



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 117630831 A

(43) 申请公布日 2024. 03. 01

(21) 申请号 202310518403.4

G01S 13/58 (2006.01)

(22) 申请日 2023.05.09

(30) 优先权数据

17/901792 2022.09.01 US

(71) 申请人 通用汽车环球科技运作有限责任公司

地址 美国密执安州

(72) 发明人 O·比勒 D·列维

(74) 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司 72001

专利代理师 申屠伟进 陈岚

(51) Int. Cl.

G01S 7/40 (2006.01)

G01S 13/90 (2006.01)

G01S 13/86 (2006.01)

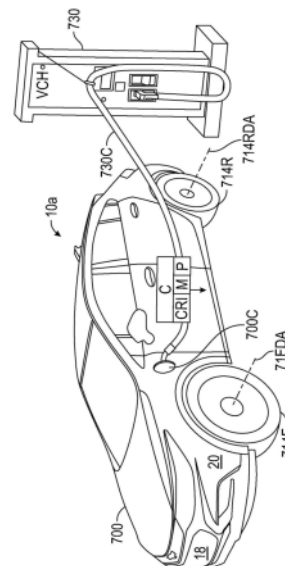
权利要求书2页 说明书7页 附图7页

(54) 发明名称

通过执行图像匹配来实现的SAR图像中的速率估计和角度偏移校正

(57) 摘要

本公开涉及通过执行图像匹配来实现的SAR图像中的速率估计和角度偏移校正。一种方法、系统和车辆通过使用雷达系统和照相机在车辆运动时重复地校正车辆的合成孔径雷达图像中的角度偏移,以通过匹配SAR图像中的物体的角度与照相机图像中的物体的角度来确定被测物体的准确速率,由此减小SAR图像中的物体的角度偏移。所述方法包括:经由车辆的雷达单元获得另一车辆的SAR图像;经由车辆的照相机单元获得所述另一车辆的照相机图像;确定SAR图像中的至少一个物体和照相机图像中的对应至少一个物体之间的关联;基于确定的关联来校正车辆的速率估计;并且基于校正的速率估计来调整SAR图像。



1. 一种用于校正第一车辆的合成孔径雷达 (SAR) 图像的方法, 所述方法在所述第一车辆运动时被重复地执行, 并且所述方法包括:

经由所述第一车辆的雷达单元获得第二车辆的SAR图像;

经由所述第一车辆的照相机单元获得所述第二车辆的照相机图像;

确定所述SAR图像中的物体和所述照相机图像中的物体之间的关联; 基于确定的关联来校正所述第一车辆的速率估计; 并且

基于校正的速率估计来调整所述SAR图像。

2. 如权利要求1所述的方法, 其中确定所述关联包括识别所述SAR图像和所述照相机图像之间的匹配物体对。

3. 如权利要求1所述的方法, 其中调整所述SAR图像包括根据校正的速率来执行相干组合反投影。

4. 如权利要求2所述的方法, 其中校正所述速率包括找到所述匹配物体对之间的角度偏移。

5. 如权利要求2所述的方法, 其中识别所述匹配对包括:

从所述SAR图像中的所述至少一个物体中的每个物体的粗略物体检测提取第一深度神经网络 (DNN) 特征以获得所述SAR图像中的所述至少一个物体中的对应每个物体的雷达描述符向量;

从所述照相机图像中的所述至少一个物体中的对应每个物体的物体检测提取第二DNN特征以获得所述照相机图像中的所述至少一个物体中的每个物体的照相机描述符向量; 并且

在所述SAR图像中的所述至少一个物体中的每个物体的所述照相机描述符向量和所述照相机图像中的所述至少一个物体中的对应每个物体的所述照相机描述符向量之间执行二分匹配。

