



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 101809461 A

(43) 申请公布日 2010.08.18

(21) 申请号 200880106251.0

代理人 马景辉

(22) 申请日 2008.07.18

(51) Int. Cl.

(30) 优先权数据

G01S 17/48 (2006.01)

11/780,017 2007.07.19 US

(85) PCT申请进入国家阶段日

2010.03.09

(86) PCT申请的申请数据

PCT/US2008/070548 2008.07.18

(87) PCT申请的公布数据

W02009/012474 EN 2009.01.22

(71) 申请人 NEATO 机器人技术公司

地址 美国加利福尼亚

(72) 发明人 P·沙哈 K·柯诺里奇

J·奥格劳恩 N·多纳德森

C·菲比格 刘玉明 H·坎

J·平扎罗内 L·萨利纳斯 唐华

R·泰勒

(74) 专利代理机构 中国国际贸易促进委员会专

利商标事务所 11038

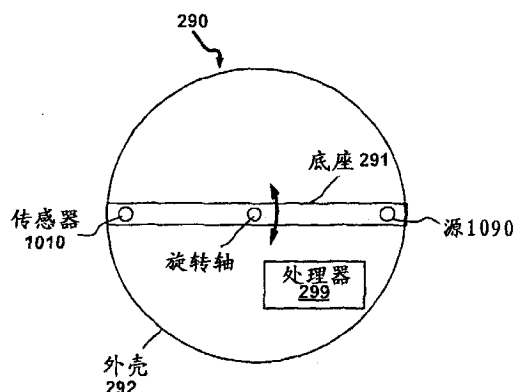
权利要求书 2 页 说明书 14 页 附图 6 页

(54) 发明名称

距离传感器系统和方法

(57) 摘要

一种采用激光距离传感器的距离测量系统和方法可用于各种应用。根据本发明的一个方面，激光距离传感器可以用短基线获取准确的距离测量。



1. 一种距离感测系统,包括:
提供准直光输出的源;
传感器,所述传感器用于检测入射到物体上的输出;
旋转底座,所述源和所述传感器被附接到所述旋转底座上;所述旋转底座可以进行任意数目的单向旋转;和
附接到所述旋转底座上并且耦连到所述源和所述传感器的电子器件封装;所述电子器件封装执行数字处理,以便处理当所述底座旋转时由所述传感器获取的数据。
2. 如权利要求 1 所述的距离感测系统,还包括同步机构,以便同步所述源和所述传感器的间歇操作。
3. 如权利要求 2 所述的距离感测系统,其中所述同步机构是光学编码器。
4. 如权利要求 1 所述的距离感测系统,其中所述数字处理包括执行三角测量计算。
5. 如权利要求 1 所述的距离感测系统,其中所述数字处理包括执行子像素插值。
6. 如权利要求 1 所述的距离感测系统,其中所述数字处理包括每秒计算 4000 个数据点。
7. 如权利要求 1 所述的距离感测系统,其中所述源是激光器。
8. 如权利要求 7 所述的距离感测系统,其中所述输出具有近似 650nm 的波长。
9. 如权利要求 1 所述的距离感测系统,其中所述传感器是互补金属氧化物半导体传感器。
10. 一种机器人设备,包括:
驱动机构;
电子器件模块,用于给所述驱动机构提供指令,以便在操作环境中定位所述机器人设备;
光学组件,用于给所述电子器件模块提供距离数据,所述距离数据与所述机器人设备相对于操作环境中的物体的位置有关,并且影响提供给所述驱动机构的指令;所述光学组件包括:
提供准直光输出的源;
传感器,所述传感器用于检测入射到操作环境中的物体上的输出;
旋转底座,所述源和所述传感器被附接到所述旋转底座上;所述旋转底座可以进行任意数目的单向旋转;和
附接到所述旋转底座上并且耦连到所述源和所述传感器的电子器件封装;所述电子器件封装执行数字处理,以便处理当所述底座旋转时由所述传感器获取的数据,从而产生距离数据。
11. 如权利要求 10 所述的机器人设备,其中所述光学组件还包括同步机构,以便同步所述源和所述传感器的间歇操作。
12. 如权利要求 11 所述的机器人设备,其中所述同步机构是光学编码器。
13. 如权利要求 10 所述的机器人设备,其中所述数字处理包括执行三角测量计算。
14. 如权利要求 10 所述的机器人设备,其中所述数字处理包括执行子像素插值。
15. 如权利要求 10 所述的机器人设备,其中所述数字处理包括每秒计算 4000 个数据点。

16. 如权利要求 10 所述的机器人设备,其中所述源是激光器。

17. 如权利要求 16 所述的机器人设备,其中所述输出具有近似 650nm 的波长。

18. 如权利要求 10 所述的机器人设备,其中所述传感器是互补金属氧化物半导体传感器。

19. 如权利要求 10 所述的机器人设备,其中所述光学组件还包括耦合到所述电子器件封装的发射器;所述发射器将距离数据无线地发射到所述电子器件模块。

20. 一种车辆,包括:

距离感测系统,所述距离感测系统用于产生与到所述车辆一个范围内的物体的距离相关联的距离数据;所述距离感测系统包括:

提供准直光输出的源;

传感器,所述传感器用于检测入射到物体上的输出;

旋转底座,所述源和所述传感器被附接到所述旋转底座上;所述旋转底座可以进行任意数目的单向旋转;和

附接到所述旋转底座上并且耦合到所述源和所述传感器的电子器件封装;所述电子器件封装执行数字处理,以便处理当所述底座旋转时由所述传感器获取的数据,从而产生距离数据;和

电子器件模块,用于从所述距离感测系统接收距离数据。

21. 如权利要求 20 所述的车辆,其中所述距离感测系统还包括同步机构,以便同步所述源和所述传感器的间歇操作。

22. 如权利要求 21 所述的车辆,其中所述同步机构是光学编码器。

23. 如权利要求 20 所述的车辆,其中所述数字处理包括执行三角测量计算。

24. 如权利要求 20 所述的车辆,还包括显示器,以便显示与距离相关的信息。

25. 如权利要求 24 所述的车辆,其中所述显示器在相对于所述车辆的表示的位置处显示物体的表示。

距离传感器系统和方法

[0001] 相关申请的交叉引用

[0002] 本申请是于2006年9月1日提交的序列号为11/515,022的题目为“MULTI-FUNCTION ROBOTIC DEVICE”的共同待决美国专利申请的部分继续申请,并且是于2006年9月1日提交的序列号为11/515,100的题目为“LOCALIZATION AND MAPPING SYSTEM AND METHOD FOR A ROBOTIC DEVICE”的共同待决美国专利申请的部分继续申请,通过引用将其公开完整结合在此。

技术领域

[0003] 本发明的诸方面一般地涉及距离测量领域,并且更具体地,涉及采用用于各种应用的激光距离传感器的距离测量系统和方法。

背景技术

[0004] 可用于家庭和诸如保洁的商业应用的自动或自主设备(即,机器人设备或机器人)通常必须是在没有来自用户或操作员的输入或具有来自用户或操作员的最少输入的情况下可操作地在环境中导航。为了许多家庭或商业应用的成本效果合算,使得能够实现或便于实现机器人导航的常规传感器系统趋向于非常简单。在这一点上,原始的导航系统使得常规设备低效率地在操作环境各处反弹;这些设备碰撞到障碍物而被反作用弹回,并且重复地访问已经处理过的区域,浪费了有价值的消耗品和电池容量。作为替换,在某些情况下,可能希望以下述方式实现复杂的传感器系统:在提供若干功能服务的同时最小化或消除冗余以便保持成本效果合算。

[0005] 其中,上述的共同待决美国专利申请提供了对通常与机器人设备导航有关的以前未解决的难点相关的实际解决方案;然而,除了机器人设备导航之外,距离传感器装置和方法的公开的实施例还具有多种应用用途。

[0006] 例如,许多汽车近来配备了电子测距机构以便辅助驾驶员停车。在某些实现中,例如,可以在后保险杠处或其附近采用相对初级的雷达、超声波、红外(IR)或其它传感器;当车辆处于倒挡时,传感器可以测量与位于“盲点”中的或可能难以从驾驶员座位观察到的物体的距离。这些系统通常采用可听到的报警机制,其中,例如,音调或频率的改变可以提供对障碍物到传感器的距离的指示。更复杂的自动系统可以采用设法使得汽车能够在某些情况下(诸如,在纵列式停车过程中)自己自动停车(即,不用驾驶员干预)的各种传感器。

[0007] 某些汽车制造商正在开发“智能巡航控制”功能,“智能巡航控制”功能试图控制油门和刹车系统,以便例如根据速度和其它行进条件保持安全的跟随距离。随着近来在汽车仪表板中引入了高分辨率显示面板(显示从音响娱乐选择到详细的导航信息以及全球定位系统(GPS)数据的各种信息),在某些情况下可能希望在汽车或其它交通工具中包含依赖于距离测量的关键信息的显示。

[0008] 距离测量装置可以与任意类型的运动车辆结合并且在各种环境中使用。除了上面描述的机器人和汽车的例子之外,例如,仓库中操作的叉车可能因为安装了准确的距离测

