



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 101720418 A

(43) 申请公布日 2010.06.02

(21) 申请号 200780053075.4

(22) 申请日 2007.05.21

(85) PCT申请进入国家阶段日
2009.11.23

(86) PCT申请的申请数据
PCT/US2007/011978 2007.05.21

(87) PCT申请的公布数据
W02008/143614 EN 2008.11.27

(71) 申请人 实耐宝公司
地址 美国威斯康辛州

(72) 发明人 托马斯·L·卡苏夫
斯蒂芬·L·格利曼
大卫·A·杰克逊

(74) 专利代理机构 北京中博世达专利商标代理
有限公司 11274
代理人 申健

(51) Int. Cl.
G01B 11/275(2006.01)

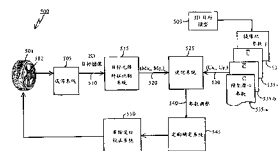
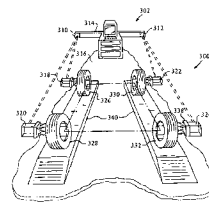
权利要求书 2 页 说明书 8 页 附图 7 页

(54) 发明名称

车轮定位的方法和设备

(57) 摘要

本发明提供了车轮定位的方法和系统。三维目标被附接到已知待定位的车轮上,所述三维目标上具有多个目标元件,每个目标元件具有已知的几何特性和彼此之间的 3D 空间关系。



1. 一种用于确定机动车车轮的定位的方法,包括步骤:

将三维目标附接到所述车轮上,其中所述三维目标上具有多个目标元件,所述目标元件具有已知的几何特性、并依据相对于彼此已知的三维关系构造在三维空间中;

从由至少一个摄像机获取的所述三维目标的二维图像,检测对应于所述多个目标元件的多个目标元件图像;和

基于所述三维目标的空间定向确定所述车轮的定位,所述三维目标的空间定向基于所述目标元件图像和所述目标元件之间的三维关系来确定。

2. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,所述三维目标具有多个面,至少一个所述面具有一个或多个位于所述面的表面上的目标元件。

3. 根据权利要求2所述的方法,其特征在于,部件表面上的所述目标元件形成指定的型式。

4. 根据权利要求2所述的方法,其特征在于,上面设有目标元件的不同部件的表面具有特定的几何关系。

5. 根据权利要求2所述的方法,其特征在于,所述多个部件构造在所述三维目标的壳体内。

6. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,所述目标元件制成反向反射的,并位于所述三维目标的非反射表面上。

7. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,所述目标元件制成非反射的,并位于所述三维目标的反向反射的表面上。

8. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,所述确定定位的步骤包括,检测每个目标元件图像的图像特征的步骤。

9. 根据权利要求8所述的方法,其特征在于,所述图像特征包括所述目标元件图像的代表位置。

10. 根据权利要求9所述的方法,其特征在于,所述代表位置对应于所述相应目标元件图像的质心。

11. 一种用于确定机动车车轮的定位的方法,包括步骤:

将三维目标附接到车轮上,其中所述三维目标上具有多个目标元件,所述目标元件具有已知的几何特性、并依据相对于彼此已知的三维关系构造在三维空间中;

使用至少一个摄像机获取所述三维目标的二维图像;和

利用所述三维目标的二维图像来基于所述三维目标确定车轮定位。

12. 一种用于确定机动车车轮的定位的系统,包括:

三维目标,用于附接到车轮上,其中所述三维目标上具有多个目标元件,所述目标元件具有已知的几何特性、并依据相对于彼此已知的三维关系构造在三维空间中;

二维成像系统,用于获取所述三维目标的二维图像;

目标元件特征检测系统,用于从所述二维图像检测对应于所述多个目标元件的多个目标元件图像;和

车轮定位确定系统,用于基于所述三维目标的空间定向来确定所述车轮的定位,所述三维目标的空间定向依据所检测的目标元件图像和所述目标元件之间的三维关系来确定。

13. 根据权利要求12所述的系统,其特征在于,所述三维目标具有多个部件,至少一个

所述部件具有位于所述部件表面上一个或多个目标元件。

14. 根据权利要求 13 所述的系统,其特征在于,所述部件的表面上所述目标元件形成指定的型式。

15. 根据权利要求 13 所述的系统,其特征在于,上面具有目标元件的不同部件的表面形成特定的几何关系。

16. 根据权利要求 13 所述的系统,其特征在于,所述多个部件构造在所述三维目标的壳体内。

17. 根据权利要求 12 所述的系统,其特征在于,所述目标元件制成反向反射的,并且位于所述三维目标的非反射的表面上。

18. 根据权利要求 12 所述的系统,其特征在于,所述目标元件制成非反射的,并且位于所述三维目标的反向反射的表面上。

19. 一种用于确定机动车车轮的定位的系统,其包括:

三维目标,用于附接到欲定位车轮上,其中所述三维目标上具有多个目标元件,所述目标元件具有已知的几何特性、并依据相对于彼此已知的三维关系构造在三维空间中;

成像系统,具有至少一个摄像机,能够获取所述三维目标的二维图像;和

车轮定向确定系统,用于利用所述三维目标的所述二维图像来基于所述三维目标确定所述车轮定向。

20. 一种确定相对于一物体的测量的方法,包括步骤:

将三维目标与所述物体相关联,其中所述三维目标上具有多个目标元件,所述目标元件具有已知的几何特性、并依据相对于彼此已知的三维关系构造在三维空间中;

从由至少一个摄像机获取的所述三维目标的二维图像,检测对应于所述多个目标元件的多个目标元件图像;和

基于所述三维目标的空间定向确定相对于所述物体的测量,所述三维目标的空间定向基于所述目标元件图像和所述目标元件之间的三维关系来确定。

车轮定位的方法和设备

背景技术

发明领域

[0001] 这里给出的发明涉及用于确定车轮的定位的方法和设备。更为具体地,本发明涉及用于利用三维目标确定车轮的定位的方法和设备。

[0002] 相关技术

[0003] 通常知道如果车轮彼此的定位不准,能造成轮胎的过度磨损或非均匀磨损和/或不利地影响到车辆的操纵和稳定性。因此,需要定期检测车轮以确定它们是否定位准确。传统地,为确定车轮的定位,将二维目标装配到车轮上以易于进行车轮定位。传统的二维目标 100 如图 1 中所示(现有技术)。所图示的二维目标 100 是平面目标 105,该平面目标具有以已知的形式空间地布置在目标表面 110 上的多个目标元件 120。目标元件 120 可以制成反向反射的、并且目标表面 110 可以是非反射的,以提供适当的对比。

[0004] 二维目标 100 能够用来便于进行车轮定位,这在美国专利第 5,535,522 号和第 5,809,658 中进行了揭露。可以使用车轮定位系统(如美国专利第 5,809,658 号中图 9 所示),在该系统中可以设置摄像机用以捕获二维目标 100 的二维图像,在该二维图像中二维目标 100 上的目标元件 120 是可见的。与目标元件有关的特定特性可以通过处理所捕获的二维图像来计算得出,并且这些特性能够用以使用车轮定位领域已熟知的技术、来确定二维目标所附接到的车轮的定位。

[0005] 与使用二维目标用于车轮定位的一个问题在于:需要大尺寸的二维目标来实现精确的车轮定位确定。

发明内容

[0006] 本发明解决了实现,比如车轮定位确定的,精确测量的需求。本发明提供了一种改进的利用三维(3D)目标的系统。

[0007] 本发明的一个方面涉及一种用于确定机动车车轮定位的方法。三维目标被附接到车轮上,其中所述三维目标上具有多个目标元件,每个目标元件具有特定已知的几何特性、并且依据特定的已知的相对于彼此的三维关系构造在 3D 空间中。对应于多个目标元件的多个目标元件图像,根据通过至少一个摄像机所获得的三维目标的二维(2D)图像得到检测。车轮的定位基于三维目标的空间定向来确定,该空间定向基于目标元件图像和各目标元件之间的三维关系来确定。

