



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 112912759 A

(43) 申请公布日 2021.06.04

(21) 申请号 201980070357.8

(74) 专利代理机构 北京集佳知识产权代理有限公司 11227

(22) 申请日 2019.10.24

代理人 舒艳君 王海奇

(30) 优先权数据

2018-200068 2018.10.24 JP

(51) Int.Cl.

G01S 13/66 (2006.01)

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2021.04.23

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/JP2019/041639 2019.10.24

(87) PCT国际申请的公布数据

W02020/085418 JA 2020.04.30

(71) 申请人 株式会社电装

地址 日本爱知县

(72) 发明人 赤峰悠介 高山卓也 三宅康之

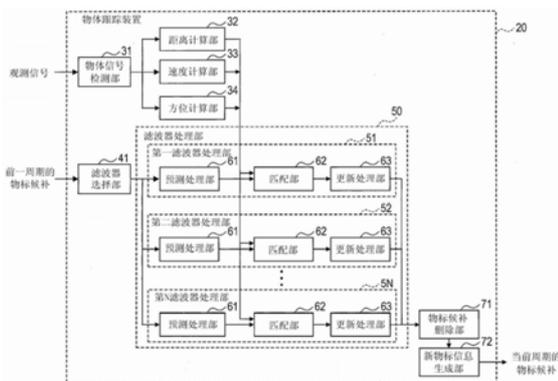
权利要求书2页 说明书9页 附图10页

(54) 发明名称

物体跟踪装置

(57) 摘要

本公开的一个方面提供物体跟踪装置(20), 具备:物体检测部(31)、速度计算部(33)、距离计算部(32)、候补生成部(72)、滤波器处理部(50)、匹配处理部(62)、候补删除部(71)以及滤波器选择部(41)。滤波器选择部(41)根据物标候补的数量减少,将滤波器处理部(50)所使用的滤波器切换成多个滤波器中的状态变量较多的滤波器。



1. 一种物体跟踪装置,具备:

物体检测部(31),构成为根据由传感器(10)检测出的传感器信息来检测存在于上述传感器(10)周边的物体;

速度计算部(33),构成为对由上述物体检测部检测出的每个物体,计算上述物体相对于上述传感器的相对速度,作为观测值之一;

距离计算部(32),构成为对由上述物体检测部检测出的每个物体,计算从上述传感器到上述物体的距离,作为上述观测值之一;

候补生成部(72),构成为通过对由上述物体检测部初次检测出的物体假定速度的模糊性,来生成多个物标候补;

滤波器处理部(50),构成为具有状态变量的数量相互不同的多个滤波器,使用上述多个滤波器中的一个滤波器,根据当前保持的上述物标候补中的每个物标候补的状态量的过去估计值,来计算上述物标候补中的每个物标候补的状态量的当前预测值,并且,根据所计算出的上述预测值中的每个预测值和与该预测值中的每个预测值匹配的当前的上述观测值,来计算上述物标候补的状态量的当前的上述估计值;

匹配处理部(62),构成为使各物标候补的状态量的上述预测值中的每个预测值和上述观测值匹配;

候补删除部(71),构成为判定对由上述物体检测部检测出的一个上述物体生成的上述多个物标候补中的每个物标候补是真实物标的可能性,删除上述多个物标候补中的判断为判定出的上述可能性低于所设定的阈值的物标候补、或者从判定出的上述可能性较低的一方起依次删除上述多个物标候补中的规定数量的物标候补;以及

滤波器选择部(41),构成为根据通过上述候补删除部删除上述物标候补而上述物标候补的数量减少,将上述滤波器处理部所使用的滤波器切换成上述多个滤波器中的上述状态变量较多的滤波器。

2. 根据权利要求1所述的物体跟踪装置,其中,

上述多个滤波器中的上述状态变量最少的滤波器具有上述观测值的次数以下的状态变量。

3. 根据权利要求1或2所述的物体跟踪装置,其中,

上述多个滤波器中的上述状态变量最多的滤波器具有对上述观测值的次数加1后的数以上的状态变量。

4. 根据权利要求1~3中任一项所述的物体跟踪装置,其中,

上述滤波器处理部构成为在对由上述物体检测部检测出的一个上述物体生成的上述物标候补为一个时,使用上述多个滤波器中的上述状态变量最多的滤波器。

5. 根据权利要求1~4中任一项所述的物体跟踪装置,其中,

具备方位计算部(34),上述方位计算部(34)构成为对由上述物体检测部检测出的每个上述物体,计算上述物体相对于上述传感器的方位,作为上述观测值之一,

上述多个滤波器中的上述状态变量最少的滤波器具有物体的距离、相对速度以及方位的至少一个作为上述状态变量。

6. 根据权利要求1~5中任一项所述的物体跟踪装置,其中,

上述多个滤波器中的上述状态变量最多的滤波器具有X坐标值和Y坐标值,还具有X方

向速度以及Y方向速度、或者速度以及速度方向,作为上述状态变量。

7. 根据权利要求1~6中任一项所述的物体跟踪装置,其中,
上述多个滤波器是卡尔曼滤波器。

8. 根据权利要求1~7中任一项所述的物体跟踪装置,其中,
上述候补删除部构成为基于上述物标候补的上述预测值和上述观测值的匹配成立次数和/或上述预测值与上述观测值的差分来判定上述可能性。

9. 根据权利要求1~8中任一项所述的物体跟踪装置,其中,
上述滤波器部构成为根据当前保持的上述物标候补的整体数量,从上述多个滤波器中选择所使用的滤波器。

物体跟踪装置

[0001] 相关申请的交叉引用：本国际申请主张基于在2018年10月24日向日本专利厅申请的日本专利申请第2018-200068号的优先权，通过参照将日本专利申请第2018-200068号的全部内容引用到本国际申请中。

技术领域

[0002] 本公开涉及基于传感器信息来跟踪物体的物体跟踪技术。

背景技术

[0003] 在基于传感器信息来跟踪物体时，在由传感器观测的物体的相对速度有可能折返的情况下，相对速度具有模糊性。例如，在根据对同一物体连续地检测出的频率成分的相位旋转来求出相对速度的情况下，存在相对于检测出的相位 ϕ ，实际的相位为 $\phi + 2\pi \times n$ (n 是整数)的可能性，而无法确定相对速度。在下述非专利文献1中，提出了如下技术：通过跟踪假定了该速度的模糊性的多个物标，来确定真实速度。

[0004] 非专利文献1:K.LI et al, 'Multitarget Tracking with Doppler Ambiguity', IEEE TRANSACTIONS ON AEROSPACE AND ELECTRONIC SYSTEMS VOL.49,NO.4OCTOBER 2013

[0005] 在跟踪假定了速度的模糊性的多个物标的情况下，存在伴随物标数的增加而运算负载增加的问题。在基于物标的跟踪信息来进行车辆的行驶辅助的情况下，将物标的跟踪信息用于向驾驶员的警告、车辆的控制，因此要求物标的跟踪信息具有实时性。然而，发明人详细研究的结果是发现了如下课题：若跟踪物标时的运算负载增加，则存在物标的跟踪信息的实时性受损，导致警告、控制的延迟的可能性。

发明内容

[0006] 本公开的一个方面希望能够提供一种抑制整体的运算负载，并且能够高精度地跟踪物标的物体跟踪装置。

[0007] 本公开的一个方面是物体跟踪装置，具备：物体检测部、速度计算部、距离计算部、候补生成部、滤波器处理部、匹配处理部、候补删除部以及滤波器选择部。物体检测部构成为根据由传感器检测出的传感器信息来检测存在于传感器周边的物体。速度计算部构成为对由物体检测部检测出的每个物体计算物体相对于传感器的相对速度作为观测值之一。距离计算部构成为对由物体检测部检测出的每个物体计算从传感器到物体的距离作为观测值之一。候补生成部构成为通过对由物体检测部初次检测出的物体假定速度的模糊性，来生成多个物标候补。滤波器处理部构成为具有状态变量的数量相互不同的多个滤波器，使用多个滤波器中的一个滤波器，根据当前保持的物标候补中的每个物标候补的状态量的过去估计值，来计算物标候补中的每个物标候补的状态量的当前预测值，并且，根据所计算出的预测值中的每个预测值和与该预测值中的每个预测值匹配的当前观测值，来计算物标候补的状态量的当前估计值。匹配处理部构成为使各物标候补的状态量的预测值中的每个预测值和观测值匹配。候补删除部构成为判定对由物体检测部检测出的一个物体生成的多个