量系统而受益,尤其是,由于在许多情况下操作员的视界可能受到限制。另外,各种类型的感测技术可用于静止或“固定”的应用,即,操作固定传感器以便检测其操作环境中的运动。例如,某些工业安全系统可以采用“安全屏障”,其中传感器(或传感器阵列)可以在人员或移动装置接近危险机器的情况下提供警报。在其它例子中,传感器或传感器阵列可被固定在十字转门、安全检查点、收费站或被监视的其它区域;可以采用这些系统检测和计数通过特定空间区域的人员或车辆。

[0009] 典型的距离测量装置对于许多应用太昂贵而不实用或是太大并且太笨重而不适合于需要小形状因子的应用。在车辆或其它应用中具有有限的使用潜力的两种流行的激光距离传感器(LDS)设备,即,当前由SICK公司销售的SICK LMS 200和当前由HokuyoAutomatic有限公司销售的Hokuyo URG-04LX的成本比最简单的家庭和商业机器人清洁器大一个量级,使得它们不适合于这些用途。另外,这些设备依赖旋转镜进行扫描操作,并且因此需要附带的透镜和其它光学部件;导致的大形状因子以及有限的分辨率和范围趋向于使得这些设备中的大部分不适合于自动化和其它大规模应用。

[0010] 因此,希望提供一种能够在紧凑坚固的封装中获取准确的距离数据的激光距离传感器系统和方法。

发明内容

[0011] 本发明的实施例克服了常规技术的上述和各种其它缺点,提供了一种用于各种应用的采用激光距离传感器的距离测量系统和方法。根据本发明的一个方面,激光距离传感器可以用短基线获取准确距离测量。

[0012] 通过结合附图研究下面的详细描述,将明了本发明的各种实施例的前述和其它方面。

附图说明

[0013] 图1是示出了采用距离传感器的一个实施例的机器人的顶视图的简化图;

[0014] 图2是示出了采用距离传感器的替换实施例的机器人的顶视图的简化图;

[0015] 图3A和3B是示出了距离传感器的另一个替换实施例的顶视图的简化图;

[0016] 图4A和4B是分别示出了采用距离传感器和该距离传感器的组件的另一个替换实施例的机器人的顶视图的简化图;

[0017] 图5是示出了可以在三角测量中采用的基础几何关系的简化图;

[0018] 图6是示出了焦距和基线的乘积对激光距离传感器的性能特性的影响的示意图;

[0019] 图7是携带有源和传感器的底座的一个实施例的组件的简化立体图;

[0020] 图8是绘出了作为脉冲宽度的函数的最大允许曝光和脉冲功率的示意图;

[0021] 图9是示出了在激光距离传感器中采用的电子器件封装的一个实施例的组件的简化框图;和

[0022] 图10是示出了激光距离传感器的旋转几何关系的简化图。

具体实施方式

[0023] 介绍

[0024] 某些机器人系统,诸如在相关的共同待决美国专利申请中公开的那些系统,可以使用激光测距仪,以便便于实现制图(mapping)和定位功能。虽然与各种组件相关联的制造成本和能量需求表现为对消费用途或商业用途的低成本、高效的机器人平台的开发和部署的阻碍,上述应用和本说明书涉及使得可以在各种上下文应用激光测距技术的解决方案。对此而言,应当注意,激光距离传感器(LDS)技术具有某些优点,这些优点使得LDS技术除了其它实现之外特别适合于室内和室外移动机器人或汽车测距应用。

[0025] 虽然可以使用许多传感器技术(具有不同的复杂程度)以便获得距离数据,LDS系统以可容易使用的形式高效地提供数据。例如,LDS直接输出距离数据;即,它提供关于LDS和其视场中的物体之间的距离的信息。这种直接测量功能可以例如区别于视觉传感器技术,视觉传感器技术根据获取的图像数据间接地计算距离;因此,这些系统通常需要复杂的成像硬件以及烦杂的(并且一般地易于出错的)图像数据处理和其它计算开销以便测量距离。与其它类型的距离测量装置诸如依赖超声波换能器或IR传感器的系统不同,LDS能够实现精细的角度分辨率和距离分辨率、对大量数据点的实时获取(每秒几百或几千个点测量)、以及低的虚假正率(positive rate)和负率(negative rate)。另外,存在与LDS扫描数据结合使用的高效的制图和定位算法。

[0026] 如一般所知,基于三角测量的LDS系统获取数据的准确性受传感器设备的总尺寸的限制。具体地,基线(即,源激光器和传感器或位置感测器件(PSD)之间的距离)可以影响准确性和范围两者。一般地,在某个距离范围内,LDS的准确性和范围与基线成正比地改变,即,当基线减小时,设备的准确性和范围减小。因此,设计和实现与具有较长基线的较大设备性能一样好的小尺寸LDS是具有挑战性的。

[0027] 下面提出的激光距离传感器系统和方法可以使用小型平面LDS,该小型平面LDS具有与较大的更昂贵的激光扫描器相当的能力:对于大约6米范围内具有大约1厘米到3厘米的极好的准确度;使用大约10Hz或更高频率的完整360度扫描的近似4kHz或更快的快速获取;以及在完整360度扫描上大约1度或更小的角分辨率,并且具有大约0.25度或更小的角误差。另外,下面提出的LDS实施例可以包括下列特性中的某些或全部:根据适用的安全标准,采用的激光对眼睛是安全的;可以在标准室内照明条件和某些室外条件下操作该系统和方法;短基线使得可以实现小尺寸的LDS传感器;并且该系统可以表现出2W或更低的低功耗需要。

[0028] 应当理解,此处示出和描述的实施例可以用于能够自主定位和制图的各种机器人设备,并且可被结合多种其它应用使用,所述应用包括但不限于受益于相对短范围到中等范围的距离测量的汽车或交通工具应用。其它例子包括建筑工地应用(例如,丈量或监控一组建筑物或房间)、工业“安全屏障”应用、用于人员或车辆计数应用的区域监控,等等。

[0029] 实现

[0030] 现在参考附图,图1是示出了采用距离传感器的一个实施例的机器人的顶视图的简化图,并且图2是示出了采用距离传感器的替换实施例的机器人的顶视图的简化图。

[0031] 在图1和图2中,机器人100可被具体实现为被设计为可操作以便执行任务的各种自主的、自我推进的设备中的任意一种设备。在某些典型的家庭和商业实现中,机器人100可被配置为执行清扫、吸尘、擦地或上蜡功能;类似地,机器人100的某些实施例能够执行照看庭院或花园功能,诸如割草和拢草。如在相关的共同待决申请中示出并且描述的,机

机器人 100 可被选择性地配置为执行若干不同任务中的任意一种任务。应当理解,本发明公开的内容和所要求保护的主体内容不旨在受机器人 100 的任意特定结构或功能特性的限制。如下面提出的,此处描述的 LDS 可被附接到、集成到或结合到任意类型的移动车辆上或诸如上述的固定位置感测应用中的任意一种中。

[0032] 如图 1 所示,LDS 系统 260 的一个实施例一般地采用隔开一个距离(即,基线)的源 1090 和传感器 1010。

[0033] 传感器 1010 可以被包括或被实现在电荷耦合器件(CCD)、线性 CCD、互补金属氧化物半导体(CMOS)传感器、位置敏感检测器(PSD)或对从源 1090 的输出的相同的电磁谱频带敏感的其它传感器装置内。这些技术中的某些技术或其变体在数字照相机和其它消费电子应用中得到流行,并且各种类型的数字照相机感测技术可被集成到传感器 1010 内。适用于传感器 1010 的设备的一个例子是 CMOS 传感器(诸如,例如,当前由 Micron Technology 公司销售的型号为 MT9V032 传感器),当然如上所述可以采用其它类型的传感器技术。

[0034] 源 1090 可以包括或被实现在,例如,激光器,或产生可由传感器 1010 检测到的频谱带内的电磁能量的任意其它源。在某些情况下,准确的距离测量可以受益于高度准直的光。虽然例如可以结合准直光学器件采用发光二极管(LED),但是激光器可能更高效率、更有效果或二者皆有。如此处所述,源 1090 将被称为激光器,虽然其它类型的电磁源(当前可获得的或将来开发的)也适用于实现类似的结果。源 1090 的输出对于人眼可以是可见的或不可见的。适合的源 1090 的例子是短波长激光二极管(诸如,例如,由 Union Optronics Corporation 销售的型号 SLD-650-P5-300-05),但是如下所述,其它设备也可以实现准确的距离测量。

[0035] 由于被照射物体的颜色和反射率可以通过影响由传感器 1010 接收的光的质量和特性来影响使用某些方法的距离测量,可能希望利用能够在不同频带中产生可变输出的源 1090。在某些情况下,将源 1090 的输出转换到不同频率可以产生更准确的结果。附加地或可替换地,可以使用可以操作以便衰减某些频率同时透射其它频率的滤波器,以便产生类似的效果。

[0036] 另外,源 1090 可以包括诸如本领域一般公知的用于准直或以其它方式影响发出的光的属性的光学器件封装(optics package)的光学器件封装。这种光学器件封装可以采用一个或多个定焦透镜、动焦控制(active focus control)装置、光准直器、分束器、光圈、镜子、可选带通滤波器、或这些和其它组件的各种组合。如下面更详细阐述的,传感器 1010 可以还包括或结合各种配置的光学器件封装 1019 而实现。

[0037] 在某些实施例中,可以使得源 1090 的输出发生旋转。对此而言,可以在机器人 100 中采用专用马达,以便提供源 1090 自身或光学器件封装中所选择的元件的所希望的旋转。源 1090 可以例如作为整体旋转,或可以旋转光学器件封装中的特定元件(诸如镜子或分束器)。本领域技术人员将会理解,无需创造性能力就可以实现从常规光源和其它光学部件产生旋转束。

