



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 104094135 A

(43) 申请公布日 2014. 10. 08

(21) 申请号 201280062336. X

代理人 马景辉

(22) 申请日 2012. 12. 13

(51) Int. Cl.

(30) 优先权数据

G01S 13/44 (2006. 01)

11195784. 1 2011. 12. 27 EP

61/576, 609 2011. 12. 16 US

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2014. 06. 16

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/EP2012/075425 2012. 12. 13

(87) PCT国际申请的公布数据

W02013/087787 EN 2013. 06. 20

(71) 申请人 竞技者公司

地址 丹麦韦兹拜克

(72) 发明人 弗雷德里克·图克斯恩

(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

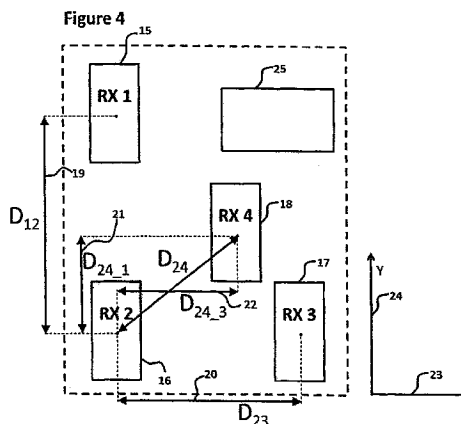
权利要求书3页 说明书11页 附图5页

(54) 发明名称

用于确定入射辐射的到达方向的方法和传感器

(57) 摘要

一种用于确定入射到传感器上的辐射的到达方向的传感器,其具有天线,以不同于矩形的特定设置布置天线,以便可以在被放置于矩形网格的角处的两对天线之间导出信息,从附加天线、结合形成第三对天线的“网格”天线之一,导出附加信息。该附加天线被布置在远离矩形/网格的角和其它预定义的线。如此,与仅仅在矩形角放置的天线相比,诸如从这些对天线之间的相位差中,能够导出更多的信息,从而在不降低角度确定的精度的情况下,能够去除到达方向的模糊角度。



1. 一种用于确定入射到传感器上的辐射的到达方向的传感器,包括:
 - 不超过 6 个的接收天线,每一个接收天线被配置为感测辐射并输出相应的信号,并且其中:
 - o 所述接收天线中的至少 3 个是第一接收天线,所述第一接收天线定义了具有两条第一平行边和两条第二平行边的平行四边形的角,
 - o 所述接收天线中的一个或多个是第二接收天线,每个第二接收天线与所述不超过 6 个的接收天线中的另一个组成一对天线,其中每一对中的天线相对于彼此的定位与以下定位具有相同的关系:一个天线相对于第一接收天线之一的定位与延伸穿过以下的任意对的所有轴的距离大于两个第一接收天线之间的最小距离的 1%:所述平行四边形的四个角中的每一个,和所述平行四边形的四条边中的每一条边的中点,以及
 - 处理器,被配置为接收输出信号并根据至少一对天线中的天线之间的相应的信号中的相位差来导出到达方向。
-
2. 一种用于确定入射到传感器上的辐射的到达方向的方法,该传感器包括不超过 6 个接收天线,每一个接收天线被配置为感测辐射及输出相应的信号,并且其中:
 - o 接收天线中的至少 3 个是第一接收天线,所述第一接收天线定义了具有两条第一平行边和两条第二平行边的平行四边形的角,
 - o 所述接收天线中的一个或多个是第二接收天线,每个第二接收天线与所述不超过 6 个的接收天线中的另一个组成一对天线,其中每一对中的天线相对于彼此的定位与以下定位具有相同的关系:一个天线相对于第一接收天线之一的定位与延伸穿过以下的任意对的所有轴的距离大于两个第一接收天线之间的最小距离的 1%:所述平行四边形的四个角中的每一个,和所述平行四边形的四条边中的每一条边的中点,和该方法包括根据至少一对天线的天线之间的相应的信号中的相位差来导出到达方向。
3. 一种用于确定入射到传感器上的辐射的到达方向的方法,所述传感器包括多个接收天线,每一个接收天线被配置为感测辐射并输出相应的信号,所述方法包括:
 - 布置天线,使得所述天线中的 3 个或更多个第一天线沿第一方向布置在不同的位置,第一天线中的两个第一天线以它们之间具有距离 D 的方式被布置,第一天线中的一个第一天线被安置在所述两个第一接收天线之间,该一个第一天线的位置与直接在所述两个第一天线之间的位置的距离大于 $D*1\%$,
 - 至少基于以下来确定到达方向:
 - o 所述两个第一天线之间的相位差,和
 - o 所述两个第一天线之一和所述一个天线之间的相位差。
4. 一种用于确定入射到传感器上的辐射的到达方向的方法,该传感器包括多个接收天线,每一个接收天线被配置为感测辐射并输出相应的信号,该方法包括:
 - 布置天线,使得:
 - o 天线中的至少 3 个是第一接收天线,所述第一天线定义了具有两条第一平行边和两条第二平行边的平行四边形的角,
 - o 接收天线中的一个或多个接收天线是第二接收天线,每一个第二接收天线与所述不超过 6 个天线中的另一个天线组成一对天线,其中每一对中的天线相对于彼此的定位与以

下定位具有相同的关系：一个天线相对于第一接收天线之一的定位与延伸穿过以下的任意对的所有轴的距离大于两个第一接收天线之间的最小距离的 1%；所述平行四边形的四个角中的每一个，和所述平行四边形的四条边中的每一条边的中点，和

- 至少基于以下确定到达方向：

- o 被布置在所述第一平行边中的一条边上的第一对第一接收天线之间的相位差，
- o 被布置在所述第二平行边中的一条边上的第二对第一接收天线之间的相位差，以及
- o 包括第二接收天线的各对天线中的至少一对天线之间的相位差。

5. 根据权利要求 3 和 4 中任一项所述的方法，其中入射的辐射至少是基本周期性的。

6. 根据权利要求 3-5 中任一项所述的方法，还包括通过把所述辐射的至少一部分反射朝向随后产生入射辐射的目标来引导所述辐射朝向所述目标的步骤。

7. 根据权利要求 3-6 中任一项所述的方法，其中确定步骤包括针对每一对接收天线估计一个或多个候选角度，然后基于一组候选角度确定到达方向，该组候选角度包括来自于每对接收天线的每一个候选角度，该组候选角度具有相对于任一方向的差角之和的最小值，到达方向被选择为该组候选角度的方向。

8. 一种跟踪飞行中的目标的轨迹的方法，发射体反射或发射辐射，该方法包括：

- 使用权利要求 2-7 中的任何一项的方法至少一次确定由所述目标反射或发射的辐射的到达方向，

- 使用雷达跟踪轨迹，和

- 使用所确定的到达方向修正所述轨迹。

9. 一种用于确定入射到传感器上的辐射的到达方向的传感器，该传感器包括多个接收天线，每一个接收天线被配置为感测辐射并且输出相应的信号，该传感器包括：

- 所述天线中的 3 个或更多个第一天线沿第一方向布置在不同位置，所述第一天线中的两个第一天线以相互之间的距离 D 被布置，所述第一天线中的一个第一天线被放置于所述两个第一天线之间，所述一个第一天线的位置与直接在所述两个第一天线之间的位置的距离超过 $D*1\%$ ，