6. 如权利要求5所述的方法, 其中识别所述匹配对进一步包括通过调整所述第一DNN特征和所述第二DNN特征的DNN权重来确定所述SAR图像中的所述至少一个物体中的每个物体和所述照相机图像中的所述对应至少一个物体, 以使得在所述SAR图像中的所述至少一个物体中的每个物体和所述照相机图像中的所述对应至少一个物体之间存在最小距离。

7. 如权利要求1所述的方法, 其中获得所述SAR图像和获得所述照相机图像被同时执行。

8. 一种用于在第一车辆运动时重复地校正所述第一车辆的合成孔径雷达 (SAR) 图像的系统, 所述系统包括:

所述第一车辆的雷达单元, 获得第二车辆的SAR图像;

照相机单元, 获得所述第二车辆的照相机图像;

处理器, 被配置为:

确定所述SAR图像中的至少一个物体和所述照相机图像中的对应至少一个物体之间的关联;

基于确定的关联来校正所述第一车辆的速率估计; 并且

基于校正的速率估计来调整所述SAR图像。

9. 如权利要求8所述的系统, 其中所述处理器进一步被配置为通过识别所述SAR图像和

所述照相机图像之间的匹配物体对来确定所述关联。

10. 如权利要求8所述的系统,其中所述处理器进一步被配置为通过根据校正的速率执行相干组合反投影来调整所述SAR图像。

通过执行图像匹配来实现的SAR图像中的速率估计和角度偏移校正

背景技术

[0001] 本公开涉及通过执行图像匹配(特别地,将物体与来自照相机的图像进行匹配)来实现的合成孔径雷达(SAR)图像中的速率估计和角度偏移校正。更特别地,本公开涉及通过使用照相机图像校正SAR图像中的角度偏移通过考虑由于速率估计误差而导致的SAR物体中的角度偏移来校正运动中的车辆的SAR图像中的角度偏移。

[0002] 本公开经由系统和方法估计运动,所述系统和方法相干地组合在扩展间隔上接收的信号,同时考虑车辆速率,以便实现增强的角分辨率。进而通过匹配同一物体的雷达图像和照相机图像来提供增强的角分辨率,以便更准确地估计车辆的运动。

[0003] 通过使用由于运动而导致的扩展的雷达的孔径,目前的SAR获得非常高的角分辨率。然而,由于估计的速率的误差导致目标物体的角度偏移,所以需要雷达单元或传感器的相对速率的准确估计。由于速率估计误差引起SAR图像中的被测物体的角度偏移,所以对于某些应用而言,目前的SAR的速率估计准确性可能是不足的,所述角度偏移不能被雷达检测到,由此导致与速率误差成比例的SAR图像中的物体的严重的角度偏移。

发明内容

[0004] 本公开解决通过提供用于检测并且校正SAR图像中的角度偏移的系统和方法来改进现有技术。本公开使用雷达系统和照相机以通过匹配SAR图像中的物体的角度与照相机图像中的物体的角度来确定被测物体的准确速率,由此减小SAR图像中的物体的角度偏移。

[0005] 用于校正第一车辆(主车辆)的SAR图像中的角度偏移的方法在主车辆运动时被重复地执行,并且包括:经由主车辆的雷达单元获得第二车辆(目标车辆)的SAR图像;经由主车辆的照相机单元获得目标车辆的照相机图像;确定SAR图像中的至少一个物体和照相机图像中的对应至少一个物体之间的关联;基于确定的关联来校正主车辆的速率估计;并且基于校正的速率估计来调整SAR图像。

[0006] 在一个或多个实施例中,校正速率估计可包括执行相干组合反投影。确定关联包括确定SAR图像中的所述至少一个物体中的每个物体和照相机图像中的所述至少一个物体中的对应每个物体之间的角度偏移。确定关联进一步包括将SAR图像中的所述至少一个物体中的每个物体的第一角度与照相机图像中的所述至少一个物体中的对应每个物体的第二角度进行比较。