物标候补中的每个物标候补为真实物标的可能性,删除多个物标候补中的判定出的可能性低于设定的阈值的物标候补、或者从判定出的可能性较低的一方起依次删除多个物标候补中的规定数量的物标候补。滤波器选择部构成为根据通过候补删除部删除物标候补而物标候补的数量减少,将滤波器处理部所使用的滤波器切换成多个滤波器中的状态变量较多的滤波器。

[0008] 根据本公开的一个方面,生成对初次检测出的物体假定了速度的模糊性的多个物标候补。而且,使用多个滤波器中的一个滤波器,根据各物标候补的状态量的过去估计值来计算状态量的当前预测值。并且,根据当前预测值和与该预测值匹配的当前观测值,来计算各物标候补的状态量的当前估计值。即,跟踪各个物标候补。而且,删除多个物标候补中是真实物标的可能性相对较低的物标候补。多个滤波器包括状态变量的数量相互不同的多个滤波器。越使用状态变量较多的滤波器,物标候补的跟踪精度越高,但运算负载越多。

[0009] 在这里,在物标候补的数量较多时,跟踪各物标候补的目的是从多个物标候补中选择真实物标。因此,虽然物标的跟踪精度可以较低,但由于物标候补的数量较多,因此想要抑制每个物标候补的滤波器处理的运算负载。另一方面,在物标候补的数量变成一个之后,跟踪该物标候补的目的在于将跟踪信息用于警报、车辆控制。因此,需要物标的跟踪精度较高,但由于物标候补的数量为一个,因此该物标候补的滤波器处理的运算负载也可以升高。因此,根据物标候补的数量减少,用于滤波器处理的滤波器被切换成状态变量较多的滤波器。由此,能够抑制整体的运算负载,并且高精度地跟踪物标。

附图说明

[0010] 图1是表示本实施方式的雷达的搭载位置以及探测范围的一个例子的图。

[0011] 图2是表示本实施方式的雷达的搭载位置以及探测范围的另一例子的图。

[0012] 图3是表示本实施方式的物体跟踪装置的结构框图。

[0013] 图4是表示本实施方式的物标信息生成处理的流程图。

[0014] 图5是表示本实施方式的滤波器处理的流程图。

[0015] 图6是表示二维的FFT处理的概要的说明图。

[0016] 图7是表示由雷达观测的速度的折返的图。

[0017] 图8是表示物标的实际的动作和跟踪状态的图。

[0018] 图9是表示从假定了相互不同的折返的多个物标候补中确定真实物标的过程的图。

[0019] 图10是表示将滤波器的状态变量设为距离、相对速度以及方位的情况下的状态变量和实际的速度矢量的图。

[0020] 图11是表示将滤波器的状态变量设为X坐标、Y坐标、X方向速度、以及Y方向速度的情况下的状态变量和实际的速度矢量的图。

[0021] 图12是表示将滤波器的状态变量设为三个变量的情况下的运算时间与设为四个变量的情况下的运算时间的比较的图。

具体实施方式

[0022] 以下,参照附图对用于实施本公开的例示性的实施方式进行说明。

[0023] (第一实施方式)

[0024] <1. 结构>

[0025] 首先,参照图1~3对本实施方式的物体跟踪装置20的结构进行说明。物体跟踪装置20搭载于车辆80,基于由雷达10检测出的观测信号,来跟踪车辆80周围的物体。假设由物体跟踪装置20生成的物体的跟踪信息用于车辆80的行驶辅助。

[0026] 雷达10搭载于车辆80。图1和图2表示雷达10的搭载位置的例子。如图1所示,可以将雷达10搭载于车辆80的前方中央(例如,前方保险杠的中央),将车辆80的前方中央的区域设为检测区域Rd。另外,如图2所示,也可以将雷达10搭载于车辆80的前方中央、左前侧方、右前侧方、左后侧方以及右后侧方这五个位置,将车辆80的前方中央、左前方、右前方、左后方以及右后方的区域设为检测区域Rd。可以适当地选择搭载于车辆80的雷达10的个数以及搭载位置。

[0027] 雷达10是收发雷达信号,并根据对同一物体连续地检测出的频率成分的相位旋转来求出相对速度的方式的毫米波雷达。在本实施方式中,雷达10是收发线性调频脉冲信号的Fast Chirp Modulation(FCM:快速线性调频调制)方式的毫米波雷达。线性调频脉冲信号是以频率呈锯齿状变化的方式进行频率调制而成的雷达信号。即,线性调频脉冲信号是频率连续地增加或减少的雷达信号。

[0028] 雷达10具备发送阵列天线和接收阵列天线。在一次的观测中,雷达10以设定的重复周期,从发送阵列天线发送M个线性调频脉冲信号。M是2以上的整数。而且,雷达10通过接收阵列天线接收M个线性调频脉冲信号被物体反射而产生的反射信号。进一步,雷达10根据发送出的M个线性调频脉冲信号和M个反射信号,来计算M个差拍信号,每次计算,向物体跟踪装置20发送M个差拍信号。差拍信号是线性调频脉冲信号与反射信号的频率差信号,相当于观测信号。在本实施方式中,雷达10相当于传感器,观测信号相当于传感器信息。

[0029] 物体跟踪装置20具备包括CPU、ROM、RAM、存储器以及I/O等的微型计算机。物体跟踪装置20通过CPU执行存储于作为非过渡性实体记录介质的存储器的程序,来实现各种功能。另外,通过该程序的执行,来执行与程序对应的方法。此外,物体跟踪装置20可以具备一个微型计算机,也可以具备多个微型计算机。并且,实现物体跟踪装置20的各种功能的方法并不限于软件,也可以使用将逻辑电路、模拟电路等组合而成的硬件来实现各种功能的一部分或者全部。

[0030] 如图3所示,物体跟踪装置20具备物体信号检测部31、距离计算部32、速度计算部33、方位计算部34、滤波器选择部41、滤波器处理部50、物标信息删除部71以及新物标信息生成部72的功能。滤波器处理部50具备第一滤波器处理部51~第N滤波器处理部5N这N个滤波器处理部。N是2以上的整数。

[0031] 第一滤波器处理部51~第N滤波器处理部5N分别具备预测处理部61、匹配部62以及更新处理部63。第一滤波器处理部51~第N滤波器处理部5N使用状态变量相互不同的滤波器。滤波器选择部41根据跟踪状况,从第一滤波器处理部51~第N滤波器处理部5N中选择用于跟踪物标的滤波器处理部。越使用状态变量较多的滤波器,物体跟踪装置20的运算负载越大。对于物体跟踪装置20的各种功能的详细内容后述。

[0032] <2. 处理>

[0033] <2-1. 物标信息生成处理>

[0034] 接下来,参照图4的流程图对由物体跟踪装置20执行的物标信息生成处理的处理步骤进行说明。物体跟踪装置20反复执行物标信息生成处理。

[0035] 首先,在S10中,物体信号检测部31对接收到的观测信号进行频率解析,检测物体信号。详细而言,如图6所示,物体信号检测部31对M个差拍信号中的每个差拍信号执行FFT处理来计算M个距离频谱,作为第一次FFT处理。距离频谱是表示相对于距离的功率的二维频谱。由于差拍信号具有与到物体的距离相应的频率成分,因此计算出的距离频谱的频率BIN相当于距离BIN。

[0036] 进一步,物体信号检测部31对计算出的M个距离频谱的各距离BIN执行FFT处理,计算距离速度频谱,作为第二次FFT处理。距离速度频谱是表示相对于距离和速度的功率的三维频谱。而且,物体信号检测部31根据计算出的距离速度频谱搜索成为峰值的速度BIN和距离BIN,并提取峰值作为表示物体的存在的物体信号。

[0037] 接着,在S20中,距离计算部32根据在S10中提取出的物体信号的距离BIN,来计算距离观测值。距离是从雷达10到物体的距离。在S10中提取多个物体信号的情况下,距离计算部32针对每个物体信号计算距离观测值。

[0038] 接着,在S30中,速度计算部33根据在S10中提取到的物体信号的速度BIN,对每个物体信号,计算相对速度观测值。相对速度是物体相对于雷达10的速度。

[0039] 接着,在S40中,方位计算部34对每个物体信号,对物体信号应用到来方向估计算法,计算包含物体的方位信息的方位频谱,根据计算出的方位频谱来计算方位观测值。方位是物体相对于雷达10的方位。