- 确定元件，被配置为接收来自第一天线的输出信号，并且至少基于以下确定所述方向：

- o 所述两个天线之间的相位差，和
- o 所述一个天线和所述两个天线之一之间的相位差。

10. 一种用于确定入射到传感器上的辐射的到达方向的传感器，所述传感器包括多个接收天线，每一个所述接收天线被配置为感测辐射并且输出相应的信号，所述天线被布置为使得：

o 所述天线中的至少 3 个是第一接收天线，所述第一接收天线定义了具有两条第一平行边和两条第二平行边的平行四边形的角，

o 所述接收天线中的一个或多个接收天线是第二接收天线，每一个第二天线与所述多个接收天线中的另一个组成一对天线，其中每一对中的天线相对于彼此的定位与以下定位具有相同的关系：一个天线相对于第一接收天线之一的定位与延伸穿过以下的任意对的所有轴的距离大于两个第一接收天线之间的最小距离的 1%；所述平行四边形的四个角中的每一个，和所述平行四边形的四条边中的每一条边的中点，和

该传感器还包括：确定元件，被配置为接收来自第一接收天线和各对天线中至少一对天线的输出信号，并且至少基于以下来确定到达方向：

- 布置在第一平行边之一上的第一对第一接收天线之间的相位差，
- 布置在第二平行边之一上的第二对第一接收天线之间的相位差，和
- 所述第二接收天线和其它天线组成的第三对天线之间的相位差。

11. 根据权利要求 9 和 10 中任一项所述的传感器，其中所述入射的辐射至少是基本周期性的。

12. 根据权利要求 9-11 中任一项所述的传感器，还包括用于通过把所述辐射的至少一部分反射朝向随后产生入射辐射的目标来引导所述辐射朝向所述目标的发射器。

13. 根据权利要求 9-12 中任一项所述的传感器，其中所述确定元件被配置为针对每一对接收天线估计一个或多个候选角度，然后基于一组候选角度确定到达方向，该组候选角度包括来自于每对天线的一个候选角度，该组候选角度具有相对于任一方向的差角之和的最小值，到达方向被选择为该组候选角度的方向。

14. 一种用于跟踪飞行中的目标的轨迹的传感器，该目标反射或发送辐射，该传感器包括根据权利要求 1 以及 9-13 中的任一项的传感器，其中所述确定元件被配置为：

- 根据来自所述天线的至少一部分的输出信号，导出目标的轨迹，和
- 使用所确定的到达方向修正所述轨迹。

用于确定入射辐射的到达方向的方法和传感器

技术领域

[0001] 本发明涉及一种用于确定入射辐射 (impinging radiation) 的到达方向的方法和传感器,更确切地,涉及避免在比相单脉冲雷达内模糊的方向确定。

背景技术

[0002] 比相单脉冲原理是窄带跟踪雷达用于确定目标和其它角度 / 到达方向确定系统的角度偏离的最广泛使用的方法之一。比相单脉冲技术正被用于,比如,脉冲雷达,脉冲多普勒雷达,连续波 (CW) 多普勒雷达和调频连续波 (FMCW) 多普勒雷达内,也正被遥感勘测接收器所用。比相单脉冲技术的主要概念是测量从一个接收天线到另一个物理上分离的接收天线的、具有准稳定频率的入射波前 (wave front) 的延迟。通过测量这两个接收器之间的接收波的相位差来测量该通常非常短时间的延迟,由于从需要被跟踪的目标反射的或发送的信号的频率 (具有波长 λ) 的准稳定特性,这是可能实现的。

[0003] 众所周知,增加接收天线之间的分离距离 D ,会直接增加雷达的角度灵敏度。为了最大化精确度,因此期望的是最大化接收天线之间的分离 D 。然而,由于两个信号之间的相位差只能是在 $\pm \pi$ 弧度内被无模糊地测量,只有在接收器分离小于接收信号的波长 λ 的一半的情况下,才能保证与物体的角度被明确地测量。一旦分离 D 变得大于 $\lambda/2$,从相位差到角度的转换就会出现模糊。

[0004] 在过去,上述限制已经采用不同的方式被克服。对于大多数比相单脉冲确定系统而言,模糊问题通过使用窄波束天线而被解决,该天线仅仅接收来自于不存在模糊的有限视场的能量。

发明内容

[0005] 本发明通过,比如增加附加的接收天线来解决上述问题,该附加的天线的放置物理上相对于其它接收天线具有特定的关系。该附加的接收天线优选地被放置,从而与原始接收器相比,该附加的接收天线和原始接收天线中的至少一个之间的相位比较在不同的角度上产生模糊偏移 (ambiguity shift)。这意味着基于一个单个的接收雷达脉冲,关于目标的角度可以无模糊地被确定。

[0006] 本发明消除了迄今为止在给定时间点处的接收天线覆盖与使用比相单脉冲原理进行的角度的精确度之间的妥协。将即时的视场覆盖和可获取的精度之间的设计限制分离,这开启了雷达系统与其它到达方向确定系统的一系列新的设计,并且如此会有巨大的商业价值。

[0007] 在第一方面中,本发明涉及一种用于确定冲击该传感器的辐射的到达方向的传感器,包括:

- 不超过 6 个的接收天线,每一个接收天线被配置为感测辐射并输出相应的信号,并且其中:

- o 所述接收天线中的至少 3 个是第一接收天线,所述第一接收天线定义了具有两条第

一平行边和两条第二平行边的平行四边形的角，

o 所述接收天线中的一个或多个是第二接收天线，每个第二接收天线与所述不超过 6 个的接收天线中的另一个组成一对天线，其中每一对中的天线相对于彼此的定位与以下定位具有相同的关系：一个天线相对于第一接收天线之一的定位与延伸穿过以下的任意对的所有轴的距离大于两个第一接收天线之间的最小距离的 1%；所述平行四边形的四个角中的每一个，和所述平行四边形的四条边中的每一条边的中点，以及

- 处理器，被配置为接收输出信号并根据至少一对天线中的天线之间的相应的信号中的相位差来导出到达方向。

[0008] 在这方面，“到达方向”是入射到传感器上的辐射的方向。入射 (impingent) 的意思是辐射从远离传感器的位置朝向传感器发送。典型地，这可以是朝向辐射源的方向，比如辐射从目标元件处被反射或被发送。

[0009] 目前，微波辐射是优选类型的辐射，因为本发明非常适合于雷达应用，比如用于跟踪飞行对象等等。在这种类型的环境下，微波辐射具有很多优势。然而，应注意到，对于所有类型的雷达和所有频率，从 x-射线到无线电波甚至更长的波长都可以发现相同的问题。

[0010] 在当前方面内，该传感器具有不超过 6 个的天线。在这方面，天线是一种被配置为感测辐射并输出相应的信号的元件。通常而言，相应的信号具有与所接收的信号幅度 / 强度相关的参数，比如电流，电压，频率，或数值内容。典型地，该辐射具有周期性的内容，比如频率，从而输出信号是相应变化的。在这方面，即使天线包括多个感测元件，天线也是输出单个信号的单个元件。