[0007] 根据本公开的一个方面,提供一种用于校正第一车辆的合成孔径雷达(SAR)图像的方法,所述方法在所述第一车辆运动时被重复地执行,并且所述方法包括:经由所述第一车辆的雷达单元获得第二车辆的SAR图像;经由所述第一车辆的照相机单元获得所述第二车辆的照相机图像;确定所述SAR图像中的物体和所述照相机图像中的物体之间的关联;基于确定的关联来校正所述第一车辆的速率估计;并且基于校正的速率估计来调整所述SAR图像。

[0008] 根据本公开的一个实施例,确定所述关联包括识别所述SAR图像和所述照相机图

像之间的匹配物体对。

[0009] 根据本公开的一个实施例,调整所述SAR图像包括根据校正的速率来执行相干组合反投影。

[0010] 根据本公开的一个实施例,校正所述速率包括找到所述匹配物体对之间的角度偏移。

[0011] 根据本公开的一个实施例,识别所述匹配对包括:从所述SAR图像中的所述至少一个物体中的每个物体的粗略物体检测提取第一深度神经网络(DNN)特征以获得所述SAR图像中的所述至少一个物体中的对应每个物体的雷达描述符向量;从所述相机图像中的所述至少一个物体中的对应每个物体的物体检测提取第二DNN特征以获得所述相机图像中的所述至少一个物体中的每个物体的相机描述符向量;并且在所述SAR图像中的所述至少一个物体中的每个物体的所述相机描述符向量和所述相机图像中的所述至少一个物体中的对应每个物体的所述相机描述符向量之间执行二分匹配。

[0012] 根据本公开的一个实施例,识别所述匹配对进一步包括通过调整所述第一DNN特征和所述第二DNN特征的DNN权重来确定所述SAR图像中的所述至少一个物体中的每个物体和所述相机图像中的所述对应至少一个物体,以使得在所述SAR图像中的所述至少一个物体中的每个物体和所述相机图像中的所述对应至少一个物体之间存在最小距离。

[0013] 根据本公开的一个实施例,获得所述SAR图像和获得所述相机图像被同时执行。

[0014] 根据本公开的另一方面,提供一种用于在第一车辆运动时重复地校正所述第一车辆的合成孔径雷达(SAR)图像的系统,所述系统包括:所述第一车辆的雷达单元,获得第二车辆的SAR图像;相机单元,获得所述第二车辆的相机图像;处理器,被配置为:确定所述SAR图像中的至少一个物体和所述相机图像中的对应至少一个物体之间的关联;基于确定的关联来校正所述第一车辆的速率估计;并且基于校正的速率估计来调整所述SAR图像。

[0015] 根据本公开的一个实施例,所述处理器进一步被配置为通过识别所述SAR图像和所述相机图像之间的匹配物体对来确定所述关联。

[0016] 根据本公开的一个实施例,所述处理器进一步被配置为通过根据校正的速率执行相干组合反投影来调整所述SAR图像。

[0017] 根据本公开的一个实施例,所述处理器进一步被配置为通过找到所述匹配物体对之间的角度偏移来校正所述速率。

[0018] 根据本公开的一个实施例,所述处理器被配置为通过下述步骤来识别所述匹配对:从所述SAR图像中的所述至少一个物体中的每个物体的粗略物体检测提取第一深度神经网络(DNN)特征以获得所述SAR图像中的所述至少一个物体中的对应每个物体的雷达描述符向量;从所述相机图像中的所述至少一个物体中的对应每个物体的粗略物体检测提取第二DNN特征以获得所述相机图像中的所述至少一个物体中的每个物体的相机描述符向量;并且在所述SAR图像中的所述至少一个物体中的每个物体的所述相机描述符向量和所述相机图像中的所述至少一个物体中的对应每个物体的所述相机描述符向量之间执行二分匹配。

[0019] 根据本公开的一个实施例,所述处理器进一步被配置为通过下述步骤来识别所述匹配对:通过调整所述第一DNN特征和所述第二DNN特征的DNN权重来确定所述SAR图像中的