[0040] 通过S20~S40的处理的执行,对每个物体信号,计算距离观测值、相对速度观测值以及方位观测值的组合。

[0041] 而且,在物体信号是表示在当前周期中初次检测出的物体的信号的情况下,在后述的S100的新物标信息生成处理中,新物标信息生成部72对每个物体信号,假定速度的模糊性,生成多个物标候补。

[0042] 如图6所示,相对速度观测值是根据连续的M个差拍信号的频率成分的相位旋转量 Φ 计算的。在这里,检测出的相位旋转量 Φ 实际上存在为 $\varphi + 2\pi \cdot k$ 的可能性。 k 是整数。因此,如图7所示,相对速度观测值有折返的可能性而具有模糊性。新物标信息生成部72针对初检测的每个物体信号,假定速度的模糊性,并计算多个相对速度观测值。例如,速度计算部33假定-1次、0次、1次的折返,计算三个相对速度观测值。而且,新物标信息生成部72生成具有相互不同的速度观测值的物标候补。因此,在当前周期中,存在对于过去检测出的物体信号存在多个物标候补的可能性。

[0043] 接着,在S50中,滤波器选择部41判定在当前周期中所保持的物标候补中是否存在当前周期中未处理的物标候补。详细而言,滤波器选择部41判定在当前周期中所保持的物标候补中是否存在未执行后述的滤波器处理的物标候补。在存在未处理的物标候补的情况下,滤波器选择部41进入S60的处理,在不存在未处理的物标候补的情况下,滤波器选择部41进入S90的处理。

[0044] 在S60中,滤波器选择部41以及滤波器处理部50执行滤波器处理。滤波器选择部41根据当前周期中所保持的物标候补的数量,从第一滤波器处理部51~第N滤波器处理部5N中选择滤波器处理部。

[0045] 所选择的滤波器处理部使用滤波器,根据前一周期中的物标候补的状态量的估计值,来计算当前周期中的物标候补的状态量的预测值。而且,选择出的滤波器处理部使用滤波器,根据计算出的预测值和与该预测值匹配的当前观测值,来计算对应的物标候补的状态量的当前的估计值。对于状态量以及滤波器的详细内容后述。

[0046] 具体而言,如图8所示,在周期1中,在初次检测出其它车辆90的情况下,根据其它车辆90的观测信号来计算观测值。而且,基于计算出的观测值,计算假定了一1次、0次、1次的折返的三个估计值,生成具有相互不同的估计值的三个物标候补。接着,在周期2中,根据周期2中的其它车辆90的观测信号来计算观测值,并且对每个物标候补,根据周期1中的状态量的估计值来计算周期2中的状态量的预测值。而且,在周期2中,由于假定了一1次的折返的物标候补的预测值和观测值匹配,因此根据假定了一1次的折返的物标候补的预测值和观测值,来计算周期2中的状态量的估计值。

[0047] 接着,在S70中,物标信息删除部71判定物标候补是真实物标的可能性(以下,真实物标可能性),基于判定出的真实物标可能性来判定物标候补是否满足删除条件。物标候补的预测值与观测值的匹配成立次数越高和/或物标候补的预测值与观测值的差分越小,物标信息删除部71将真实物标可能性判定得越高。删除条件是真正物标的可能性低于所设定的阈值。具体而言,物标候补的预测值与观测值的匹配成立次数低于次数阈值和/或物标候补的预测值与观测值的差分大于差分阈值。或者,删除条件是从多个物标候补中的真实物标的可能性较低的一方起规定数量以内。在该情况下,删除对象的物标候补是多个物标候补中的从真实物标的可能性较低的一方起依次规定数量的物标候补。规定数量也可以根据多个物标候补的数量来设定。例如,在物标候补的数量为四个以上的情况下,将规定数量设定为2,在物标候补的数量为三个以下的情况下,将规定数量设定为1。

[0048] 物标信息删除部71在判定为满足删除条件的情况下进入S80的处理,在判定为不满足删除条件的情况下返回到S50的处理。

[0049] 在S80中,物标信息删除部71删除满足删除条件的物标候补并返回到S50的处理。之后,对下一物标候补执行S50~S80的处理。而且,物标信息删除部71在最终物标候补成为一个的情况下,将该一个物标候补确定为真实物标。

[0050] 例如,如图9所示,当在周期1中初次检测出物体的情况下,计算假定了一1次、0次、1次的折返的三个状态量的估计值,生成具有相互不同的估计值的三个物标候补。而且,在周期2中,计算两个观测值。其中的一方是噪声、或者与在周期1中检测出的物体不同的物体的观测值。

[0051] 在周期2中,三个物标候补中假定了一1次的折返的物标候补的预测值与观测值不匹配。因此,在周期3中,删除假定了一1次的折返的物标候补。另一方面,在周期2中,三个物标候补中假定了0次以及1次的折返的物标候补的预测值与观测值匹配。因而,在周期2中,根据该两个物标候补的预测值和与该预测值匹配的观测值来计算估计值。

[0052] 在周期3中计算一个观测值。周期3中存在的两个物标候补中假定了1次的折返的物标候补的预测值与观测值不匹配。因此,在周期4中,删除假定了一1次的折返的物标候补。另一方面,在周期3中,由于假定了一0次的折返的物标候补的预测值与观测值匹配,因此根据该物标候补的预测值和观测值来计算估计值。而且,在周期4中,仅存在假定了一0次的折返的物标候补。因此,在周期4中,将假定了一0次的折返的物标候补确定为真实物标。

[0053] 接下来,在S90中,新物标信息生成部72判定是否存在未处理的物体信号。即,新物标信息生成部72判定是否存在当前周期中初次检测出的物体信号。在不存在未处理的物体信号的情况下,新物标信息生成部72结束本处理,在存在未处理的物体信号的情况下,新物标信息生成部72进入S100的处理。

[0054] 在S100中,新物标信息生成部72根据未处理的物体信号的观测值,生成假定了速度的模糊性的多个物标候补,并结束本处理。

[0055] <2-2. 滤波器处理>

[0056] 接下来,参照图5的流程图对由物体跟踪装置20执行的滤波器处理的处理步骤进行说明。

[0057] 首先,在S200中,滤波器选择部41从第一滤波器处理部51~第N滤波器处理部5N中选择第K滤波器处理部5K。K是1~N的整数。第一滤波器处理部51~第N滤波器处理部5N具有状态变量的数量相互不同的滤波器。具体而言,第一滤波器处理部51具有状态变量最少的滤波器,第N滤波器处理部5N具有状态变量最多的滤波器。而且,从第一滤波器处理部51到第N滤波器处理部5N的各滤波器处理部具有滤波器处理部的次数越大状态变量越多的滤波器。在本实施方式中,滤波器是卡尔曼滤波器。

[0058] 第一滤波器处理部51的滤波器具有观测值的次数以下的数量的状态变量。即,在本实施方式中,由于观测值为三个(即,观测值的次数为3),所以第一滤波器处理部51的滤波器具有三个以下的状态变量。

[0059] 另外,第N滤波器处理部5N的滤波器具有对观测值的次数加1所得的数量以上的状态变量。即,在本实施方式中,第N滤波器处理部5N的滤波器具有四个以上的状态变量。

[0060] 在本实施方式中,设为 $N=2$,滤波器处理部50具备第一滤波器处理部51和第二滤波器处理部52。而且,第一滤波器处理部51具有状态变量为三个的滤波器,第二滤波器处理部52具有状态变量为四个的滤波器。

[0061] 如图10所示,具有三个状态变量的滤波器的状态量是物体的距离R、相对速度V以及方位 θ 。状态量的各要素是状态变量。在该情况下,由于状态变量的空间与观测值的空间一致,因此滤波器处理成为线性处理。因而,抑制物体跟踪装置20的运算负载。

[0062] 另一方面,如图11所示,具有四个状态变量的滤波器的状态量是X坐标值、Y坐标值、X方向速度 V_x 以及Y方向速度 V_y 。X坐标值是X轴的坐标值,Y坐标值是Y轴的坐标值。X轴和Y轴相互正交。在该情况下,由于状态变量比观测值多,因此与使用具有三个状态变量的滤波器的情况相比,物标的跟踪精度提高。

[0063] 如图10所示,在使用三个状态变量的滤波器的情况下,相对速度V不具有方向,成为将实际的速度矢量投影到方位 θ 的方向的值。因此,根据车辆80与其它车辆90的位置关系,存在相对速度V偏离实际的速度矢量的情况。与此相对,如图11所示,在使用四个状态变量的滤波器的情况下,由于相对速度具有方向,因此无论车辆80和其它车辆90的位置关系如何,若合成X方向速度以及Y方向速度,则成为实际的速度矢量。

