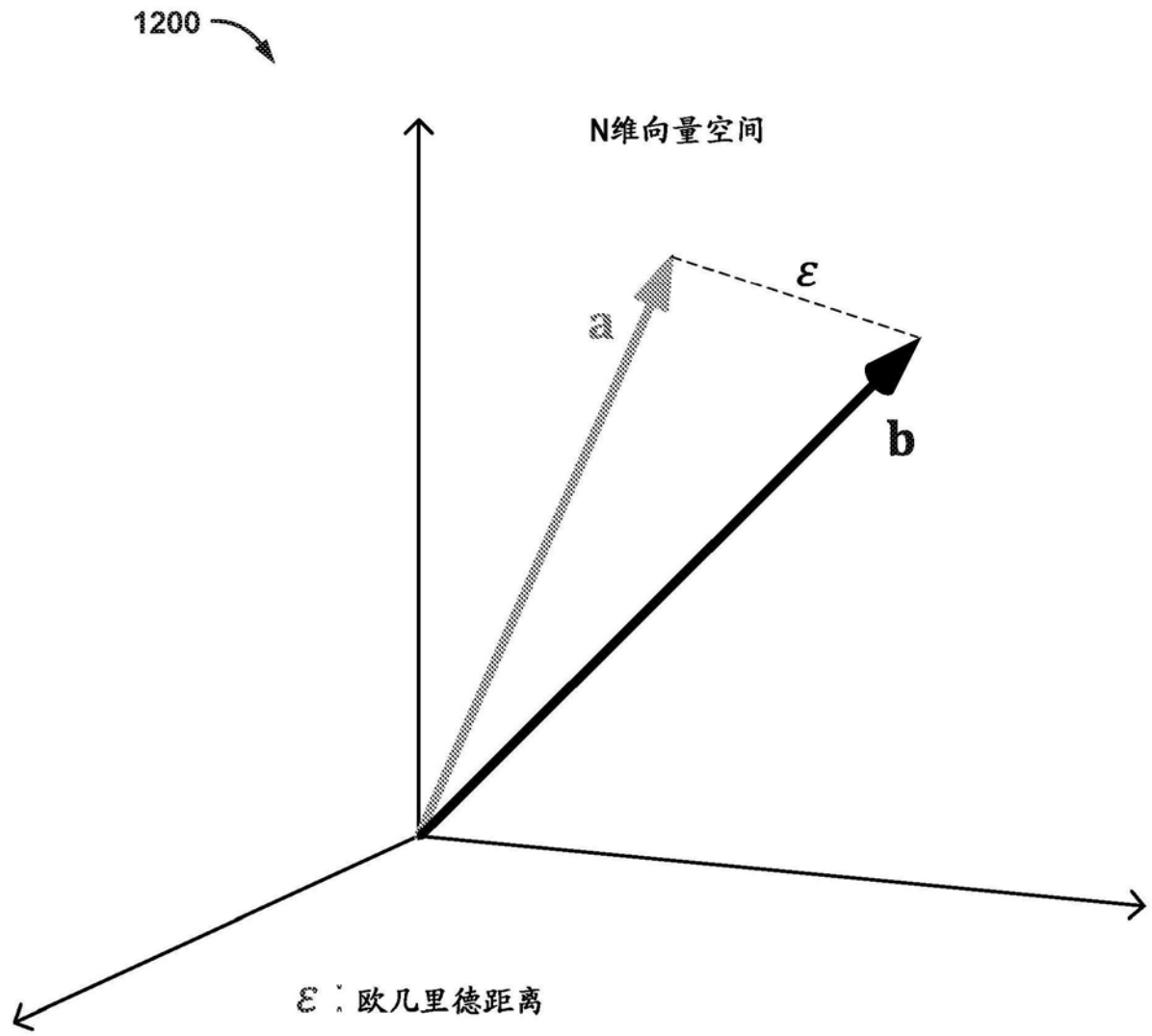


图12

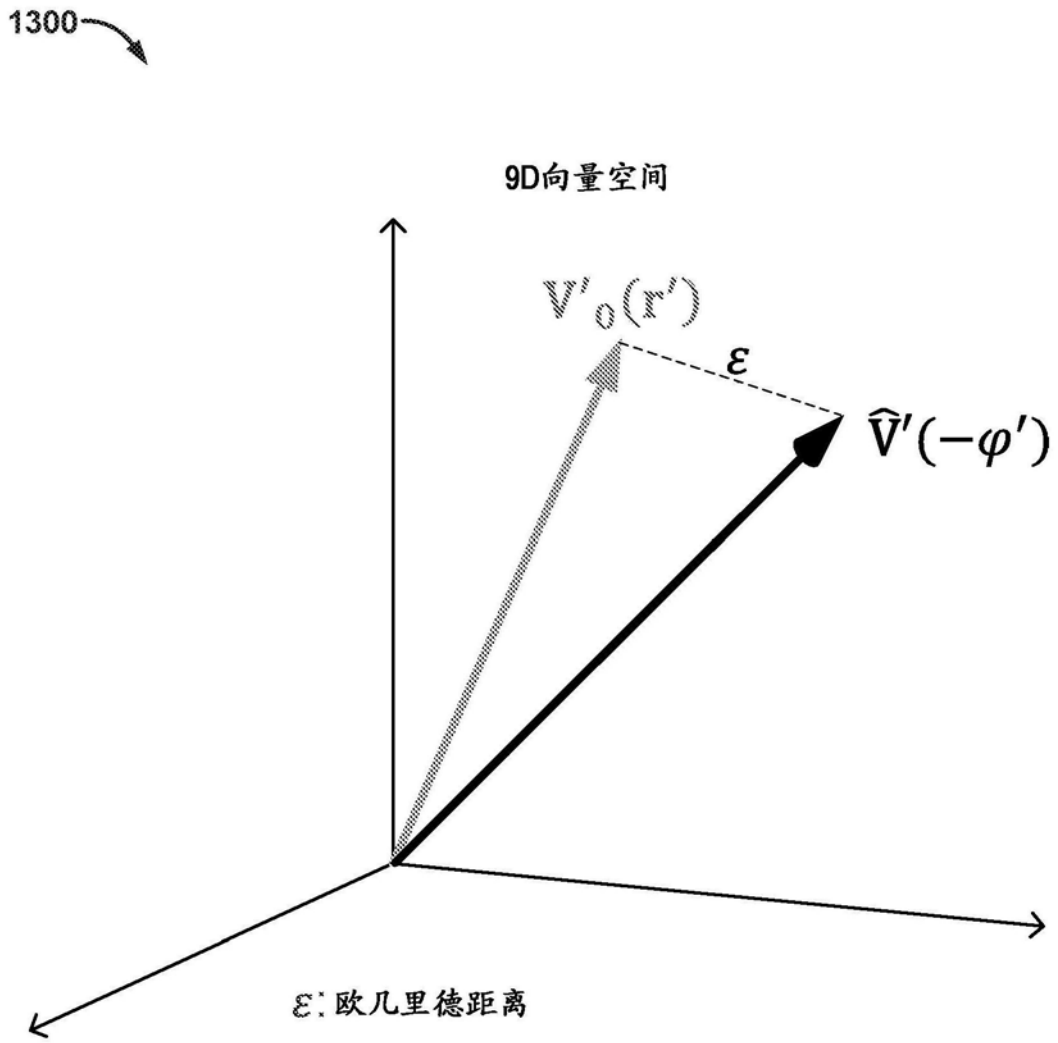


图13

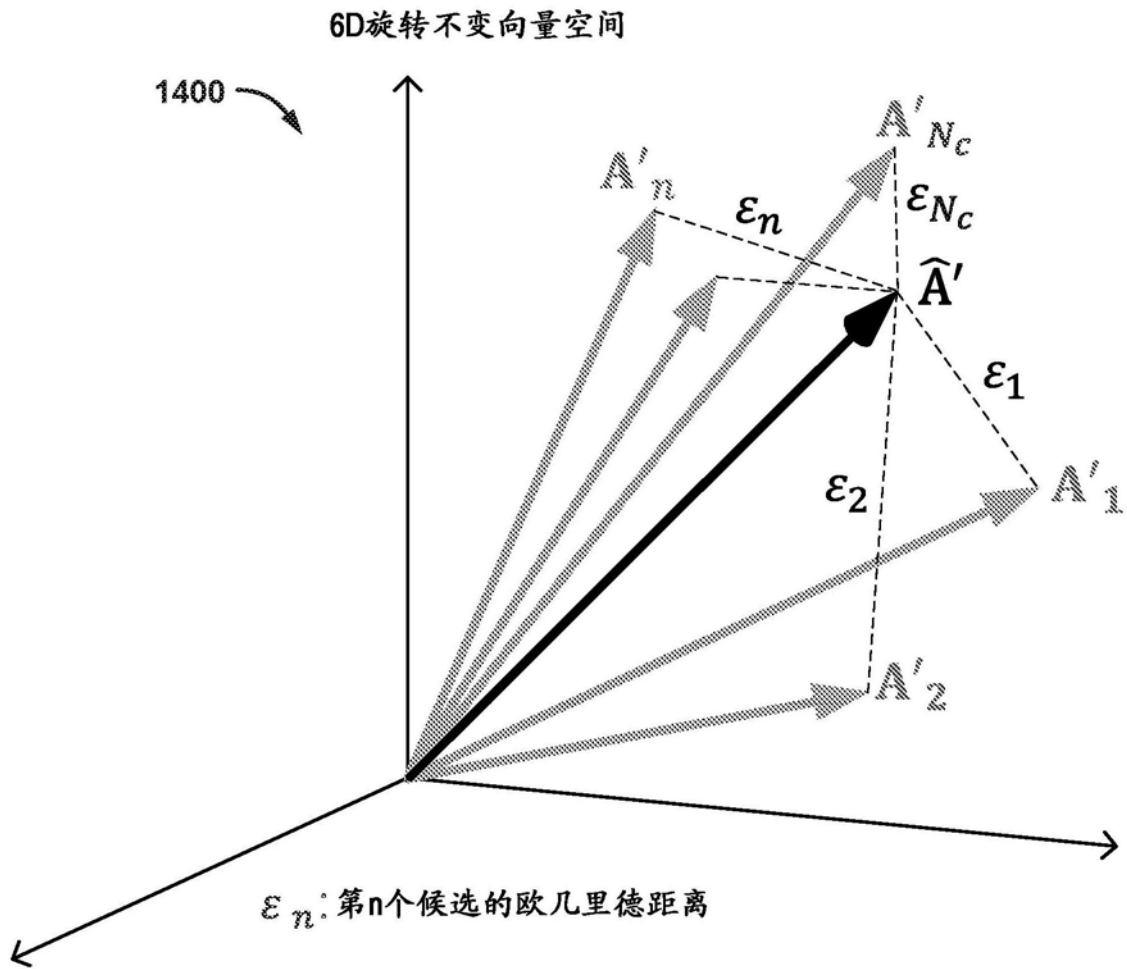


图14

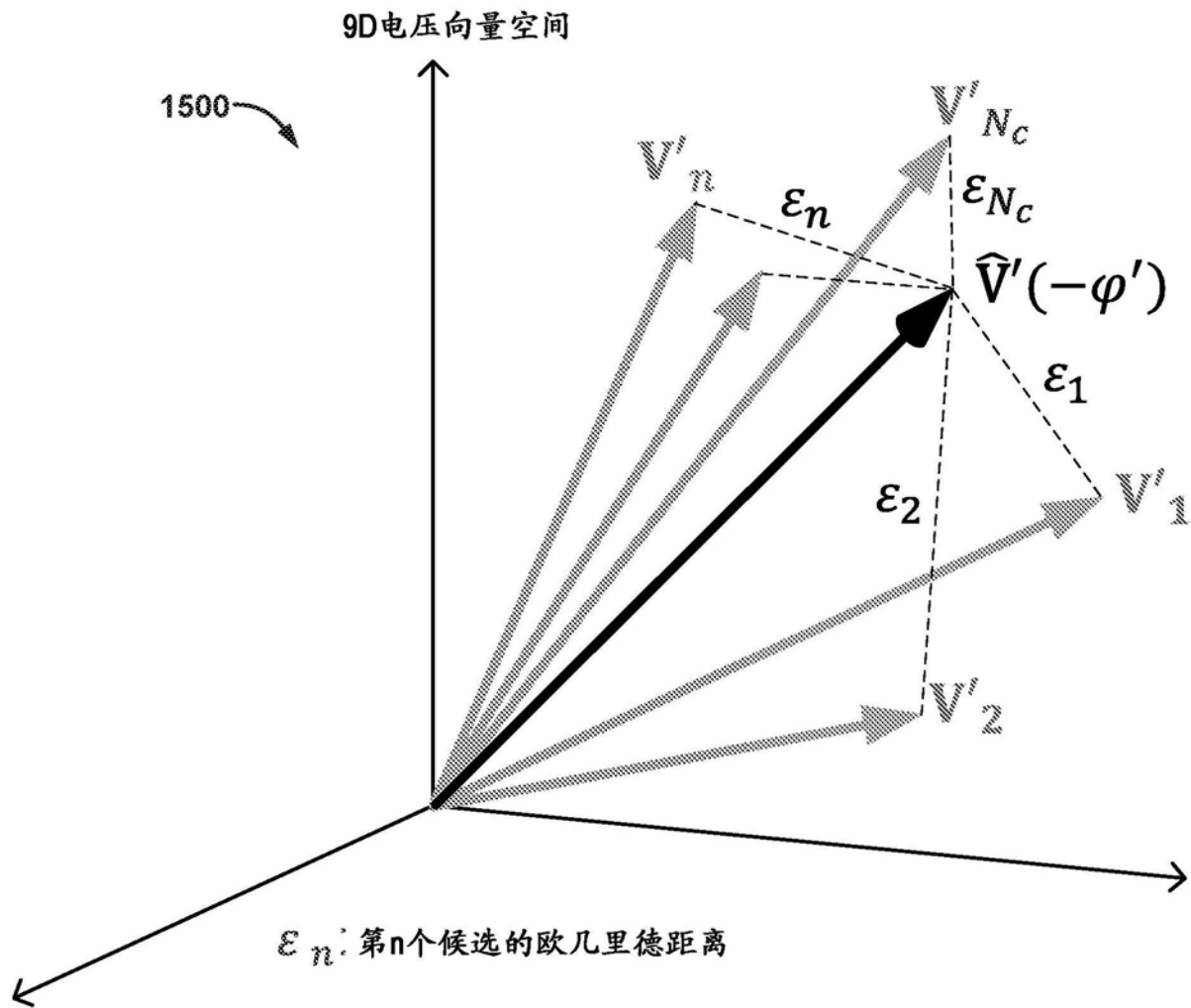


图15

1600

LUT地址			坐标			9D参考向量	6D参考向量
i	j	k	x_i	y_j	z_k	$V'_0(r'_{x',i}, r'_{y',j}, r'_{z',k})$	$A'(r'_{x',i}, r'_{y',j}, r'_{z',k})$