[0008] 依据一个实施方式,三维目标被附接到车轮上,其中所述三维目标上具有多个目标元件,所述目标元件具有特定已知的几何特性、并依据已知的相对于彼此的三维关系而构造在 3D 空间中。使用至少一个摄像机来获取三维目标的 2D 图像。三维目标的 2D 图像用以基于三维目标来确定车轮定位。

[0009] 本发明另外的方面涉及一种用于确定机动车车轮的定位的系统。三维目标用于附接到车轮上,其中所述三维目标上具有多个目标元件,所述目标元件具有特定已知的几何

特性、并依据已知的相对于彼此的三维关系而构造在 3D 空间中。设置 2D 成像系统以用于获取所述三维目标的 2D 图像。目标元件特性检测系统,根据 2D 图像,检测对应于多个目标元件的多个目标元件图像。车轮定位确定系统,基于三维目标的空间定向来确定车轮的定位,该空间定向依据所检测的目标元件图像和各目标元件之间的三维关系得以确认。

[0010] 依据用于确定机动车车轮的的定位的系统的一个实施方式,使用了能够附接到待定位的车轮上的三维目标。该三维目标上具有多个目标元件,所述目标元件具有特定已知的几何特性、并依据已知的相对于彼此的三维关系而构造在 3D 空间中。成像系统,具有至少一个摄像机,构造成能够获取三维目标的 2D 图像。车轮定向确定系统,用于利用三维目标的 2D 图像来基于三维目标确定车轮定向。

[0011] 本发明的另一个方面涉及一种用于确定涉及物体的测量的方法。在一个实施方式中,将三维目标与该物体相关联。该三维目标上具有多个目标元件,所述目标元件具有特定已知的几何特性、并依据已知的相对于彼此的三维关系而构造在 3D 空间中。对应于多个目标元件的多个目标元件图像,根据由至少一个摄像机获取的三维目标的 2D 图像得以检测。关于物体的测量基于三维目标的空间定向进行确定,该空间定向基于目标元件图像和各目标元件之间的三维关系得以确定。

附图说明

[0012] 这里所述要求的和 / 或说明的发明利用示例性实施方式进行进一步的说明。参考附图对这些示例性实施方式进行了详细描述。这些实施方式是非限定性的实施方式,在这些实施方式中,全部附图的视图中的相同序号表示类似的结构,并且其中:

[0013] 图 1(现有技术)示出了用在车轮定位中的传统的二维目标;

[0014] 图 2a 到图 2e 示出了本发明实施方式的三维目标的示例性结构;

[0015] 图 3 说明了本发明实施方式的定向确定系统的示例性结构;

[0016] 图 4 描述了本发明实施方式的使用三维目标的车轮定位系统的几何形状;

[0017] 图 5 描述了本发明实施方式的使用三维目标的示例性车轮定位系统的框图;

[0018] 图 6 描述了本发明实施方式的示例性 2D 图像特性检测系统的框图;及

[0019] 图 7 是本发明实施方式的使用三维目标用于确定车轮定位的示例性过程的流程图。

具体实施方式

[0020] 本发明涉及利用与物体相关联三维 (3D) 目标、以通过对该 3D 目标的二维 (2D) 图像进行图像处理,来进行与物体有关的测量的方法和系统。在一些实施方式中,该物体对应于车轮。3D 目标能够安装到车轮上,以能够进行精确的车轮定位。在一些实施方式中,该物体对应于手持装置。3D 目标能够附接到或关联于该装置以能够进行装载高度测量。在一些实施方式中,该物体对应于摄像机。能够使用附接于或关联于摄像机的 3D 目标,以使得能够进行自校准。下面给出关于 3D 目标能够基于 2D 图像处理进行测量的细节。

[0021] 图 2a 到图 2e 示出了本发明实施方式的三维目标的示例性结构。在图 2a 中,三维目标 200 包括两个或以上的固体面 201 和 202。两个面 201 和 202 通过对齐每个面的一个侧边而空间上彼此邻近(见 200-1),并且它们成一定的角度 200-2。在面 201 上,存在多个

目标元件 204, 这些目标元件依据一些已知的空间形式定位在面 201 上。每个目标元件都具有一些特性, 比如形状、尺寸或颜色; 并且这些特性能够被定量地测量。例如, 如图 2a 中所示, 所述目标元件对应于实心圆。这样的圆通常称作基准或固定材。每个这种圆的半径或质心可以测量到。在一些实施方式中, 同一面上的目标元件可以是统一的。在其它的实施方式中, 同一面上的目标元件可以是不统一的。

[0022] 每个面上的目标元件制成可视觉感知的。这可通过在目标元件和目标元件所位于的面的表面之间引入对比度而实现。如图 2a 中所示, 目标元件被制成比面 201 的背景面 (非目标元件区) 更暗。在一些实施方式中, 目标元件和背景面可以用不同的材料制成。例如, 目标元件可以制成反向反射的, 而背景面制成非反射的。在另外的实施方式中, 背景面可以制成比目标元件颜色浅、并且制成非反射的。

[0023] 在图 2a 中, 面 202 也具有多个目标元件 203。面 202 上的目标元件可以类似于面 201 上的目标元件的方式进行构造。例如, 面 201 和面 202 上的目标元件具有类似的特性, 如图 2a 中所示。在一些实施方式中, 面 202 可以不同于面 201。面 202 上的目标元件可以具有不同的特性。另外, 面 202 上的目标元件可以为不同的布置。

[0024] 图 2b 示出了依据本发明的一个实施方式的不同三维目标 205。三维目标 205 总的形状大致类似于具有多个面的刚性立方体, 该多个面包括顶面 206、前面 207、左面 208、底面 209、背面 210 和右面 211。在优选实施方式中, 至少两个面上具有一个或多个目标元件。如在图 2b 中看到的, 在三维目标 205 的背面上有四个目标元件 210-a、210-b、210-c、210-d, 并且在前面存在一个目标元件 209-a。在该优选实施方式中, 在其上具有二维目标元件的两个面的表面法线具有相同的定向。在一些实施方式中, 两个面上的二维目标元件、以当沿特定视线观察时全部目标元件都可见的型式进行布置。尽管全部元件可见, 但这些目标元件可以或不可以重叠。为使全部目标元件可见, 两个面中的一个可以制成透明的, 如图 2 中所说明的, 其中当从前面朝向后面观察时前面是透明的。

[0025] 图 2c 示出了依据本发明的实施方式的三维目标 212 的另一个示例性结构。如图 2c 中所示, 三维结构 214 布置为物理地邻接于面 213、并且两者形成特定的空间关系。在一些实施方式中, 三维结构 214 的几何特性为: 在其上具有一个表面, 该表面的空间定向与面 213 的表面 217 的空间定向相同, 三维结构 214 附接到面 213 的表面 217。例如, 图 2c 中的表面 215 具有与面 213 的表面 217 相同的空间定向。

[0026] 在这样的 3D 构造中, 多个二维目标元件 216、217-a、217-b、217-c、217-d 依据一定型式空间地布置在表面 217 和表面 215 上。在一个优选实施方式中, 布置二维目标元件, 以使当沿特定视线观察时全部目标元件可见。尽管全部目标元件可见, 但这些目标元件可以或不可以重叠。在一个优选实施方式中, 视线垂直于表面 215 和表面 217。图 2c 说明一种可能的布置, 其中多个目标元件绕三维结构 214 布置在面 213 上、并且单个目标元件布置在表面 215 上。应该明白这样的说明仅是示例性的, 它们未限定本发明的范围。