[0038] 在操作中,源 1090 和传感器 1010 或它们各自的光学组件可被这样布置在机器人 100 上,从而使得可以对操作环境进行完整的 360 度观察。因此,来自源 1090 的束可被绕着垂直于放置机器人 100 的表面的轴以 360 度模式连续地或间歇地旋转;可替换地,可以在小于 360 度的弧上来回扫描束。附加地或可替换地,来自源 1090 的输出可暂时主动对准特定

方向。每个上述选项可用于获取便于实现距离测量的数据。

[0039] 来自源 1090 的投射光可被操作环境中的物体反射,并且可以一个可测量角度被传感器 1010 接收。在源 1090 和传感器 1010 的相对位置和空间定向已知,并且被记录或以其后方式存储在与机器人 100 相关联的电子设备内的情况下,通过允许进行准确的距离计算,LDS 系统 260 可以帮助实现机器人 100 的准确定位。对此而言,可由与机器人 100 集成在一起的电子设备执行位置和导航处理,例如,考虑传感器 1010 相对于源 1090 的已知几何关系以及由传感器 1010 接收的信号的属性和时序。例如,可以使用诸如传感器 1010 和源 1090 之间的已知距离(即,基线)、传感器 1010 检测到的反射光的角度、机器人 100 的速度、源 1090 的束产生和其随后在传感器 1010 处的接收之间的时间延迟、顺序测量之间的差异等因素的组合通过三角法确定距离。一般地,作为机器人 100 运动的函数并且由于源 1090 产生的束的旋转,光进入传感器 1010 的角度随时间而改变。

[0040] 可以各种方式确定光入射到传感器 1010 的感测表面上的角度。例如,可以通过识别感测表面上的阵列中的最亮像素确定该角度。可替换地,可以利用最亮的邻接(contiguous)像素序列,诸如例如通过识别最亮的邻接像素序列的中心或中心区域,并且将该点认为是最亮的像素。可以采用各种图像处理技术(诸如子像素处理、插值、归一化等),以便定位传感器 1010 的感测表面上的明亮区域,并且采用该区域确定入射光的角度。

[0041] 在某些实施例中,来自源 1090 的输出可被投射为一个平面,从而当入射到大体垂直的表面(诸如墙)上时,在该表面上光被检测为大体垂直的直线。通过测量由传感器 1010 检测到的光的角度,可以确定相对于投射线的不同部分的距离。例如,在来自源 1090 的输出被投射到相对于光学组件 260 垂直的表面上的情况下,传感器 1010 可以检测到正垂直线。在来自源 1090 的输出被投射到不垂直的表面上的情况下,传感器 1010 可以检测到与垂直方向形成一个角度的直线。对此而言,本领域的技术人员将会理解,源 1090 可以产生光点或线状光。在源 1090 产生线状光的情况下,可以相对于该线的相应部分投射到一个表面上的位置计算实际的相应距离;即,可以进行多个距离测量,每个距离测量可以相应于该线的投射线的特定部分。以上述方式,可以为对操作环境的 360 度扫描构造三维深度图。

[0042] 给定 LDS 系统 260 的组件的布置,可以采用各种方法检测到物体的距离。例如,所谓的“飞行时间”和三角测量计算一般地可用于基于组件的相对位置、角取向、速度和多个测量的计算。另一种方法可以采用测量入射到传感器 1010 上的反射电磁能量的幅度。对此而言,在来自源 1090 的输出是以激光或其它高度准直的光的情况下,被照射物体的材料、颜色和反射率特性可以影响被该物体反射的由传感器 1010 检测到的光的幅度;因此,取决于被照射物体的成分,以这种方式获取的距离测量可能极其准确,或可能由于该感测方法的限制而非常不准确。

[0043] 抵消这种缺点的一种策略包括以不同类型的独立光源,诸如,激光器(或其它准直光源)和 LED(或其它发散光源)照射物体。可替换地,源 1090 可被实现为产生不同频率的激光。对不同类型反射光的测量可以使得与机器人 100 相关联的电子设备能够考虑诸如可能由于被照射物体的颜色、反射率或其它特性引起的在返回的准直光中检测到的幅度波动。在上述方式中,使用不同频率可以便于实现例如误差校正、归一化或用于估计检测到的准直光的幅度(和幅度变化)的其它计算。

[0044] 如上面所述计算的距离测量的准确性可能受用于获得该距离测量的均匀性和频

率的影响。因此,在一个实施例中,源 1090 保持持久操作,以便产生连续的束;传感器 1010 可以对以周期间隔接收的光进行即时读取;在某些情况下,连续测量之间的间隔越短,测量可以越准确。作为替换,在可以获得足够的处理能力的情况下,传感器 1010 可以连续操作,以便当机器人 100 动态改变方位时实时监视改变的信号。可替换地,源 1090 可以提供间歇的或脉冲输出;如前面的实施例中,传感器 1010 可以连续操作,虽然仅当源 1090 输出脉冲时才可以获得距离测量。作为另一种替换,传感器 1010 可以与脉冲源 1090 同步,从而传感器 1010 可以仅在源 1090 发射脉冲时曝光。在这些实施例中,可以采用各种类型的同步机制中的任意一种,以便对源 1090 和传感器 1010 的间歇操作进行定时。例如,微处理器或微控制器可以给源 1090 和传感器 1010 提供适当的驱动信号,以便同步操作;附加地或可替换地,可以采用光学编码器或其它机电同步机制。

[0045] 如上所述,可以与光学器件封装一起采用传感器 1010。在某些情况下,可能希望该光学器件封装包括在与源 1090 的输出大体相同的频率上操作的窄带光学滤波器;在这些实施例中,传感器 1010 可检测到的最亮的光一般是由源 1090 投射的光。应当理解,对于某些应用可能不希望这种滤波器策略。

[0046] 本领域的技术人员将会理解,可以对源 1090 和传感器 1010 的部件的实现和结构布置(以及任意附带的光学器件封装)进行多种改变。例如,可以在传感器 1010 处使用具有常规透镜的一个或多个照相机;如果在光学器件封装中使用 180 度“鱼眼”透镜,两个传感器可以覆盖整个 360 度区域。取代采用光学器件封装旋转来自源 1090 的束,可以在机器人 100 之外的旋转平台上采用固定光源;如图 2 所示,传感器 1010 还可以安装在这种旋转平台上。

[0047] 在图 2 的实施例中,LDS270 可以包括其上安装有传感器 1010 和源 1090 的旋转平台或悬臂(boom)。在操作中,例如,源 1090 可以相对于悬臂的纵轴固定,从而可通过使悬臂绕着旋转轴旋转完成对输出的旋转。该布置可以简化源 1090 和传感器 1010(以及任意附带的光学器件封装),从而最小化或消除了对内部旋转镜或其它旋转组件的需要。如图 2 所示,可能希望将源 1090 和传感器 1010 布置在悬臂的旋转轴的相对侧上。

[0048] 图 3A 和 3B 是示出了距离传感器的另一个替换实施例的顶视图的简化图。如图所示,LDS 系统 270 的源 1090 和传感器 1010 两者可以位于悬臂的旋转轴的同侧。例如,用于检测附近物体的近端镜可以被相对靠近传感器 1010 地定位;相反地,例如,用于检测远处物体的远端镜可以相对远离传感器 1010 地定位。在示出的实施例中,近端镜和远端镜可以定位在不同高度(例如,沿着图 3A 所示的旋转轴),以便允许传感器 1090 处的感测表面的相应部分检测来自每个相应镜子的光。

[0049] 应当理解,可以使用近端镜和远端镜的不同视场,以便便于实现长距离和短距离检测形态;可以使用来自对特定物体具有更适合的视场的镜子的光进行距离计算。例如,通过近端镜观看到的激光点的位置可以被用来确定到附近物体的距离,而通过远端镜观看到的激光点的位置可以被用来确定到远处的物体的距离。由于与每个相应镜子相关联的视场、镜子的准直特性和其它因素,通过远端镜在远距离处进行检测的准确性可能大于通过近端镜进行的检测的准确性。附加地或可替换地,当两个镜子都检测物体时(诸如,在如图 3B 所示镜子的视场重叠的位置处的物体),可以采用来自两个镜子的测量,以便例如计算平均值,或对测量进行彼此之间的相互校验。

[0050] 实现诸如上述的 LDS 系统的机器人 100 的实施例可以在完整地并且有系统地覆盖整个操作环境方面特别有效。对此而言,可由适合的电子设备至少部分地基于由 LDS 系统 260 或 270 获取的与距离测量相关的数据来引导或影响机器人 100。各种版本的同时定位和制图 (SLAM) 技术可用于这种应用,并且本发明公开和所要求保护的主体内容不旨在受相对于获取的距离数据执行的任意特定数据处理操作的限制。

[0051] 图 4A 和 4B 分别是示出了采用距离传感器的另一个替换实施例的机器人和该距离传感器的组件的顶视图的简化图。在这个实施例中,图 2 所示的 LDS270 被修改为小形状因子;除了其它部件之外,机器人 100 一般地还包括,具有比图 2 所示的 LDS 系统 270 的实施例略微更短的基线的 LDS 系统 290。