图16

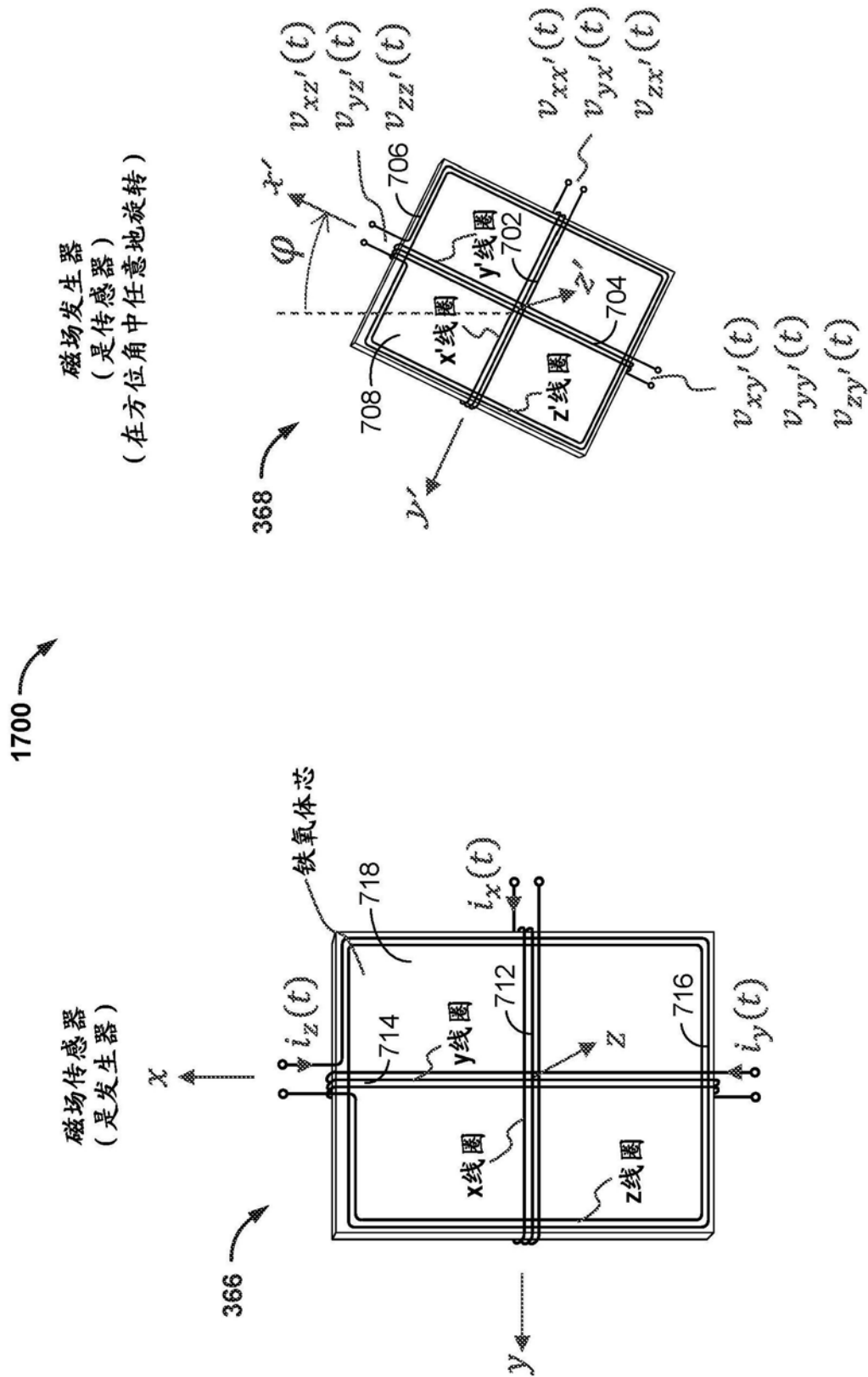


图17

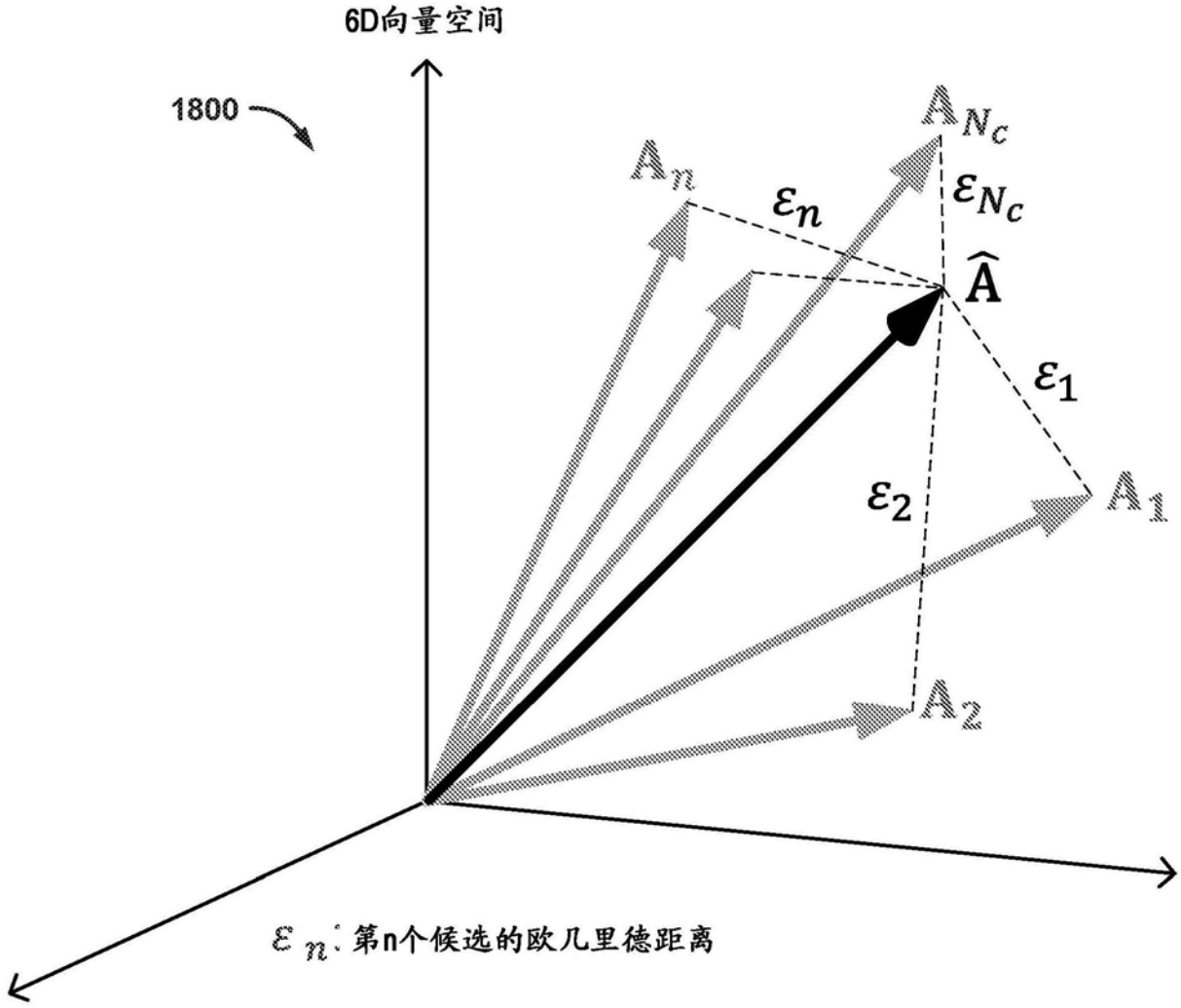


图18

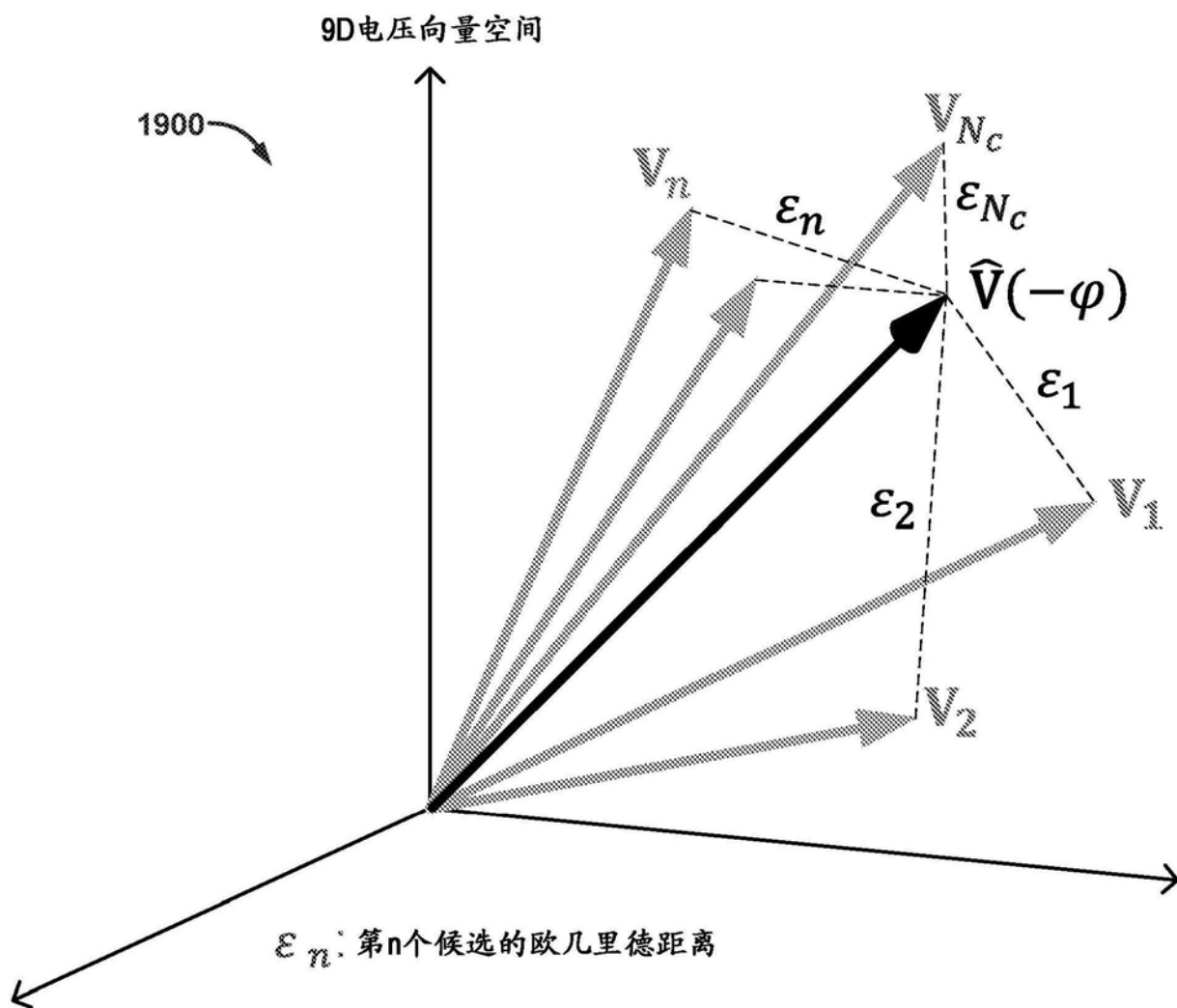


图19