所述至少一个物体中的每个物体和所述照相机图像中的所述对应至少一个物体,以使得在所述SAR图像中的所述至少一个物体中的每个物体和所述照相机图像中的所述对应至少一个物体之间存在最小距离。

[0020] 根据本公开的一个实施例,所述处理器进一步被配置为同时获得所述SAR图像并且获得所述照相机图像。

[0021] 根据本公开的另一方面,提供第一车辆,用于在所述第一车辆运动时重复地校正合成孔径雷达(SAR)图像,所述第一车辆包括:车身;车轮,连接到所述车身;雷达单元,捕获合成孔径雷达(SAR)图像;照相机,捕获图像;和控制系统,其中所述控制系统被配置为:经由所述雷达单元获得第二车辆的SAR图像;经由所述照相机单元获得所述第二车辆的照相机图像;确定所述SAR图像中的至少一个物体和所述照相机图像中的对应至少一个物体之间的关联;基于确定的关联来校正所述第一车辆的速率估计;并且基于校正的速率估计来调整所述SAR图像。

[0022] 根据本公开的一个实施例,所述控制系统进一步被配置为通过识别所述SAR图像和所述照相机图像之间的匹配物体对来确定所述关联。

[0023] 根据本公开的一个实施例,所述控制系统进一步被配置为通过根据校正的速率执行相干组合反投影来调整所述SAR图像。

[0024] 根据本公开的一个实施例,所述控制系统进一步被配置为通过找到所述匹配物体对之间的角度偏移来校正所述速率。

[0025] 根据本公开的一个实施例,所述控制系统进一步被配置为通过下述步骤来识别所述匹配对:从所述SAR图像中的所述至少一个物体中的每个物体的粗略物体检测提取第一深度神经网络(DNN)特征以获得所述SAR图像中的所述至少一个物体中的对应每个物体的雷达描述符向量;从所述照相机图像中的所述至少一个物体中的对应每个物体的物体检测提取第二DNN特征以获得所述照相机图像中的所述至少一个物体中的每个物体的照相机描述符向量;并且在所述SAR图像中的所述至少一个物体中的每个物体的所述照相机描述符向量和所述照相机图像中的所述至少一个物体中的对应每个物体的所述照相机描述符向量之间执行二分匹配。

[0026] 根据本公开的一个实施例,所述控制系统进一步被配置为同时获得所述SAR图像并且获得所述照相机图像。

[0027] 以上发明内容并不意图代表本公开的每个实施例或每个方面。相反地,前面的发明内容仅提供本文中阐述的新颖概念和特征中的一些的例示。通过当结合附图和所附权利要求进行时的对用于执行本公开的图示实施例和代表性模式的下面详细描述,以上特征和优点以及其它特征和优点将会容易地显而易见。此外,本公开明确地包括以上和以下呈现的元件和特征的任何和全部组合和子组合。

附图说明

[0028] 图1A至1C图示传统的速率估计和速率误差对产生的SAR图像的影响。

[0029] 图2图示根据本公开的实施例的用于速率估计和减缓速率误差对产生的SAR图像的影响的过程。

[0030] 图3图示根据本公开的实施例的用于估计初始车辆速率估计的过程。

[0031] 图4A图示根据本公开的实施例的用于确定获得的雷达图像和照相机图像二者中的物体之间的关联的过程。

[0032] 图4B图示根据本公开的实施例的用于确定获得的雷达图像和照相机图像二者中的物体之间的损失的过程。

[0033] 图5图示根据本公开的实施例的用于确定获得的雷达图像和照相机图像二者中的关联的物体之间的角度偏移的过程。

[0034] 图6图示根据本公开的实施例的用于校正产生的SAR图像的估计的速率的过程。

[0035] 图7图示本公开可适用到的车辆。

[0036] 本公开可被扩展为变型和替代形式,其中代表性实施例被作为示例示出在附图中并且在以下详细地描述。本公开的发明方面不限于公开的实施例。相反地,本公开意图覆盖落在如所附权利要求所定义的本公开的范围内的变型、等同物、组合和替代物。