[0052] 在一个实施例中,LDS 系统 290 一般地包括固定到或附接到底座 291 上的源 1090 和传感器 1010。底座 291 可以在外壳 292 中绕着旋转轴旋转。对此而言,底座 291 可被耦合到能够直接或通过适当的传动机构提供旋转的适合的马达(诸如步进马达、换向器电动机、直流(DC)马达或其它马达);可替换地,底座 291 可被耦合到与机器人 100 协同操作的适当传动机构,从而可以响应于机器人 100 的运动(例如,根据机器人 100 上的轮子或导轨的旋转)提供底座 291 的旋转。LDS 系统 290 可以从例如布置在机器人 100 内的外部源接收电能以便驱动这种马达;可替换地,LDS 系统 290 例如可以包括或以其它方式并有内部电源,诸如可再充电电池。

[0053] 在某些情况下,可能希望将底座 291 以高至每秒 10 圈的速度旋转完整的 360 度;附加地或可替换地,底座 291 可被旋转少于 360 度,并且可以在顺时针和逆时针方向两者上扫过预定的或动态调整的弧。适合于为底座 291 提供这种旋转的各种类型的马达和旋转组件是本领域一般公知的。在某些实施例中,可以通过任意数目的 360 度单方向旋转来旋转底座 291;这可以例如使用感应式能量和数据耦合(inductive power and data coupling)或滑动环(slip ring)实现。

[0054] 外壳不必如图 4A 和 4B 所示在平面图中为圆形,虽然圆形的实施例可以容易并且高效地实现底座 291 的给定旋转。外壳 292 可被附接到机器人 100 的表面上并且从机器人 100 的表面突出,使得源 1090 和传感器 1010 可从该表面突出足够远以便操作,即,使得由源 1090 发出并且被传感器 1010 接收的光不会被机器人 100 的结构元件遮断、遮掩或以其它方式衰减。外壳 292 可以包括大体透明的窗或保护盖,以便最小化由于微粒或其它污染物使得源 1090 和传感器 1010 的性能退化的可能性。这种窗或保护盖可由具有适合光学特性的材料构成(诸如,例如,塑料、丙烯酸树脂(acrylic)或蓝宝石),这些材料允许具有源 1090 和传感器 1010 的操作频率的光大体无衰减地穿过,即,从而不会显著降低传感器 1010 和源 1090 的性能特性。可以根据采用的特定感测技术选择用于这些结构的材料。应当理解,这种大体透明的窗口将被结合在外壳 292 的结构中,并且在某些实施例中可以延伸整个 360 度,从而允许源 1090 和传感器 1010 根据 360 度扫描获取距离测量。

[0055] LDS 系统 290 可以附加地包括提供内部或“板载”计算功能的处理器 299。处理器 299 可以被实现为或被包含在诸如单核或多核微处理器、微控制器、可编程逻辑控制器、特定用途集成电路(ASIC)、现场可编程门阵列(FPGA)和其它类型的数据处理引擎的各种计算硬件中的任意硬件内。

[0056] 在某些实施例中,可设计处理器 299 并且使得处理器 299 可操作地支持源 1090 和

传感器 1010 的功能,并且给(诸如例如,布置在机器人 100 上的)外部设备或处理器提供距离测量数据,以便进行附加处理和距离计算。可替换地,处理器 299 可以足够复杂,以便执行所有必需的或所希望的距离计算,其结果可被提供给外部设备或处理器。对此而言,处理器 299 可以无线地或通过数据线与附加的处理资源(即,在 LDS 系统 290 之外)进行数据通信。在无线实施例中,处理器 299 可以例如使用蓝牙标准或电气和电子工程师协会(IEEE)802.11 标准通信,当然还可以采用其它标准和通信协议。

[0057] 应当理解,LDS 系统 290 可以包括附加部件,以便于执行各种必需的或所希望的操作。例如,如下面参考图 9 阐述的,LDS 系统 290 可以包括存储器和适当的驱动电子设备,以便响应于例如从光学编码器接收的数据来控制或影响源 1090 和传感器 1010 的操作。

[0058] 如下面更详细阐述的,LDS 系统 290 可以代表一种按照三角测量原理工作的创新的激光点传感器模块,其使用被短基线隔开的投射激光点束的源 1090 和包括线传感器(line sensor)的传感器 1010。在某些实施例中,LDS 系统 290 在小的刚性封装中包含有源 1090、传感器 1010、任何附带的光学器件或光学部件以及处理器 299;对此而言,LDS 系统 290 可以略大于当前可获得的 IR 距离传感器,但是可以提供非常出众的性能特性(诸如准确性和速度)。

[0059] 如上所述,LDS 系统 290 可以与外部设备、处理资源或其它计算机系统数据进行通信。可以通过诸如例如蓝牙或 IEEE802.11 的无线 RF 协议,或通过任意数目的不同数据通信方法进行这种数据通信。作为例子,可以通过由例如滑动环或其它机制提供的电源线上的载波电流或光学或其它类型的数据线实现数据通信。可替换地,例如,可以利用底座 291 的旋转,感应地提供数据。类似地,可以感应地或通过滑动环给 LDS 系统 290 的各种部件供电。

[0060] 对此而言,应当理解底座 291 不受关于其旋转的限制。例如,通过采用滑动环或感应耦合,可以使得底座 291 能够在特定方向上旋转任意转。

[0061] 关于数据通信,应当理解,LDS 系统 290 可以给各种外部系统中的任意系统提供原始数据或距离测量。在某些实施例中,这种数据可被提供给机器人 100 的导航系统(诸如图 1、2 和 4A 所示),或被提供给某些其它种类的自主车辆。可替换地,LDS 系统 290 可以给“人员计数”系统(例如,在体育场或娱乐场所、法院、机场、收费站等处采用的)、“安全屏障”接近警告系统(例如,用于工业或其它商业环境)、住宅或商业警报系统和各种其它固定位置的感测系统提供数据。

[0062] 在某些实施例中,LDS 系统 290 可以给布置在车辆(诸如汽车)内的电子模块提供关于距离或实际距离测量的数据。取决于该电子模块的复杂程度和一个或多个导航系统或系统部件的能力,例如,这种车辆可以结合 LDS 系统 290 以及从其获得的数据,以便例如自主地导航或行驶或停泊自身。可替换地,可以设置为将距离数据集成到导航系统或安全系统内,以便结合车辆内的监视器或显示器使用。例如,许多导航辅助设备提供地图或其它显示,以便帮助驾驶员到达特定位置;例如,虽然这种系统被配备为显示街道,但是它们不能显示障碍物。可以容易地使车辆电子模块适合于结合从 LDS 系统 290 接收的距离数据,并且显示车辆周围区域的平面图或三维立体图,使得相邻车辆、消防栓、电话杆、护轨等被显示在其相对于该车辆的表示的位置上。对此而言,结合了 LDS 系统 290 并且使用距离数据给操作员提供视觉帮助或其它与距离相关的信息的车辆对于例如停泊时以及在雾中或

其它不利情况下驾驶时的操作可以特别安全。

[0063] 三角测量技术

[0064] 所有当前可以获得的单点扫描传感器（诸如上述的 SICK 和 Hokuyo 设备）都使用镜子来扫描点传感器。这些设备一般被配置为飞行时间（time-of-flight）距离传感器，即，它们测量光传输到物体并且被反射到传感器所需的时间。一种替换技术是三角测量。如上所述，根据三角测量方法，可以根据光从物体反射的角度测量到物体的距离。

[0065] 图 5 是例示可以在三角测量计算中采用的基本几何关系的简化图。源产生小光点（诸如激光或其它准直光），所述光在物体处反射，并且进入传感器的图像平面；入射到传感器的图像平面上的光通常被称为“点”。可以这样定向理想的针孔照相机或其它传感器，使得由源产生的束平行于通过焦点中心的光线到达图像平面的可用部分边缘。这种结构布置使得 LDS 能够通过确定点的位置，计算从无限大（图像的一个边缘处）到最小距离 q_{\min} （图像的另一个边缘处）的距离测量。根据相似三角形，从焦点中心到物体的垂直距离 q 被定义如下：

[0066]
$$q = \frac{fs}{x} \quad (\text{公式 1})$$

[0067] 其中 f 是焦距， s 是基线，并且 x 是测量的平行于源束的光线和从物体返回的光线之间的距离。因此，可以根据从物体反射的图像中的点的角度（影响点的位置）确定到物体的距离。

[0068] 另外，沿着源输出光线到物体的距离 d 取决于源相对于图像轴线的角度 β ：

[0069]
$$d = q / \sin(\beta) \quad (\text{公式 2})$$

[0070] 公式 1 和 2 示出了图像距离（即，在传感器的图像平面上测量的距离）和物体距离之间的双曲线关系，其是三角测量的属性。由于范围灵敏度随着距离按照下式成二次方增长，这种非线性关系可以造成难以确定较长距离：

[0071]
$$\frac{dq}{dx} = -\frac{q^2}{fs} \quad (\text{公式 3})$$

[0072] 例如，如果传感器中的单个像素（即，在传感器阵列上）的偏移相应于在 1m 处的 1cm 距离偏移，则传感器图像上相同的单像素偏移相应于在 2m 处的 4cm 偏移。

[0073] 如上所述，符合良好最小距离性能的标准（根据公式 1）和符合良好距离分辨率的标准（根据公式 2）一般是相互平衡的，即，小的 fs 乘积提供小的 q_{\min} ，而大的 fs 乘积提供更好的距离分辨率。