[0064] 然而,在使用图11所示的具有四个状态变量的滤波器的情况下,滤波器处理成为非线性处理。因此,在使用具有四个状态变量的滤波器的情况下,与使用具有三个状态变量的滤波器的情况相比,物体跟踪装置20的运算负载增加。

[0065] 图12表示状态变量为四个的情况和为三个的情况下的运算时间。在图12中,将状

态变量为四个的情况下的运算时间设为1,相对地示出状态变量为三个的情况下的运算时间。状态变量为四个的情况与状态变量为三个的情况相比,运算时间增加不到30%。

[0066] 因此,对于一个物体,滤波器选择部41根据删除物标候补而物标候补的数量减少,将所选择的滤波器处理部切换成具有状态变量更多的滤波器的滤波器处理部。具体而言,对于一个物体,在物标候补成为一个并确定真实物标之前,滤波器选择部41选择第一滤波器处理部51。而且,在确定出真实物标之后,滤波器选择部41选择具有状态变量最多的滤波器的滤波器处理部,即在本实施方式中选择第二滤波器处理部52。

[0067] 或者,滤波器选择部41也可以根据对检测的所有物体生成的物标候补的整体数量,选择滤波器处理部。即,在所检测的物体的数量较少的情况下,滤波器选择部41也可以在各物体的物标候补的数量成为一个之前,选择具有状态变量多的滤波器的滤波器处理部。

[0068] 接着,在S210中,在S200中所选择的第K滤波器处理部5K的预测处理部61使用滤波器,根据前一周期中的物标候补的状态量的估计值,计算当前周期中的状态量的预测值。下式(1)~(6)是表示扩展卡尔曼滤波器的式子。

[0069] 在这里, $X_{k|k-1}$ 是状态量的预测值。 X_k 是状态量的估计值。 z_k 是观测值。 $P_{k|k-1}$ 是状态量的预测值的误差方差矩阵。 P_k 是误差方差矩阵的估计值。 S_k 是创新矩阵。 K_k 是卡尔曼增益。 f 是给出来自前一状态量的预测值的函数。 h 是给出观测值的函数。 Q_k 是过程噪声的方差。 F_k 是由函数 f 的雅可比式定义的状态转移矩阵。 R_k 是观测噪声的误差方差矩阵。 H_k 是将由函数 h 的雅可比式定义的状态空间映射到观测空间的变换矩阵。另外, X_0 表示状态量的初始值(即,初始估计值), P_0 表示误差方差矩阵的初始值。在观测值和状态变量为线性的情况下,函数 h 为线性函数,在观测值和状态变量为非线性的情况下,函数 h 为非线性函数。

[0070] [式1]

$$[0071] \quad X_{k|k-1} = f(X_{k-1}) \quad (1)$$

$$[0072] \quad P_{k|k-1} = F_{k-1} P_{k-1} F_{k-1}^T + Q_{k-1} \quad (2)$$

$$[0073] \quad S_k = H_k P_{k|k-1} H_k^T + R_k \quad (3)$$

$$[0074] \quad K_k = P_{k|k-1} H_k^T S_k^{-1} \quad (4)$$

$$[0075] \quad P_k = (I - K_k H_k) P_{k|k-1} \quad (5)$$

$$[0076] \quad X_k = X_{k|k-1} + K_k (z_k - h(X_{k|k-1})) \quad (6)$$

[0077] 在S210中,预测处理部61使用式(1)计算当前周期中的状态量的预测值,并且使用式(2)计算当前周期中的预测值的误差方差矩阵。

[0078] 接着,在S220中,在S200中选择出的滤波器处理部的匹配部62使在S210中计算出的物标候补的状态量的预测值与观测值匹配。例如,在状态量的预测值与观测值的差分在规定值以内的情况下,匹配部62判定为匹配成立。

[0079] 接着,在S230中,在S200中选择出的滤波器处理部的更新处理部63使用滤波器,根据在S200中匹配成立的状态量的预测值和观测值,来计算当前周期中的状态量的估计值。具体而言,更新处理部63使用式(3)~(6),计算当前周期中的状态量的估计值。此外,在S200中匹配不成立的情况下,将预测值设为估计值。以上结束本处理,进入S70的处理。

[0080] <3.效果>

[0081] 根据以上说明的本实施方式,得到以下的效果。

[0082] (1) 生成对初次检测出的物体假定了速度的模糊性的多个物标候补。而且,通过第一滤波器处理部51~第N滤波器处理部5N中的一个滤波器处理部,根据各物标候补的状态量的过去估计值来计算当前的状态量的预测值。而且,根据当前的状态量的预测值和与该预测值匹配的当前观测值,来计算各物标候补的状态量的当前估计值。即,跟踪各个物标候补。进一步,删除多个物标候补中的为真实物标的可能性较低的物标候补。

[0083] 在物标候补的数量较多时,跟踪各物标候补的目的在于从多个物标候补中选择真实物标。因此,物标的跟踪精度可以较低,但由于物标候补的数量较多,因此想要抑制每个物标候补的滤波器处理的运算负载。另一方面,在物标候补的数量成为一个之后,跟踪该物标候补的目的在于将跟踪信息用于警报、车辆控制。因此,需要物标的跟踪精度较高,但物标候补的数量为一个,因此该物标候补的滤波器处理的运算负载也可以较高。因此,根据物标候补的数量减少,将用于滤波器处理的滤波器切换成状态变量较多的滤波器。由此,能够整体的运算负载,并且高精度地跟踪物标。

[0084] (2) 通过使用观测值的数量以下的数量的状态变量的滤波器,滤波器处理成为线性处理。因而,通过选择状态变量的数量与观测值的数量一致的第一滤波器处理部51,能够抑制滤波器处理的运算负载。

[0085] (3) 通过使用状态变量的数量比观测值的数量多的滤波器,能够高精度地跟踪物标。因而,通过选择状态变量的数量比观测值的数量多的第二滤波器处理部52,能够高精度地跟踪物标。

[0086] (4) 在针对一个物体信号的物标候补成为一个的情况下,即使使用状态变量最多的滤波器,也能够抑制运算负载。因而,在针对一个物体信号的物标候补成为一个之后,通过使用状态变量较多的滤波器,能够高精度地跟踪物标。

[0087] (5) 如式(4)所示,对于卡尔曼滤波器而言,状态变量的数量和线性度也会影响增益的计算量。因此,在本公开应用卡尔曼滤波器的情况下,可以获得特别大的效果。

[0088] (6) 通过使用匹配成立次数和/或预测值与观测值的差分来判定删除的物标候补,能够高精度地判定与真实物标不同的物标候补。进而,能够从多个物标候补中高精度地确定真实物标。

[0089] (7) 在检测出的物体的数量较少的情况下,即使每个物体存在多个物标候补,也存在物标候补的整体数量相对较少,计算量有余量的情况。在这样的情况下,在各物体的物标候补的数量成为一个之前,能够使用状态变量较多的滤波器。

[0090] (其它实施方式)

[0091] 以上,对用于实施本公开的方式进行了说明,但本公开并不限于上述的实施方式,能够进行各种变形来实施。

[0092] (a) 在上述实施方式中,根据观测信号来计算速度观测值、距离观测值以及方位观测值,但也可以不计算方位观测值。计算出三个观测值的一方跟踪精度变高,但即使仅计算速度观测值和距离观测值也能够进行物体跟踪。

[0093] (b) 在上述实施方式中,具有四个状态变量的滤波器具有X坐标值、Y坐标值、X方向速度 V_x 以及Y方向速度 V_y ,作为状态变量,但也可以具有X坐标值、Y坐标值、相对速度 V 以及方位 θ (即,速度方向 θ)。

[0094] (c) 在上述实施方式中,滤波器处理部50具备两个滤波器处理部,但也可以具备状态变量的数量相互不同的三个以上的滤波器处理部。例如,也可以使用将状态量设为X坐标值、Y坐标值、相对速度、行进方向、加速度、以及角速度的滤波器。在该情况下,能够进行考虑到物体的旋转运动的跟踪。

[0095] (d) 在上述实施方式中,使用卡尔曼滤波器作为滤波器,但也可以使用卡尔曼滤波器以外的滤波器。例如,也可以使用 $\alpha\beta$ 滤波器、移动平均滤波器。