[0027] 图 2d 示出了依据本发明的一个实施方式的三维目标 220 的又一个示例性结构。三维目标 220 对应于一种三维结构, 该三维结构在一定的中空空间中具有至少两层平行的平面。如图 2d 中所示, 存在彼此平行的面 223、225 和 226, 并且沿垂直于这些面的表面的轴线定位在不同位置处。一个或多个这些平行面可以在三维结构 220 的一个表面上。例如, 平行面 225 和 226 在 3D 结构 220 的前表面 221 上。

[0028] 在一些实施方式中,每个面上都具有依据一定型式布置的一个以上的目标元件。在图 2d 中示出的实施方式中,在面 223 上存在四个布置成菱形的目标元件 223-a、223-b、223-c 及 223-d。在面 225 上有两个目标元件 229-a 和 229-b,并且在面 226 上有两个目标元件 230-a 和 230-b。在一些实施方式中,布置目标元件的型式为:当沿特定视线观察时全部目标元件可见。这些目标元件可以或不可以重叠。

[0029] 图 2e 示出了与 220(图 2d 中所示)类似的三维结构 231,但在结构的不同面上具有不同类型的目标元件。例如,如图 2e 中所示,安装在三维结构 231 的前表面 232 上的四个目标元件 236-a、236-b、236-c 和 236-d 是 LED。另外,图 2e 示出了面 233 上的目标元件 235-a、235-b、235-c、235-d、235-e 的不同布置。

[0030] 图 3 示出了在其上可以执行本发明的定向确定系统的实例。定向确定系统 300 包括视觉成像系统 302,成像系统 302 具有安装在梁 314 上的一对固定的、间隔的摄像机 310、312。梁 314 具有足够的长度来分别将摄像机 310、312 定位在待由定向确定系统 300 成像的车辆的外侧。另外,梁 314 将摄像机 310、312 定位在场地 316 之上足够高,以确保车辆左侧上的两个目标装置 318、320 在左侧摄像机 110 的视野内,并且确保车辆右侧上的两个目标装置 322、321 在右侧摄像机 312 的视野内。

[0031] 目标装置 318、320、322、324 安装在机动车的各个车轮 326、328、330、332 上,各个目标装置 318、320、322、324 都包括附接设备 338。附接设备 338 将目标装置 318、320、322、324 附接至车轮 326、328、330、332。1991 年 6 月 18 日授权给 Borner 等人的名称为“Wheel Alignment Rim Clamp Claw”的第 5024001 号美国专利中说明了附接设备的实例,通过合并引用于此。

[0032] 在操作中,一旦定向确定系统 300 已经校准,如第 5,535,522 和第 5,724,743 美国专利中说明的,就能够将车辆驱动到托架 340 上,并且如果需要,将车辆升起到适当的维修高度。目标装置 318、320、322、324 一旦附接到轮毂上,则然后被定向从而使目标朝向各自的摄像机 310、312。

[0033] 通常已知目标装置 318、320、322、324 相对于、附接有这些目标装置的车轮 326、328、330、332 的轮毂的位置。一旦目标装置 318、320、322、324 在一个位置中被成像,就将车轮 326、328、330、332 滚动到另一个位置并且能够获取新的图像。使用目标装置 318、320、322、324 在两个位置中的成像位置,车轮 326、328、330、332 和车轮轴线的实际位置和定向能够通过可视成像系统 302 算出。尽管两个位置之间的距离有变化,该距离向前和向后通常近似为 8 英寸。

[0034] 图 4 说明了采用三维目标 412 的车轮定位系统的、基于针孔摄像机模型的成像几何形状 410。有三个坐标系:3D 摄像机坐标系 422;2D 图像坐标系 426;和 3D 目标坐标系 414。3D 摄像机坐标系 422 分别具有 X 轴、Y 轴和 Z 轴,并以其原点 0(424) 作为焦点或针孔。2D 图像坐标系 426 平行于摄像机面 420,由 X 轴和 Y 轴形成,并且垂直于 Z 轴。从 3D 摄像机坐标系 422 的原点到 2D 图像坐标系 426 的原点的距离是成像系统 410 的焦距。3D 目标坐标系 414 分别具有相对于 3D 摄像机坐标系定义的轴 U_0 、 U_i 和 U_z 。

[0035] 在成像过程中,三维目标 412 上的各个点,例如标注为 $\Phi = (t_0, t_1, t_2)$ 的点 Φ 416 在数学上沿矢量 r 418 投影、并穿过针孔 0424、并且到达 2D 图像坐标系中的 2D 图像面 426 上的点 P,这里 t_0, t_1, t_2 是点 Φ 在 3D 目标坐标系中的坐标,即 3D 目标坐标系的单位矢量

轴 U_0 、 U_1 ，和 U_2 的分量这样的 2D 图像点标注为 $P = (C_x, C_y)$ ，其中 C_x 和 C_y 是投影点在 2D 图像坐标系中的坐标。三维目标上的 3D 点 $\Phi = (t_0, t_1, t_2)$ （以 3D 目标坐标系表示）与 2D 图像点 $P = (C_x, C_y)$ 之间的关系表示如下：

$$[0036] \quad r = C + (t_0 * U_0) + (t_1 * U_1) + (t_2 * U_2)$$

$$[0037] \quad c_x = F * (r \cdot x) / (r \cdot z),$$

$$[0038] \quad c_y = F * (r \cdot y) / (r \cdot z),$$

[0039] 其中 r 是从摄像机坐标系的原点到 3D 目标上的点的矢量， $C = (C_x, C_y, C_z)$ （未示出）是从摄像机坐标系的原点到目标坐标系的原点的矢量， U_0 、 U_1 ，和 U_2 是相对于摄像机坐标系定义的目标坐标系的正交单位矢量轴， x 、 y 和 z 是摄像机坐标系的单位矢量。

[0040] 用 r 的表达式替换 r ，能够得到：

$$[0041] \quad r = C + (t_0 * U_0) + (t_1 * U_1) + (t_2 * U_2)$$

$$[0042] \quad C_x = F * (C_x + (t_0 * U_{0x}) + (t_1 * U_{1x}) + (t_2 * U_{2x})) / C_z,$$

$$[0043] \quad C_y = F * (C_y + (t_0 * U_{0y}) + (t_1 * U_{1y}) + (t_2 * U_{2y})) / C_z,$$

$$[0044] \quad C_z = C_z + (t_0 * U_{0z}) + (t_1 * U_{1z}) + (t_2 * U_{2z})$$

[0045] 假设各个目标元件在所获取的 2D 图像中观测到为斑点。每个这样的斑点都可以表征为质心，并且全部目标元件能够标注为所测量的质心坐标 (m_{x_i}, m_{y_i}) ，其中 i 是一组这样的质心的索引。每个这样的点 (i) 对应一个目标上的目标元件特征点 Φ 。

[0046] 为确定车轮相对于如刚才说明的成像系统中的摄像机的方位，从该成像系统中能够确定车轮的未对准，可以校准如图 4 中描述的成像系统，以得到对应于三维目标上的所观察到的目标元件的一组质心，其中采用所述三维目标以确定车轮定位。