[0074] 在距离计算中提供给乘积 fs 的相对权重可以取决于采用的传感器的能力和功能特性，或可由所采用的传感器的能力和功能特性确定，或受所采用的传感器的能力和功能特性的影响。在某些实施例中，传感器可以具有短的曝光时间（例如，以便改进环境光消除）和大量像素（例如，以便允许 x 的好的分辨率）。在一个实施例中，对于许多应用，具有 752 像素分辨率和 $35 \mu s$ 的最小快门时间的全局快门（global shutter）CMOS 传感器可能就足够了；在这种情况下，每个像素近似为 $6 \mu m$ ，并且子像素插值处理可以允许 0.1 像素或更好的有效分辨率。

[0075] 图 6 是示出了焦距和基线的乘积对激光距离传感器的性能特性影响的示意图。给定前面的参数， fs 的乘积对距离分辨率和最小距离的影响可被绘制为如图 6 所示，其中随

着 f_s 乘积的增加,距离分辨率减小并且 q_{\min} 增加。如果 q_{\min} 为 20cm 或更小(例如,对于某些小尺度机器人应用,这可能是希望的), f_s 应当为 900 或更大。如果距离分辨率是在 6m 处为 30mm 或更小, f_s 乘积应当大于 700。对于许多具体实现,可以选择 800 的 f_s 乘积作为良好的折衷,虽然应当理解,可以根据 LDS 系统的预期用途类型选择这个乘积。

[0076] 可以用不同方式实现乘积 $f_s = 800$,但是对于小尺度应用,可能希望提供短基线(如上所述),同时保持合理的焦距(更长的焦距一般需要更长的透镜)。作为例子,对于近似为 50mm 的基线,焦距可以近似为 16mm。

[0077] 可以如下方式计算源输出相对于光轴的角度 β :

[0078] $\beta = \arctan(f/(376*6\mu m)) \approx 82^\circ$ (公式 4)

[0079] LDS 系统的总误差可以是上面提及的各个参数、传感器处的点分辨率的任意误差、校准过程或其组合的函数。在这个上下文中术语“校准”可以一般地涉及各个部件的任意失准。可能影响整体 LDS 操作的这些失准包括源(例如,激光二极管)的安装角、传感器(或相关联的透镜)的安装角、以及由透镜或传感器处的其它光学部件引入的任意失真。

[0080] 对于源和传感器的相对安装角,注意图 5 的图示一般地示出源束和透镜主光线(即,平行光线)一般位于相同平面内。然而这是理想情况,实际上,可能不总是这种情况。在校准过程中,可以寻找在所有距离处最佳地相应于源束位置的水平扫描线(例如,在传感器中)。在操作过程中,LDS 可以采用传感器上这个中点线之上和之下的某个数目的扫描线。例如,LDS 可以依赖表示校准扫描线以及上面 5 行和下面 5 行的传感器阵列(即,CCD 或 CMOS)上的 11 行像素的数据;可以在操作中利用其它行组合(包括偶数数目)。如果传感器没有相对于源和焦点的平面过度旋转,11 行就足以近似理想的平面几何关系。

[0081] 对于透镜失真,注意对于 16mm 的透镜,典型的失真可能局限于视场边缘处很小的百分之几,尤其是,当优化入射光的单个波长时。当校准具有与传感器相关联的这种透镜的 LDS 时,可以忽略这种透镜失真;作为一种替换方案,与更靠近传感器获取的测试读数相比,预期范围极值处或接近该极值处的测试读数可被加以更高的权重。

[0082] 因此,根据某些实施例,可以通过定位在各种距离处最佳识别源束的中心扫描线,并且采用中心扫描线周围的一组扫描线定位反射到传感器的点来校准 LDS。对于在已知距离处的一组读数,可以拟合以公式 1 描述的曲线,其中远距离的读数的权重可大于近距离的读数的权重。可以为了后续用在距离测量获取过程中而优化两个参数(乘积 f_s 和用于计算 x 的像素偏移)。应当理解,以示例方式而不是限制的方式提供上述内容;根据例如采用的传感器的能力、采用的光的波长、源的功率输出、传感器和源被布置在其上的底座的结构特性、或这些和其它因素的组合,校准 LDS 的各种其它方法可能是适合的。

[0083] 例如,LDS 系统可能能够检测脱离校准状态,并且还可以被配置,使得可操作地独立地或在操作员的干预下执行自我校准过程。例如,当来自源的输出入射到直壁的相对长的部分上时,当底座旋转时,传感器将检测到表示沿着壁的不同长度的读数;随着底座旋转角度发生改变,这种距离读数具有从相对短(例如,在 LDS 系统附近的壁的区域处,诸如当输出垂直于壁的表面时)到相对长(例如,从 LDS 系统进一步沿着该壁向前)的范围。如果正确地校准了 LDS 系统,对获取的数据的适当处理将导致检测到直壁。然而,如果 LDS 系统未被正确地校准,处理操作可能导致外观上检测到对称弯曲壁,这指示脱离校准的状态。在某些情况下,检测到外观弯曲可能是由于上面根据公式 3 讨论的性能特性导致的。给定

此处描述的 LDS 的体系结构,越短距离的读数趋于更为准确,而越长距离的读数趋于更不准确。在所有较长距离的读数都不正确的高或都不正确的低的情况下,与一般为平面表面相反,LDS 系统可以检测到看起来一般为均匀并且对称的曲线表面。如上所述,LDS 系统可以将这种测量解释为可能必须或希望进行重新校准的指示。

[0084] 在某些实施例中,LDS 系统可以结合有或可以使用自我校准系统,这种自我校准系统能够调整一个或多个校准参数以便校正结构或其它缺陷,即,使得上面例子中的壁表现为是直的。例如,在某些情况下手动执行校准,或通过操作员的输入推动这种校准;在某些情况下,操作员可以提供指示 LDS 系统执行校准过程的输入,并且还可以提供估计距直壁的一部分的垂直距离的输入。附加地或可替换地,LDS 系统可以在如上所述检测到脱离校准状态之后自动调用校准过程。这种自我校准可以基于这样的假设,即,均匀弯曲的壁很可能是笔直的,并且可以调整校准参数以便相应地促进处理。如上所述,由于对于短距离,LDS 可以对校准非常不敏感,而相反地,对于相对长的距离,LDS 可以对校准非常敏感,所以这种效果是可预测的。给定合理预期的失校准状态(考虑操作环境和预期用途),可以非常好的准确度确定短距离或近距离,并且因此,可以根据这种准确的短距离测量,在整个预期距离范围上校准 LDS。

[0085] 一般希望 LDS 在可以包括热应力、机械震动的操作状态和可能往往会改变若干部件的结构布置或操作特性的其它状态下保持校准。因此,在某些情况下,可能希望透镜元件、传感器、源(和任意附带的光学器件)之间的物理连接(即,机械连接)是刚性的,并且表现出低的热膨胀或失真。源和传感器之间的相对运动可以导致大的误差,尤其是在较长的获取距离上。在实际操作中,对失准的最大威胁可能是,诸如,可能由源和传感器被安装在其上的底座的热膨胀或机械位移引起的源和传感器的相对旋转。

[0086] 图 7 是携带源和传感器的底座的一个实施例的部件的简化立体图。在图 7 的实施例中,底座 291 可以与上面参考图 4B 所述的类似。底座 291 一般地包括 L 形底板 293,底板 293 可由钢、钛、铝、镍或刚性的并且具有低热膨胀系数的各种合金构成。可替换地,底板 293 可由例如复合材料或陶瓷构成。可以采用表现出足够的结构刚性和适合的热传导特性的任意材料。底座 291 还可以包括电子器件封装 297,诸如例如,可被具体实现在印刷电路板或单片集成电路(IC)中。下面参考图 9 描述电子器件封装 297。

[0087] 源 1090 和传感器 1010 可被诸如例如以螺栓或螺钉刚性地固定在底板 293 上。在某些情况下,可能希望通过焊接、铜焊或其它方式将源 1090 和传感器 1010 永久固定到底板上。本发明公开和所要求保护的主体内容不旨在局限于用于将源 1090 和传感器 1010 固定到底板 293 上的任意特定方法或结构机构;可以采用提供足够的刚性并且足以防止源 1090 和传感器 1010 的相对运动的任意机械或结构连接。

[0088] 与源 1090 和传感器 1010 相关联的透镜模块可以是例如玻璃填充聚碳酸酯,或具有低热膨胀和高拉伸模量的任意其它材料。透镜元件 295 可由玻璃、塑料、丙烯酸树脂(acrylic)、蓝宝石或本领域一般公知的具有必需的或所希望的光学质量的任意其它材料构成。可以通过已知的允许选择性地修改焦距的螺纹啮合调整透镜 295(例如,聚焦);在某些实现中,可能希望通过例如使用设置螺钉、粘合剂或能够固定透镜 295 从而其焦点不能被容易地改变的这些或其它技术的组合锁定这两个透镜。

[0089] 如上所述,可能希望源 1090 和传感器 1010 被刚性地连接到底板 293,使得在各种

操作条件下,相对角方位保持固定并且基线保持恒定。这种刚性可以实现三角测量中的高精度,从而使得在中等测量距离(例如,6m 或更长)上,短基线对于 LDS 系统 290 是可行的。另外,大体如上所述那样连接刚性底座 291 中的源 1090、传感器 1010 和任何附带的光学器件一般地消除了对旋转镜的需要,以及随之而来的对准和同步的挑战。