[0011] 在某些情况下，输出信号并不仅仅基于所接收的辐射来生成，还利用比如内部基准（例如内部信号）来产生。在标准雷达内，同样被用于向目标发射辐射的内部基准信号，与接收天线输出的信号结合产生周期信号（从辐射波长降频转换至基带信号），其之后涉及一种变化，该变化可以被辐射在其从雷达经目标到雷达的路径上可以被观察到，通常是因目标相对于雷达的移动而导致的频率调制。这个与基准信号的结合能够在当前的天线内被执行，以便输出信号已经是所获取的信号，比如被降频转换的信号。

[0012] 当接收天线中的 3 或 4 个被放置于虚拟的平行四边形的角时，至少两个接收天线沿其第一边设置，并且至少两个接收天线沿与第一边成一个角度的平行四边形的另一边被提供。因而，接收天线可以被用于确定辐射发射元件的 3 维到达方向。

[0013] 在优选实施例中，平行四边形是矩形，但是原则上，边之间的任何角度都可以被使用。应注意到，在这个特定实施例中许多轴都将重合 (coincide)。

[0014] 3 个还是 4 个第一接收天线被用于平行四边形的角，并非是为了获取更多测量能力的一种方式，而是灵敏度的问题，由于现在 2×2 天线被放置在每一个方向上，这与只使用 2 个天线相比，提供了更高的灵敏度。

[0015] 当天线相互的间距是所接收的微波辐射的波长的至少 0.6 倍时，尤其会观察到模糊度的问题。

[0016] 当将第二接收天线与其它接收天线之一（比如第一接收天线之一）以特定的关系被放置时，这一对其它接收天线和第二接收天线将具有相位差，该相位差提供附加信息，该附加信息可以用于去除因放置于平行四边形的各条边的角上的第一接收天线之间的相位差所引起的模糊度。

[0017] 应注意到,第二接收天线可以与第一接收天线中的任何一个一起来提供该信息,该第一接收天线成为天线对中的另一个天线,或者当(第二接收天线)相对于第一接收天线在任何位置处被放置时,如果分离的其它天线相对于该第二接收天线被正确地放置,以便能够获取期望的位置关系,在该位置关系上能够进行相位差信息的搜寻。

[0018] 应注意到,天线经常具有物理范围,因此天线的位置典型地在该范围的中心。因而,天线的一些部分位于与轴的距离小于所述距离的 1% 处的位置,而其中心则不是。

[0019] 在优选的实施例中,第二天线被布置为不小于所述距离的 2%,比如不小于 5%,例如不小于 10%。

[0020] 之后,处理器被用于接收输出信号,并且从多对天线中的至少一对中的天线之间的相应的信号内的相位差中导出到达方向。通常,到达方向也可以从多对第一接收天线的相位差中导出,其中每一对第一天线中的接收天线位于平行四边形的相同边上的角上。

[0021] 自然地,处理器可以是 ASIC, FPGA, DSP, 信号处理器, 单个处理器或分布式处理网络。该处理器可以是软件可编程的,或硬布线的,或上述的结合。

[0022] 可以仅仅使用在平行四边形单个边上的第一接收天线的相位差在一维中来确定到达方向,如果所使用的一个或多个第二接收天线被布置在与平行四边形的该边重合的线上时。

[0023] 可替换地,能够在二维中确定到达方向,其中至少 3 个第一接收天线被使用,其中可以更加独立地选择一个或多个第二接收天线的安置位置。

[0024] 对于本领域技术人员而言,确定相位差是简单的。然而,应清楚,还存在其它方法,这些方法并不直接确定相位差,而是确定等价数据,比如用于描述辐射到达各个天线的所采用的路径差异的时间差,或者是路径差异本身的测量,都能够同样被使用。相位差典型地被用于周期或准周期信号,依据本发明,其也是优选的辐射类型。

[0025] 根据相位差确定到达方向的方式和去除或减少模糊度的方式将在以下被详细描述。

[0026] 本发明的另一方面涉及一种用于确定入射到传感器上的辐射的到达方向的方法,该传感器包括不超过 6 个接收天线,每一个接收天线被配置为感测辐射及输出相应的信号,并且其中:

- o 接收天线中的至少 3 个是第一接收天线,所述第一接收天线定义了具有两条第一平行边和两条第二平行边的平行四边形的角,

- o 所述接收天线中的一个或多个是第二接收天线,每个第二接收天线与所述不超过 6 个的接收天线中的另一个组成一对天线,其中每一对中的天线相对于彼此的定位与以下定位具有相同的关系:一个天线相对于第一接收天线之一的定位与延伸穿过以下的任意对的所有轴的距离大于两个第一接收天线之间的最小距离的 1%;所述平行四边形的四个角中的每一个,和所述平行四边形的四条边中的每一条边的中点,和

[0027] 该方法包括根据至少一对天线的天线之间的相应的信号中的相位差来得到到达方向。

[0028] 本发明的第三方面涉及一种用于确定入射到传感器上的辐射的到达方向的方法,所述传感器包括多个接收天线,每一个接收天线被配置为感测辐射并输出相应的信号,所述方法包括:

- 布置接收天线,使得所述接收天线中的 3 个或更多个第一接收天线沿第一方向布置在不同的位置,

- 第一天线中的两个第一天线以它们之间具有距离 D 的方式被布置,第一天线中的一个第一天线被安置在所述两个第一接收天线之间,该一个第一天线的位置与直接在所述两个第一接收天线之间的位置的距离大于 $D*1\%$,

- 至少基于以下来确定到达方向:

- o 所述两个第一天线之间的相位差,和
- o 所述两个第一天线之一和所述一个天线之间的相位差。

[0029] 因而,提供了一种更简单的设置,在单个直线上只需要提供 3 个接收天线,并且它们之间具有不同的距离。应明白,保持角度和辐射波长恒定,接收天线之间的一个距离,将提供一组可能的角度候选,其它差值的明智选取将提供另一组角度候选。结合或比较这些候选将消除或减少可能的模糊的角度。

[0030] 本发明的第四方面涉及一种用于确定入射到传感器上的辐射的到达方向的方法,该传感器包括多个接收天线,每一个接收天线被配置为感测辐射并输出相应的信号,该方法包括:

- 布置天线,使得:

o 天线中的至少 3 个是第一接收天线,所述第一天线定义了具有两条第一平行边和两条第二平行边的平行四边形的角,

o 接收天线中的一个或多个接收天线是第二接收天线,每一个第二接收天线与所述多个接收天线中的另一个天线组成一对天线,其中每一对中的天线相对于彼此的定位与以下定位具有相同的关系:一个天线相对于第一接收天线之一的定位与延伸穿过以下的任意对的所有轴的距离大于两个第一接收天线之间的最小距离的 1% :所述平行四边形的四个角中的每一个,和所述平行四边形的四条边中的每一条边的中点,和

- 至少基于以下确定到达方向:

- o 被布置在所述第一平行边中的一条边上的第一对第一接收天线之间的相位差,
- o 被布置在所述第二平行边中的一条边上的第二对第一接收天线之间的相位差,以及
- o 作为第二接收天线和其它有关天线的天线对中的至少一对之间的相位差。