[0047] 假设该所测量的一组质心 (m_{x_i}, m_{y_i}) 对应于从三维目标上的一组目标元件投射的一组点 (C_{x_i}, C_{y_i}) ，其中 i 表示组中的序号。为确定目标相对于摄像机的方位，从摄像机能够确定安装有这里所说明的三维目标的车轮的未对准，能够将如下的成本函数最小化：

$$[0048] \quad \rho = \sum_i ((C_{x_i} - m_{x_i})^2 + (C_{y_i} - m_{y_i})^2)$$

[0049] 这里 (m_{x_i}, m_{y_i}) 表示安装在车轮上的三维目标的第 i 个目标元件的所测量的质心坐标，这是在车轮定位期间所获取的 2D 图像中测量的，并且坐标 (C_{x_i}, C_{y_i}) 表示从假设的三维目标上的目标元件投射的对应点。

[0050] 在一些实施方式中，假设的三维目标是 3D 模型。该 3D 目标模型为具有多个面的已知结构，每个面具有多个目标元件。3D 目标模型上的各个目标元件的质心，可以在数学上投射到或转换到 2D 图像面以产生一组投射或模型质心。每个这样的转换模型质心具有坐标 (C_{x_i}, C_{y_i}) 。在这样的假设下，模型质心能够预先存储，或者基于与转换相关的多个存储的参数而在进行中产生。这样的参数包括：摄像机参数；用于 3D 目标模型的坐标系；摄像机坐标系；及摄像机坐标系和 3D 目标坐标系之间的关系。

[0051] 成本函数 ρ 是描述目标相对于摄像机的 3D 方位的六个独立参数的函数，这是因为坐标 (C_{x_i}, C_{y_i}) 表示 3D 点经过具有六自由度的 3D 转换之后投射在摄像机面上的点。例如，六自由度能够通过六个独立参数来实现：例如， C_x 、 C_y 、 C_z 对应于 X-Y-Z 方向的平移，及迎角、倾角和旋角对应于在三维空间中的转动。。

[0052] 在最小化成本函数 ρ 时，假设的三维目标的 3D 坐标可在数学上进行调整（通过 6 个独立参数），从而使两组 2D 点 (C_{x_i}, C_{y_i}) 和 (m_{x_i}, m_{y_i}) 之间的差最小化。对于六个独立

参数关于校准的 3D 位置的调整,生成了表示所测量的目标方位的最小的 ρ 。

[0053] 图 5 描述了依据本发明实施方式的使用三维目标的示例性车轮定位系统的框图 500。该车轮定位系统包括安装有三维目标 502 的车轮 501 ;成像系统 505 ;3D 目标模型 503 ;目标元件特征识别系统 515 ;优化系统 525 ;和定向确定系统 545。可选地,还可以包括车轮定位校正系统 550,以在检测到未对准时校正这样的未对准。

[0054] 在操作中,成像系统 505 依据图 4 中描述的成像几何外形来建立。3D 目标模型 503 用以,基于多个系统参数如摄像机参数 535-d、目标坐标系 535-c、摄像机坐标系 535-b 及两个坐标系的转换关系,来产生模型质心坐标 (C_{xi}, C_{yi}) 535-a。

[0055] 可以采用车轮定位系统 500 来进行车轮定位检测及其校正。当三维目标 502 安装在车轮 501 上时、例如图 4 中说明的系统构造,2D 成像系统被激活以获取三维目标 502 的 2D 图像 510。目标元件特征识别系统 515 分析所获取的 2D 图像 510,以获得特征如目标斑点,每个目标斑点对应一个目标元件 ;和 / 或这种识别的目标斑点的质心或 (m_{x_i}, m_{y_i}) 520。

[0056] 所检测到的 2D 图像特征比如质心 (m_{x_i}, m_{y_i}) ,被发送到优化系统 525,优化系统 525 通过关于这里说明的六个独立参数的 3D 位置,来调节假设的三维目标或 3D 目标模型 503 使成本函数 ρ 最小化。对于六个独立参数的调节然后被发送到定向确定系统 545,在该定向确定系统中目标 501 的方位基于需要用以使成本函数 ρ 最小化的调节来确定。然后,车轮定位校正系统 550 可以基于车轮相对于彼此的方和存储在数据库中的车轮定位规范,计算出定位参数和对于车轮定位的任何所需要的校正。

[0057] 图 6 描述了依据本发明实施方式的目标元件特征识别系统 515 的框图。在该示例性实施方式中,检测圆形目标元件,并且获得每个圆形目标元件的质心来表示目标元件。应该明白这里所说明的 2D 图像特征、及这里采用的检测这样的 2D 图像特征的方法和系统,并不限制本示教的范围。也可以使用其它的 2D 图像特征,并且可以设计和执行相应的方法和系统来检测、识别描述这些 2D 图像特征。

[0058] 目标元件特征识别系统 515 包括 :图像成分检测单元 620 ;圆检测单元 630 ;和质心确定单元 640。可选地,目标元件特征识别系统 515 也可以包括图像预处理单元 610。由成像系统 505 获取的 2D 目标图像 510 可以由图像预处理单元 610 进行预处理。这样的预处理可以包括图像滤波、增强或边缘检测。

[0059] 图像成分检测单元 620 分析来自 510 的 2D 图像、或来自图像预处理单元 610 的 2D 图像,来识别 2D 图像中有意义的成分。这样的成分可以包括 2D 图像内的表示 2D 斑点的区域每个这样的斑点可以通过例如执行一些图像分割操作来获得。例如,当图像目标元件与背景相比具有清晰的对比度时,可以通过关于像素亮度的阈值运算,来获得关于目标元件的各个区域或其重叠区域。

[0060] 在一些实施方式中,基于所分割的图像斑点,可以进行进一步的图像分析来识别所需要的特征。例如,如果已知目标元件是圆形,可以调用圆形检测单元 630 检测每个图像斑点的边界,并将这样的边界与投射到比如这里说明的成像系统的图像面的圆的边界形状进行比较。当图像斑点重叠时可以应用其它的分析。在一些实施方式中,可以采用本领域已知的算法来检测重叠的图像斑点的边界。这样检测到的圆可用以得出每个圆形目标元件的特定表示。例如,可以基于这样所检测到的圆来计算出目标元件的半径。所检测到的投射圆心可用作对于该圆的质心的估计。

[0061] 在一些实施方式中,质心可以直接从图像成分检测单元 620 所检测的图像成分得到。例如,对于每个图像斑点,可以应用本领域已知的算法、来基于图像斑点内的全部像素的坐标计算出质心坐标。在一些实施方式中,图像斑点的质心也可以基于图像斑点的边界点来得出,这些图像斑点如由圆检测单元 630 所识别的圆。

[0062] 图 7 是依据本发明实施方式的使用三维目标以用于确定车轮定位的示例性过程的流程图。在 710 处,首先设计或构造三维目标,并且这样的三维目标可以具有如图 2a 到图 2e 中的任何一个所说明的结构。所构造的三维目标也能够具有适用于车轮定位的任何其它的 3D 构造。在 720 处,建立相应的用于三维目标的三维目标模型(图 5 中的 503),并且计算并存储三维目标模型 503 的投射的 2D 特性,以达到基于三维目标模型确定车轮方位的目的。

[0063] 为进行车轮定位,在 730 处将所构造的三维目标依据这里描述的特定几何约束安装在车轮上。在 740 处,激活如图 4 所示系统中的校准的摄像机来捕获三维目标的 2D 图像。在 750 处,从 2D 图像中识别三维目标上的目标元件,并且之后在 760 处得到目标元件的对应特征(例如质心)。在 770 处,这样的特征用以,通过调整关于三维目标模型 503 的 2D 投射特征的六个独立参数,使成本函数最小化。在 780 处,优化过程中进行的调节然后被用以计算目标的方位。在 790 处,所计算的目标的方位然后被用以确定用来使车轮对准的参数。