[0090] 在某些操作环境中,可能出现这样的情况,即,点的图像(即,返回到传感器 1010 并且入射到图像平面上的光)可能被环境光破坏或压制。时间滤波和波长滤波代表可用于最小化或消除这种干扰的两种技术。

[0091] 在某些实施例中,可以在源 1090 处采用可见的红光波长(例如,近似 650nm)脉冲激光器。工作于这个波长或这个波长附近的激光器往往产生比例如工作于 IR 波长的激光器略高的输出(其对眼睛来说仍然是安全的)。另外,同 IR 波长的激光相比,可见的红光波长激光可以允许传感器 1010 处的优越的成像器响应,并且可以更容易地进行调试和校准。在源 1090 的输出为 650nm 的情况下,在传感器 1010 处实现的 20nm 带通滤波器可以将环境光通量减少大约 50 倍;可以采用其它类型的带通滤波器,并且可以是特定于应用的,或是根据源 1090 和传感器 1010 的操作特性进行选择。

[0092] 在采用时间滤波的实施例中,传感器 1010 处的全局电子快门可与源 1090 同步,从而仅当激光器发射脉冲时才对传感器阵列(即,捕捉图像数据的像素)曝光。对此而言,LDS 系统可以采用同步机制,以便同步源 1090 和传感器 1010 的间歇操作。通过使用短脉冲,可以在保持对眼睛安全级别的输出的同时提高激光功率。一般地,适用的安全标准可能不允许较短脉冲具有与较长脉冲相同的总能量;这些设计考虑代表环境光抑制(偏爱短脉冲)和传感器响应(偏爱长脉冲和较高的总能量)之间的权衡。图 8 是绘出了作为脉冲宽度的函数的最大许可曝光和脉冲功率的示意图。

[0093] 如图 8 所示,当脉冲宽度增加时,脉冲的最大许可曝光(MPE 或总能量)增加而最大脉冲功率下降。在 $35\mu s$ 的最小曝光处,脉冲功率可以高于 5mW,这可以有助于使得与环境光干扰相关联的问题最小化。在较长脉冲持续时间处,脉冲功率下降,而可获得的用于物体反射的总能量显著增加,有助于获取较暗物体的反射。垂直线示出了 $60\mu s$ 处的这些值, $60\mu s$ 对于许多应用来说可以是适合的脉冲宽度。

[0094] 处理由传感器获取的数据以便提供距离测量可以涉及若干步骤,包括但不限于:使激光器发射脉冲并且对传感器曝光;读出传感器行;处理行以便确定激光点质心(centroid);计算相应于图像质心的距离;和格式化并且传递距离测量。

[0095] 图 9 是示出了在激光距离传感器中采用的电子器件封装的一个实施例的部件的简化框图。在某些实施例中,传感器 1010 可以具体实现为或包含具有集成的时序和控制的 CMOS 成像器;因此,传感器 1010 可以仅需要一帧脉冲以便开始曝光并且随后读出 10 行;同一帧脉冲可以例如在激光驱动器电路或电子设备(参考号 901)的帮助下启动源 1090 的输出。处理器 299(上面以图 4B 描述的)可以具体实现为或包括任意多用途微处理器或数字信号处理器(DSP);可替换地,处理器可以是专用 ASIC 或其它适当的硬件引擎。

[0096] 除了给传感器 1010 和源 1090(以及诸如激光驱动器 901 的任意附带的驱动器电路)提供同步或其它控制信号之外,处理器 299 还可以将从传感器 1010 获取的数据以流的形式直接发送到内部存储器内(例如,诸如高速缓存)。可以根据图像处理领域一般公知的各种技术中的任意技术处理数据;应当理解,用于处理数据的方法可以取决于例如传感器

1010 的属性和操作特性、整体数据吞吐率要求或这些和其它因素的组合。可以采用适当的处理技术以便确定点质心的位置,并且将质心位置映射到大体如上所述的距离上。

[0097] 在某些实施例中,可以提供片外存储器 (off-chip memory, 即, 在处理器 299 之外), 以便存储必需的或所希望的程序代码、校准数据或其它数据和指令集, 以便推进 LDS 系统的整个操作。图 9 所示的存储器 902 一般地可被实现为闪存、随机访问存储器 (RAM)、动态 RAM (DRAM)、同步 DRAM (SDRAM) 或双倍数据速率 (DDR) SDRAM, 虽然对于某些应用各种其它类型的数据存储技术可能也是适合的。在处理器 299 包括足够的内部高速缓存容量的情况下, 存储器 902 可能不是必需的。

[0098] 如上所述, 可能希望提供能够同步各种部件的操作的同步机制。对此而言, 光学编码器 903 可以给处理器 299 提供数据, 以便帮助同步源 1090 和传感器 1010 两者的间歇操作。如一般公知的, 光学编码器 903 一般包括光电发射器和光电检测器对; 例如, 当一个轴旋转时, 可选择性地中断在发射器和检测器之间传输的光束。处理器 299 可以采用来自光学编码器 903 的数字脉冲, 以便当固定有传感器 1010 和源 1090 的底座旋转时, 控制传感器 1010 和源 1090 的占空比。

[0099] 现在参考图 4B、7 和 9, 应当理解可以采用光学编码器 903 的各种实施例, 虽然在许多情况下可能希望增量式旋转编码器 (incremental rotary encoder)。在采用旋转编码器的 LDS 系统 290 的某些实施例中, 编码 (即, 设计用于中断发射器和检测器之间的束的标记和其它指示物) 可与外壳 292 集成在一起, 而发射器和检测器可被附接到或与底座 291 集成在一起。当底座 291 旋转时, 可以读取布置在静止的外壳 292 上的编码, 从而光学编码器 903 可以给处理器 299 提供表示底座 291 相对于外壳 292 的角方位的数字信号。

[0100] 例如, 可由旋转底座 291 上的两个反射传感器读取固定的径向黑白 (或其它形成对照的) 图案。一个传感器可以读取索引标记或其它指示物, 以便提供关于 LDS 系统作为整体的标定方向 (nominal heading) 的信息, 而另一个传感器可以读取设计为源 1090 和传感器 1010 的操作周期进行定时的图案。以前面的方式, 数据获取的角偏移对于马达速度改变相对不敏感, 从而允许较便宜的马达和松弛的马达和定时控制。

[0101] 图 9 所示的组件可以具有适合的大小, 以便安装在与底座 291 相关联的小 PCB 上。在针对若干部件选择适当操作特性的情况下, 电子器件封装 297 可能能够在正常操作中消耗低于 1W 的功率。可以例如通过旋转中心 (即, 旋转轴处) 上的 2 电线滑动环给电子器件封装 297、源 1090 和传感器 1010 提供电能。可以通过例如工作于 56K 波特或更高的短距离射频 (RF) 调制解调器 (未示出) 执行进出电子器件封装 297 的通信。可替换地, 如上所述, 电子器件封装 297, 并且尤其是, 处理器 299 可以通过数据线与外部设备通信。

[0102] 曝光和读出一般可以顺序地发生, 而处理可与这些操作并行地执行。在某些实施例中, 从传感器 1010 读取所希望数目的行所需的时间可能表现为是对于速度的主要限制, 从而可能希望采用实现快速技术的传感器 1010。例如, 采用成像器上划分行, 对于每秒 4000 次的距离测量的读取速度, 可以在小于 0.25ms 内执行曝光 - 处理 - 读取循环。

[0103] 图 10 是示出了激光距离传感器的旋转几何关系的简化图。为了增加单点距离传感器的视场, 必须扫描传感器装置或其某些部件。如上所述, 用于扫描三角测量传感器的典型硬件配置采用旋转镜以便偏转 (即, 扫描) 输出束, 以及将返回的反射正确地偏转到图像传感器。这种布置具有固有地大体积, 并且难以校准, 需要镜子、传感器和源之间的精确定

位。还难以实现完整的扫描覆盖 – 通常覆盖 180 度或更少。

[0104] 作为对比,上面提出的 LDS 系统可以足够小并且具有足够的刚性,以便允许诸如参考图 4B 和 7 所述的机械扫描。在某些实施例中,传感器和源在一个平面内旋转,以大约 10Hz 或更高的频率产生完整的平面扫描。此处描述的不具有昂贵的镜子和随之而来的对准问题的机械布置使得 LDS 系统能够可靠地工作,同时保持低的制造成本。其它布置也是可能的,例如通过不但测量单点,还测量一组点或一条激光线,还可以产生全三维扫描。这可以通过采用具有线输出的源(即,不是点束输出)和具有适当大小的像素阵列的传感器而轻易地实现。

[0105] 底座 291 可被附接到轴承或允许绕着位于例如源 1090 和传感器 1010 之间的中间位置的旋转轴旋转和自旋(spun)的其它机械元件。当底座 291 旋转时,可能希望使源 1090 产生脉冲输出,从而例如以(旋转的)1 度分辨率获取数据测量。以 10Hz 的旋转速度,前面的策略每秒近似产生 3600 次测量,低于在上面的例子中采用的传感器的每秒 4000 次读取的最大速度。如上所述,在某些情况下,可能例如希望采用感应能量和数据耦合,或者希望采用滑动环或其它机械连接,从而可以使底座 291 旋转任意数目的单向旋转。采用这种结构布置,可以不必在操作过程中反转底座 291 的旋转方向。