[0031] 与第三方面相比,该方面涉及二维确定,其中接收天线相对于不同的两个方向被布置,从而在它们之间存在非零角度。优选地,这两个方向互相垂直,从而平行四边形是一个矩形,然而,任何非零角度都可以被使用。

[0032] 与第三方面相反,用于每一个维度或方向上的接收天线不必沿该方向被设置在一条线上。接收天线可以被设置为与其有一段距离。这具有很多优势,即用于一个维度的一个或多个天线同样可以被重新用于其它方向。

[0033] 通常,3 个或更多第一接收天线被使用,其定义了虚拟的平行四边形的角,或定义了两个非平行方向和沿这些方向的第一接收天线之间的距离。自然,可以在两个方向上都设置一个或多个第一接收天线,并且被布置在平行四边形的两条边的角上。

[0034] 导出到达方向的具体方式涉及从多对第一接收天线中导出的至少三个相位差的使用,该第一接收天线被选择出来沿两个方向或沿平行四边形各组非平行的边布置,并且,特别挑选的一组 / 对接收天线包括第二接收天线,其中特定的位置关系存在于第二接收天

线和比如第一接收天线的其它天线之间。包括第二天线的一对或多对天线之间的位置关系确保了用于确定到达方向的附加信息。

[0035] 在这方面,可以存在第二接收天线和其它相关天线所组成的若干对。自然,在这种情形下,该一个或多个对的相位差是相关的第二接收天线和其它天线之间的相位差。

[0036] 如上进一步提及的,相位差可以被其它测量所替代,比如时间差或路径差,其是描述相同现象的另一种方式:事实是,辐射从一个方向到达接收天线,由于其行进不同的距离,可以在不同的时间点到达接收天线。

[0037] 在上述方面的任何一个的优选实施例中,辐射至少是基本周期性的,比如时间上呈周期性,例如具有类似正弦形状。存在这种情况,其中信号是幅度调制或频率调制的,并且与自身结合(差拍(beated),相加/相乘)。在很多实例中,比如在雷达技术中,这些都是典型的情况。

[0038] 在该实施例或另一实施例中,其同样与本发明的所有方面有关,该方法进一步包括通过把所述辐射的至少一部分反射朝向随后产生入射辐射的目标来引导所述辐射朝向所述目标的步骤。在雷达设备内这个同样是典型的,其之后也有用于提供辐射的发射器,其中,辐射或表示它的信号可被用于上述结合中,以便实现具有周期特性的输出信号。

[0039] 通常,期望辐射入射到所有天线上,并且天线设置在相同基板上,比如平板,当需要时可选的可移动或可旋转。

[0040] 在优选的实施例中,确定步骤包括针对每一对接收天线估计一个或多个候选角度,然后基于一组候选角度确定到达方向,该组候选角度包括来自于每对接收天线的的一个候选角度。该组候选角度具有相对于任一方向的差角之和的最小值,到达方向被选择为该组候选角度的方向。

[0041] 模糊的最本质特性是,大量角度提供相同的相位差,因而仅仅使用两个接收天线不可能把彼此区分开来。因而,对于每一个相位差而言,使用两个接收天线,大量候选角度可能被导出。将天线对之间的距离选择为不同,或通常明智地选择该对中的天线的位置,另一距离或相对位置的候选角度将会不同。因而,通过比较候选角度,比如在每一个维度上,将提供与其它一个或多个天线对的任何候选角度都不重合的一个天线对的候选角度,但是,至少在一测量误差范围内,来自于一个对的至少一个角度与来自该一个或多个其它对的一个角度是一致的。

[0042] 因而,已经生成两组或更多组的候选角度(每个天线对对应一组),对每一组确定一个方向,其中该组的方向是与该组的候选角度的差角的和最小的那个方向。之后,到达方向被确定为具有最小差角和的那一组的方向。这是一个简单的最小化操作。

[0043] 本发明的所有方面的一个特定优势在于,可以处理模糊度,即便相对于接收天线之间的单脉冲距离 D ,传感器具有一个大的视场。因而,优选地,在相应的维度上,本发明的传感器的接收天线的间距超过至少一个接收天线的宽度的 1.2 倍。

[0044] 本发明的第 5 个方面涉及一种跟踪飞行中的目标的轨迹的方法,发射体反射或发射辐射,该方法包括:

- 使用本发明第二和第四方面的任何一个的方法至少一次确定由所述目标反射或发射的辐射的到达方向,

- 使用雷达跟踪轨迹,和

- 使用所确定的到达方向修正所述轨迹。

[0045] 在该方面中,目标可以是任何类型的飞行物体,比如行进中的发射体,与运动有关的球等等。该目标可以发送辐射或反射朝向该目标的辐射。

[0046] 目标轨迹的跟踪可以使用雷达来执行,其接收来自目标的辐射并且将其转换为定义轨迹的信息。自然,雷达也能够用于执行到达方向的确定,如果其被适当地配备根据本发明的接收天线结构和在其处理器上运行的修正软件的话。

[0047] 轨迹的修正可以基于一个或一些已确定的到达方向而被执行,比如若雷达基于具有模糊度问题的测量执行常规的轨迹确定,此时可以执行到达方向的确定,之后对已经被确定的轨迹或要被确定的轨迹进行修正。

[0048] 可替换地,完整轨迹或其大部分能够基于数据来被确定,该数据同样在到达方向确定中所使用,以便在大部分时间都执行该确定。因而该轨迹可以最初以修正方式生成。

[0049] 本发明的第六个方面涉及一种用于确定入射到传感器上的辐射的到达方向的传感器,该传感器包括多个接收天线,每一个接收天线被配置为感测辐射并且输出相应的信号,该传感器包括:

- 所述接收天线中的 3 个或更多个第一接收天线沿第一方向布置在不同位置,所述第一天线中的两个第一天线以相互之间的距离 D 被布置,所述第一天线中的一个第一天线被放置于所述两个第一天线之间,所述一个第一天线的位置与直接在所述两个第一天线之间的位置的距离超过 $D*1\%$,

- 确定元件,被配置为接收来自第一天线的输出信号,并且至少基于以下确定所述方向:

- o 所述两个第一接收天线之间的相位差,和
- o 所述一个天线和所述两个天线之一之间的相位差。

[0050] 这与第三方面相似,上述各方面的解释对于该第六方面而言等同有效。

[0051] 本发明的第七方面涉及一种用于确定入射到传感器上的辐射的到达方向的传感器,所述传感器包括多个接收天线,每一个所述接收天线被配置为感测辐射并且输出相应的信号,所述天线被布置为:

o 所述接收天线中的至少 3 个是第一接收天线,所述第一接收天线定义了具有两条第一平行边和两条第二平行边的平行四边形的角,

o 所述接收天线中的一个或多个接收天线是第二接收天线,每一个第二天线与不超过 6 个接收天线中的另一个组成一对天线,其中每一对中的天线相对于彼此的定位与以下定位具有相同的关系:一个天线相对于第一接收天线之一的定位与延伸穿过以下的任意对的所有轴的距离大于两个第一接收天线之间的最小距离的 1% :所述平行四边形的四个角中的每一个,和所述平行四边形的四条边中的每一条边的中点,和

该传感器还包括:确定元件,被配置为接收来自第一接收天线和各对天线中至少一对天线的输出信号,并且至少基于以下来确定到达方向:

- o 布置在第一平行边之一上的第一对第一接收天线之间的相位差,
- o 布置在第二平行边之一上的第二对第一接收天线之间的相位差,和
- o 包括第二天线多对天线中至少一对天线中的天线之间的相位差。

[0052] 这对应于第四方面,并且做出的与本发明的上述方面的任何一个有关的所有评

论,与该方面同样有关。

[0053] 在优选的实施例中,入射的辐射至少是基本上周期性的,比如在时间上是周期性的,如上面所进一步描述的一样。

[0054] 优选的传感器进一步包括用于通过把所述辐射的至少一部分反射朝向随后产生入射辐射的目标来引导所述辐射朝向所述目标的发射器。。

[0055] 优选的,所述确定元件被配置为针对每一对接收天线估计一个或多个候选角度,然后基于一组候选角度确定到达方向,该组候选角度包括来自于每对接收天线的一个候选角度,该组候选角度具有相对于任一方向的差角之和的最小值,到达方向被选择为该组候选角度的方向。

[0056] 自然,其它最小化操作可以被使用,这样的其它技术用于寻找与候选角度最符合的到达方向。

[0057] 本发明的最后一个方面涉及一种用于跟踪飞行中的目标的轨迹的传感器,该目标反射或发送辐射,该传感器包括根据第 1 和第 3 方面中的任一项的传感器,其中所述确定元件被配置为:

- 根据来自所述天线的至少一部分的输出信号,导出目标的轨迹,和
- 使用所确定的到达方向修正所述轨迹。

[0058] 如与第五方面有关的描述中一样,该修正可以在确定轨迹过程中或确定轨迹之后被执行,可以使用常规雷达生成轨迹,该常规雷达具有模糊度问题,或者使用同样能够确定到达方向的雷达,以便实际上轨迹从一开始就是修正的。

附图说明

[0059] 在以下中,参考附图,优选实施例将被描述,其中:

- 附图 1 示出了单脉冲接收雷达的现有技术;
- 附图 2 示出了附图 1 的雷达内存在的模糊度;
- 附图 3 示出了根据本发明依据第一实施例的雷达;
- 附图 4 示出了根据本发明依据第二实施例的雷达,和
- 附图 5 示出了在平行四边形实施例中的可能方案。

具体实施方式

比相单脉冲原理

[0060] 在附图 1 中,考虑具有两个分离的接收天线 1 (RX1) 与 2 (RX2) 的标准雷达接收器,该接收天线 RX1 和 RX2 分离距离 3 (D_{12})。从目标反射的入射波前 5 以相对于直线 4 的角度 6 (E) 到达,该直线 4 相对于穿过两个接收天线 1 和 2 的直线 3 成 90 度。由于角度 6 (E),被接收天线 1 接收的信号行进的附加距离 7 等于 $D_{12} \cdot \sin(E)$ 。

[0061] 结果是,来自于接收天线 RX1 的接收信号 8 与来自于接收天线 RX2 的信号 9 相比,它们之间的相位差 θ_{12} (以弧度为单位) 将被移相一定量,该一定量等于距离 7 除以波长 λ 且乘以 2π ,参见公式 [1]。

$$[0062] \quad \theta_{12} = 2\pi \frac{D_{12} \cdot \sin(E)}{\lambda} \quad [1]$$

[0063] 公式 [1] 被所有的比相单脉冲跟踪雷达所使用,以根据两个物理分离的天线 RX1 和 RX2 之间的被测量的相位差 θ_{12} 来确定与目标的物理角度。

[0064] 由于两个周期信号之间的相位差只能在 $\pm \pi$ 弧度内无模糊地被测量,相位差 θ_{12} 实质上包括 N_{12} 乘以 2π , 其中模糊指数 N_{12} 是整数,比如 $-2, -1, 0, 1, 2$ 等等。因此,公式 [1] 可以被重写为公式 [2], 其中 θ_{12amb} 是直接测量的相位差,并且其将一直在 $\pm \pi$ 弧度内。

$$[0065] \quad \sin(E) = \left(\frac{\theta_{12amb}}{2\pi} + N_{12} \right) \frac{\lambda}{D_{12}} \quad [2]$$

[0066] 在 $N_{12} = 0$ 这种特殊的情形下, θ_{12amb} 等于公式 [1] 中的 θ_{12} 。由于 $\sin(E)$ 一直绝对值小于 1, 对于在公式 [2] 中被使用的模糊指数 N_{12} 具有绝对值上限, 参见公式 [3]。

$$[0067] \quad |N_{12}| \leq \text{floor}\left(\frac{D_{12}}{\lambda} + 0.5\right) \quad [3]$$

[0068] 表格 1 中, 对于接收天线 RX1 和 RX2 之间的一些不同距离 D_{12} , 可用的 N_{12} 的数字被列出。

接收器分离, D_{12}	模糊指数, N_{12}
$\leq \lambda / 2$	0
$\leq 3 \lambda / 2$	-1, 0, 1
$\leq 5 \lambda / 2$	-2, -1, 0, 1, 2
$\leq 10 \lambda / 2$	-5, -4, -3, -2, -1, 0, 1, 2, 3, 4, 5

表格 1: 模糊指数 N_{12} 和接收器分离 D_{12}

[0069] 附图 2 中, 对于相对于接收天线 1 和 2 位于位置 10 的目标而言, 这意味着仅仅从直接测量的相位差 θ_{12amb} , 没有办法判别目标是位于附图 2 中的位置 10 处还是位于位置 11 中的一个处。附图 2 中的“虚像位置”11 对应的是 $-2, -1, 1, 2$ 的模糊指数 N_{12} , 而不是在这种情况下正确的模糊指数 $N_{12} = 0$ 。

[0070] 以上所描述的模糊度问题对于用于确定目标相对于接收器方向的角度比相单脉冲接收器系统而言一直以来是一个挑战。这些可以通过 1) 假设一个初始化模糊指数, 或者通过 2) 随时间观察目标的角度移动并且使用预先确定的目标的“可能的”移动对其进行修正而克服。对于大多数比相单脉冲雷达而言, 方案 1) 已经被使用。为了假设模糊指数 N_{12} 等于 0 是正确的, 必须使得接收器波束宽度足够窄以便消除获取不等于 0 的模糊指数 N_{12} 的可能性。对于在平行于接收天线 RX1 和 RX2 之间的方向的方向上具有物理宽度 W 的接收天线而言, 在该维度内可能的最窄 3db 波束宽度由 [4] 得出。

$$[0071] \quad BW_{3dB} = \pm a \sin\left(\frac{\lambda}{2.26 \cdot W}\right) \quad [4]$$

[0072] 对应于模糊指数 N_{12} 是 0 的角度范围由 [5] 得出。

$$[0073] \quad \theta_{N_{12}=0} = \pm a \sin\left(\frac{\lambda}{2 \cdot D_{12}}\right) \quad [5]$$

[0074] 这意味着,若在一个维度内天线尺寸 W 大于用于比相单脉冲的、在相同维度内的接收器天线之间的距离 D_{12} 的 1.13 倍,那么,入射波的到达方向确定中就会出现模糊。意思是,除非使用本发明或者提供附加的信息,到达方向的确定是模糊的。