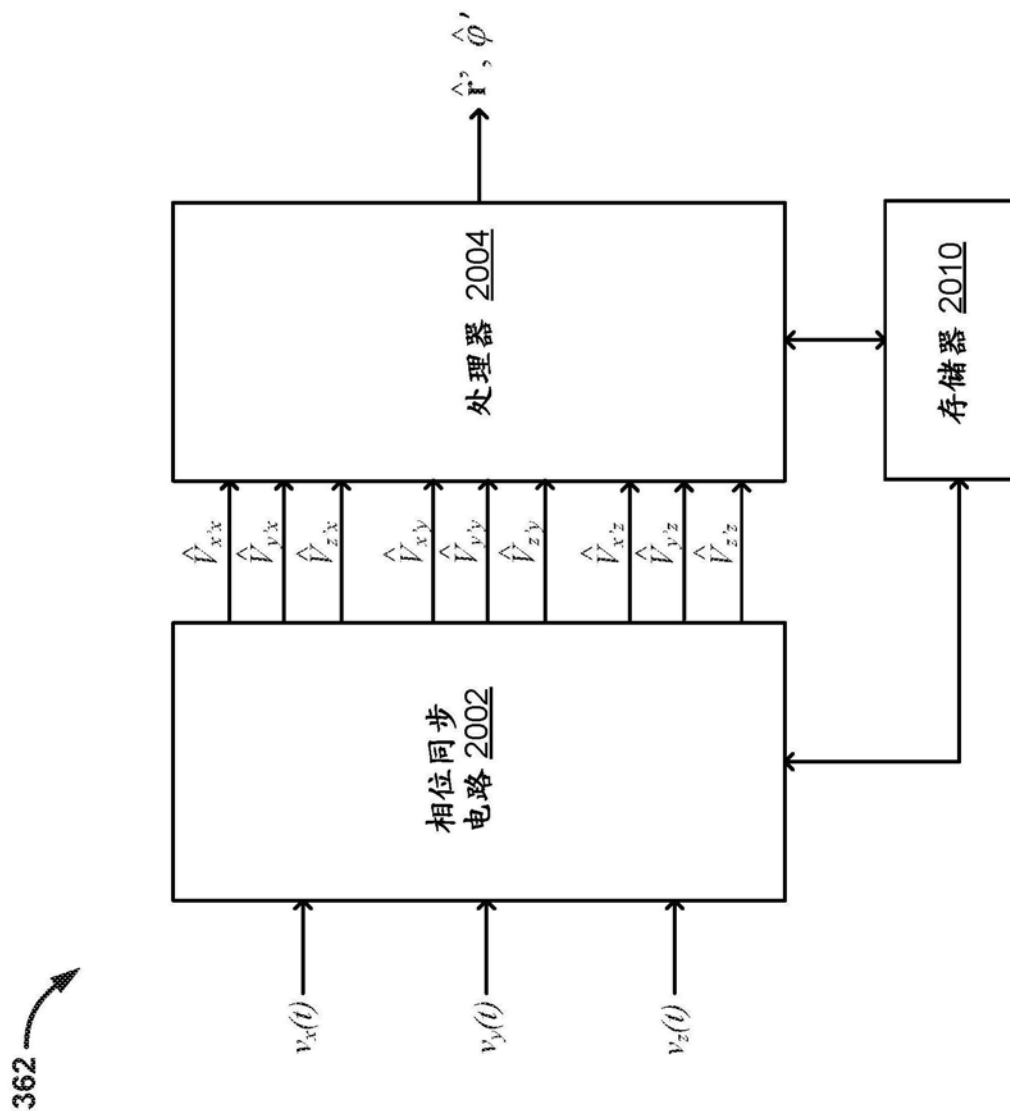


图20

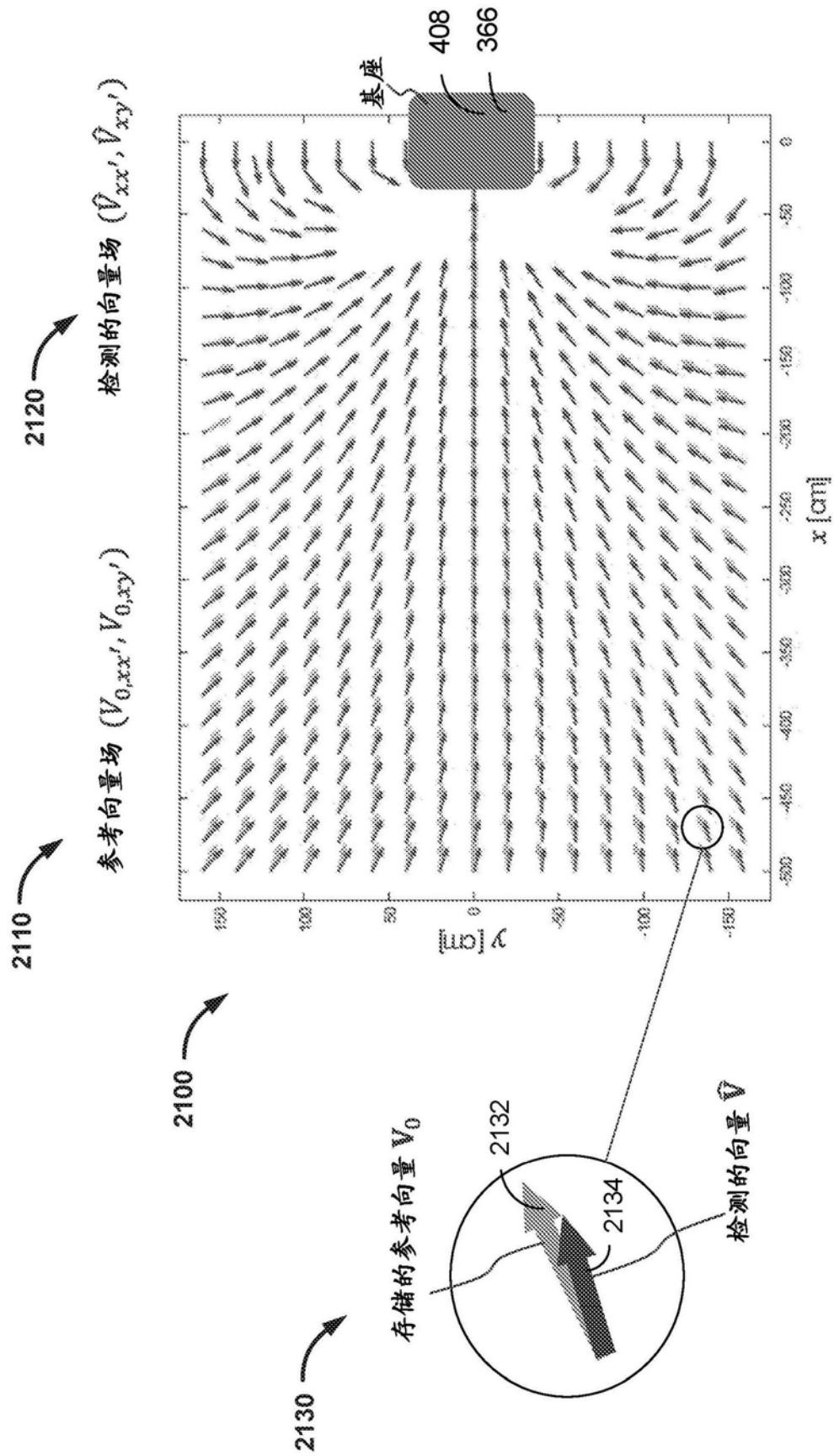


图21

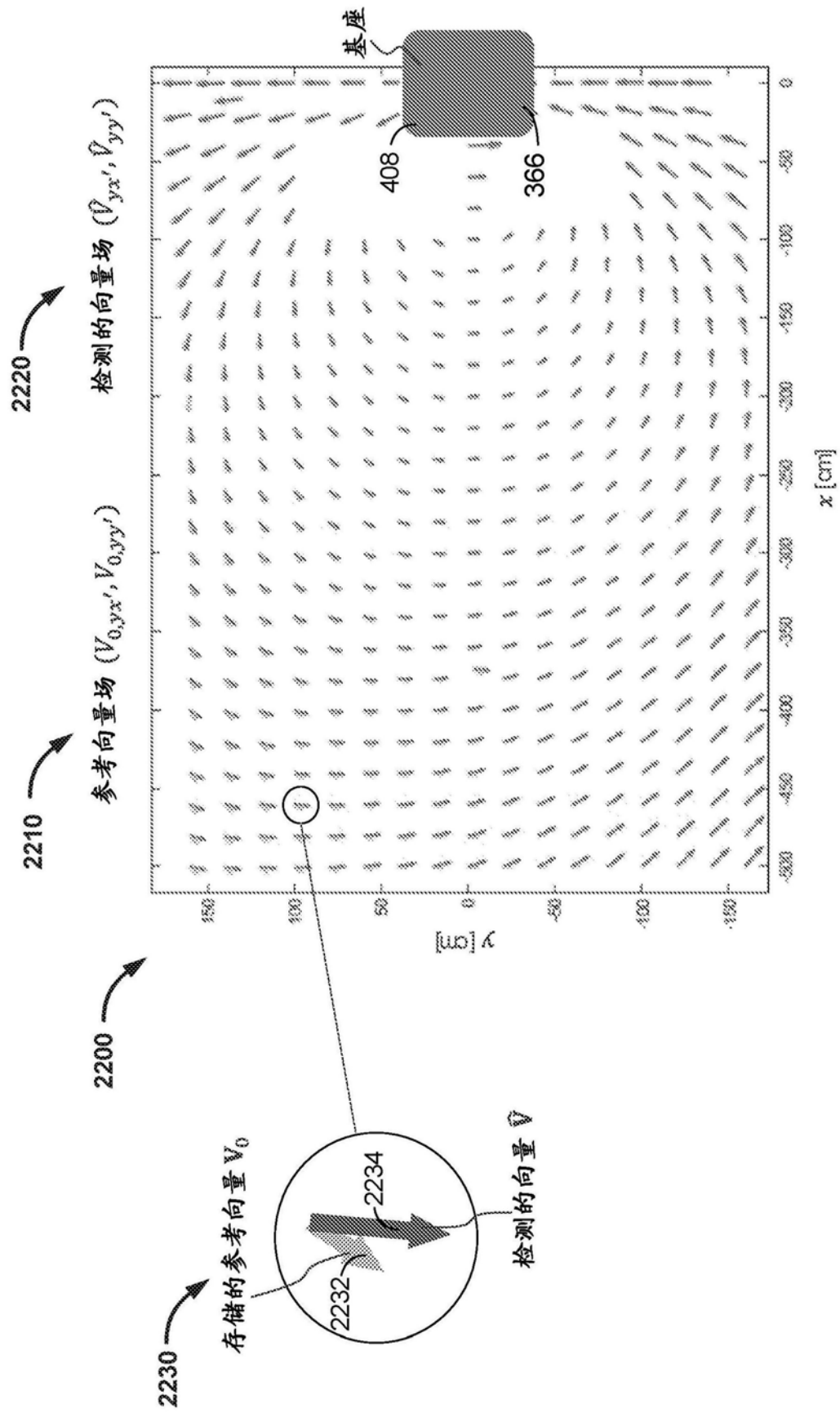


图22