具体实施方式

[0037] 本公开容许有以许多不同形式的实施例。作为公开的原理的非限制性示例,本公开的代表性示例被示出在附图中,并且在本文中被详细地描述。为此,在摘要、背景技术、发明内容和具体实施方式章节中描述但未在权利要求中明确地阐述的元件和限制不应该通过暗示、推断或者其它方式被单独地或共同地包括在权利要求中。

[0038] 为了本描述的目的,除非明确地否认,否则单数的使用包括复数,反之亦然,术语“和”和“或”将既是连词又是选词,并且词语“包括”、“含有”、“包含”、“具有”等将意指“非限制性地包括”。此外,近似的词语(诸如,“大约”、“几乎”、“基本上”、“通常”、“近似地”等)可在本文中在“处于、接近或几乎处于”或“在…的0-5%内”或“在可接受的制造公差内”或其逻辑组合的意义上被使用。

[0039] 如本文中所使用,“被配置为”执行指定功能的部件能够执行所述指定功能而无需改变,而非仅具有在另外的修改之后执行所述指定功能的潜力。换句话说,当描述的硬件明确地被配置为执行所述指定功能时,描述的硬件被特别地选择、创建、实现、使用、编程和/或设计以用于执行所述指定功能的目的。

[0040] 本公开在估计车辆的运动时改进现有技术。特别地,本解决方案提供一种系统和方法,所述系统和方法相干地组合在扩展间隔上接收的信号,同时考虑主车辆的速率,以便实现增强的角分辨率,这通过匹配同一物体的雷达图像和照相机图像以便更准确地估计主车辆的运动来实现。

[0041] 通过使用由于运动而导致的扩展的雷达的孔径,目前的SAR获得非常高的角分辨率。然而,由于估计的速率的误差导致目标物体的角度偏移,所以需要雷达单元或传感器的相对速率的准确估计。例如由于速率估计误差引起SAR图像中的被测物体的角度偏移,所以对于某些应用而言,目前的SAR的速率估计准确性可能是不足的,所述角度偏移不能被雷达检测到,由此导致与速率误差成比例的SAR图像中的物体的严重的角度偏移。

[0042] 本公开通过提供用于检测并且校正SAR图像中的角度偏移的系统和方法来解决这个问题。本公开使用雷达系统和照相机以通过匹配SAR图像中的物体的角度与照相机图像中的物体的角度来确定被测物体的准确速率,由此减小SAR图像中的物体的角度偏移。

[0043] 参照附图,其中相同的标号在几个视图中始终指代相同的特征,图1A至1C图示传

统的速率估计和速率误差对产生的合成孔径雷达 (SAR) 图像的影响。特别地,图1A至1C图示使用SAR通过当第二车辆10b按照角度 θ_0 相对于第一车辆10a偏移时捕获位于第一车辆10a附近的第二车辆10b(“目标车辆”)的雷达图像来更准确地确定第一车辆10a(“主车辆”)的速率,其中第一车辆10a被图示在以米 (m) 为单位的距离 (RNG) 和以度 (d) 为单位的方位角 (AZ) 的图形上。

[0044] 图1A图示在不使用任何SAR的情况下的传统速率估计。图1B图示将SAR应用于图1A中图示的图像的理论结果,该理论结果具有第一车辆10a的速率(v_0) 和第二车辆10b相对于第一车辆10a偏移的角度 θ_0 二者的非常准确的估计。图1C图示第一车辆10a的运动的实际传统估计,该实际传统估计具有第一车辆10a的速率(v_1) 的不准确估计,所述第一车辆10a的速率(v_1) 的不准确估计导致第二车辆10b相对于第一车辆10a偏移的角度 θ_1 的对应不准确估计。