解决相位模糊度的单脉冲

[0075] 为了解决上述模糊度问题,提供一附加的接收天线 12 (RX4)。

[0076] 已知的大量天线传感器,比如包含了以网格(特别是线性间隔)排列的多个接收器的相位阵列接收器。这些系统能够确定来自于目标的被反射的/被发射的波的到达方向,但是只有在接收器的行或列的至少一个的间隔小于 $\lambda/2$ 的情况下。当前实施例是基于仅仅增加一个附加的接收天线 RX4,其被放置在与接收天线 RX1 或 RX2 的距离不同于 D_{12} 的位置处。

[0077] 在附图 3 中,一维设置被描述,旨在确定一维内的到达方向,即该一维是与接收天线 RX1 和 RX2 之间的连线相关的。在该实施例中,接收天线 (RX4) 12 被安置在离接收天线 RX2 的距离 $15 (D_{24_1})$ 的位置处,并被设置在穿过接收天线 RX1 和 RX2 的相同的直线上。以这种方式,所确定的相移可以被用于确定图中的平面上的角度或波束的到达方向。

[0078] 因而, $\sin(E)$ 可以根据来自于接收天线 RX2 的接收信号相比于来自于接收天线 RX4 的信号之间的弧度中的相位差 θ_{24amb} 被确定,参见公式 [6]。

$$[0079] \quad \sin(E) = \left(\frac{\theta_{24amb}}{2\pi} + N_{24} \right) \frac{\lambda}{D_{24_1}} \quad [6]$$

[0080] 当相位差 θ_{12amb} 和 θ_{24amb} 在相同时刻被确定时,公式 [2] 和 [6] 两者都需要被满足。在附图 3 中,图示的阐述,具有 N_{12} 和 N_{24} 都等于 0 时所对应的正确的目标位置 10 被示出,还有模糊指数 N_{24} 是 -1 和 1 时所对应的虚象位置 14,和模糊指数 N_{12} 是 -2, -1, 1 和 2 时所对应的虚象位置 11。从附图 3 中可以很容易地看到,只有正确的位置 10 同时满足相位差 θ_{12amb} 与相位差 θ_{24amb} ,这是由于虚象位置 11 和 14 都不重合。因而,模糊度问题可以被解决,在一个给定的时刻处可以确定相应的指数 N_{12} 和 N_{24} 。在数学上有多种方式来确定哪一对 N_{12} 和 N_{24} 同时满足公式 [2] 和 [6]。一个方式是,仅仅使用满足公式 [3] 的 N_{12} 值,最小化公式 [7] 中的项 err 。在公式 [7] 中, N_{24} 是任一整数。

$$[0081] \quad err = \left| \frac{\theta_{24amb}}{2\pi} + N_{24} - \frac{D_{24_1}}{D_{12}} \left(\frac{\theta_{12amb}}{2\pi} + N_{12} \right) \right| \quad [7]$$

[0082] 另一种方法是定义一对 N_{12} 和 N_{24} ,该对在给定任何测量的相位差 θ_{12amb} 和 θ_{24amb} 的情况下,同时满足公式 [2] 和 [6],并且简单地制作一个二维查找表,将 θ_{12amb} 和 θ_{24amb} 作为输入。

[0083] 从公式 [7] 可以清楚地看到,只有在距离 D_{24_1} 不同于距离 D_{12} 的情况下,才可能为 N_{12} 和 N_{24} 确定一个唯一的解。

用于解决相位模糊度的全三维单脉冲

[0084] 尽管现实生活情况中存在仅仅在一维内存在模糊度问题的情况,尽管到达方向或位置确定可以在两维或 3 维内进行,在优选的环境中,上述的模糊度解决技术可以同时垂直和水平方向上被使用,此时对于目标的三维角度被无模糊地获取,并且是基于从目标反射的单一接收脉冲。

[0085] 自然,附图 3 的设置被重复以用于两维,但是接收器天线的配置优选地被制作成如附图 4 的接收天线配置,附图 4 是天线面板的正面视图。在附图 4 中,接收天线 (RX1) 15 和 (RX2) 16 的位置定义了天线面板的垂直方向 (Y) 24,并且以距离 (D_{12}) 19 被分开,接收天线 (RX2) 16 和 (RX3) 17 的位置定义了天线面板的水平方向 (X) 23,并且以距离 (D_{23}) 20 被分开。接收天线 (RX4) 18 的位置与接收天线 RX2 在垂直方向分开距离 ($D_{24,1}$) 21,并且在水平方向分开距离 ($D_{24,3}$) 22。接收天线 RX4 与 RX2 分开的距离 (D_{24}) 为:

$$D_{24} = \sqrt{D_{24,1}^2 + D_{24,3}^2}$$

[0086] 在附图 5 中,接收天线 (RX1) 15, (RX2) 16 和 (RX3) 17 的位置定义了一个平行四边形。接收天线 (RX4) 18 需要远离轴被放置,这些轴延伸穿过以下构成的任一对:平行四边形 15, 16, 17 和 26 的四个角中的每一个,和平行四边形四条边的每一条边的中点 27。

[0087] 在附图 4 中,接收天线 15 和 16 被用于从相应相位差 θ_{12amb} 中确定对目标的垂直角度 E,参见公式 [2],接收天线 16 和 17 被用于从相应相位差 θ_{23amb} 中确定对目标的水平角度 A,参见公式 [8]。接收天线 16 和 18 被用于从相应相位差 θ_{24amb} 中估计对目标的角度 P,参见公式 [9]。

$$[0088] \quad \sin(A) = \left(\frac{\theta_{23amb}}{2\pi} + N_{23} \right) \frac{\lambda}{D_{23}} \quad [8]$$

$$[0089] \quad \sin(P) = \left(\frac{\theta_{24amb}}{2\pi} + N_{24} \right) \frac{\lambda}{D_{24}} \quad [9]$$

[0090] 使用来自于公式 [10] 的、公式 [2] 中适用的 N_{12} 从相位差 θ_{12amb} 中确定多个候选角度 E_i ,另外,使用来自于公式 [10] 的、公式 [8] 中适用的 N_{23} 从相位差 θ_{23amb} 中确定多个候选角度 A_i 。最终,使用来自于公式 [10] 的、公式 [9] 中适用的 N_{24} 从相位差 θ_{24amb} 中确定多个候选角度 P_i 。从候选角度 (E_i, A_i, P_i) 的集合中,通过使到达方向与候选角度 (E_i, A_i, P_i) 的集合之间的差角之和最小化,来确定到达方向。该到达方向由具有相应的模糊指数 N_{12} 和 N_{23} 的垂直角度 E 与水平角度 A 表示。

$$[0091] \quad |N_{12}| \leq \text{floor}\left(\frac{D_{12}}{\lambda} + 0.5\right), |N_{23}| \leq \text{floor}\left(\frac{D_{23}}{\lambda} + 0.5\right) \text{ 和 } |N_{24}| \leq \text{floor}\left(\frac{D_{24}}{\lambda} + 0.5\right) \quad [10]$$

