

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.

G01S 5/00 (2006.01)

G01S 13/93 (2006.01)



[12] 发明专利说明书

专利号 ZL 02827946.8

[45] 授权公告日 2007 年 6 月 6 日

[11] 授权公告号 CN 1320370C

[22] 申请日 2002.12.17 [21] 申请号 02827946.8

[30] 优先权

[32] 2002.1.9 [33] US [31] 10/042,903

[86] 国际申请 PCT/US2002/040347 2002.12.17

[87] 国际公布 WO2003/060545 英 2003.7.24

[85] 进入国家阶段日期 2004.8.9

[73] 专利权人 M/A - COM 公司

地址 美国马萨诸塞州

[72] 发明人 迈克尔·J·帕拉迪

安德鲁·E·亨特 约翰·J·福德

[56] 参考文献

DE 19949409 A1 2001.4.19

WO 0115070 A2 2001.3.1

DE 19711467 A1 1998.10.1

审查员 王 萌

[74] 专利代理机构 北京市柳沈律师事务所

代理人 邸万奎 黄小临

权利要求书 4 页 说明书 9 页 附图 5 页

[54] 发明名称

基于多个传感器的距离读数而确定对象位置的方法和装置

[57] 摘要

本发明是基于多个距离传感器的输出来确定多个实对象的位置的方法和装置。从多个传感器获得多个距离测量，每一传感器能提供多个距离测量。来自多个传感器的距离测量彼此相关以产生潜在对象列表，并从成为实对象的最高到最低可能性排序所述潜在对象列表。该顺序可基于潜在对象基于的个别传感器测量的累积误差。通过将排序列表中最高的潜在对象假设为实对象，并从列表中去掉所有其他排序低的潜在对象，所述所有其他排序低的潜在对象基于所选择的对象所基于的距离测量的任一个，从而将该潜在对象的排序列表减少到实对象的较小列表。对于该列表中保留的下一最高潜在对象而重复该处理，直至该列表中的所有潜在对象被选择为实对象或从该列表中去除。



1. 一种基于多个距离传感器的距离测量来确定多个实对象的位置的方法，每一传感器能提供多个距离测量，所述方法包括步骤：

(1) 从所述传感器获得多个距离测量；

(2) 相关所述多个传感器的所述距离测量，以产生潜在对象和它们的位置的列表，所述潜在对象的每一个基于多个距离测量；

(3) 从成为实对象的最高到最低可能性来排序所述潜在对象列表；

(4) 选择所述排序列表中最高的潜在对象作为实对象；

(5) 确定步骤(4)中选择的所述潜在对象所基于的距离测量；

(6) 从所述排序列表中去除步骤(4)中选择的所述潜在对象以及排序低于步骤(4)中选择的所述潜在对象的任何潜在对象，所述任何潜在对象基于步骤(4)中选择的所述潜在对象所基于的所述距离测量的任一个；和

(7) 重复步骤(4) - (6)，直至已从所述列表中去除所有潜在对象。

2. 根据权利要求1的方法，其中步骤(3)包括以下步骤：

(3.1) 计算潜在对象基于的所述距离测量的累积误差；和

(3.2) 根据所述累积误差计算而排序所述列表，

其中步骤(3.1)包括步骤：

(3.1.1) 对于潜在对象基于的所述距离测量中的至少一个，确定所述至少一个距离测量和产生所述至少一个距离测量的所述传感器到所述潜在对象的所述确定的位置的之间的距离之间的误差；

(3.1.2) 对所述误差的每一个求平方；和

(3.1.3) 相加所述求平方后的误差。

3. 根据权利要求2的方法，其中所述多个传感器包括至少三个传感器。

4. 根据权利要求3的方法，其中步骤(2)包括从所述列表中排除基于来自少于预定数目传感器的距离测量的任何潜在对象的步骤。

5. 根据权利要求4的方法，其中步骤(2)包括执行一个规则，使得潜在对象不能基于来自任意一个传感器的多于一个的距离测量。

6. 根据权利要求3的方法，其中所述多个传感器包括四个传感器。

7. 根据权利要求6的方法，其中步骤(2)包括从所述列表中排除基于来自少于三个传感器的距离测量的任何潜在对象。

8. 根据权利要求1的方法, 其中在步骤(2), 由三边测量确定所述位置。
9. 根据权利要求8的方法, 其中步骤(2)包括步骤:
 - (2.1) 对于每一单独距离测量, 确定由所述距离测量定义的点轨迹;
 - (2.2) 对于每一所述点轨迹, 确定对应于来自其他传感器的距离测量的所述点轨迹中的哪些与所述点轨迹交叉;
 - (2.3) 在所述列表上增加与每一点轨迹对应的潜在对象, 所述每一点轨迹与对应于来自其他传感器的距离测量的至少预定数目其他点轨迹交叉。
10. 根据权利要求6的方法, 其中步骤(2)包括步骤:
 - (2.1) 对于每一单独距离测量, 确定由所述距离测量定义的点轨迹;
 - (2.2) 对于每一所述点轨迹, 确定对应于来自其他传感器的距离测量的所述点轨迹中的哪些与所述点轨迹交叉;
 - (2.3) 在所述列表上增加与每一点轨迹对应的潜在对象, 所述每一点轨迹与对应于来自其他传感器的距离测量的至少预定数目的其他点轨迹交叉。
11. 根据权利要求3的方法, 其中步骤(2)包括仅利用彼此相距最远的两个传感器的所述距离测量来产生所述位置。
12. 根据权利要求11的方法, 其中步骤(3.1.1)包括仅为所述潜在对象基于的所述距离测量确定所述误差, 而不是彼此相距最远的所述两个传感器。
13. 根据权利要求7的方法, 其中步骤(2)包括仅利用彼此相距最远的两个传感器的所述距离测量来产生所述位置。
14. 根据权利要求10的方法, 还包括步骤:
 - (2.4) 仅利用彼此相距最远的两个传感器的所述距离测量来产生所述位置。
15. 根据权利要求9的方法, 其中假设二维环境而执行所述方法。
16. 根据权利要求15的方法, 其中所述点轨迹包括圆周。
17. 根据权利要求7的方法, 其中步骤(1)包括将来自每一传感器的距离测量的数目限制为预定数目。
18. 根据权利要求17的方法, 其中来自每一传感器的距离测量的所述预定数目为10。
19. 一种基于多个距离传感器的距离测量来确定多个实对象的位置的方法, 每一传感器能输出多个距离测量, 所述方法包括步骤:
 - (1) 从所述传感器获得多个距离测量;