[0106] 如图 10 所示,源 1090 相对于旋转中心偏置;由下式给出被扫描物体相对于原点处于旋转中心 c 的固定坐标系统的位置 x, y:

[0107]

$$x' y' = r \cos \varphi, r \sin \varphi$$

[0108] $\alpha = \pi - \beta + \varphi$ (公式 5)

[0109] $x, y = x + b \cos \alpha, y + b \sin \alpha$

[0110] 仅以示例而不是限制的方式参考特定实施例详细给出并且描述了本发明的若干特征和方面。本领域的技术人员应当理解,对公开的实施例的可替换实现和各种修改落在本公开的范围和构思内。因此,旨在认为仅由所附权利要求的范围限制本发明。

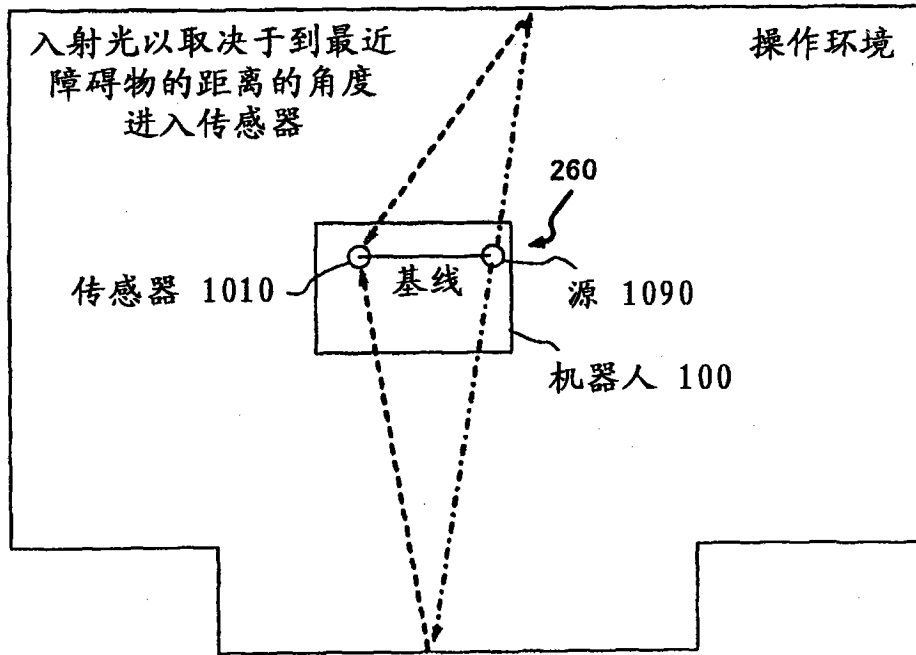


图 1

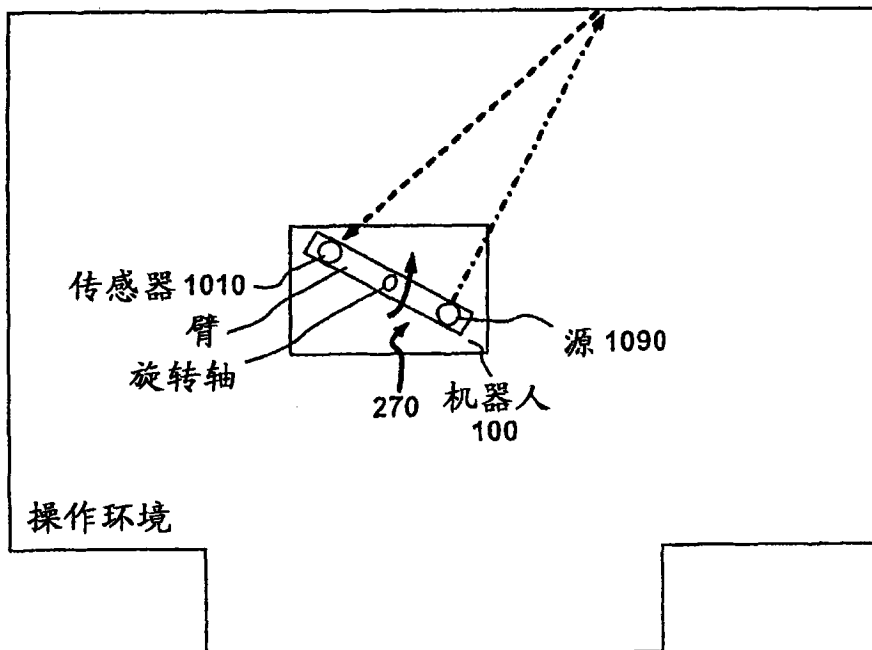


图 2