[0064] 下面,描述依据本发明实施方式的 ρ 的优化过程。成本函数 ρ 是六个参数的非线性函数。对于 ρ 没有解析解法。因此,它的优化通常需要迭代过程,所以在计算上成本较高。关于这样的最小化规程有大量的文献。例如,熟知的最小二乘法能够用以优化 ρ 。为提高车轮定位的速度,在本发明的一些实施方式中,采用了改进的优化过程。

[0065] 在这样的改进的优化过程中,分别调节六个独立参数。由此在各个优化的步骤中,仅将六个参数中的一个考虑为变量,并将另外五个参数作为常量。在该情况下,成本函数 ρ 仍是无解析解的非线性函数(多项式的比率的和)。在一些实施方式中,关于一个参数的优化可以重复进行。在该情况下,在独立的过程中调节六个参数中每个参数来优化成本函数 ρ ,直到由调节引起的 ρ 的变化小于一些阈值。

[0066] 在一些实施方式中,带有一个参数的成本函数能够近似地解出。当当前的参数值接近最小化成本函数的值时,带有一个参数的成本函数 ρ 是具有可微的、平滑变化的函数曲线的抛物线函数。假设一个参数的抛物线函数或二次函数表示为: $\rho(q) = a*q^2 + b*q + c$,其中 q 是参数(六个独立参数中的一个参数)。该函数的一阶和二阶导数对应于: $\rho'(q) = 2a*q + b$ 和 $\rho''(q) = 2a$ 。已知当 $\rho(q)$ 关于 q 的一阶导数为 0 时在 $q = q^*$ 处 $\rho(q)$ 最小。即, $\rho'(q) = 2a*q + b = 0$ 。解该方程, $q^* = -b/(2*a)$ 。由于 $\rho'(q = 0) = b$ 并且 $\rho''(q = 0) = 2a$,因此, $q^* = -(\rho'(0)/\rho''(0))$ 。以这种方式,参数 q 的参数值 q^* 使一个参数的成本函数 ρ 最小。这里, q^* 对应于对参数 q 进行调整以最小化 ρ 。将该技术顺次应用于各个参数,能够获得另外五个独立参数中的每个参数的使成本函数 ρ 最小化的参数值。

[0067] 上述的优化过程被应用于与透视投影过程对应的数学表达式。在一些实施方式中,还可以进行非透视解。如上所述, $c_z = C_z + (t_0*U_0z) + (t_1*U_1z) + (t_2*U_2z)$ 。如果 $C_z \gg (t_0*U_0z) + (t_1*U_1z) + (t_2*U_2z)$,则 c_z 近似独立于 U_0z 、 U_1z 和 U_2z 。这允许对参数 C 、 U_0 、 U_1 和 U_2 进行解析计算,而不是应用比如最小二乘法的迭代过程。假设参数值接近于最小值,根据需

要,这样的解足够作为最终解,或可用作透视计算的始点。

[0068] 虽然已经参考特定说明的实施方式描述了本发明,这里使用语句是描述性的语句,而非限定性的语句。在权利要求的范围内,在不偏离本发明的方面的范围和精神的前提下,可以做出改变。尽管这里参考特定的结构、作用和材料说明了本发明,本发明并不局限于所说明的特定例,而是能够以广泛的不同的形式实例化,某些实例可以完全不同于所公开的实施方式的形式,并延伸至比如在权利要求的范围内的全部等效的结构、作用和材料。

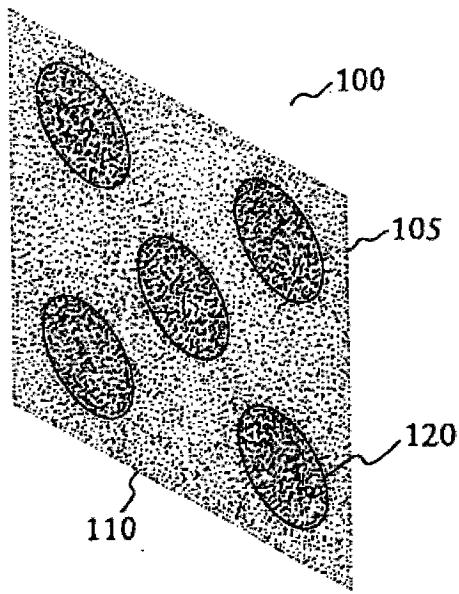


图 1(现有技术)