[0096] (e) 在上述实施方式中,使用FCM方式的毫米波雷达作为传感器,但并不限于FCM方式,只要是根据相位旋转求出相对速度的方式的毫米波雷达即可。例如,也可以是双频CW方式的毫米波雷达。另外,也可以使用毫米波雷达以外的传感器。例如,也可以使用激光雷达、超声波传感器等。即,在使用速度的观测值产生模糊性的方式的传感器的情况下,能够应用本公开。

[0097] (f) 可以通过多个构成要素实现上述实施方式中的一个构成要素所具有的多个功能、或者通过多个构成要素来实现一个构成要素所具有的一个功能。另外,也可以通过一个构成要素来实现多个构成要素所具有的多个功能、或者通过一个构成要素来实现由多个构成要素实现的一个功能。另外,也可以省略上述实施方式的结构的一部分。另外,也可以对其它上述实施方式的结构附加或者置换上述实施方式的结构的部分。此外,仅通过权利要求书所记载的语句确定的技术思想所包含的所有方式是本公开的实施方式。

[0098] (g) 除了上述的物体跟踪装置之外,也能够以将该物体跟踪装置作为构成要素的系统、用于使计算机作为该物体跟踪装置发挥功能的程序、记录有该程序的半导体存储器等非过渡性实体记录介质、物体跟踪方法等各种方式来实现本公开。