[0045] 图1A图示使用安装在第一车辆10a中的雷达单元12(诸如,雷达传感器),以通过向第二车辆10b传送雷达信号以及从第二车辆10b接收雷达信号来检测第二车辆10b,其中没有SAR的传统处理导致处理的图像的焦点的显著不准确性(如图1A中的阴影区域16所示)和对应的不那么高度准确的确定的第一车辆10a的速率。如图1A中进一步所示,从第二车辆10b传送的信号的具有最强反射的区域14分散在整个处理的图像中,由此导致确定的第一车辆10a的运动的另外的不准确性。

[0046] 如图1B中所示,具有非常准确的速率 v_0 的估计的SAR的应用将会在理论上改进处理的图像的焦点16的显著不准确性。然而,如图1C中所示,由于速率误差 v_1 ,确定的第一车辆10a的运动仍然不高度准确,这导致第二车辆10b相对于第一车辆10a偏移的确定的角度的成比例变化(特别地,从 θ_0 变为 θ_1) 和对应的估计的第一车辆10a的运动的的不准确性。

[0047] 图2图示根据本公开的实施例的用于车辆的速率估计和减缓速率误差对产生的SAR的影响的过程。如图2中所示,过程200包括确定第一车辆10a的速率(EV) $EV(v_0)$ (S202),并且对获得的第二车辆10b的雷达图像执行第一相干组合反投影(CCBP1) (S204) 以产生基于第二车辆10b的具有速率误差的SAR图像 (SARVE),诸如图1C中图示的图像。照相机18被用于优选地与获得雷达图像同时获得第二车辆10b的照相机图像 (S206),并且获得的第二车辆10b的照相机图像被用于确定获得的第二车辆10b的雷达图像和照相机图像二者中的物体之间的关联 (ASSOC) (S208),其中ASSOC被用于确定每个关联的物体之间的角度偏移 (AOFFS) (S210) 并且产生校正的EV ($CEV(v_1)$) (S212)。随后对 $CEV(v_1)$ 执行第二相干组合反投影(CCBP2) (S214) 以产生具有校正的速率误差的SAR图像 (SARCVE),类似于图1B中图示的理论目标。

[0048] 通过使用反投影算法来执行CCBP1 (S204) 和CCB2 (S214) 中的每一个,所述反投影算法相干地组合每个产生的 $EV(v_0)$ 的多个帧。SARCVE减小第二车辆10b相对于第一车辆10a偏移的确定的角度的成比例变化,并且进一步减小对应的估计的第一车辆10a的运动的的不准确性。

[0049] 当第一车辆10a移动时,过程200被连续地执行。例如,过程200可被每10毫秒(ms) 执行以便连续地提供与车辆10a的运动相关的准确信息。

[0050] 图3图示根据本公开的实施例的用于估计车辆的初始速率的过程。通过应用图3中

图示的方程,可基于多个多普勒检测点(f_1, f_2, \dots, f_n)来执行 $EV(v_0)$ 的产生(S202),其中每个多普勒检测点具有对应的多普勒检测点角度($\theta_1, \theta_2, \dots, \theta_n$)。

[0051] 图4A图示根据本公开的实施例的用于确定获得的雷达图像和照相机图像二者中的物体之间的关联的过程。如图4A中所示,通过使用产生的SARVE和获得的照相机图像,通过应用第一深度神经网络(DNN1)、应用粗略物体检测(COD)、提取物体的DNN(EDNN)特征并且将第二DNN(DNN2)应用于每个SARVE和对应的获得的照相机图像以产生SARVE和获得的照相机图像中的多个物体中的每个物体的对应雷达描述符向量(RDV) ($r_i, i=1, 2, \dots, n-1, n$)或照相机描述符向量(CDV) ($c_i, i=1, 2, \dots, n-1, n$),来执行确定在获得的第二车辆10b的雷达图像和照相机图像二者中的物体之间的ASSOC(S208)。随后在RDV和CDV中的每个中的每个对应 r_i 和 c_i 之间执行二分匹配(BPM)。