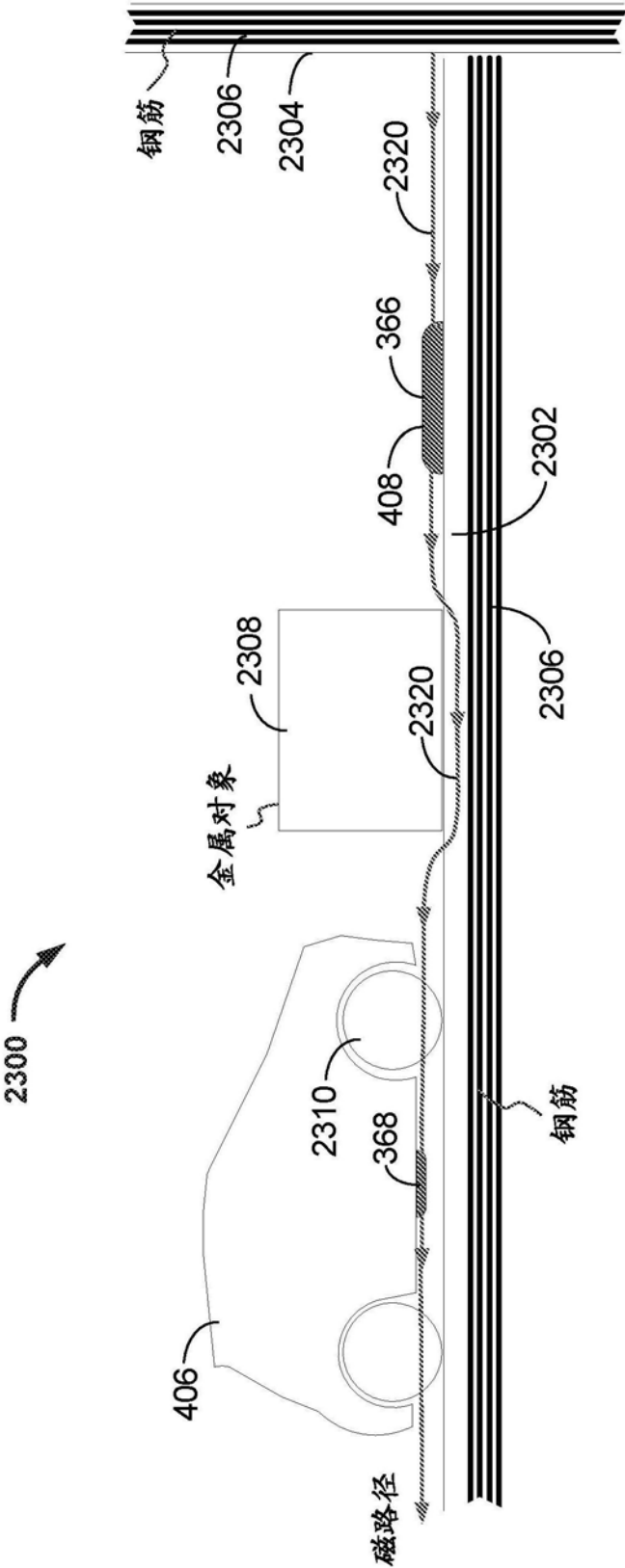


图23

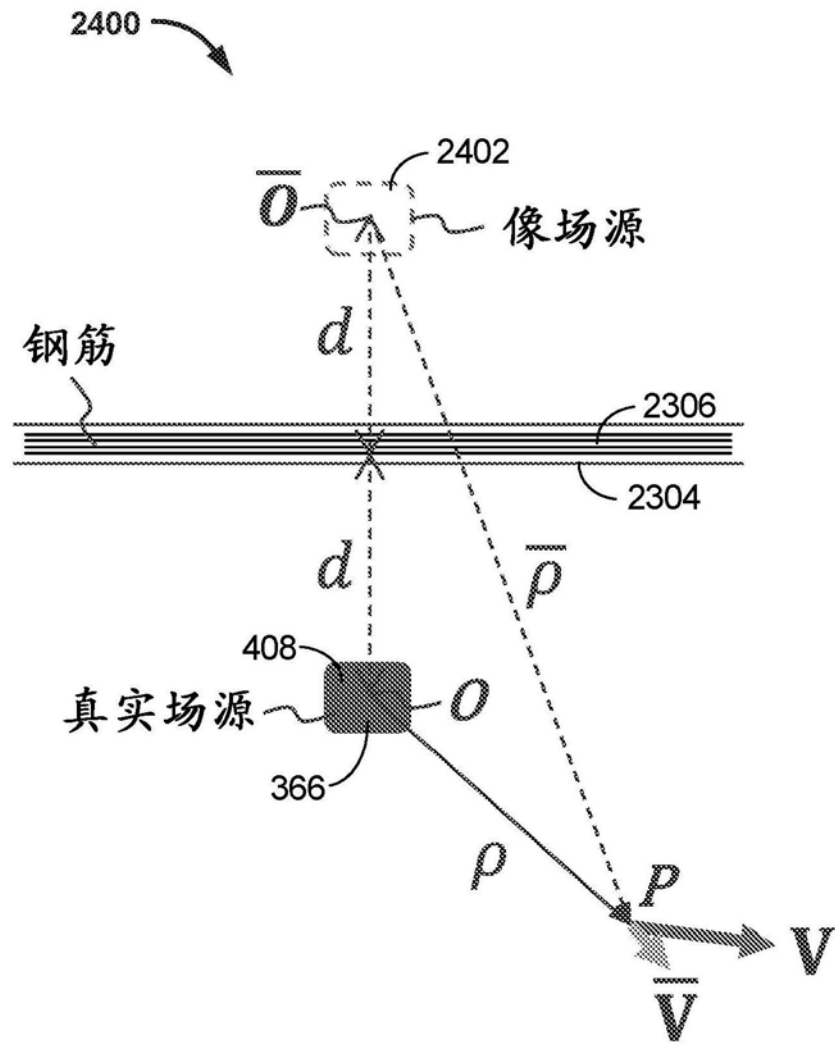


图24

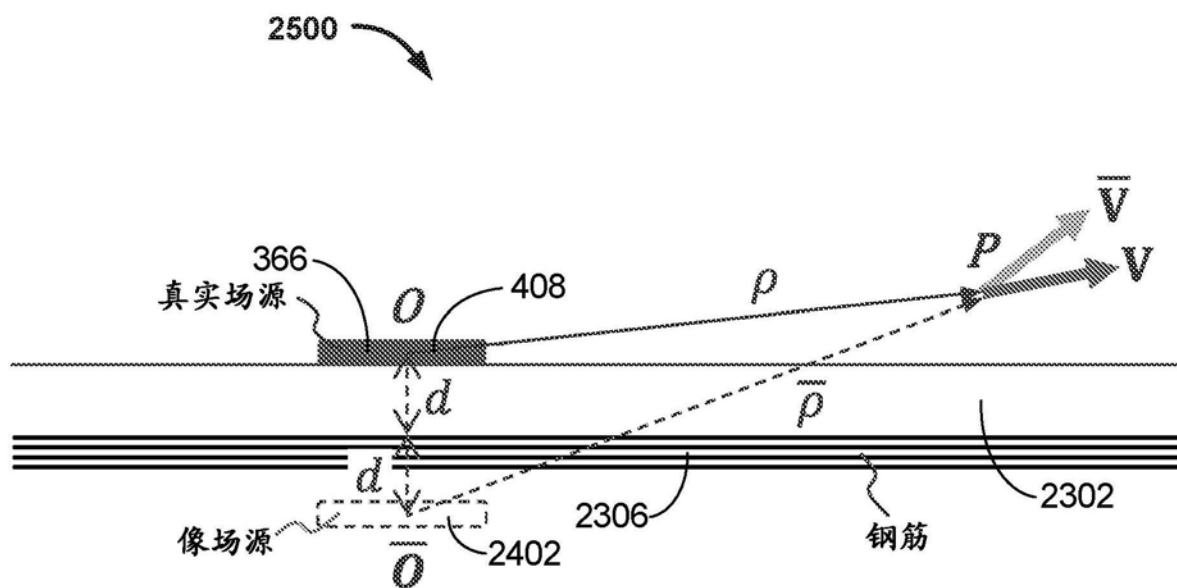


图25