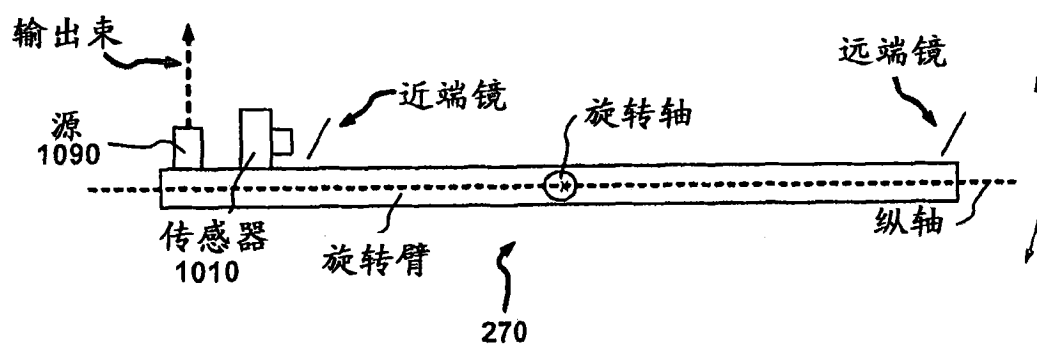


图 3A

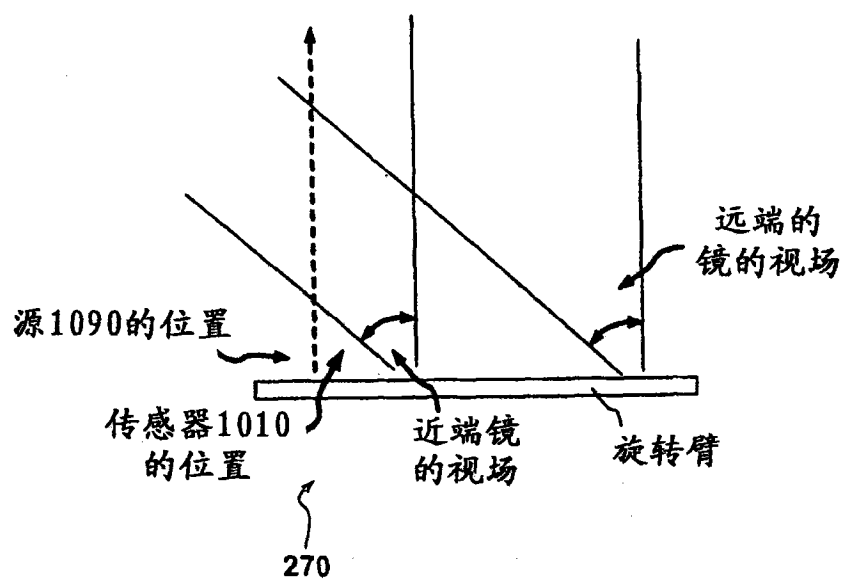


图 3B

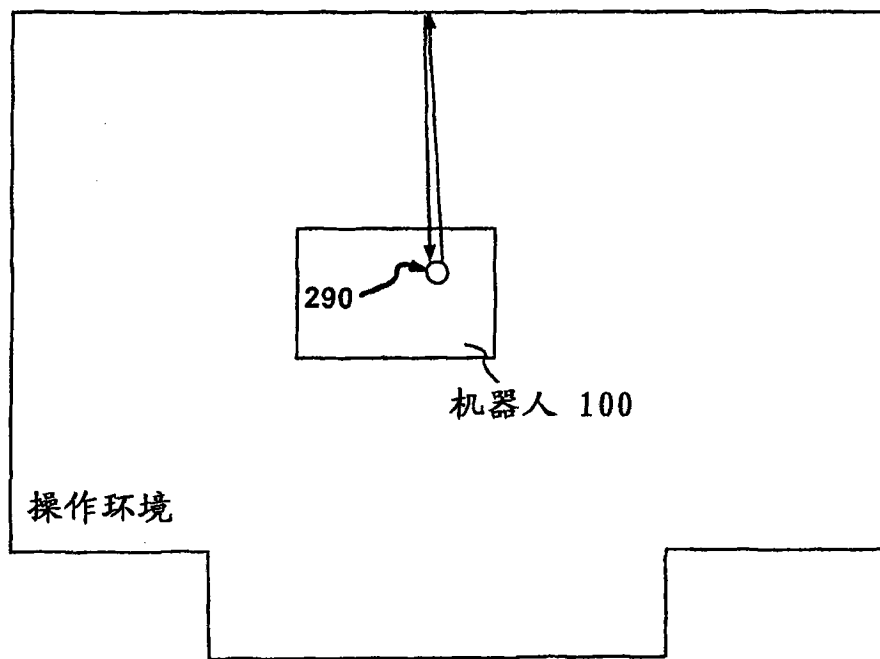


图 4A

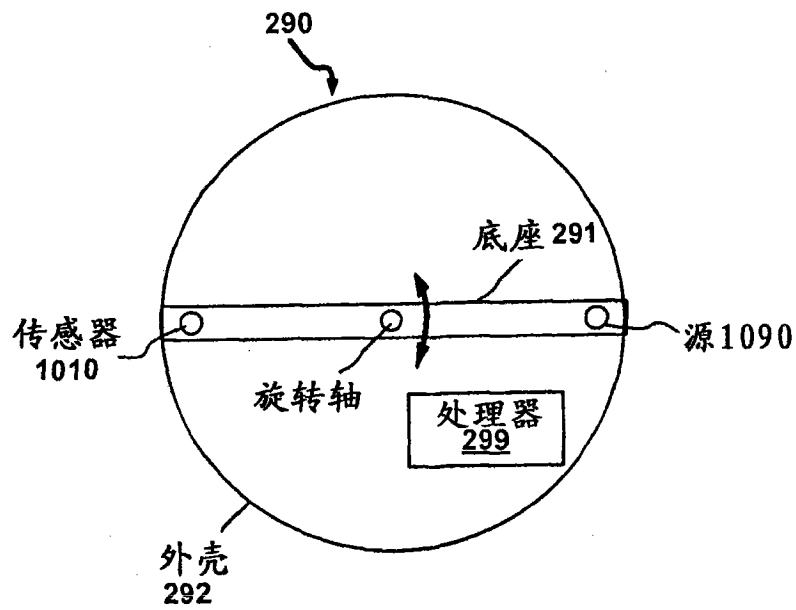


图 4B

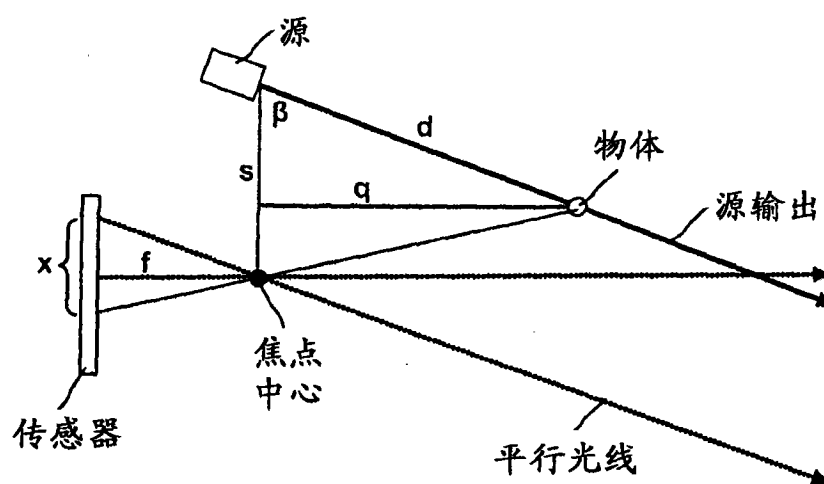


图 5

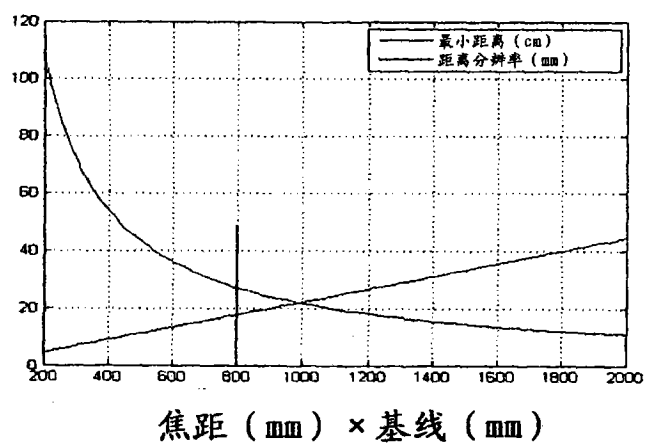


图 6

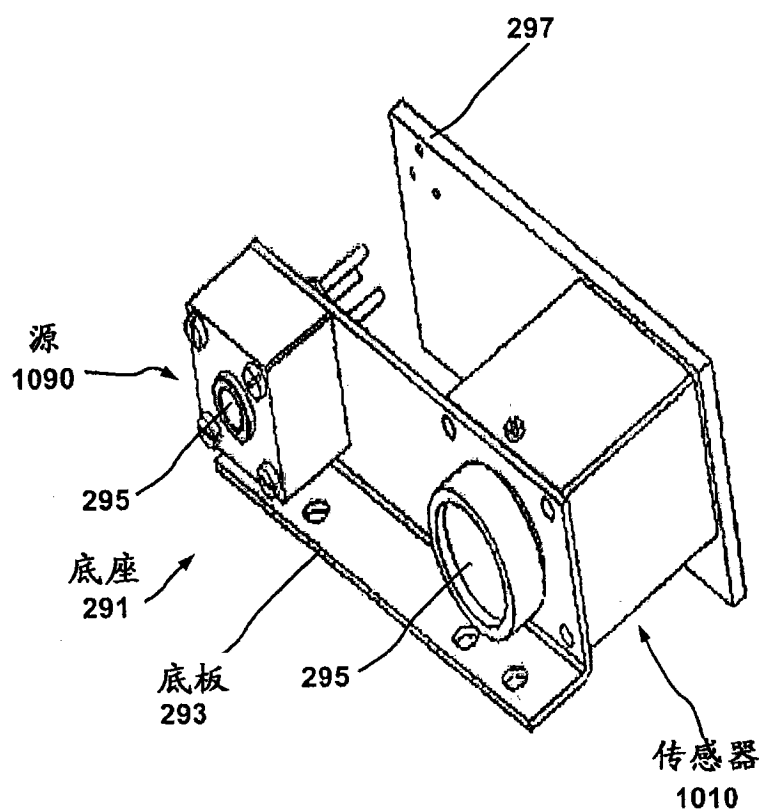


图 7

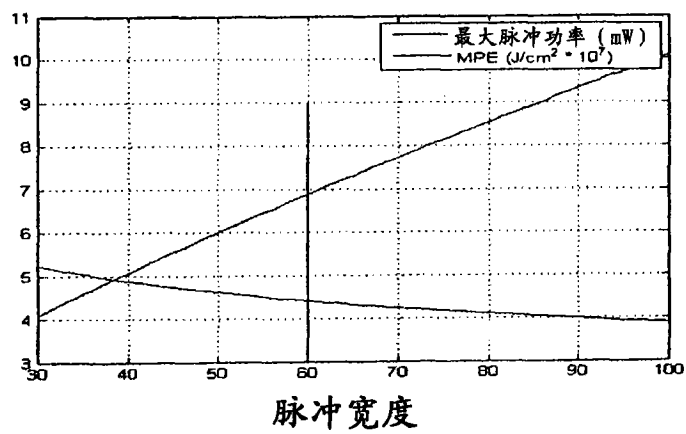


图 8

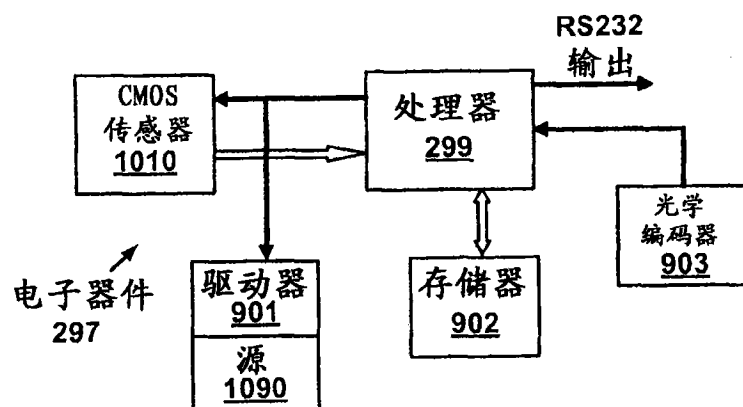


图 9

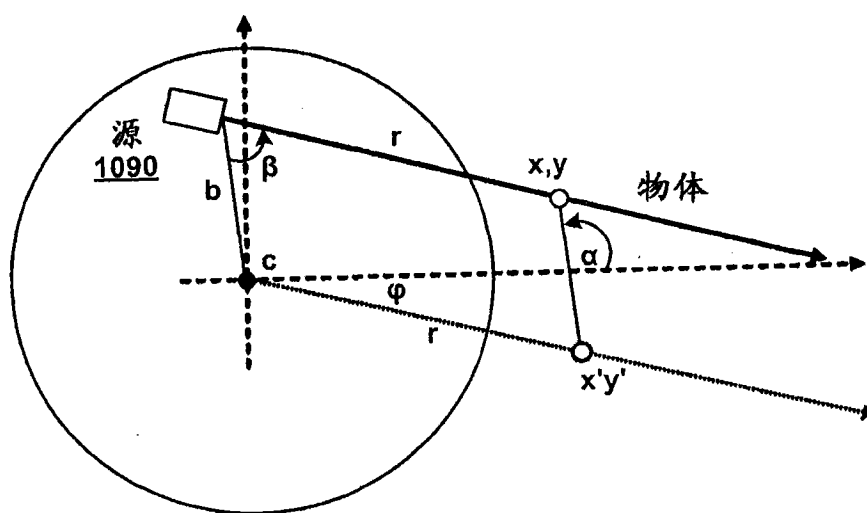


图 10