(2) 相关所述多个传感器的所述距离测量, 以产生潜在对象和它们的位置的列表, 所述潜在对象的每一个基于来自多个所述传感器的距离测量;

(3) 从成为实对象的最高到最低可能性来排序所述潜在对象列表;

(4) 选择所述排序列表中最高的潜在对象作为实对象;

(5) 从所述排序列表中去掉步骤(4)中选择的所述潜在对象以及排序低于步骤(4)中选择的所述潜在对象的任何潜在对象, 所述任何潜在对象基于步骤(4)中选择的所述潜在对象所基于的所述距离测量中的任一个; 和

(6) 重复步骤(4)和(5), 直至已从所述列表中去掉所有潜在对象。

20. 一种基于距离测量来确定多个实对象的位置的设备, 所述设备包括: 多个距离传感器, 每一传感器能提供多个距离测量;

数字处理器, 适于(a)从所述传感器获得多个距离测量, (b)相关所述多个传感器的所述距离测量, 以产生潜在对象和它们的位置的列表, 所述潜在对象的每一个基于多个距离测量, (c)从成为实对象的最高到最低可能性来排序所述潜在对象列表, (d)选择所述排序列表中最高的潜在对象作为实对象, (e)确定所述选择的潜在对象基于的距离测量, (f)从所述排序列表中去掉所述选择的潜在对象以及排序低于所述选择的潜在对象的任何潜在对象, 所述任何潜在对象基于所述选择的潜在对象所基于的所述距离测量中的任一个, 和(g)重复步骤(d)-(f), 直至已从所述列表中去掉所有潜在对象。

21. 根据权利要求20的设备, 其中在执行步骤(c)时, 所述数字处理器计算潜在对象基于的所述距离测量的累积误差, 并根据所述累积误差计算来排序所述列表,

其中所述处理器通过下列方法计算所述累积误差: 对于潜在对象基于的所述距离测量中的至少一个, 确定所述至少一个距离测量和产生所述至少一个距离测量的所述传感器到所述潜在对象的所述确定的位置的距离之间的误差, 对所述间距的每一个求平方, 和相加所述求平方后的间距。

22. 根据权利要求21的设备, 其中所述多个传感器包括至少三个传感器。

23. 根据权利要求22的设备, 其中所述数字处理器适于在所述列表中仅包括基于来自至少预定数目的传感器的距离测量的潜在对象。

24. 根据权利要求23的设备, 其中步骤(b)包括执行一个规则, 使得潜在对象不能基于来自任意一个传感器的多于一个的距离测量。

25. 根据权利要求 22 的设备, 其中所述多个传感器包括四个传感器。

26. 根据权利要求 25 的设备, 其中所述数字处理器适于在所述列表中仅包括基于来自至少三个传感器的距离测量的潜在对象。

27. 根据权利要求 20 的设备, 其中所述数字处理器通过三边测量确定所述位置。

28. 根据权利要求 23 的设备, 其中所述数字处理器仅利用彼此相距最远的两个传感器的所述距离测量来产生所述位置。

29. 根据权利要求 28 的设备, 其中所述处理仅利用所述潜在对象基于的所述距离测量来计算所述累积误差, 而不是彼此相距最远的所述两个传感器。

30. 根据权利要求 27 的设备, 其中所述数字处理器适于假设二维环境。

31. 根据权利要求 26 的设备, 其中所述传感器的每一个产生不超过预定数目的距离测量。

32. 根据权利要求 31 的设备, 其中所述距离测量的预定数目为 10。

33. 根据权利要求 25 的设备, 其中所述传感器沿直线排列。

34. 一种汽车, 包括权利要求 20 的所述设备。

35. 根据权利要求 34 的汽车, 还包括:

跟踪处理器, 适于基于多个在时间上间隔开的距离测量而确定所述选择的对象的轨迹。

36. 根据权利要求 35 的汽车, 还包括:

控制系统, 用于基于所述轨迹控制所述汽车的速度。

基于多个传感器的距离读数而确定 对象位置的方法和设备

技术领域

本发明涉及基于多个传感器的测量而确定多个对象的位置。更具体地，本发明涉及通过三边测量确定由多个间隔的距离(range)传感器检测的多个对象的位置。

背景技术

三边测量是基于得知对象与多个已知位置的距离(range)(间距(distance))而及时确定对象位置的技术。例如，对象与已知位置(例如一个具体传感器)的距离的得知定义了该对象应当位于的球体，该球体是以传感器为中心的球体，并具有等于测量距离值的半径。两个分离位置(传感器)的距离值定义了该对象应当位于的两个不同球体。因此，该对象应当位于这两个球体的交叉点所定义的点的轨迹上，这是一个圆圈。如果已知第三个位置(或传感器)到该对象的距离，然后已知该对象位于所有三个球体的交叉点所定义的点的轨迹上。在很多实际情况下，这三个球体的交叉点定义了定位该对象的单个点。