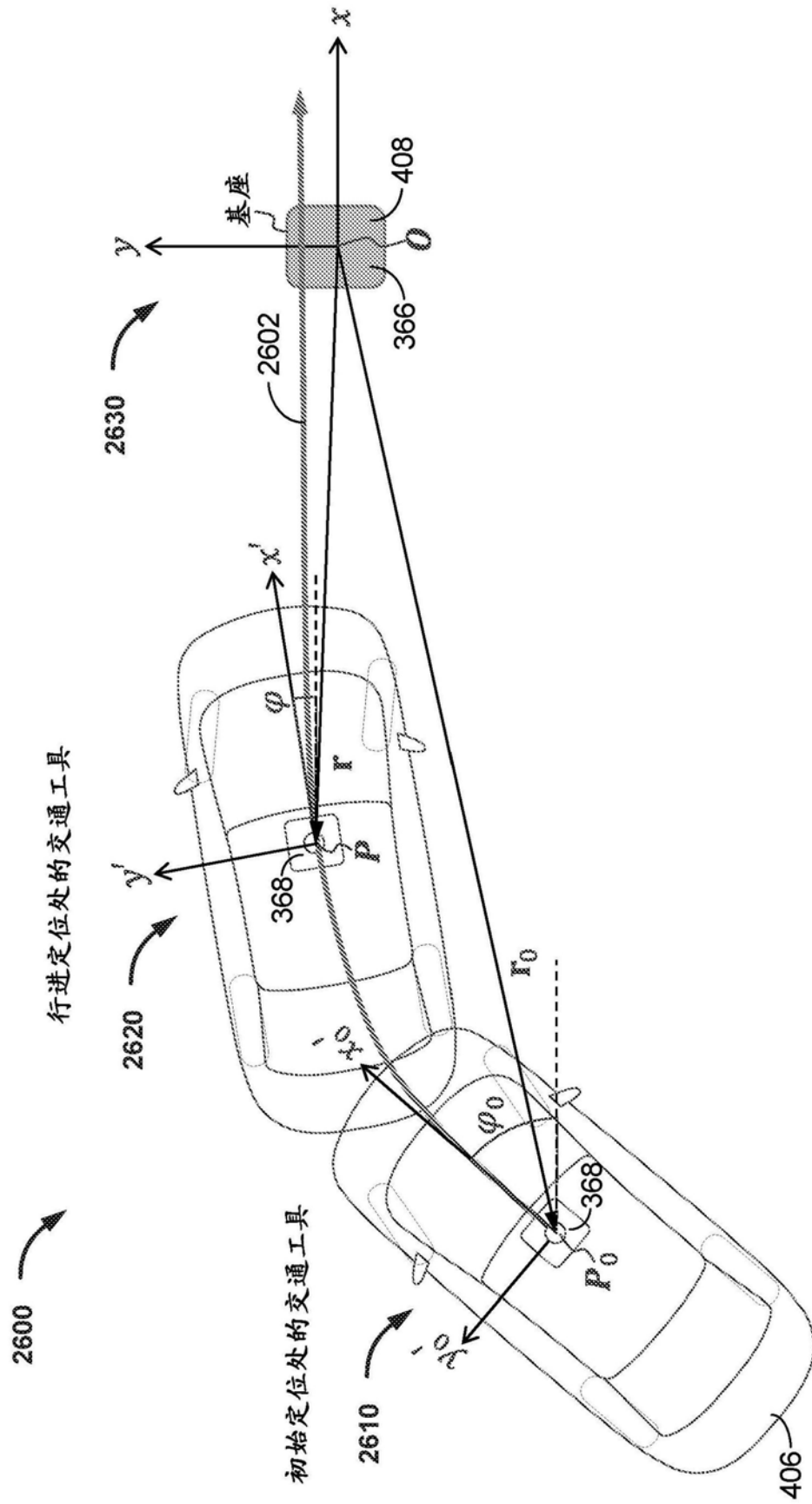


图26

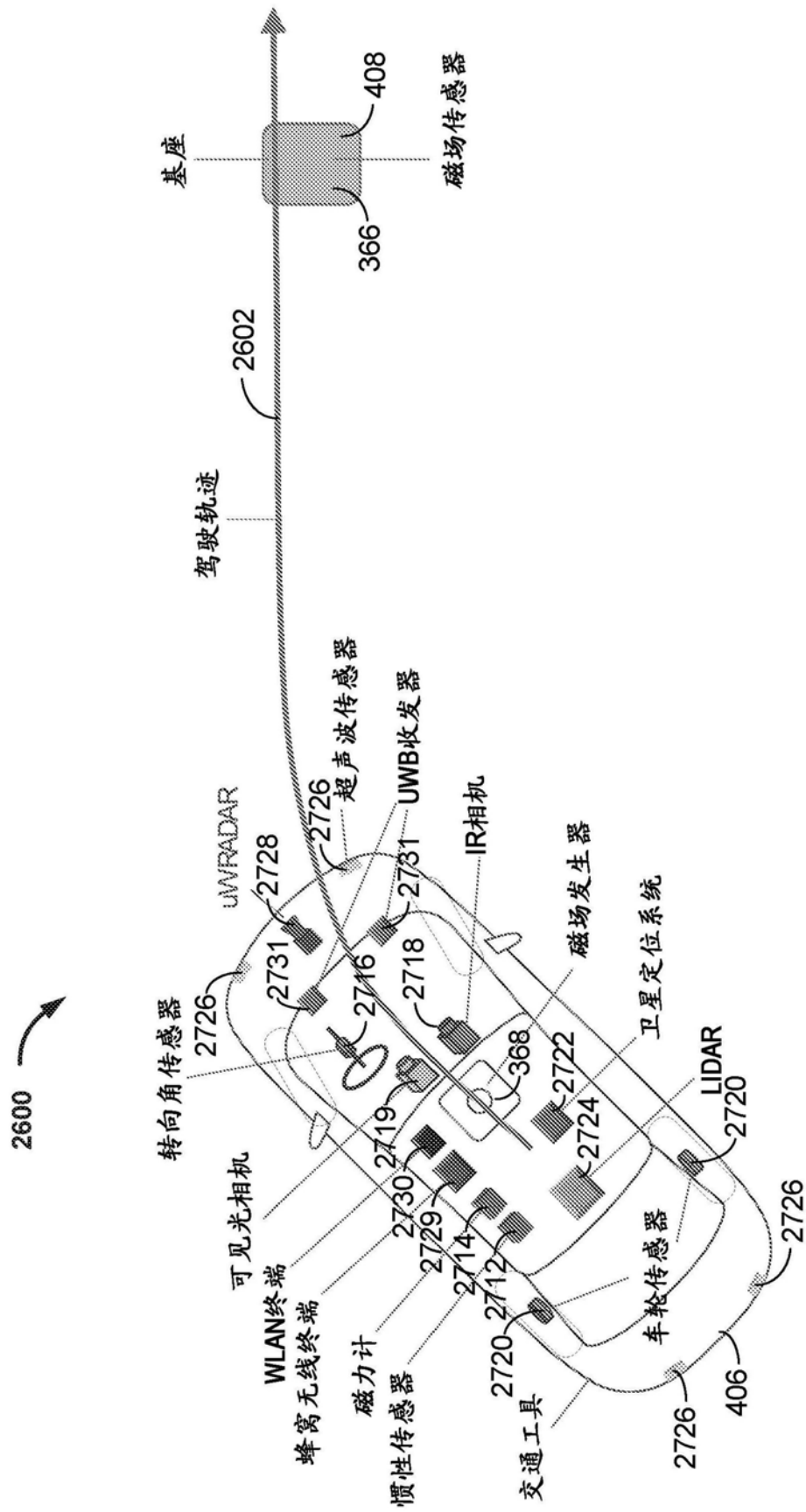


图27

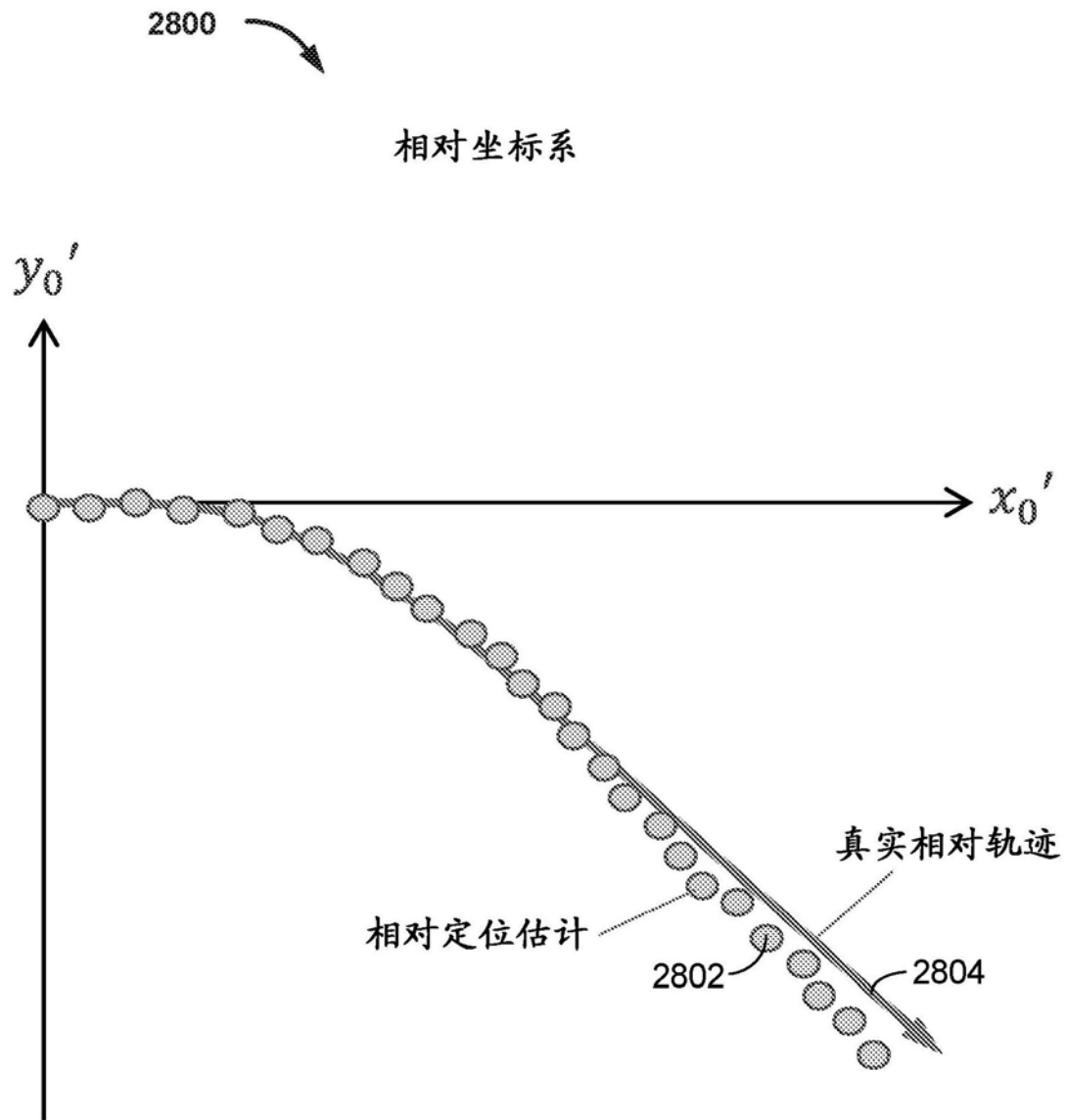


图28

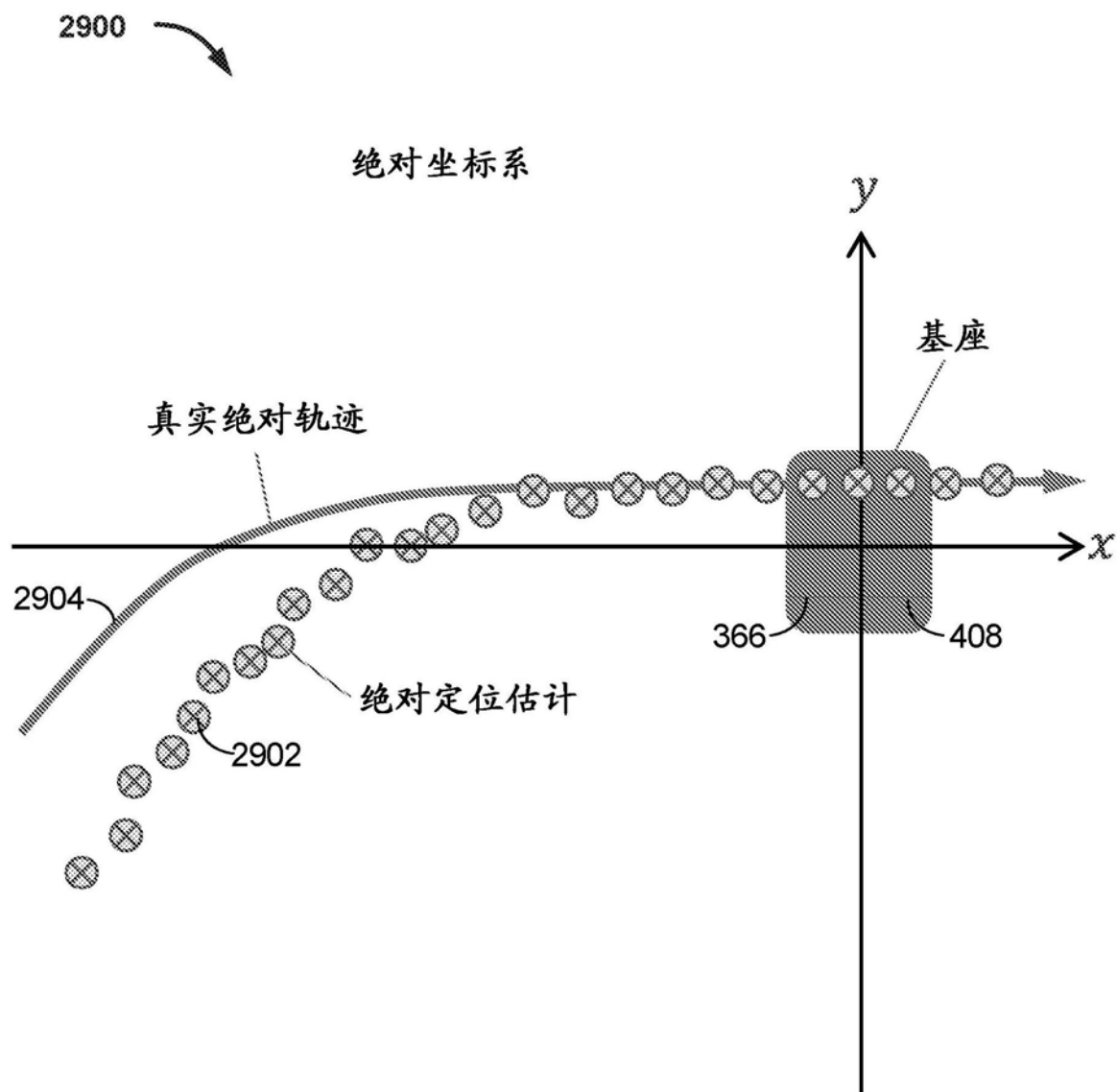