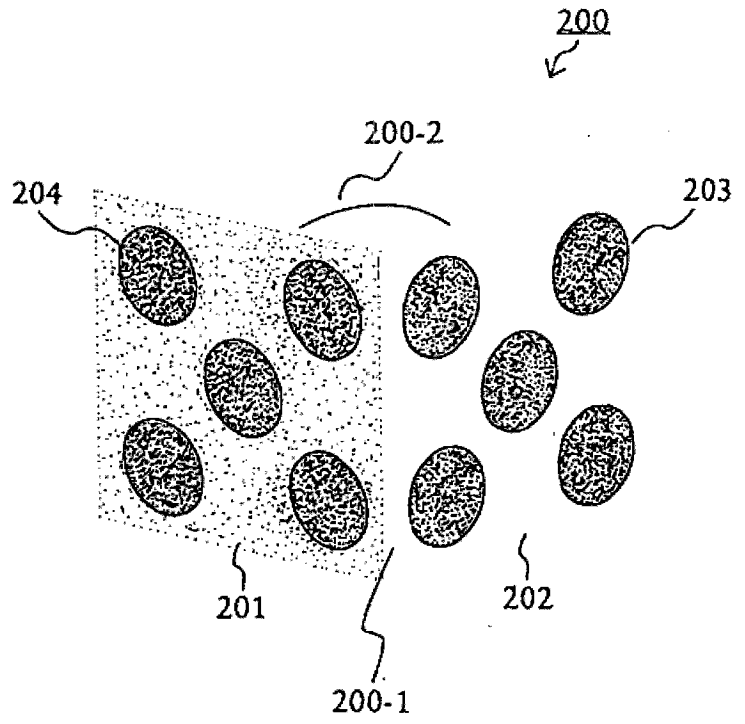


图 2a

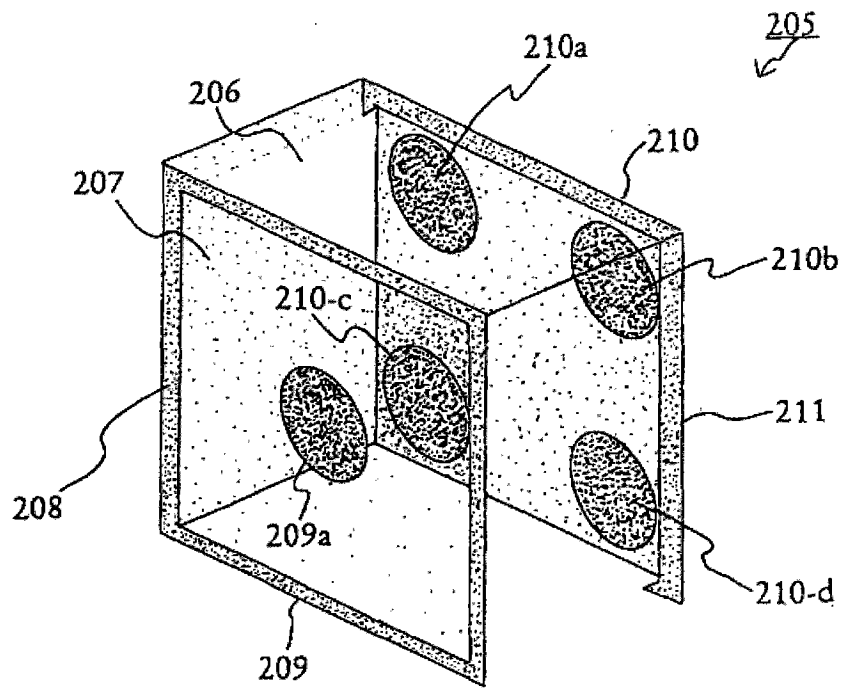


图 2b

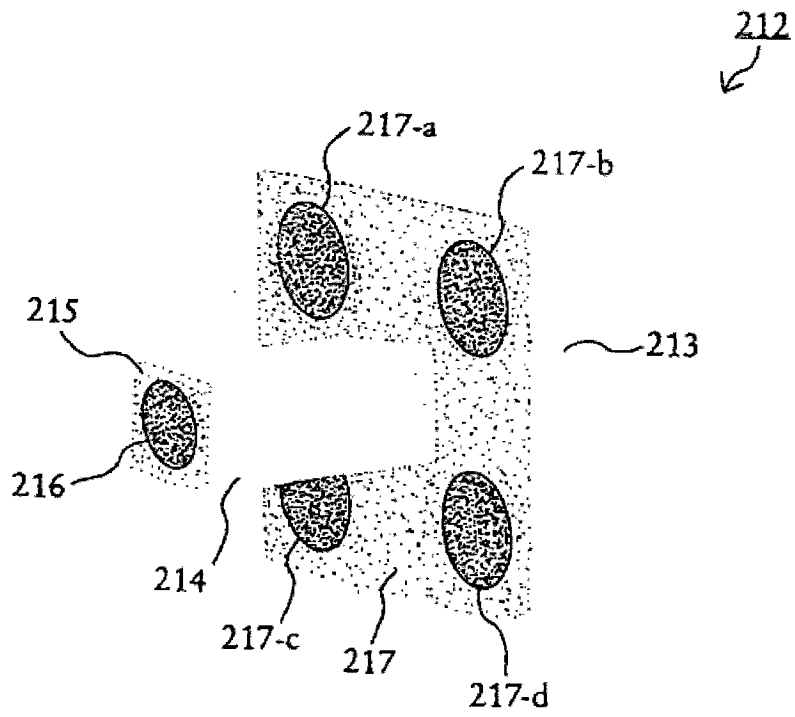


图 2c