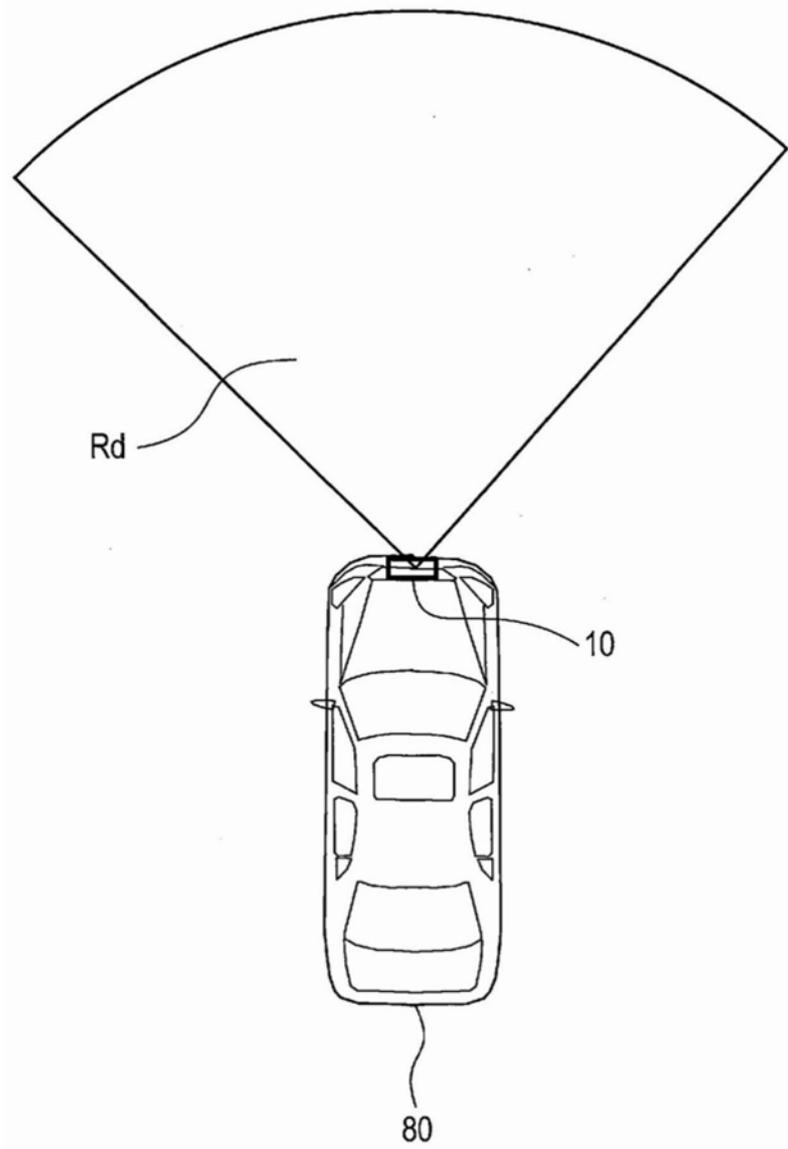


图1

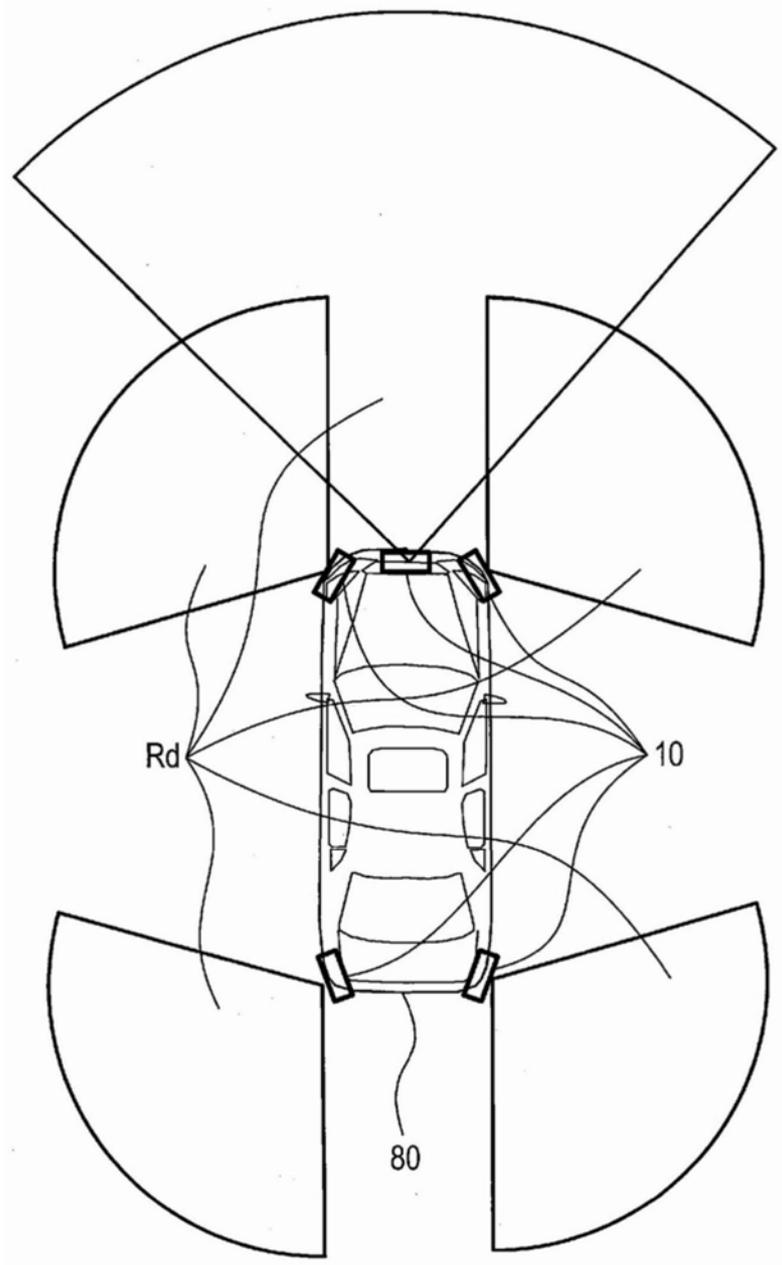


图2

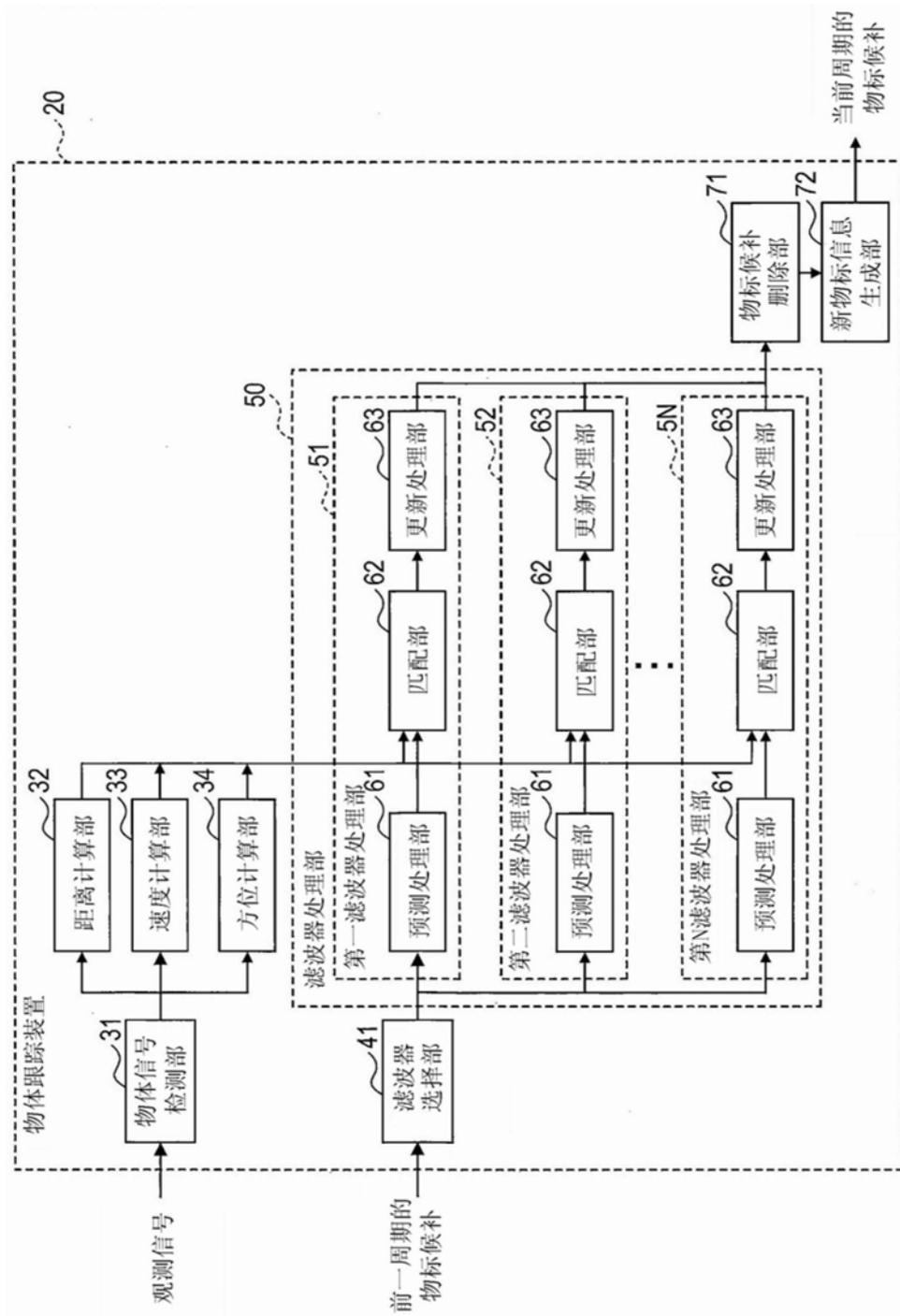


图3

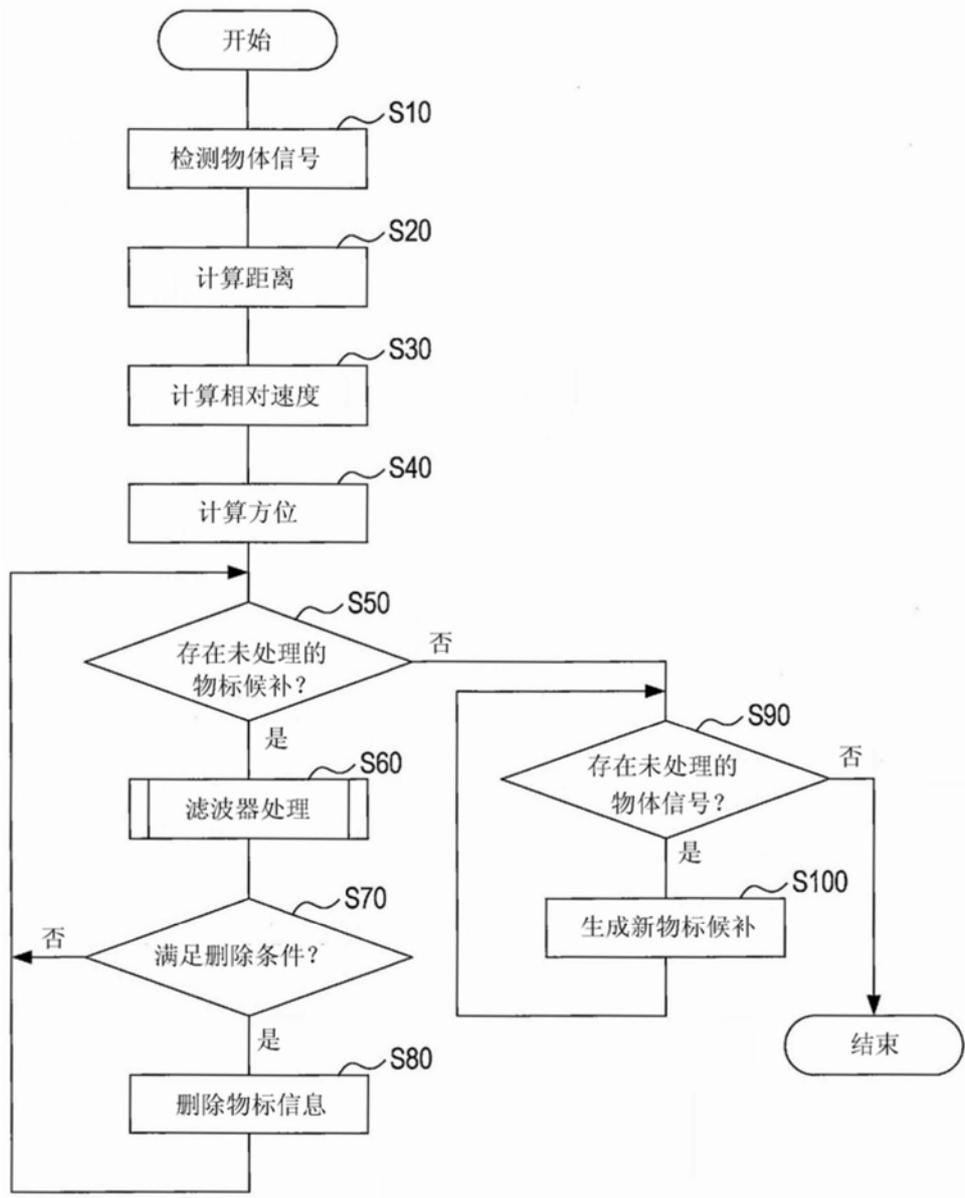


图4