作为另一个例子，在二维环境中(或至少可假设为二维的环境)，仅从两个传感器到相同对象的距离读数就能定义在两点交叉的两个圆圈。然而，在多数实际情况下，这些交叉点中的仅仅一个将位于传感器的检测区域内。

提供距离测量但不是方位测量的传感器的一个例子是宽方位雷达反射系统。现有技术中已知，可从已知位置发出射频(RF)波束并然后在相同(或另一已知)位置接收该波束的反射，并检测发出波束和波束反射回该传感器的时间之间的延时。可通过将该延迟时间乘以波速而将该延迟时间转换为来回的间距。

当然，如果雷达波束具有定义的方位角，则雷达检测系统也提供至少一些方位信息。空中交通雷达是提供距离和方位信息的雷达的已知例子。这样的雷达从旋转的发射器天线发出非常窄的波束。所以，可根据反射波束的延

时而确定距离，同时可根据接收该反射波束时天线的角取向而确定方位。

事实上，所有雷达系统都给出一些方位信息，因为发射器很少产生具有全 360° 方位角的完全的球面波前(front)。例如，即使具有与 180° 一样宽的方位角的雷达也消除了方位谱(bearing spectrum)的一半(假设已知传感器面向的方向)。

理论上，当如上述例子中假设的一样在视野中存在单一点对象时，三边测量在算术上是简单的。然而，实际对象不是点对象。例如，检测同一对象的三个传感器可在不同位置检测该对象的稍微不同的表面，其中每一表面都是从本质上定义的。而且，即使在理想点对象的情况下，每一传感器也具有一些误差距离，并由此每一传感器读数将存在一些不精确。因此，在实际形势下，由来自单一对象的三个不同传感器的距离读数定义三个圆圈可能实际上不在单一点相交。相反，可能存在每两个圆圈的三个相邻的交叉点，即第一和第二圆圈、第一和第三圆圈、以及第二和第三圆圈。因此，已开发了各种算法用于基于这样有缺点的读数而估计精确位置。

为了进一步使事情复杂，在实际应用中，一般在视野中存在多于一个对象，使得每一传感器接收多个反射波前以及因此的多个距离读数。仅作为一个例子，让我们考虑非常简单的例子，其中四个传感器的每一个检测来自相同十个实际对象的十个反射波前。在该非常简单的例子中，这意味着将识别 $10 \times 10 \times 10 \times 10 = 10000$ 个“潜在对象”。让我们进一步假设我们仅考虑对象潜在存在于某个地方，其中四个传感器的每一个具有定义一个圆圈(或三维系统中的球体)的距离读数，该圆圈与来自所有其他三个传感器的距离圆圈相交。很可能并非每一传感器的所有距离读数(圆圈)将与所有其他三个传感器的距离读数相交，并因此根据该假设，很可能潜在对象的数目将大大少于 10000 个。然而，潜在对象的数目在包括 10 个实对象的实际环境下仍将计算为几百个。因此，实际三边测量算法应包括用于预测视野中代表实对象和不存在的那些(对应于“虚对象”的那些)的上百个潜在对象的处理。理想地，这样的算法应将视野中的上百个“潜在对象”减少到十个“实对象”。

发明内容

因此，本发明一个目的是提供一种改善的多对象位置传感器方法和设备。本发明的另一个目的是提供一种在多对象三边测量中消除虚对象的方法

和设备。

本发明是一种基于多个距离传感器的输出而利用三边测量法来确定多个实对象的位置的方法和设备。根据该方法和设备，从多个传感器获得多个距离测量，每一传感器能提供多个距离测量。来自所述多个传感器的距离测量彼此相关以产生潜在对象列表。然后按照从成为实对象的最高到最低可能性来排序该潜在对象列表，例如通过根据潜在对象基于的个别传感器测量的计算的累积误差来排序所述对象。然后通过选择该排序列表中最高的潜在对象并将其假设为实对象，并然后从该列表中去除所有其他排序低的潜在对象，从而将该潜在对象的排序列表减少到实对象的较小列表，所述所有其他排序低的潜在对象基于所选择的对象所基于的测量中的任一个。对于该列表中保留的下一最高潜在对象而重复该处理，直至该列表中的所有潜在对象已被选择为实对象或从该列表中去除。

附图说明

现在将参考附图通过例子来描述本发明的实施例，其中：

图 1 是具有根据本发明的传感器系统的汽车的平面图。

图 2 是根据本发明一个特定实施例的智能车辆控制传感器系统的方框图。

图 3 是图示了四个传感器到单一理想的点对象的距离测量的距离图。

图 4 是图示了第二环境中的距离测量的距离图。

图 5 是图示了根据本发明一个方面的操作的流程图。

具体实施方式

本发明涉及利用多个间隔的传感器感测到多个对象的距离，并利用三边测量术确定所述多个对象的位置的一种方法和设备。在复杂环境，例如存在多对象、复杂形状对象、和/或虚读数的环境中，利用该三边测量技术的主要问题之一在于降低通过将相交球体/圆圈确定为可能实对象的图或表的基本三边测量步骤产生的潜在对象的数目。例如，如上所述，在传感器从多个对象接收反射的复杂环境下，当实对象的数目小于一打时，识别的潜在对象的数目可为几百个。