图29

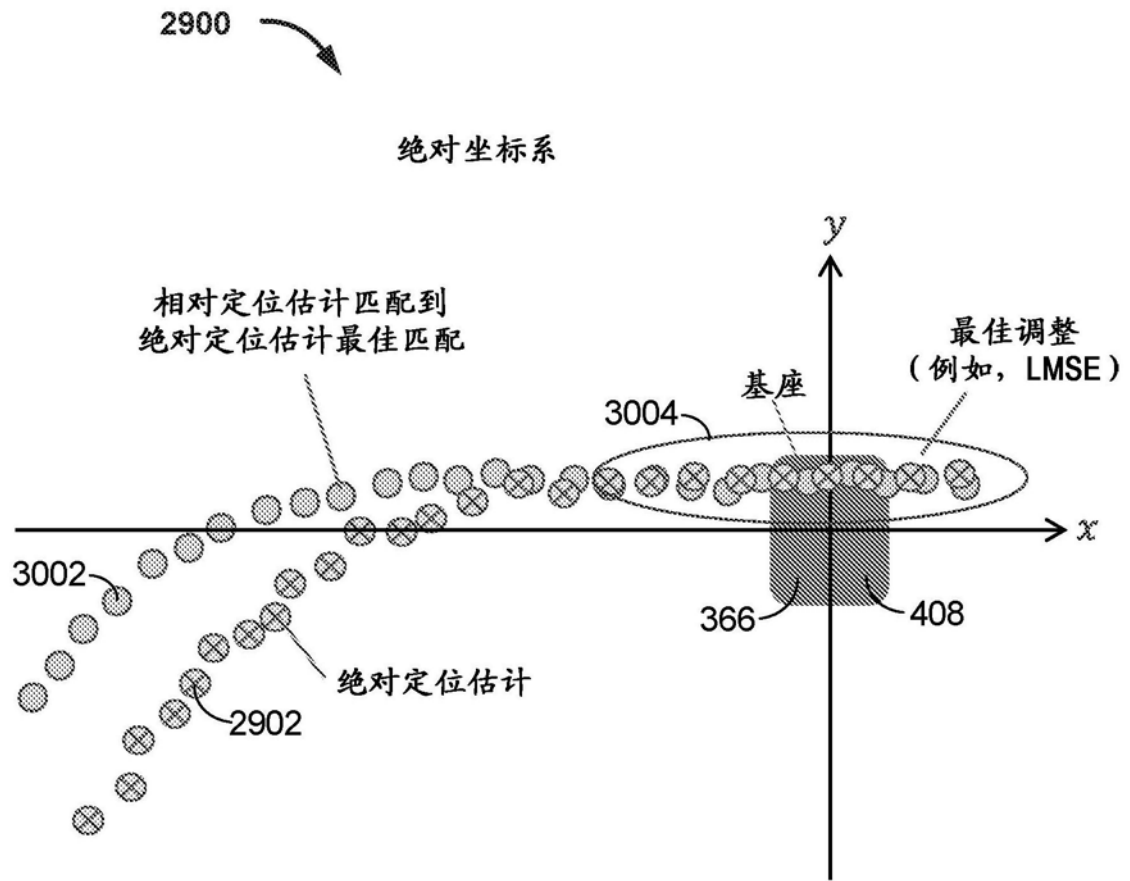


图30

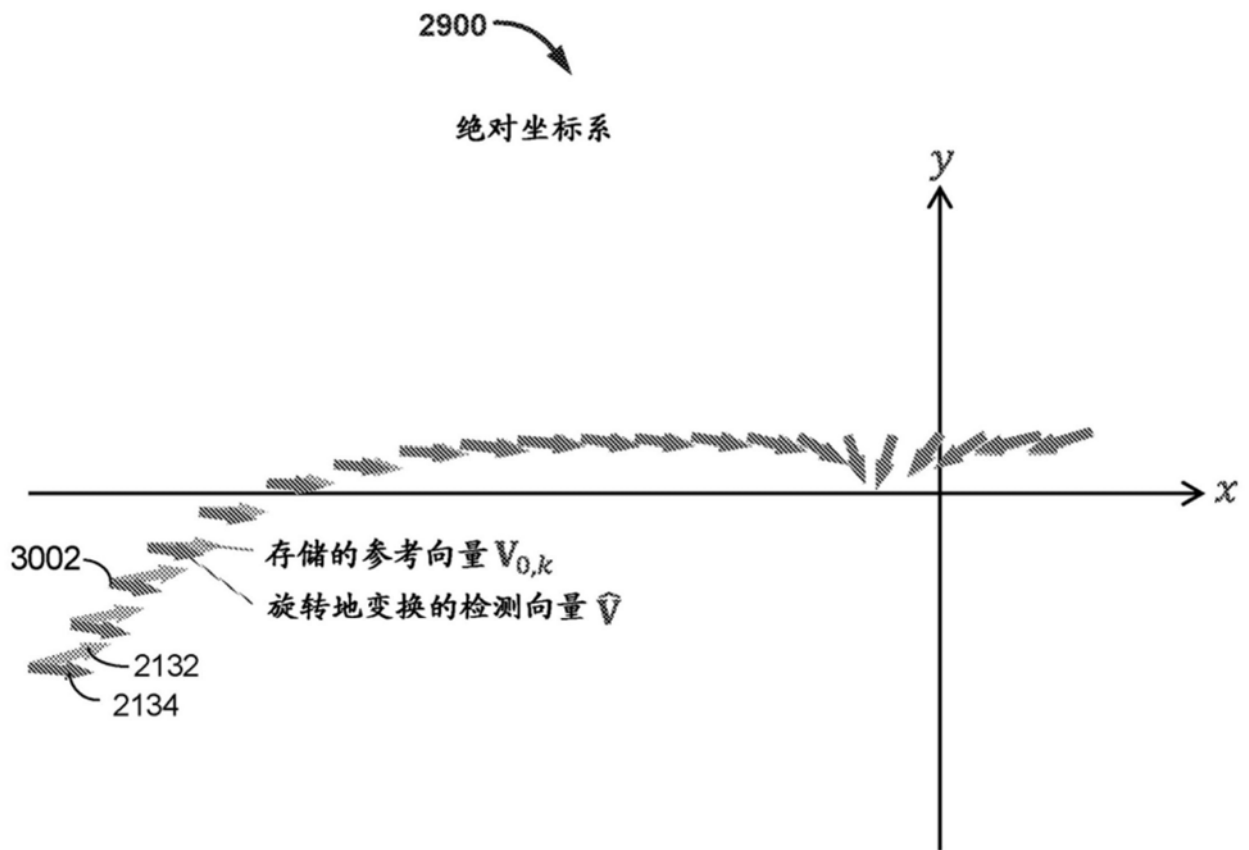


图31

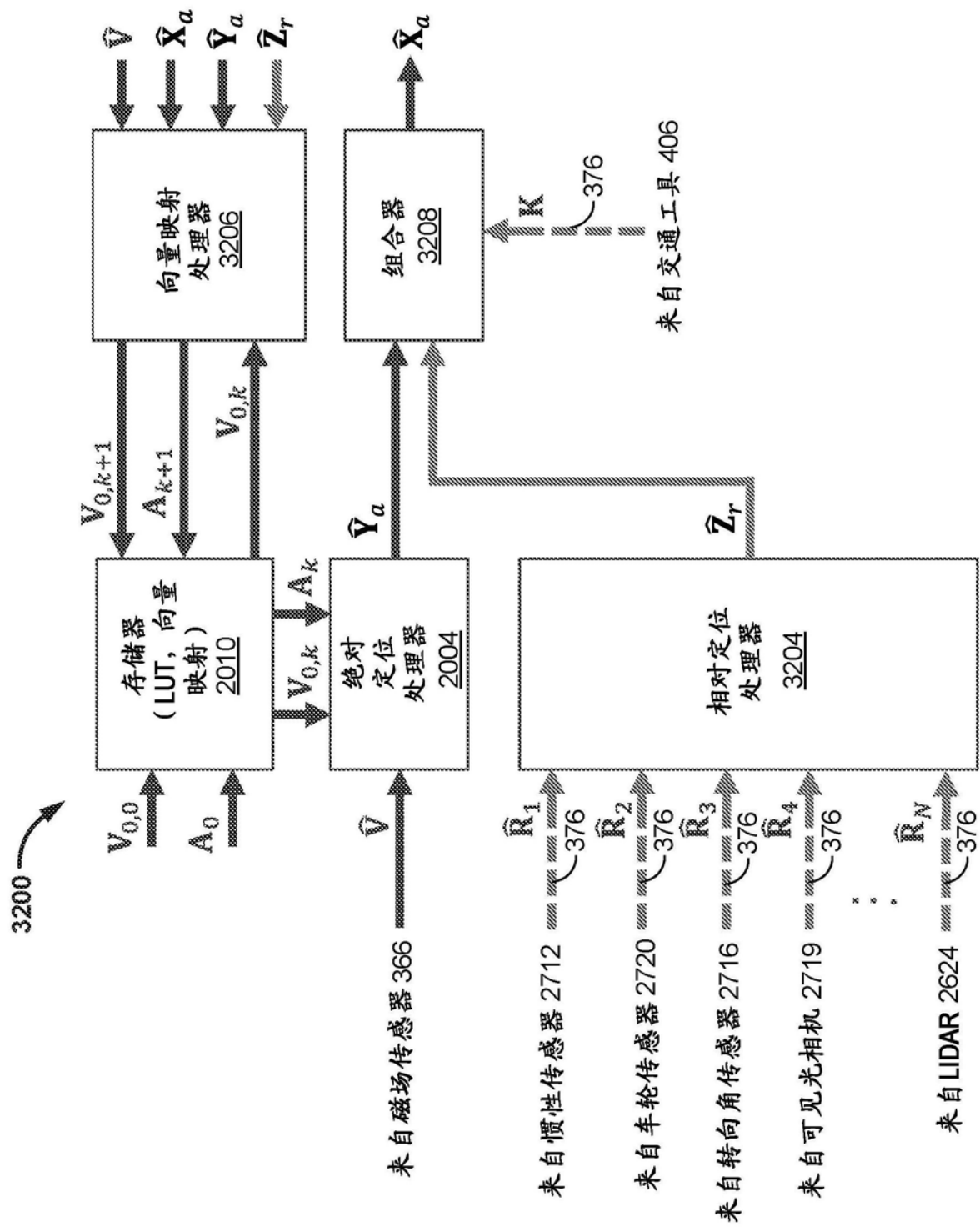