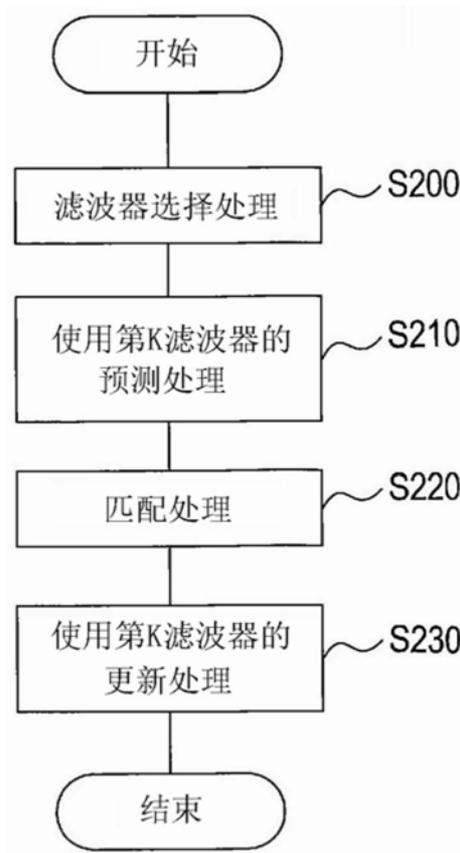


图5

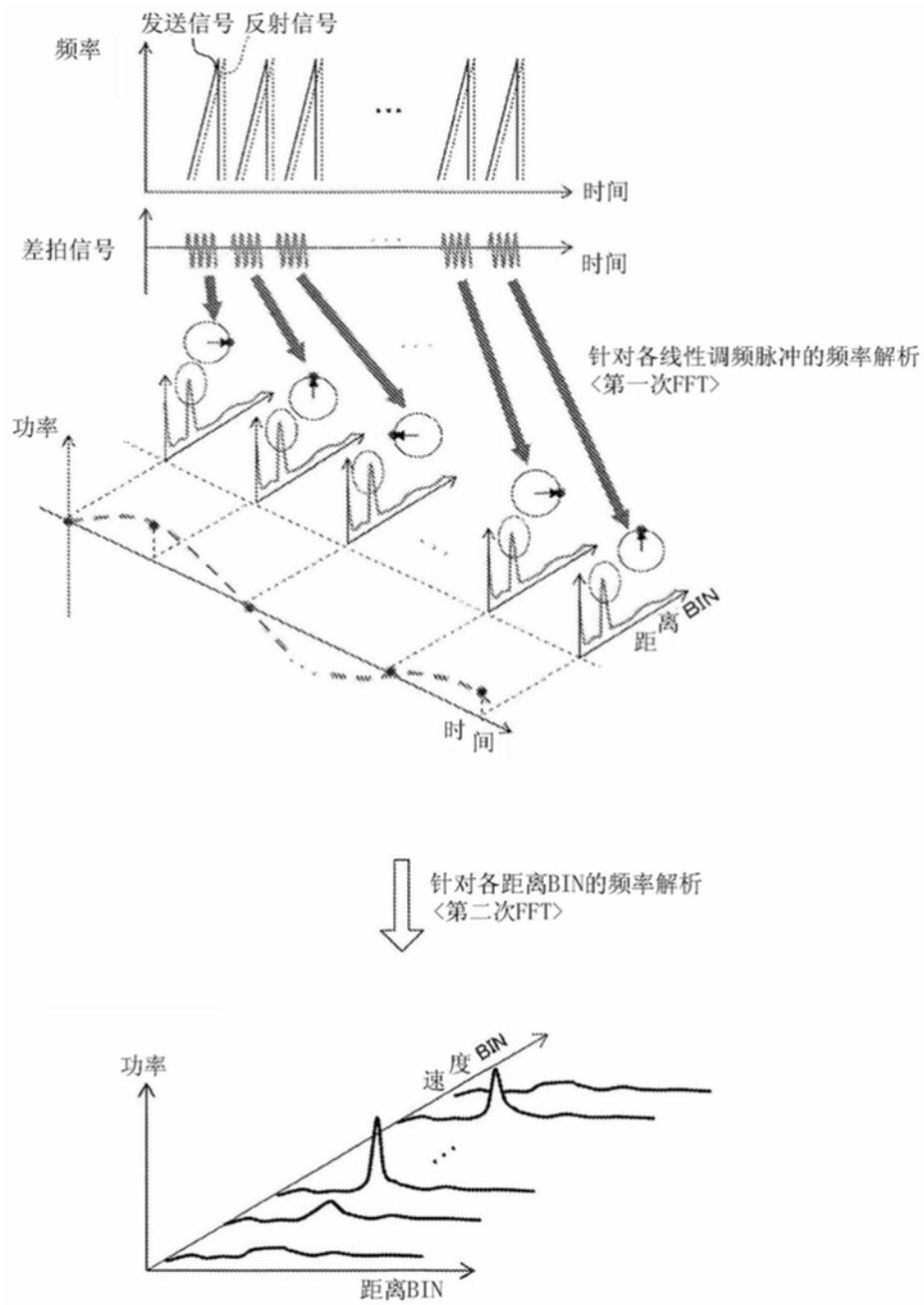


图6

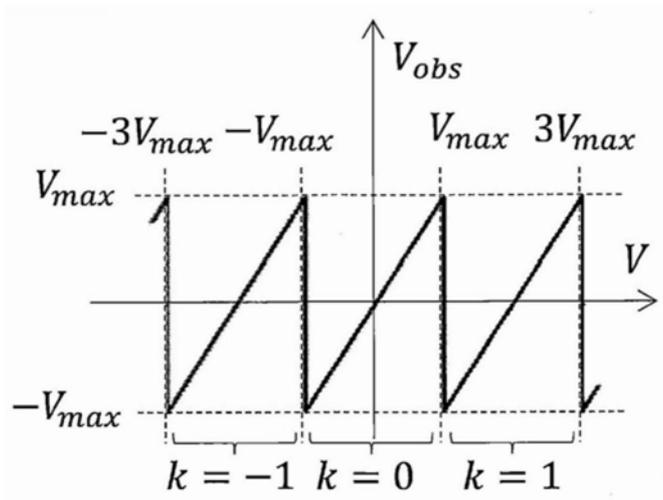


图7

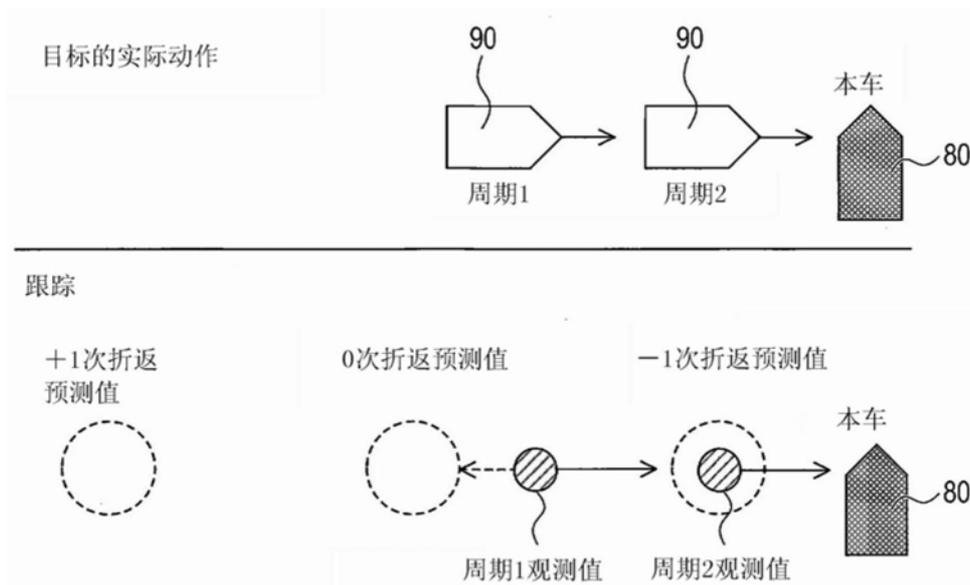


图8