因此，对于在真实世界环境中实际使用的三边测量技术，应将该技术实

现为确定哪个潜在对象可能是实对象，使得潜在对象的列表可降低到相当精确数目的实对象（和它们的位置）。

可在许多不同应用和环境中使用三边测量技术，尤其是根据本发明的三边测量技术。然而，下面将结合与汽车使用相关的几个不同实施例而描述本发明。本领域普通技术人员应理解这不是对本发明的限制而仅是示例实施例。将结合用于检测移动汽车前方的障碍的实施例而具体描述本发明。可结合智能停止和前进系统而使用这样的系统，其中车辆前方的障碍或对象的映像用于控制车辆的速度，例如当在交通堵塞情况下操作时，匹配直接在该小轿车之前的车辆的速度。

讨论集中在根据传感器读数而及时确定给定瞬间的对象位置。然而，在例如前述智能停止和前进车辆控制系统的应用中，也确定检测对象的轨迹（即方向和速度）。在这样的系统中，取得读数的多个临时移位集合，每一集合用于产生视野中对象位置的静态映像。然后为了确定这些对象的轨迹（或速度和方向），这多个映像彼此相关。

图 1 是本发明的示例应用的平面图。在该示例应用中，四个雷达传感器 103 沿直线位于汽车 101 的前端。该雷达传感器可为脉冲或可变频率传感器，使得它们能检测并区别多个反射波前，从而提供到多个对象 111 的距离测量。

在本发明的至少一个优选实施例中，每一传感器是短距离 24GHz 脉冲雷达，例如 M/A-COM of Lowell, Massachusetts 生产的型号 MLAU0003-006。

在至少一个实施例中，每一传感器发射甚短射频（RF）脉冲并然后检测回到该传感器的脉冲的反射。该传感器确定发出脉冲和反射波前之间的延迟并计算到反射该反射波脉冲的对象的距离。传感器的距离应基于应用限制在一些合理的距离。这可通过丢弃低于预定大小和 / 或预定延迟之后接收的任何反射波前而完成。可替换地或另外，距离测量的数目可限制为具体数目，例如十个最近的对象（反射波前）。而且，由于汽车是离不开地面的，因此在汽车应用中假设二维环境通常是合理的，基本不会导致有用信息的丢失。

而且，虽然理论上可在二维三边测量中使用两个传感器，但是一般必须包括多于两个传感器。例如，当对象为复杂形状对象时，很可能一个或多个传感器不能检测期望视野中的对象的反射。而且，多于两个传感器的使用帮助消除以下情况，即来自两个不同传感器的读数仅能将对象的潜在位置的位置减少为两个可能位置而不是一个。多于两个传感器的使用提供了一种手段，

以当来自不同对象的不同传感器的距离读数解释为虚对象时,根据本发明减少虚对象。我们已发现在汽车领域,在汽车保险杠中沿直线安排的四个传感器提供了良好性能。

图2是根据本发明的智能车辆控制系统的方框图。它包括四个距离传感器201、203、205和207以及耦接用于接收传感器的距离测量输出的数字处理器209。该数字处理器209进行这些测量,并通过算法运行它们以创建传感器视野中的对象的映像。在实际停止和前进车辆控制系统中,处理器209可将该映像输出到跟踪处理器211,该跟踪处理器211比较该映像和先前映像以跟踪对象的速度和方向,并产生用于控制汽车的其他组件213例如刹车和加速踏板的信号,由此实现前述停止和前进车辆控制系统。

图3图示了包括由四个传感器阵列所观察的单一对象302的简单模拟情景。方框201、203、205和207分别表示四个传感器的位置。半圆309、311、313和315分别代表来自这四个传感器201、203、205和207的距离观测。每一距离半圆的中心为产生该观测的传感器的位置。在这个视野中仅具有一个对象的简单例子中,假设没有误差并假设该对象具有一个反射点,则所有四个距离半圆在单一点321相交。该点是相对于传感器阵列的检测对象302的位置。

图4代表了汽车遇到的更现实的情况。然而,甚至图4中描绘的环境也是相当简单的。在图4的环境中,相同的四个传感器201、203、205和207检测两个对象,即人401和杆403。理想地,四个传感器201、203、205和207的每一个应检测这两个对象并仅检测这两个对象,即每一传感器应产生两个精确的距离半圆。然而,实际上,以下情况是很有可能,一个或多个传感器(a)不能检测一个或多个对象,(b)接收来自单一对象的两个或多个反射(尤其是如果该对象很大和/或具有复杂形状),和/或(3)仅接收虚遥测(telemetry)。仅从图4可直观地看出哪些圆圈的哪些交点代表实对象有一点含糊。由于来自三个或四个不同传感器的半圆相交于多个位置而使对象的精确位置更模糊也应该是显然的,因为它们不完全相交于单一点,而相交于小区域。简而言之,很难确定哪组距离测量是同一对象的观测。

因此,尽管三边测量的第一步产生例如图3和4图示的映像,并且该数据的算术操作对于不同传感器的距离圆圈的哪些结合对应于实对象、以及该对象的实际位置是什么做出合理假设是必须的。