[0052] 图4B图示根据本公开的实施例的用于确定获得的雷达图像和照相机图像二者中的物体之间的损失的过程。根据图4B中的方程,图4A中图示的过程调整SARVE和获得的照相机图像中的每个中的相同物体的权重,以使得SARVE和获得的照相机图像中的每个中的相同物体具有小描述符距离,并且SARVE和获得的照相机图像中的每个中的不同物体具有大描述符距离。

[0053] 使L最小化匹配SARVE和获得的照相机图像中的物体。匹配的物体随后被用于调整SARVE。

[0054] 图5图示根据本公开的实施例的用于确定获得的雷达图像和照相机图像二者中的关联的物体之间的角度偏移的过程。如图5中所示,使用图示的公式来确定关联的物体之间的AOFFS(Φ^S, Φ^C)(S210),以使每个关联的物体中的物体的质心之间的角度差最小化并且使每个关联的物体之间的角度重叠最大化,其中为获得的雷达图像和照相机图像中的每个关联的物体确定 Φ^S 和 Φ^C 。如图5中所示:

[0055] θ_n^C 是照相机图像中的物体的第n像素的角度(ANPC);

[0056] θ_m^S 是SAR图像中的物体的第m反射点的角度(AMRS);

[0057] Ω 是照相机图像中的物体和SAR图像中的对应物体之间的最大角度重叠(MAO);

[0058] θ_{\min}^S 是每个SAR图像中的最小角度(MINSAR);

[0059] θ_{\max}^S 是每个SAR图像中的最大角度(MAXSAR);

[0060] θ_{\min}^C 是每个照相机图像中的最小角度(MINCAM);

[0061] θ_{\max}^C 是每个照相机图像中的最大角度(MAXCAM);

[0062] 每个 Φ^C 在最小照相机角度(CA) (θ_{\min}^C)和最大CA (θ_{\max}^C)之间;

[0063] 每个 Φ^S 在最小SAR角度(SARA) (θ_{\min}^S)和最大SARA (θ_{\max}^S)之间;

[0064] Δ 是照相机图像中的物体和SAR图像中的对应物体之间的估计的角度偏移(EA00)。

[0065] 图6图示根据本公开的实施例的用于校正产生的SAR图像的估计的速率的过程。如图6中所示,通过使用图示的公式,按照与图3中的 $EV(v_0)$ 的产生类似的方式,基于多个多普勒检测点(f_1, f_2, \dots, f_n),通过应用图6中图示的方程以产生最小二乘速率估计(LSVE)作为 $CEV(v_1)$,可执行CVE(S212),其中每个多普勒检测点具有对应的多普勒检测点角度($\theta_1, \theta_2, \dots, \theta_n$)。图6中图示的公式进一步考虑到来自SAR距离方位谱(RPPSRAS)中的峰值的检测

到的反射点和来自图5的 Δ 。

[0066] 图7图示本公开可适用到的车辆。如图7中所示,机动车辆10a包括具有充电插座700C的车身700、前车轮714F、后车轮714R、雷达单元20和照相机18。车辆10a进一步包括电池电力系统(未示出),所述电池电力系统包括高压(HV)电池组,诸如一个或多个锂离子电池组,或者由另一应用合适的高能电池化学构造的组。

[0067] 在不同实施例中,根据机动车辆10a的特定驱动配置,当电池电力系统中存储的电荷被释放以驱动前车轮714F和/或后车轮714R时,前车轮714F围绕对应的前驱动轴714FDA旋转并且后车轮714R围绕对应的后驱动轴714RDA旋转。在图7中图示的充电状态下,经由充电电缆730C从非车载充电站730提供充电电压(VCH),其中充电电缆730C端接于合适的充电连接器,诸如SAE J1772充电连接器(未示出)。