[0092] 仅仅使用满足公式 [10] 的模糊指数 N_{12} , N_{23} , 和 N_{24} 的值,通过最小化公式 [11] 中的项 err 能够实现候选角度 (E_i, A_i, P_i) 的三个集合的最小化。

$$[0093] \quad err = \left| \frac{\theta_{24amb}}{2\pi} + N_{24} - \frac{D_{24,1}}{D_{12}} \left(\frac{\theta_{12amb}}{2\pi} + N_{12} \right) - \frac{D_{24,3}}{D_{23}} \left(\frac{\theta_{23amb}}{2\pi} + N_{23} \right) \right| \quad [11]$$

[0094] 在这个例子中,通过天线 RX1 和 RX2 的方向垂直于通过天线 RX2 和 RX3 的方向。应注意到,这种情形不是必须的。

[0095] 不需要知道在任何先前时刻中的目标位置,就能够对于每一个独立的测量点实现上述的模糊度的求解。对于一个更加鲁棒的方案而言,模糊度求解可以和跟踪算法相结合,该跟踪算法旨在跟踪物体并且生成该物体的轨迹,由此目标轨迹上的下一个测量点被限制在一个或多个先前测量点的附近出现,这典型地排除了求解模糊度的需求。在优选的方案中,在目标跟踪获取相位期间,在属于相同目标的所有数据点上,都要独立地执行模糊度求

解。在获取相位期间,基于所有已求解的模糊度和目标的相对移动,确定了初始模糊度的最终估计。若在跟踪期间,目标消失了一段时间,使得它可能在角度模糊度中具有一定偏移,那么,建议重新获取模糊指数。

[0096] 因而,本发明的到达方向可以被用于生成例如,由常规雷达跟踪的飞行的发射体(比如高尔夫球或棒球)正确的轨迹,否则可能会有模糊度。因而,本发明另外可以被附加用于雷达,或者雷达被改造以包括本发明,因而,本发明的到达方向数据可以被用于轨迹的确定。在一个例子中,正常的跟踪被用于确定整个轨迹,而到达方向仅仅被执行一次或者几次,以便雷达中在求解模糊度时并没有做出错误的选择。若所确定的轨迹并没有和到达方向一致,轨迹将被改变。可替换地,同样可以基于所确定的到达方向确定轨迹中已确定的全部或大多数点。