图 5 是根据用于从传感器距离测量产生实对象列表的本发明分解三边测量算法的简单流程图。图 5 基本上是在图 2 的处理器 209 中发生的步骤的分解。该处理中的第一步骤 501 解析多个传感器的距离测量以识别哪些距离半圆可对应于同一对象，从而创建潜在对象列表。通常可做出某些假设来简化该第一步骤。该第一个合理假设是潜在对象基于的所有距离测量必须来自不同传感器。其次，我们可假设来自不同传感器、彼此不相交的圆圈不对应于同一对象。注意这些假设未必在所有情况下都是正确的。然而，在整个方案中，往往不会导致重大失误。

第三，恰好它们对应于三个或四个传感器读数，则我们考虑潜在对象，即我们排除仅基于两个传感器读数的任何潜在对象。然而，在本发明的优选实施例中，在独立地识别和验证仅基于两个传感器读数的潜在对象的不同运算规则中，考虑仅基于两个传感器读数的潜在对象。

如前所述，四个传感器的每一个产生十个读数，一共有一万个可能的潜在对象。然而，人们通常必须假设一个传感器可能没有接收来自期望视野中的一个对象的反射。因此，人们通常也必须考虑仅三个传感器的距离半圆相交的情况。例如，如果我们也考虑三个传感器的距离半圆重叠的潜在对象情形，则潜在对象的最大数目增加为 $10000 + 1000 + 1000 + 1000 + 1000 = 14000$ 。也就是说，除了上述四个传感器距离交点的 10000 个可能潜在对象之外，还存在三个传感器的相交距离半圆的四个潜在组合，即（1）传感器 1、2 和 3，（2）传感器 1、2 和 4，（3）传感器 1、3 和 4，和（4）传感器 2、3 和 4。由于每一传感器能产生多至 10 个读数，所以对于三个相交距离半圆的另外全部 4000 个可能集合，三个传感器的每一可能组合具有 $10 \times 10 \times 10 = 1000$ 个潜在对象。

当然，上述数目是最坏的情况。交叉圆圈的组合的实际数目由于几个原因一般将为很小。首先，很多距离半圆将不重叠。具体说，由相差大于传感器之间间距的两个或多个传感器的任何两个距离测量（或半圆）将不交叉。而且，传感器的任何一个或多个可能检测到少于十个反射波前。

因此，在该第一阶段产生的潜在对象的数目可能大大小于该潜在最大数目，但在实际环境下仍为几百个。

在该第一阶段，基于相关距离测量而产生潜在对象列表，并将位置指定到每一潜在对象。已知用于基于在单一点不完全交叉的距离测量而估计位置

的几种算法。可采用任何这些合适的算法。

为每一潜在对象确定的特定位置是利用迭代最小二乘法，例如 Levenberg-Marquardt 方法可解决的非线性问题。例如见 William Press et al, “Numerical Recipes in C”, Cambridge University Press, 1999(哥伦比亚大学 1999 年出版的、William Press 等人的“C 中的数字处方”)。然而，我们为了降低计算负担而选择更简单的算法。具体说，在优选实施例中，仅利用潜在对象所基于的三个或四个传感器中彼此相距最远的两个传感器（即最外面的两个传感器）的距离测量而计算潜在对象位置。回顾这些，在优选实施例中，对于即使被做到潜在对象列表中的潜在对象，其也必须基于三个或四个不同传感器的交叉半圆。由此，在这里描述的具体实施例中，对象的可能存在基于三个或四个传感器读数，但仅利用这些距离读数的两个来计算该潜在对象的假设位置，即来自最外面传感器的那些距离读数，并且仅这两个距离读数必须相交。

Monte-Carlo 模拟表示上述最外面传感器方法与迭代 Levenberg-Marquardt 方法相比产生了降低不到 10% 精度的位置结果。

如图 5 的 503 所示，本发明的三边测量技术的第二阶段是根据提供潜在对象对应于实对象的可能性的合理估计的度量（下面称为“分级度量”）而分类或排序该潜在对象列表。为此目的存在许多公知算术算法。在本发明的一个优选实施例中，计算每一潜在对象的累积误差。该累积误差代表某一潜在对象基于的距离测量和第一步骤 501 中确定的潜在对象的指定位置之间的差别。更具体地，用于产生累积误差的一个简单但仍然有效的算法是误差平方和（或 SSE）算法。在该技术中，确定潜在对象基于的每一距离测量和该潜在对象与对应传感器的假定距离（在步骤 501 由该潜在对象的指定位置容易确定）之间的差别。然后求每一个的平方。最后将它们加在一起。

应注意，根据该具体实施例，可能有必要使所计算的 SSE 值彼此标准化。例如，在这里所述的实施例中，其中一些潜在对象基于三个距离读数，一些潜在对象基于四个距离读数，基于三个读数的潜在对象的 SSE 不能直接与基于四个读数的潜在对象的 SSE 相比。由此，例如通过将该 SSE 除以该潜在对象基于的传感器读数的数目而标准化该 SSE。

SSE 技术中存在许多可能的变更。在本发明的一个优选实施例中，其中仅利用如上所述两个最外面传感器的距离测量来确定潜在对象的位置，该度

量被计算为相对于该潜在对象的位置的最里面的传感器距离的平方误差的和。每一平方误差项通过除以传感器测量方差而进一步被标准化。

在该具体实施例中，该分级度量可认为是一个或两个随机变量的和，每一个具有零平均值和统一方差。如果假设每一变量也为标准和独立的，则该分级度量具有卡方(chi-square)分布。具体地，三传感器度量为具有一个自由度的卡方分布(来自其里面的一个传感器)，而四传感器度量具有二个自由度。