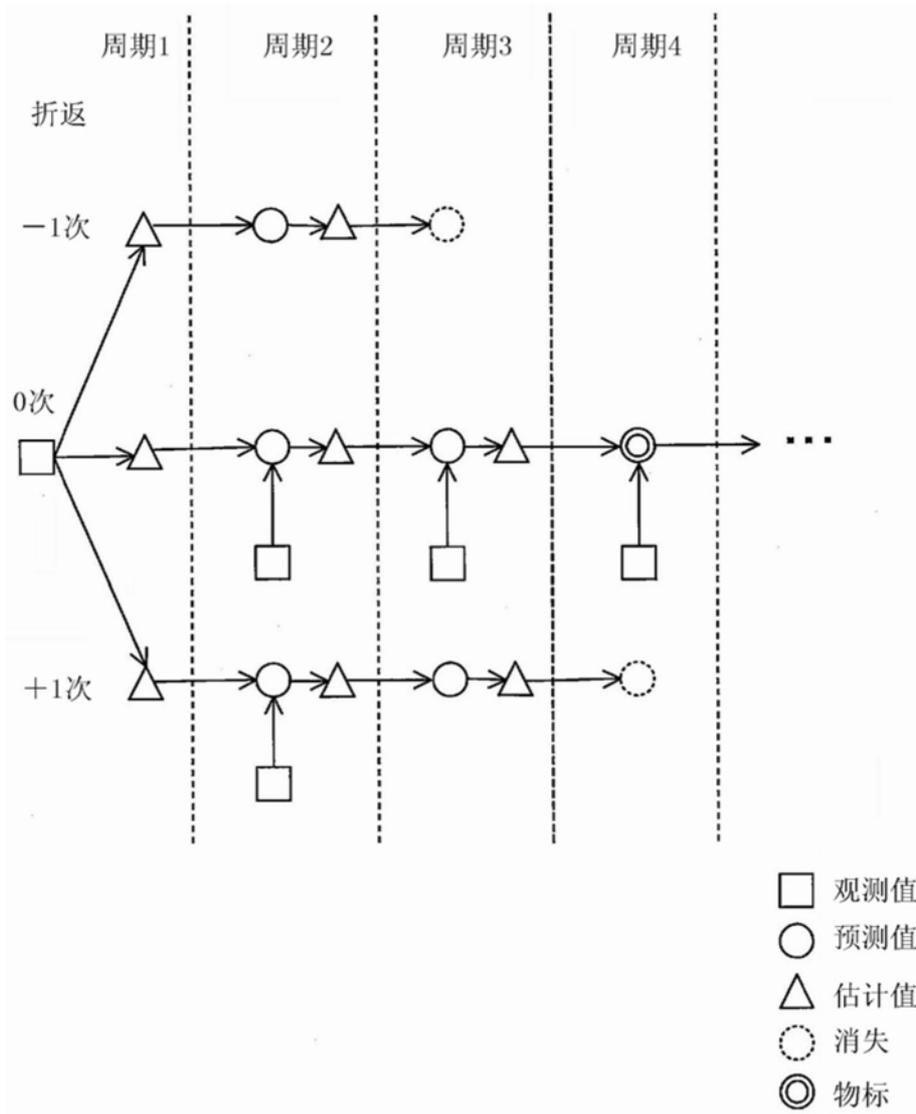


图9

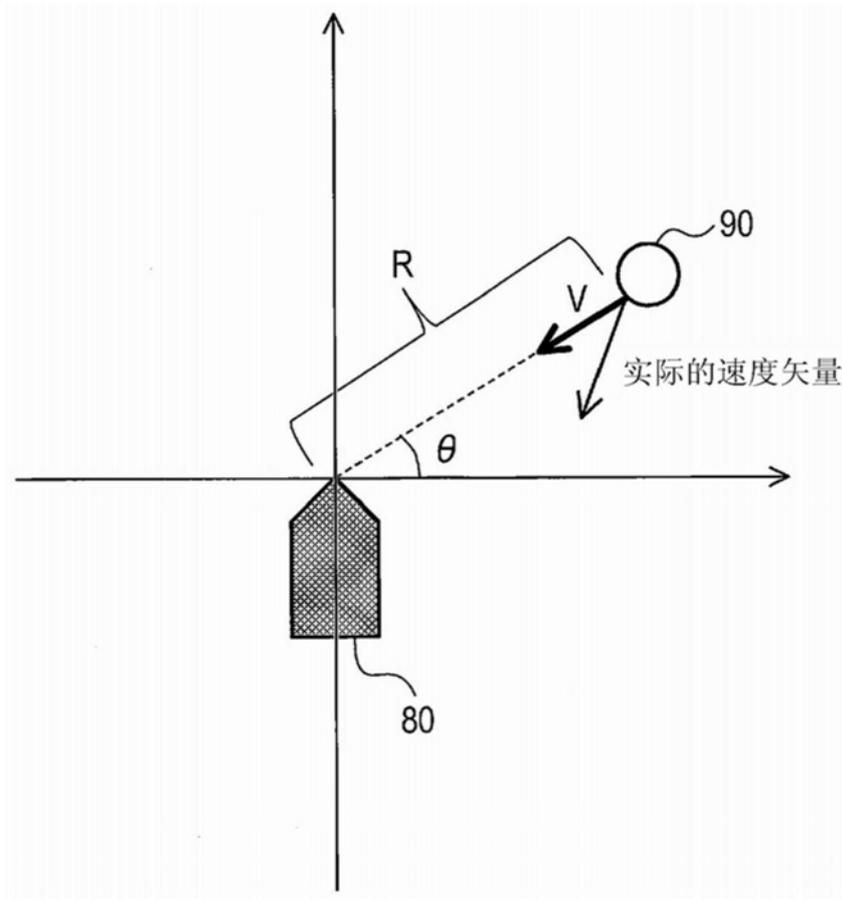


图10

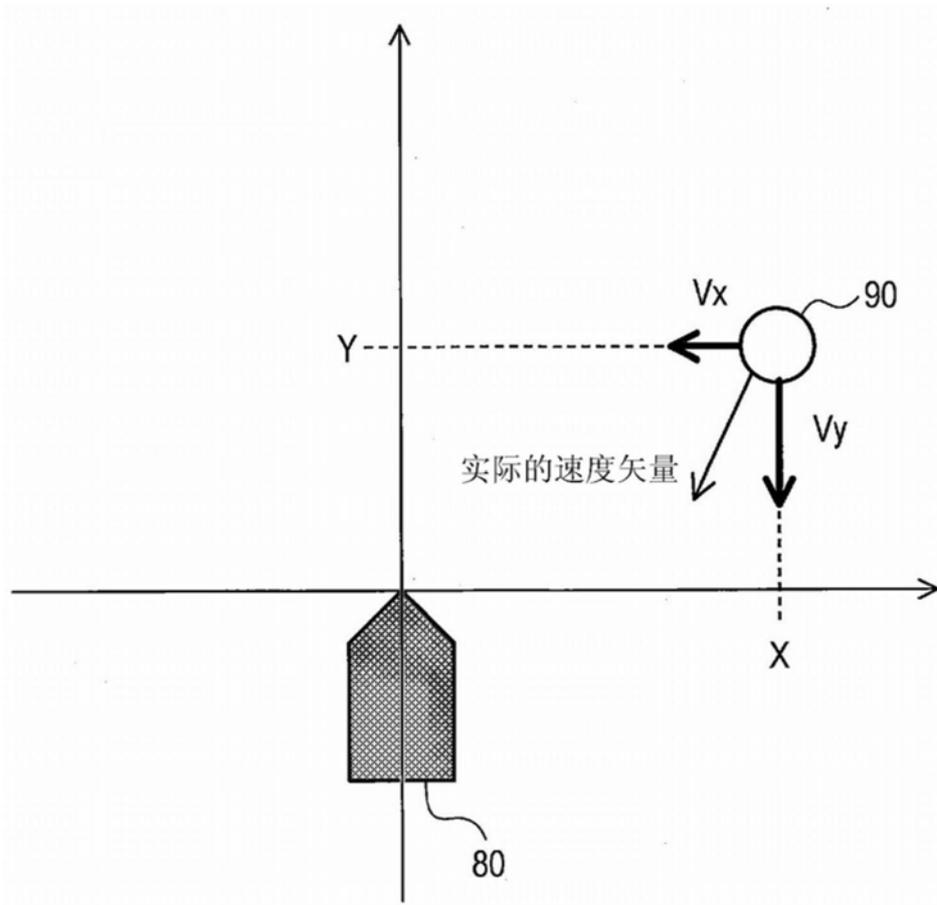


图11

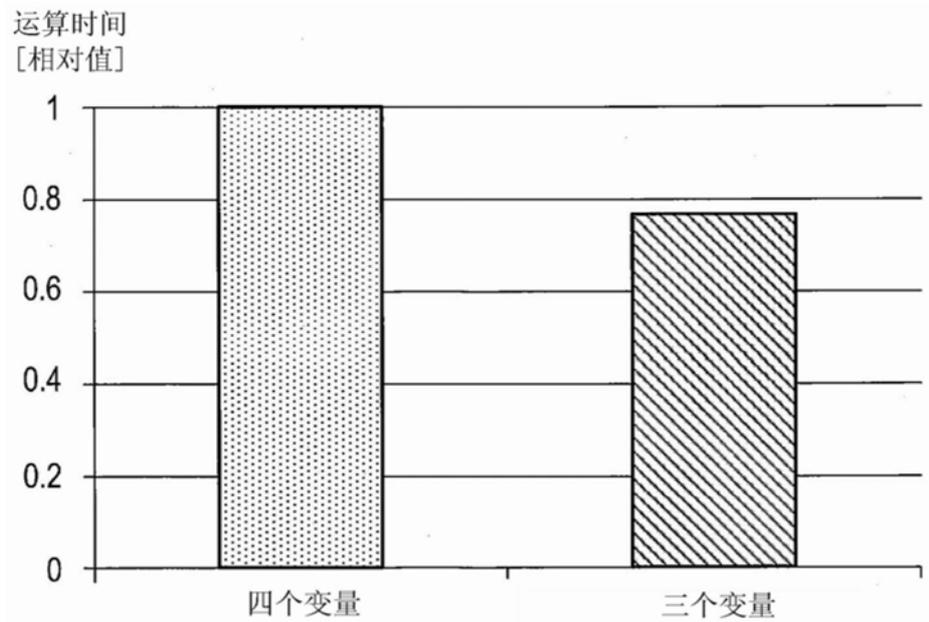


图12