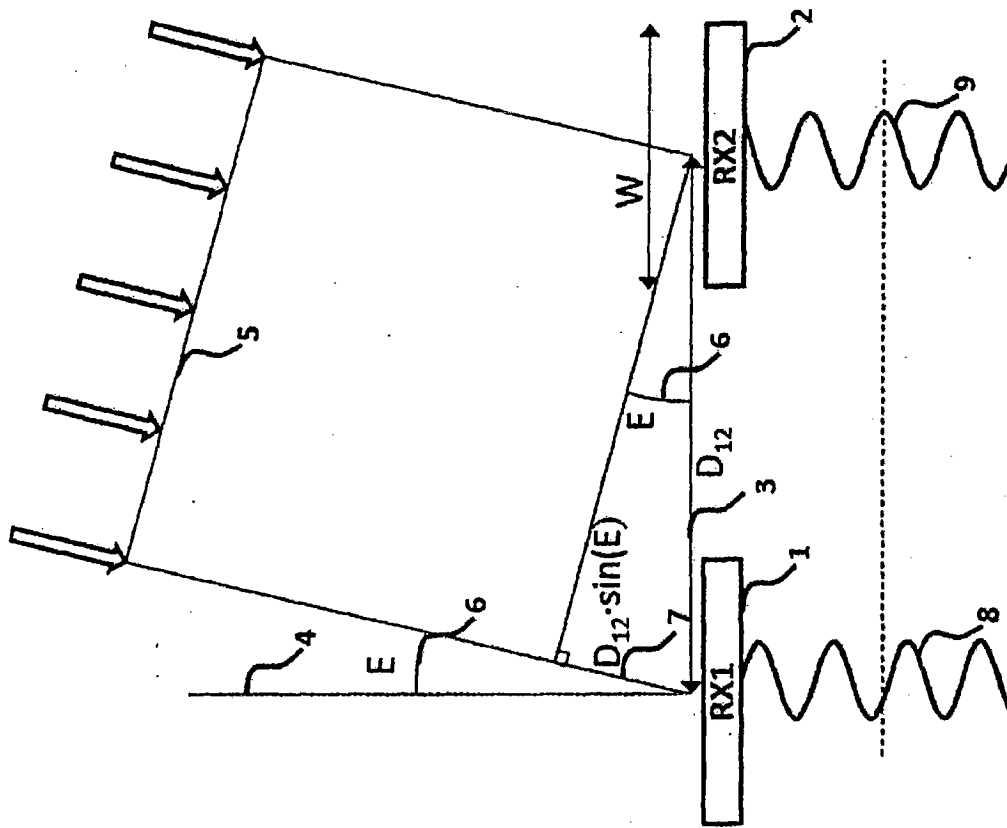


图 1

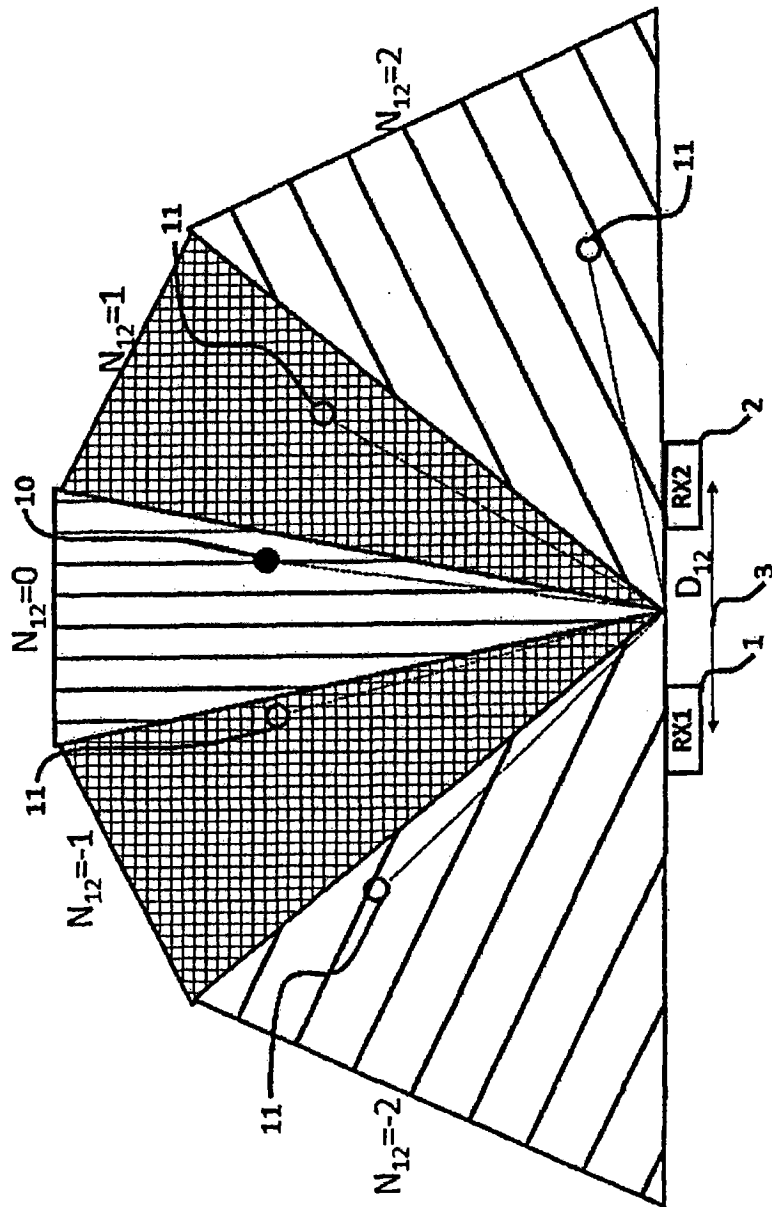


图 2

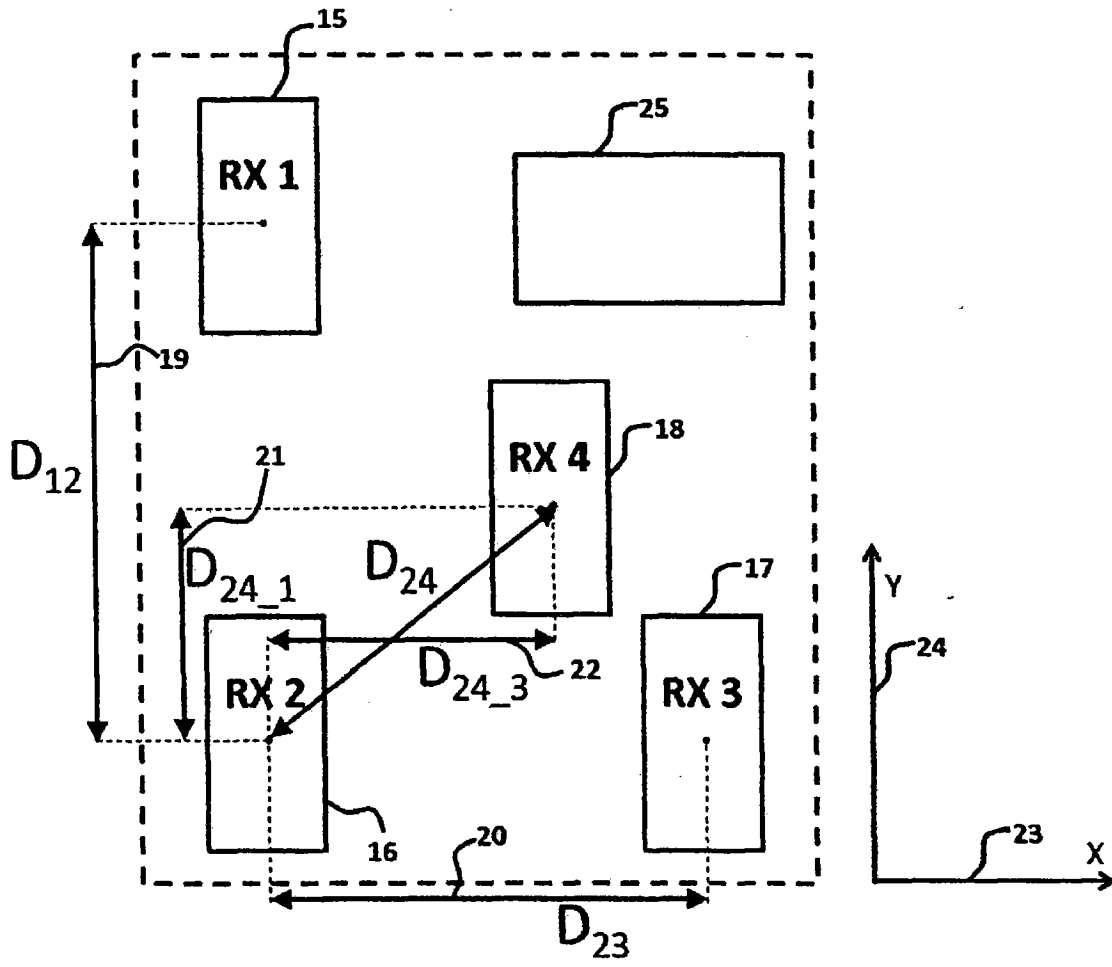


图 4

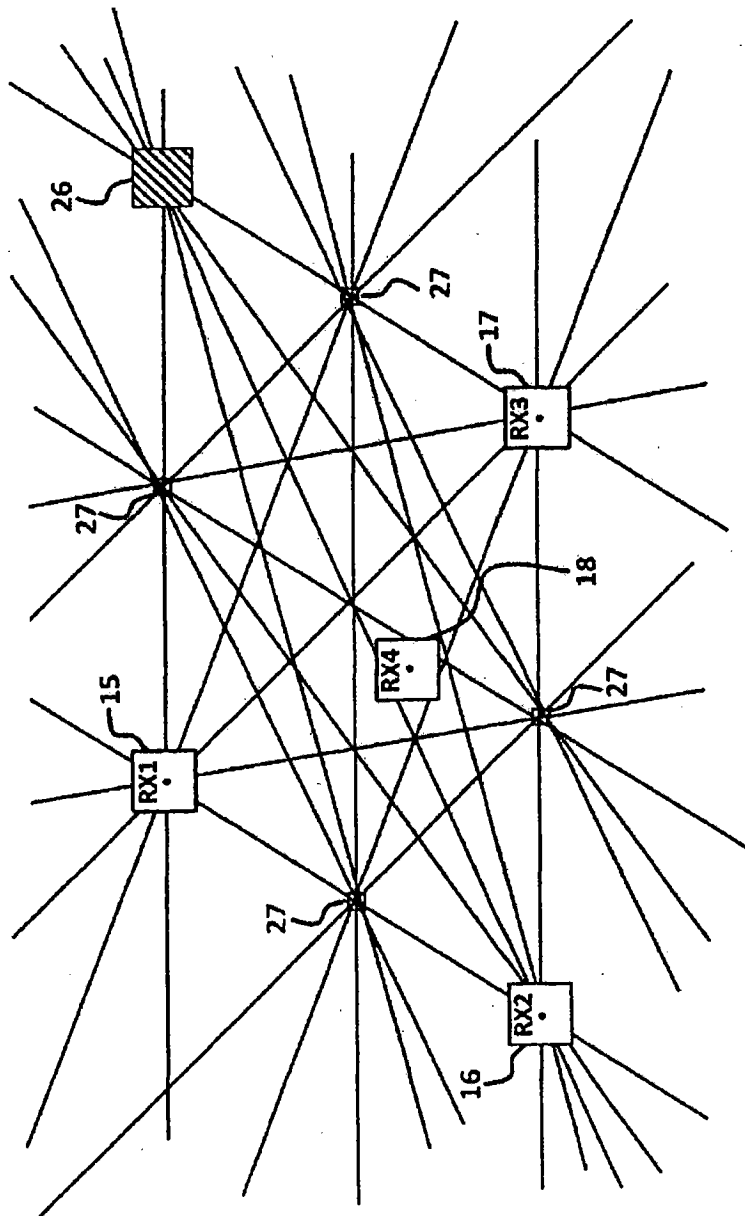


图 5