三个和四个传感器潜在对象的分级度量的优点是具有相同的统计分布。这将允许这些对象利用该度量直接彼此比较，而不偏爱任一种。为了完成这些，将三个传感器对象的分级度量映射到具有二个自由度的相等卡方值。可由多项式近似法来实现该映射功能。

然后，从最低度量到最高度量，即从最小误差到最大误差排序潜在对象的列表。该排序列表基本是 503 的输出。

消除是该三边测量算法的第三和最后一步，并在图 5 的 505 中示出。该阶段包括将潜在的几百个潜在对象降低到较少数量的实对象。很明显步骤 505 的降低是重要的。例如，让我们考虑存在三个传感器的理想例子，每一个仅正确检测视野中相同的五个实对象。让我们再假设所有五个对象被定位使得任何两个传感器的距离的每个结合交叉。因此，在步骤 501 和 503 产生的排序列表中将有 $5 \times 5 \times 5 = 125$ 个潜在对象。理想地，该消除阶段 505 将该 125 个潜在对象的列表降低为 5 个实对象。降低了 96%。

根据本发明的消除算法实际在算术上相当简单。首先，列表上的最高级潜在对象，例如具有最低累积误差的潜在对象，被选择并假设为实对象。列表中具有较低级并基于所选对象所基于的距离测量的任何一个或多个的每一其他潜在对象假设为虚对象，并从该潜在对象列表中去除。在去除了所有这些对象之后，假设列表中下一最高级潜在对象对应于实对象。然后，列表中具有较低级并基于所选对象所基于的距离测量的任何一个或多个的每一其他潜在对象也再次从该列表中去除。继续该处理直至该列表中的所有对象已被选择为实对象或从该列表中去除。

上述三边测量算法应用到图 4 所示的例子，其中具有四个传感器 201、203、205、207 的汽车面向人 401 和杆 403。该算法识别图中所示的两个对象。因此，该算法产生该具体环境的完全精确的映像。具体地，它正确识别了在该杆和人的位置的点对象。

该实验中的杆 403 是三英寸进度(three inch schedule) - 40 PVC 杆。该杆因为它的非金属材料而具有小雷达横截面。由产生距离半圆 203a、205a 和 207a 的三个传感器 203、205 和 207 观察该杆，而不是最左边的传感器 201。这可能由于天线增益考虑。具体说，最左边的传感器 201 具有朝向该杆的最小天线增益，因为其视角距该具体传感器的内视野(bore sight)最远。

该人 401 是距该传感器阵列最近的点对象。人不总是向该传感器阵列呈现定义明确的反射点。例如，传感器可检测一条腿、另一条腿、或皮带扣。不同传感器可观察人的不同部分。在图 4 的情况下，由全部四个传感器观察该人（见距离半圆 201b、203b、205b、和 207b）。然而，一个传感器 205 报告了到该人的稍短距离 205b。该三边测量算法将该人 401 识别为三传感器对象，并不被看作属于任何对象而与第四传感器距离读数 205b 相关联。

左边第二个传感器 203 产生两个虚观测结果：一个位于人和杆中途 203c，另一个超出该杆 203d。有时，传感器报告虚观测结果。这可能由电磁干扰、多径干扰、或传感器不理想而发生。

尽管已结合二维应用并利用假设所有对象为点对象的三边测量技术而主要描述了本发明，但这些仅是实现主题。本发明可容易地应用到三维环境和其他形式的对象类型假设中。

已开发了新三边测量算法用于利用来自高分辨率雷达传感器阵列的距离数据来定位对象。而且，该算法已证明利用来自困难汽车场景的实际数据来正确决定对象。

尽管已描述了本发明的一些具体实施例，但对于本领域普通技术人员而言，可容易地发生各种改变、修改和改进。由该公开使其明了的这样的改变、修改和改进意欲为本说明书的一部分，尽管不在这里特别说明，并意欲在本发明的精神和范围之内。因此，上述说明仅为例子，而不是限制性的。仅由以下权利要求及其等同物来限定本发明。