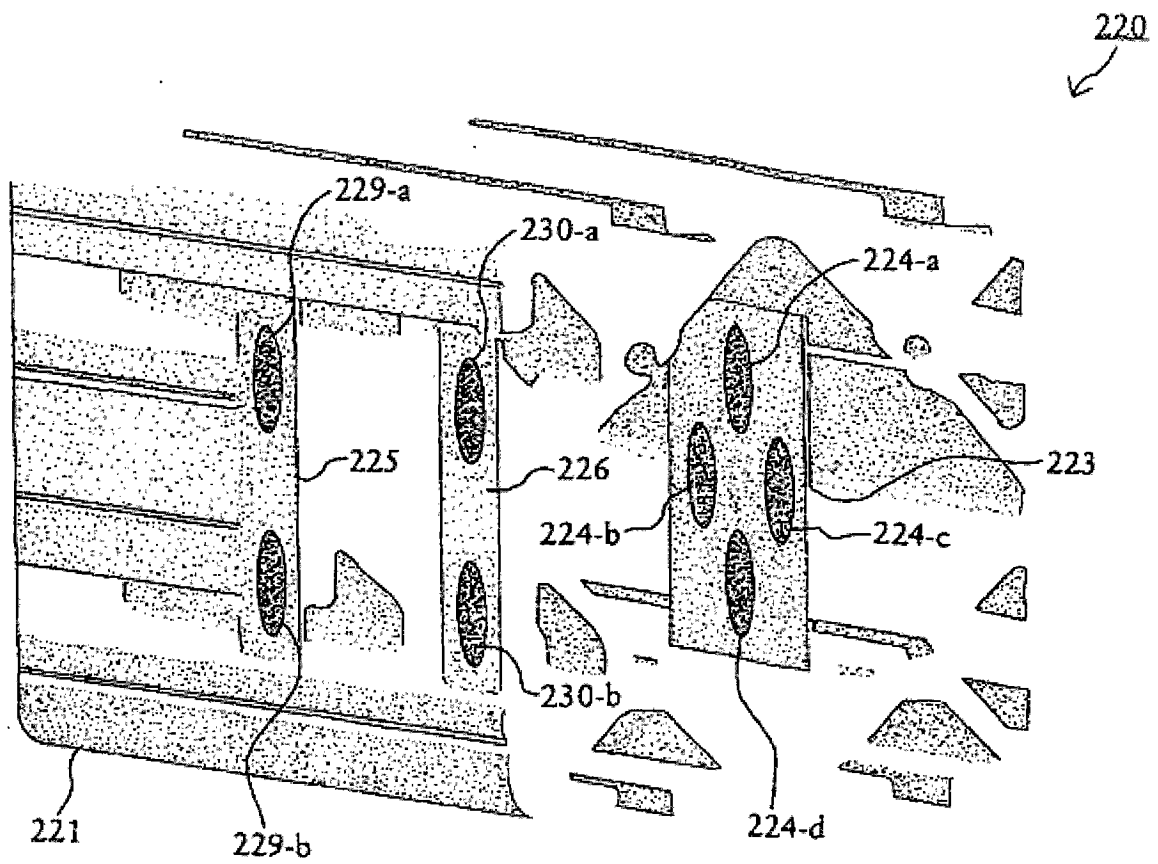


图 2d

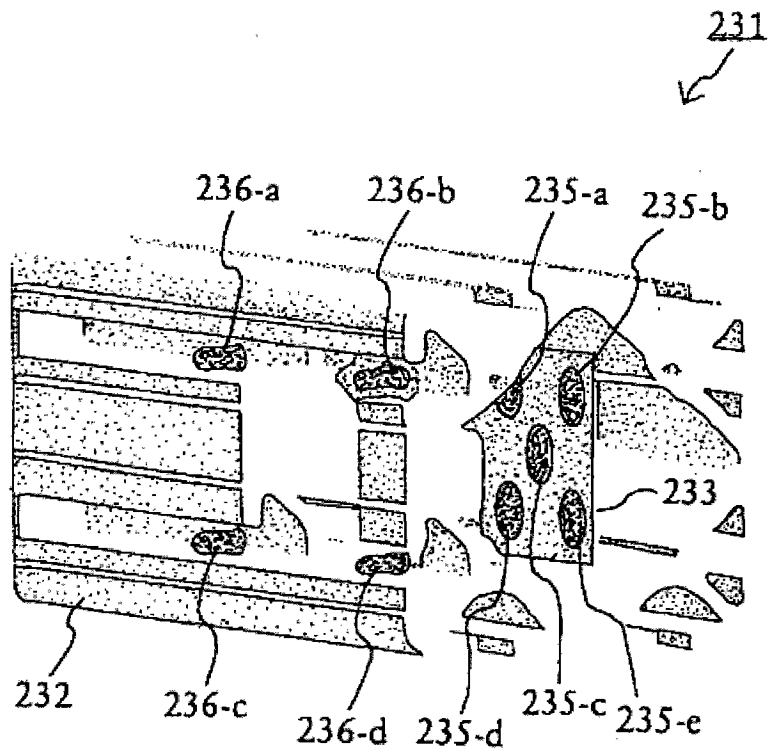


图 2e

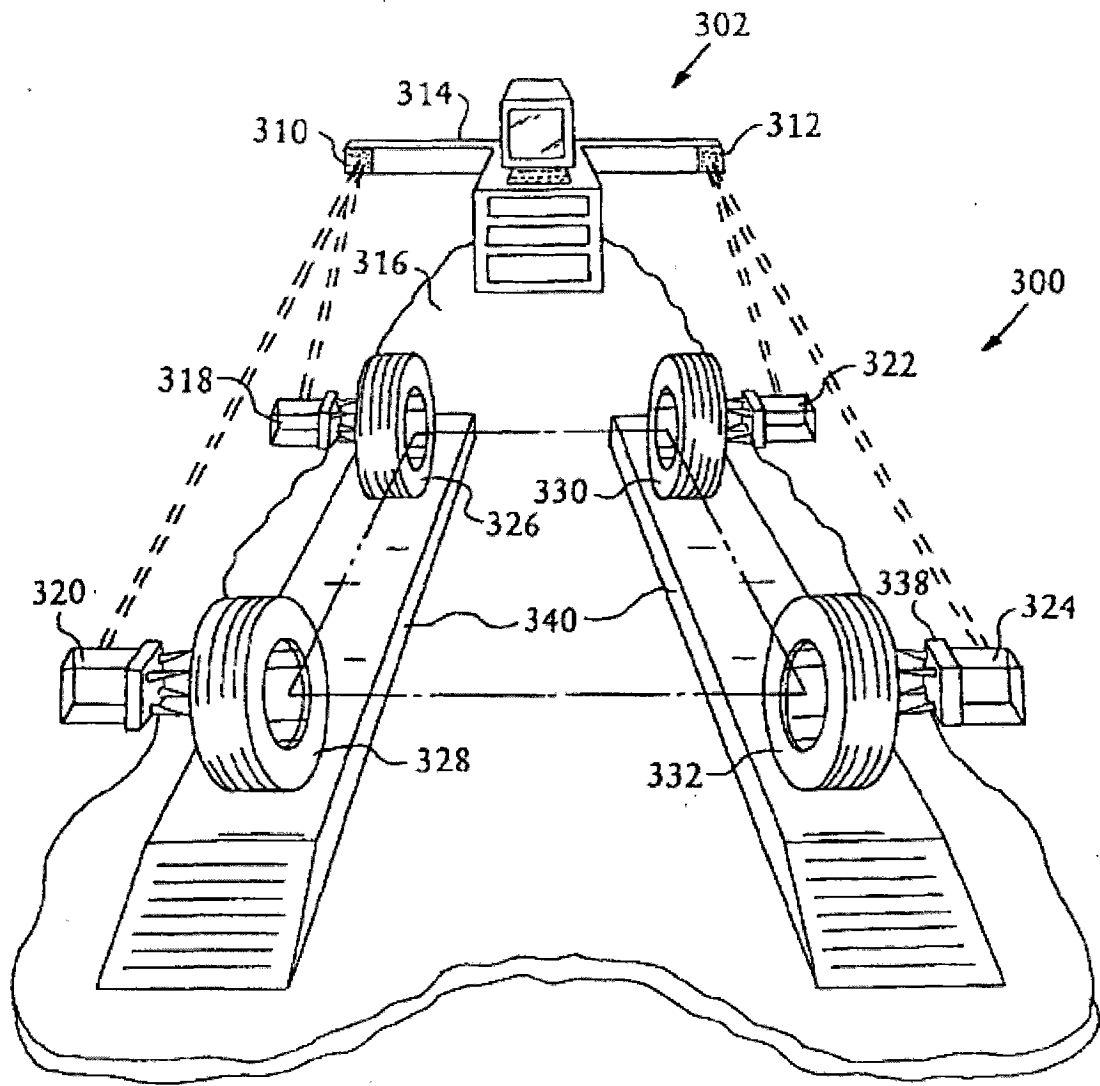


图 3

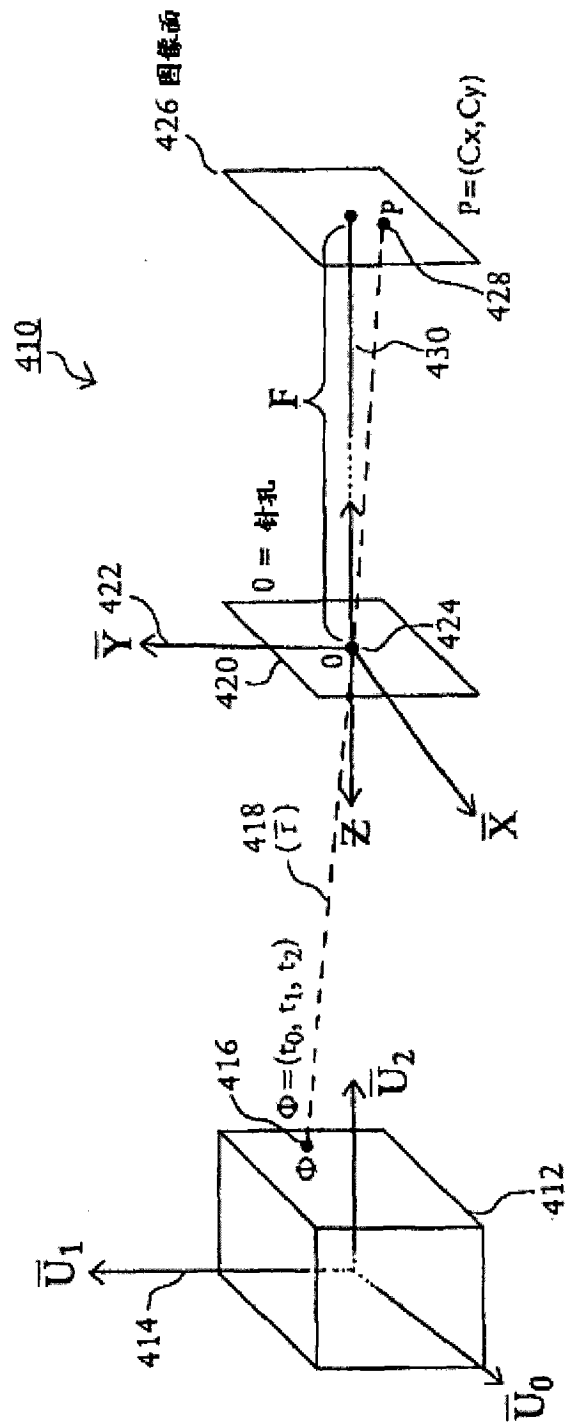