图32

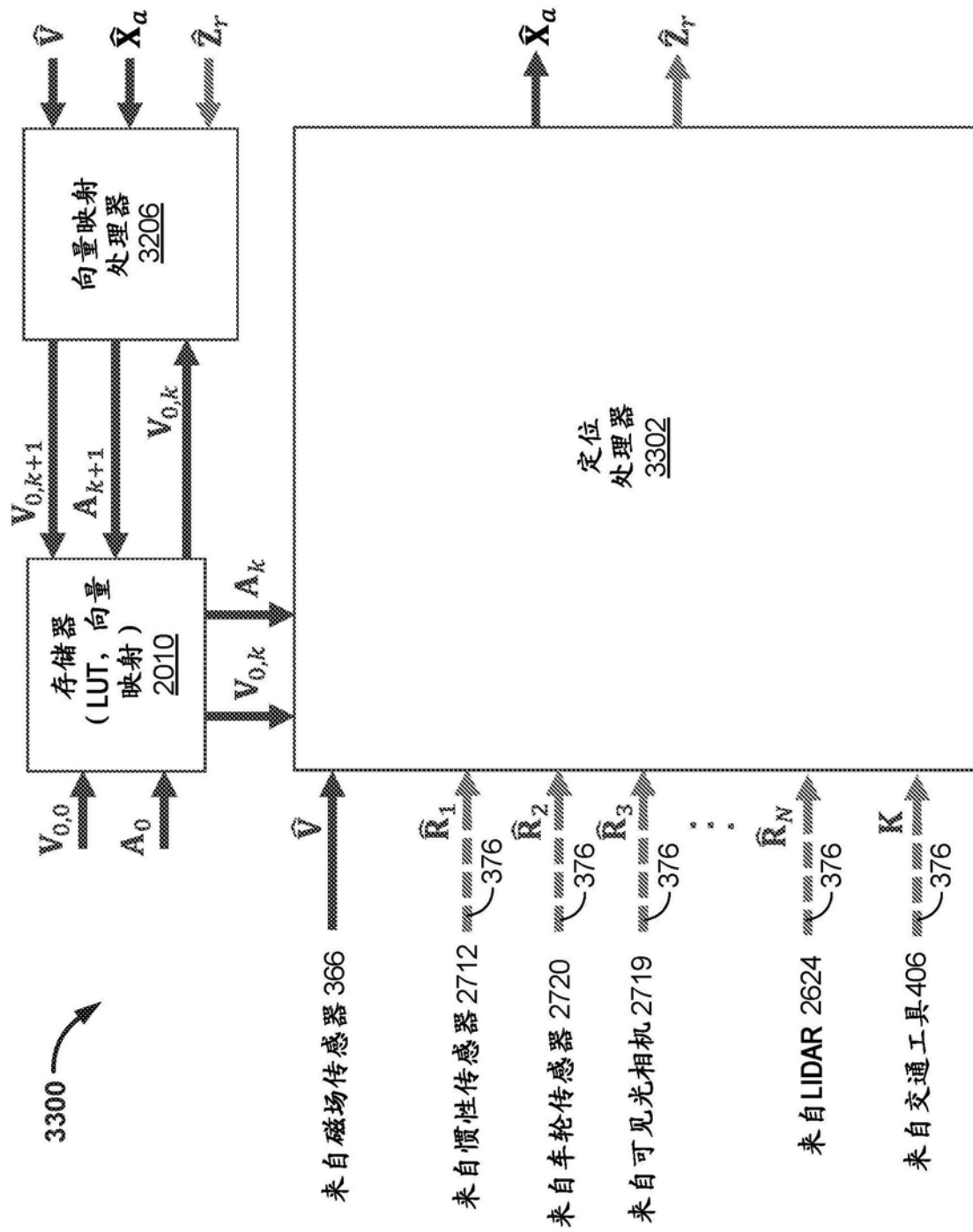


图33

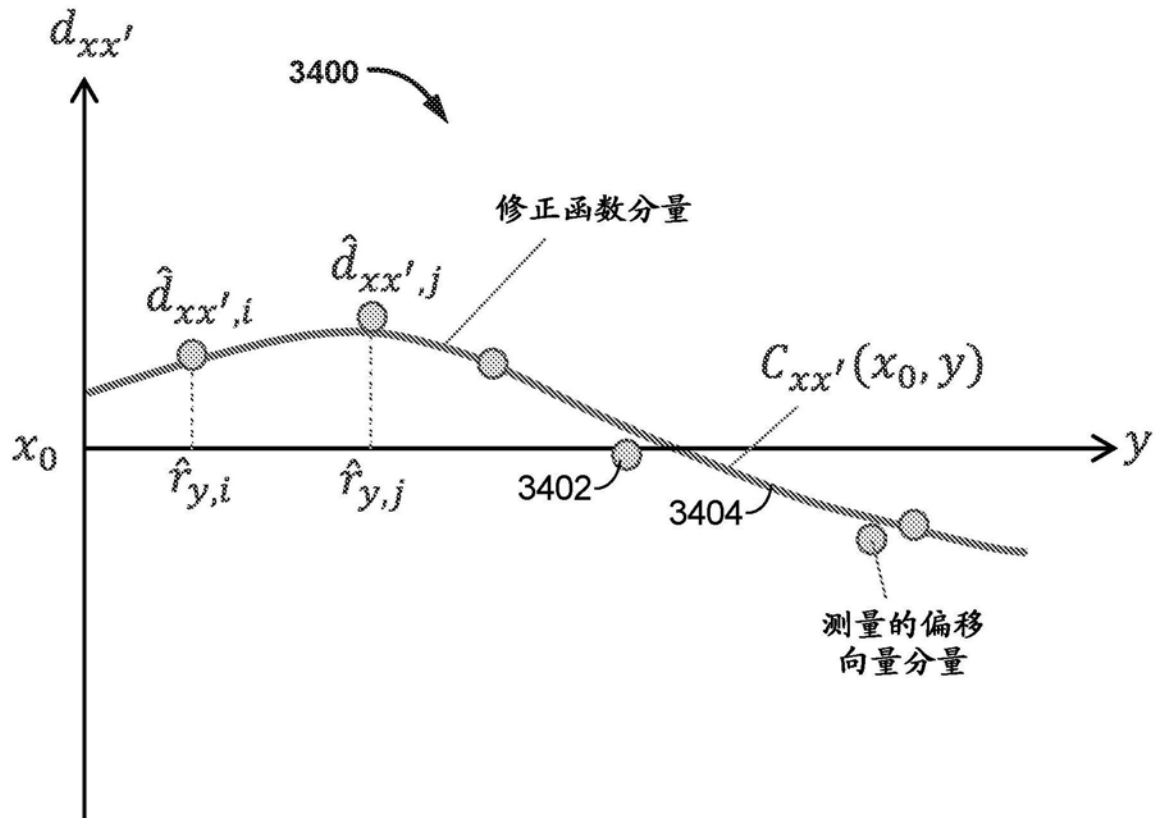


图34

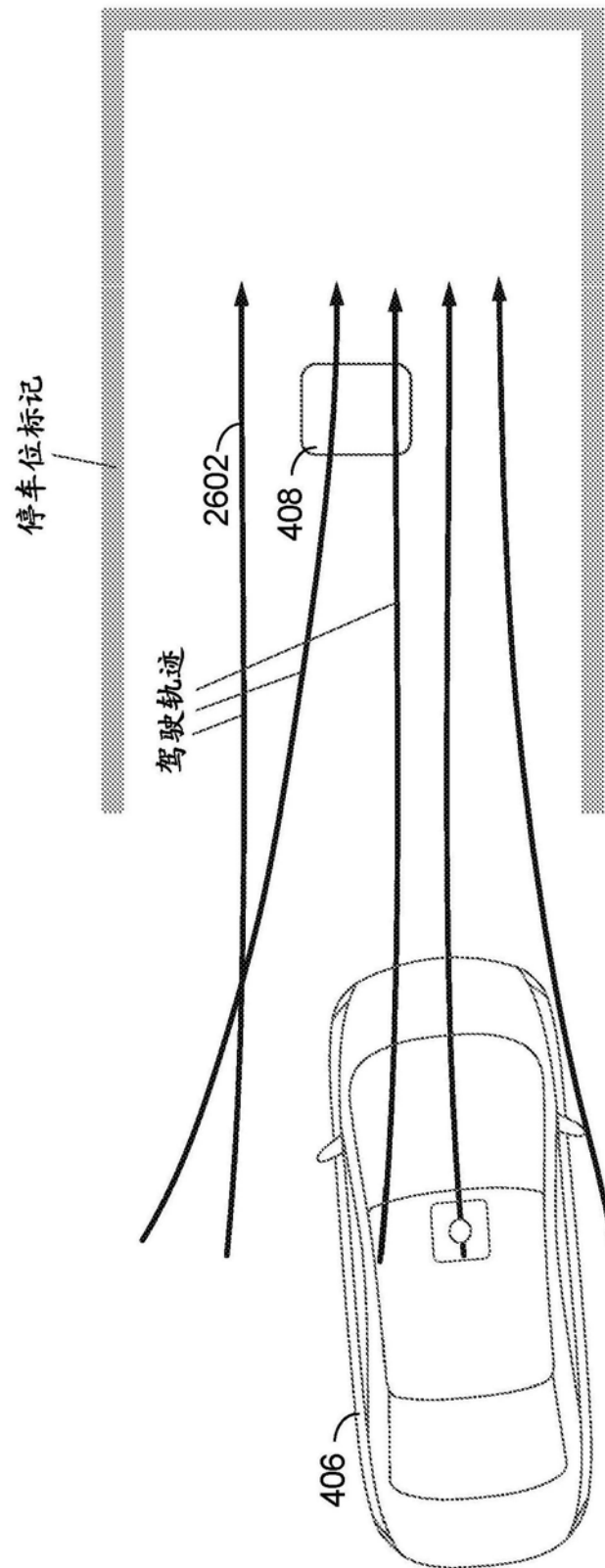