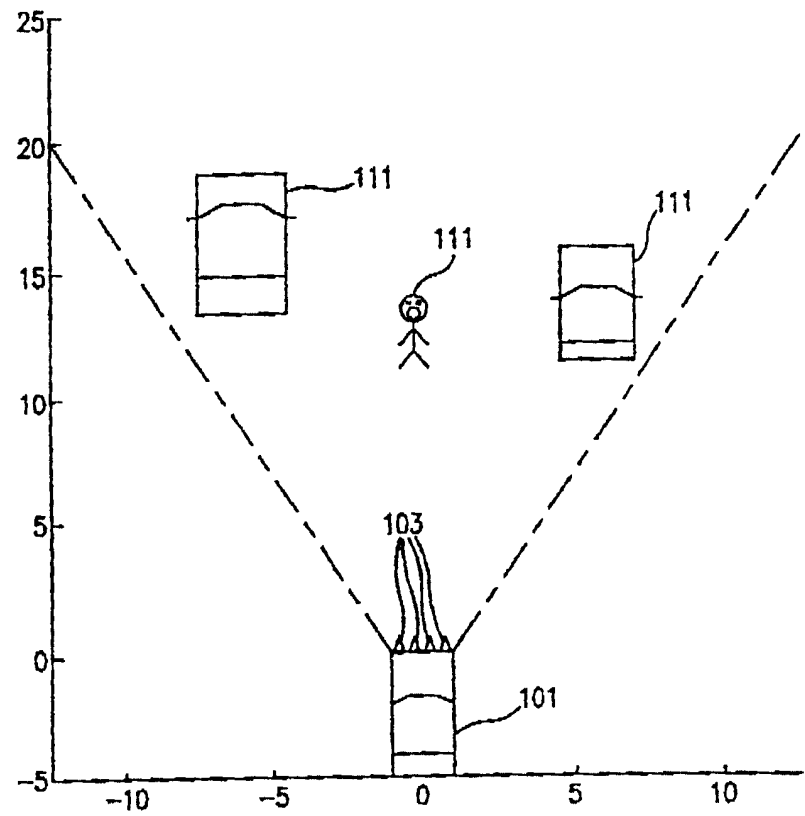


图 1

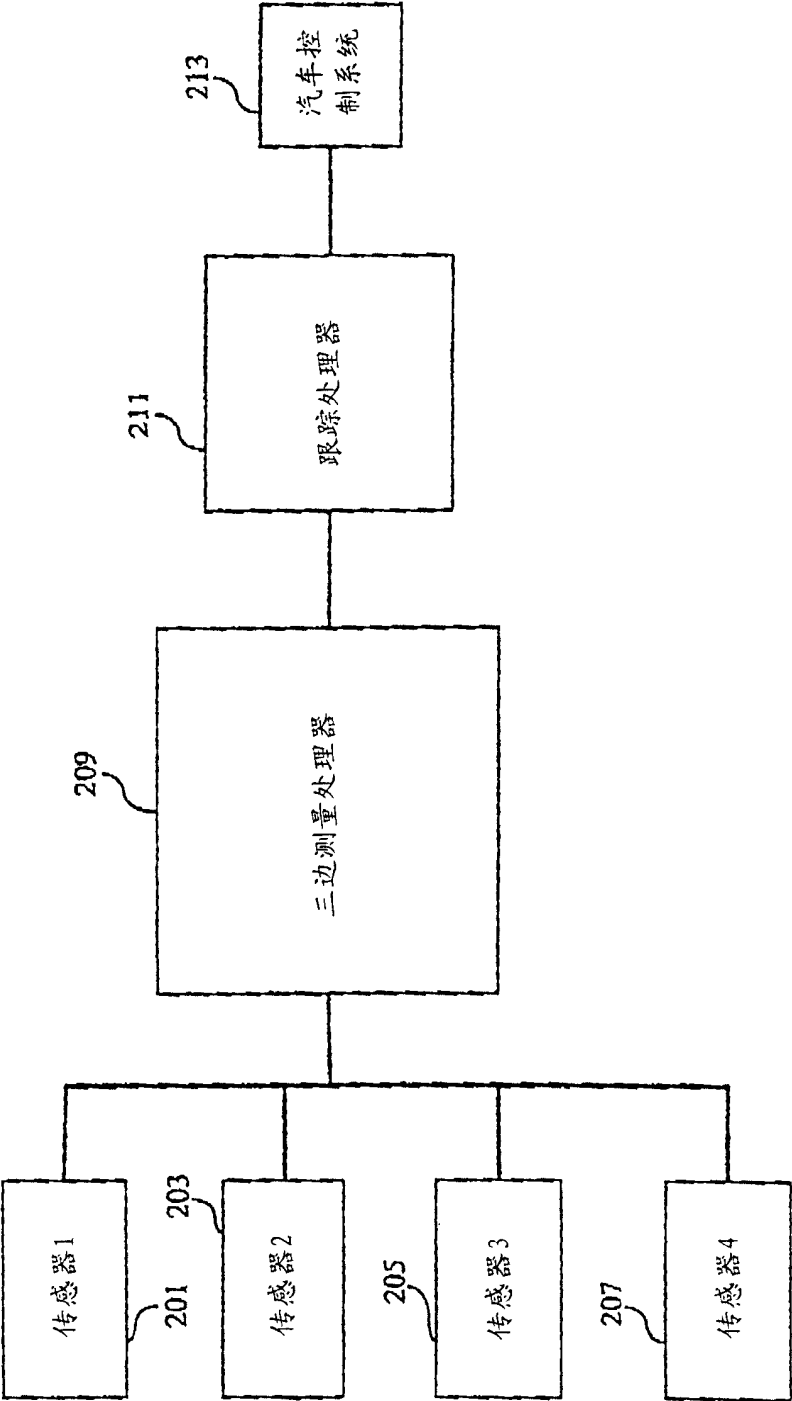


图 2

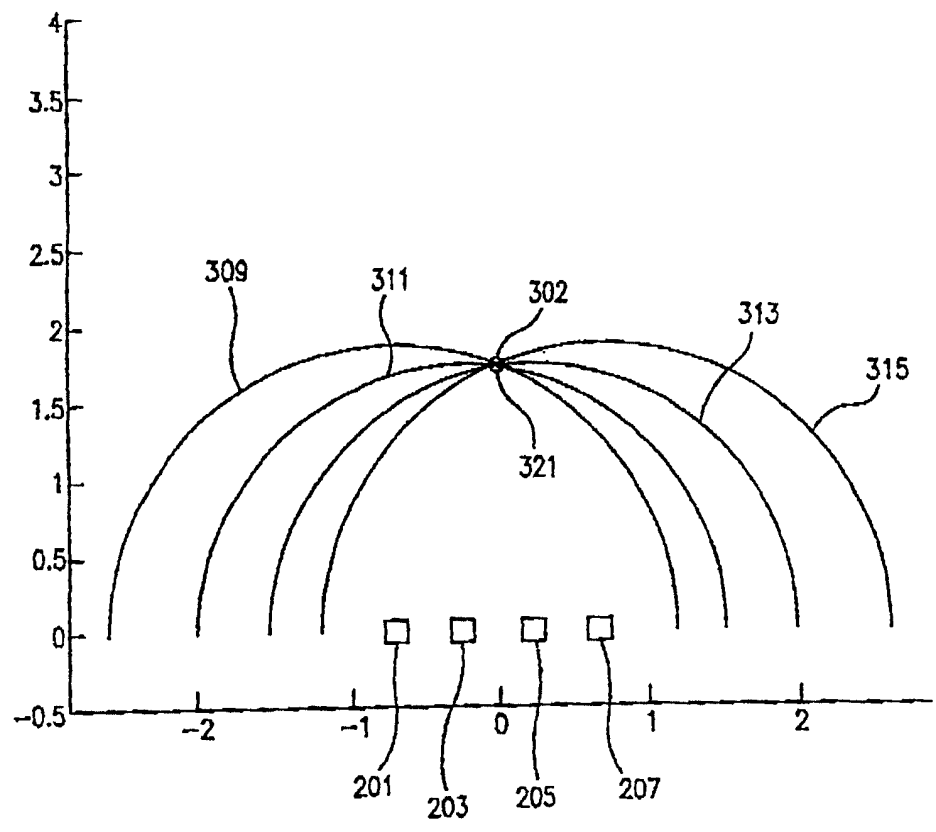