图 4

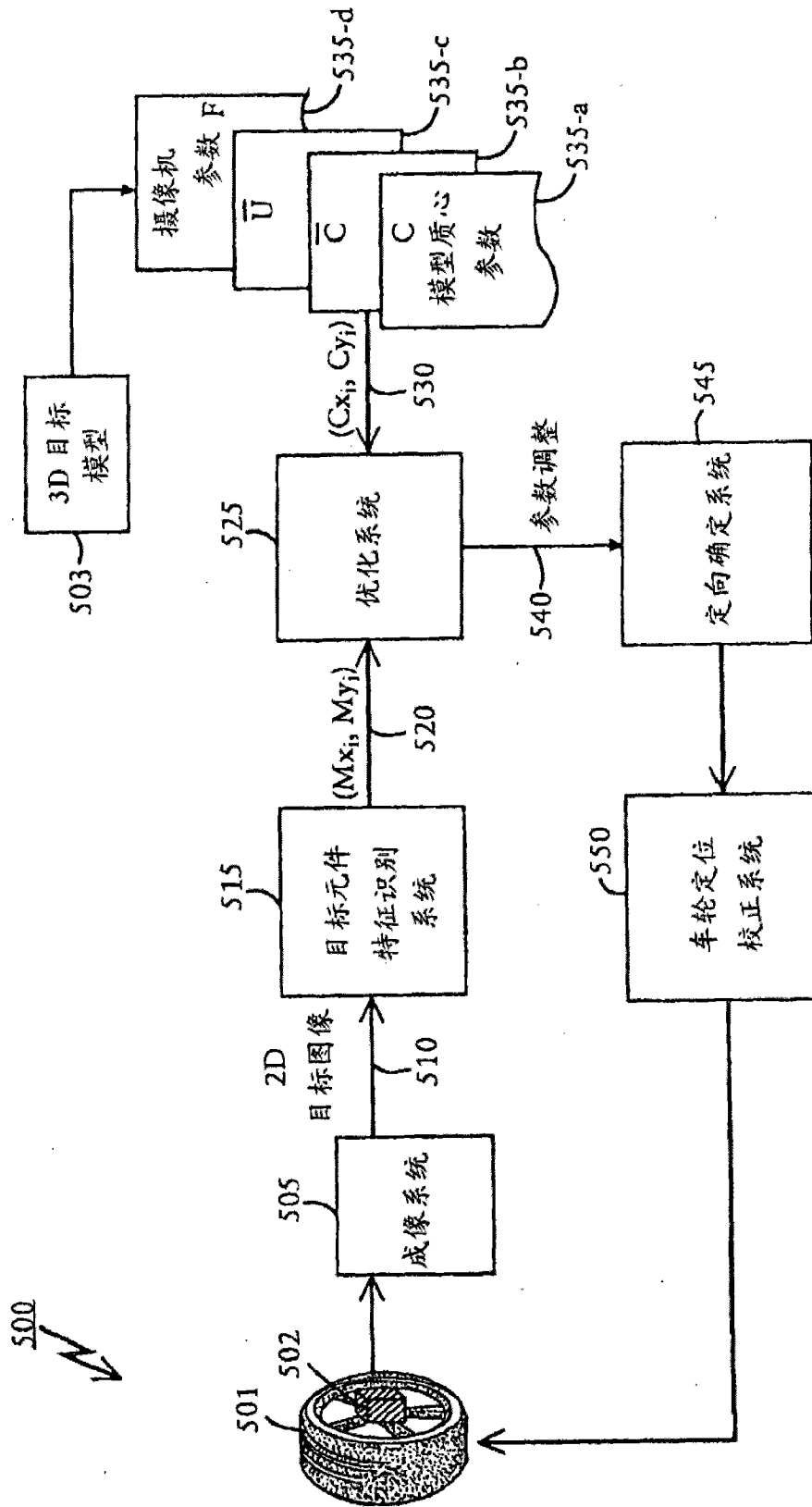


图 5

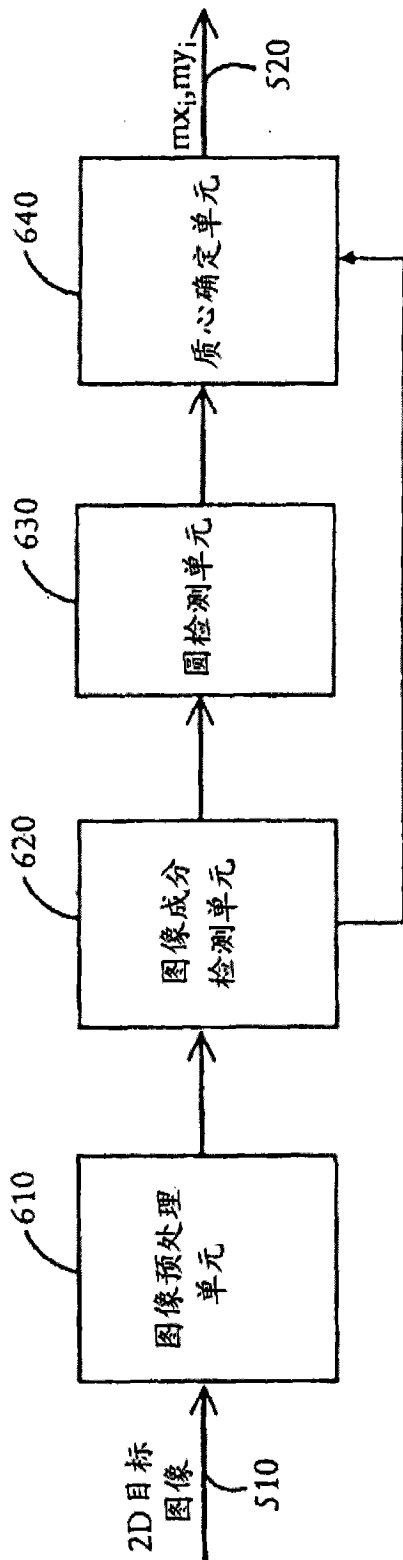


图 6

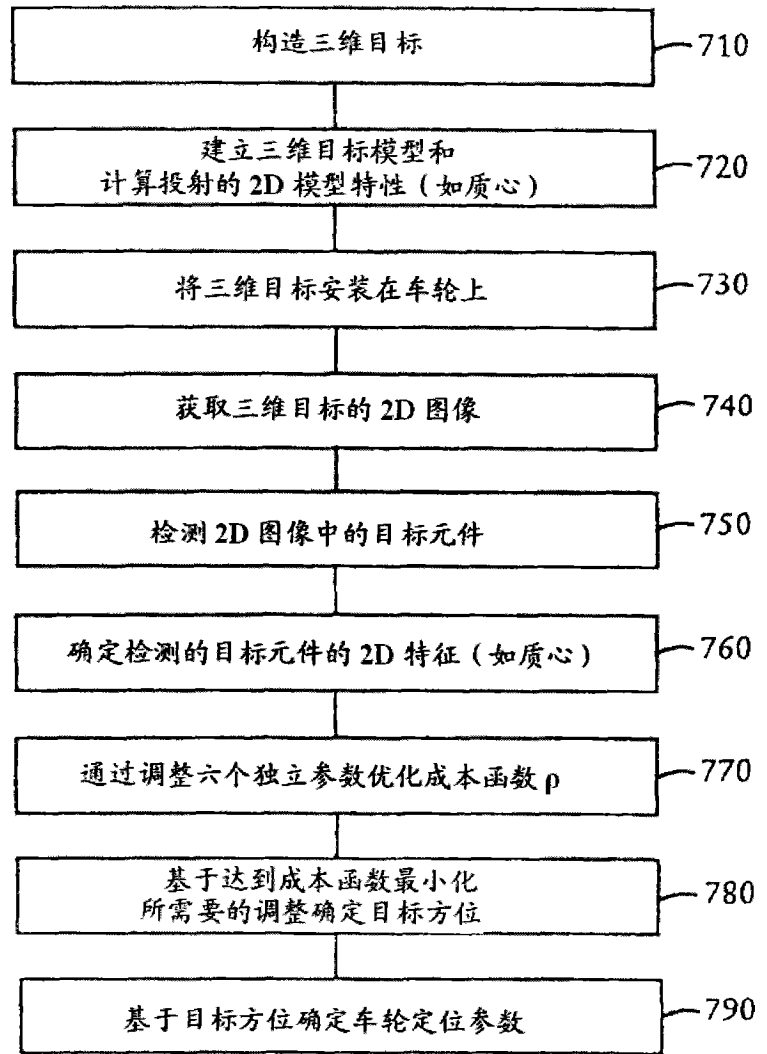


图 7