图35

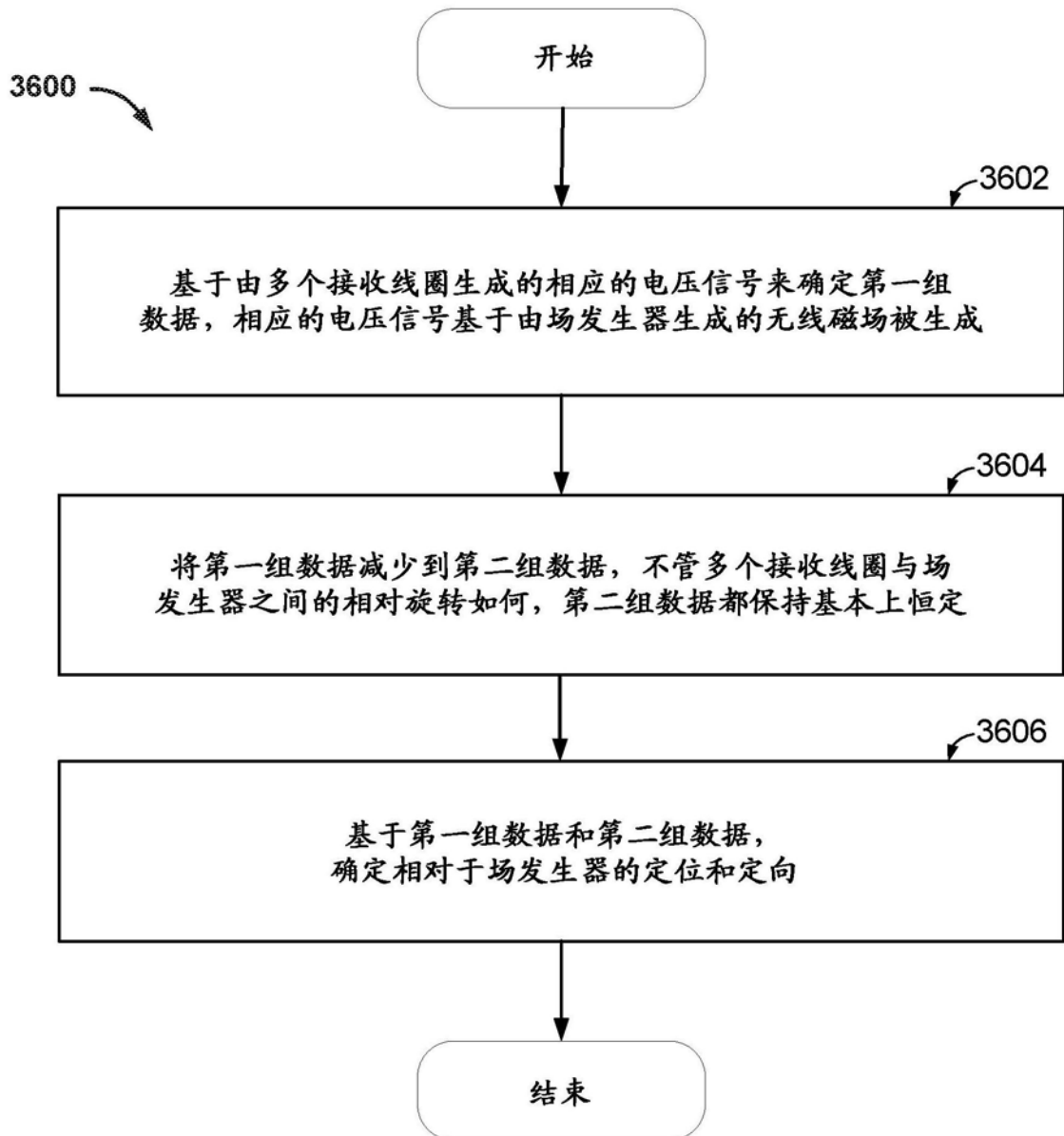


图36

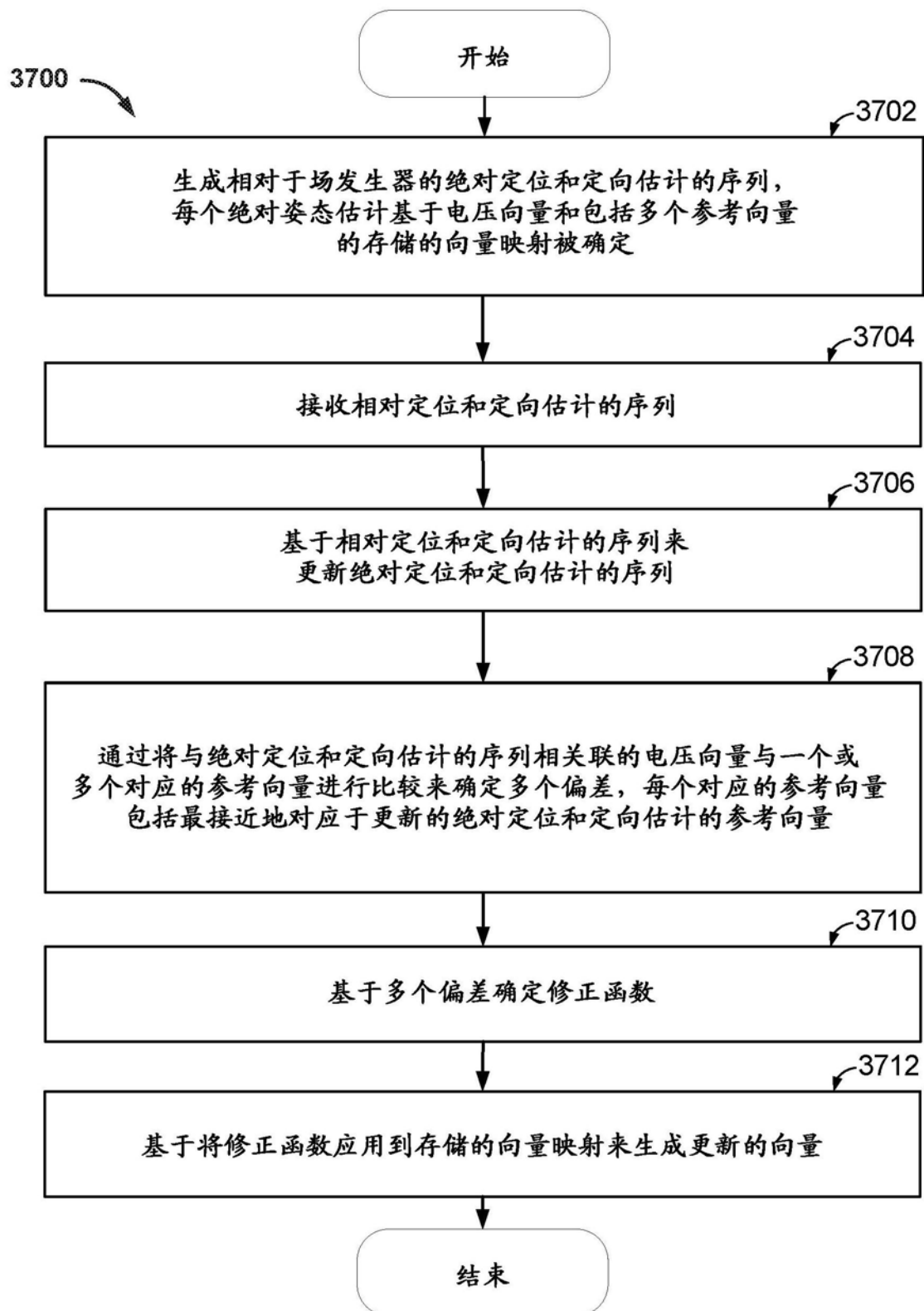


图37

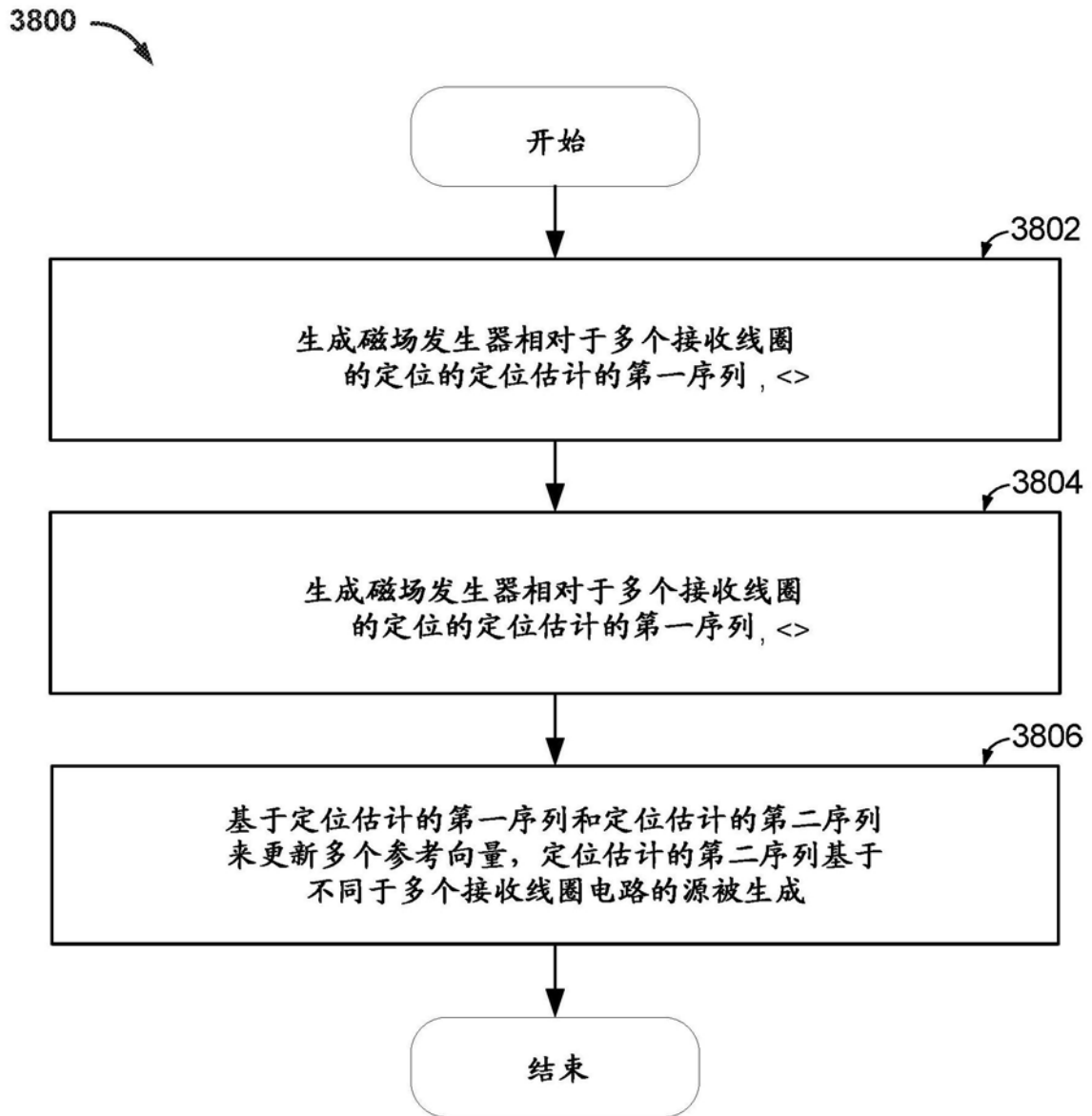


图38