图 3

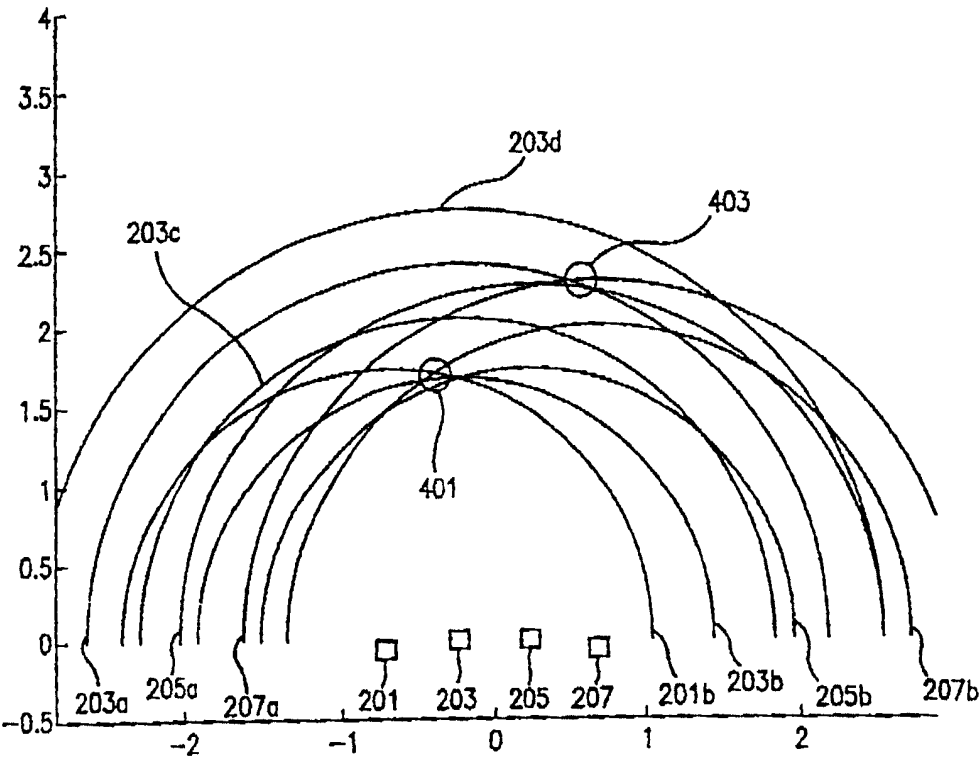


图 4

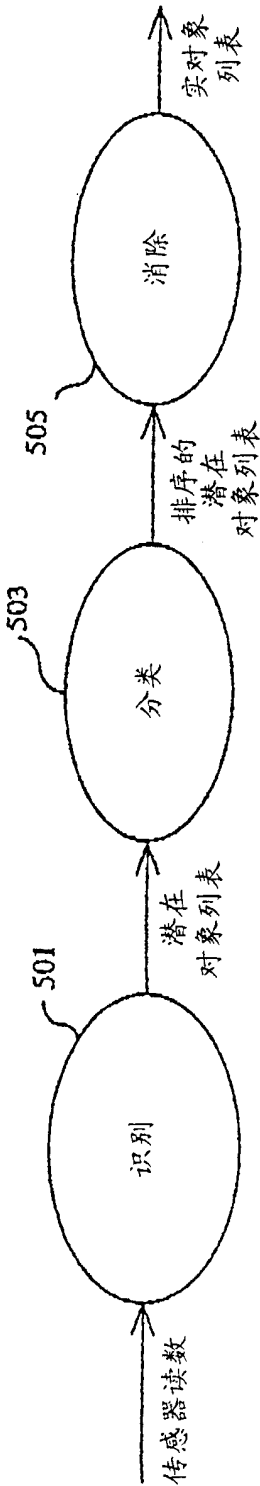


图 5