[0068] 如图7中进一步所示,车辆10a可进一步包括计算机可读指令(CRI),所述计算机可读指令(CRI)被记录在控制系统(C)(诸如,一个或多个数字计算机或电子控制单元)的存储器(M)中并且由一个或多个处理器(P)执行。存储器(M)可包括有形非暂态存储器,例如只读存储器,无论是光存储器、磁存储器、闪存还是其它类型。控制系统(C)可还包括应用足够量的随机存取存储器、电可擦除可编程只读存储器和类似的存储器以及高速时钟、模数和数模电路以及输入/输出电路和装置以及合适的信号调节和缓冲电路。本公开的过程可被体现为存储器(M)中的CRI,并且由处理器在控制系统(C)的控制下执行。

[0069] 注意的是,图7中的雷达单元20、照相机18、存储器(M)、控制系统(C)和一个或多个处理器(P)的位置仅是代表性的,并且雷达单元20、照相机18、存储器(M)、控制系统(C)和一个或多个处理器(P)可位于它们的功能能够如本文中所公开的那样被执行的车辆上的任何位置。进一步注意的是,图7中图示的车辆10a仅是本公开的一个实施例。本公开可被应用于本公开应用到的车辆或其它实体的其它实施例。

[0070] 详细描述和附图或图是对本公开的支持和描述。然而,本公开的范围仅由权利要求定义。尽管用于执行本公开的最佳模式和其它实施例中的一些已被详细地描述,但存在用于实施如所附权利要求中所定义的本公开的各种替代设计和实施例。此外,本公开明确地包括本文中公开的元件和特征的组合和子组合。

[0071] 本公开的方面已被参照图示的实施例概括地并且详细地描述。在不脱离描述的实施例的范围和精神的情况下,能够由本领域技术人员做出各种变型。相关领域技术人员还将会意识到,在不脱离本公开的范围的情况下,公开的方法和支持硬件实施方式可被替代地按照其它特定形式体现。因此,前面的公开意图说明本公开,而非限制仅由所附权利要求定义的发明范围。

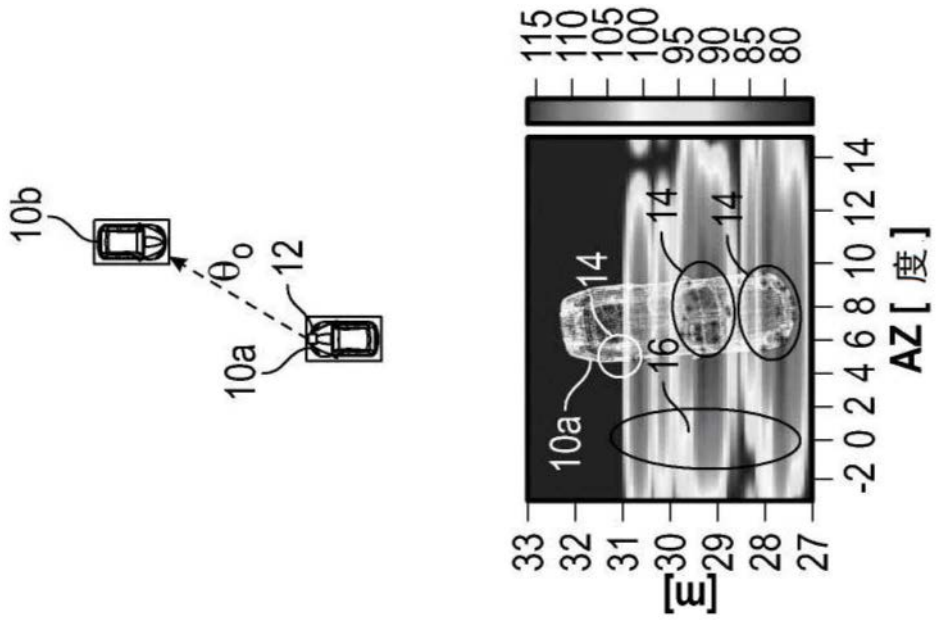


图1A

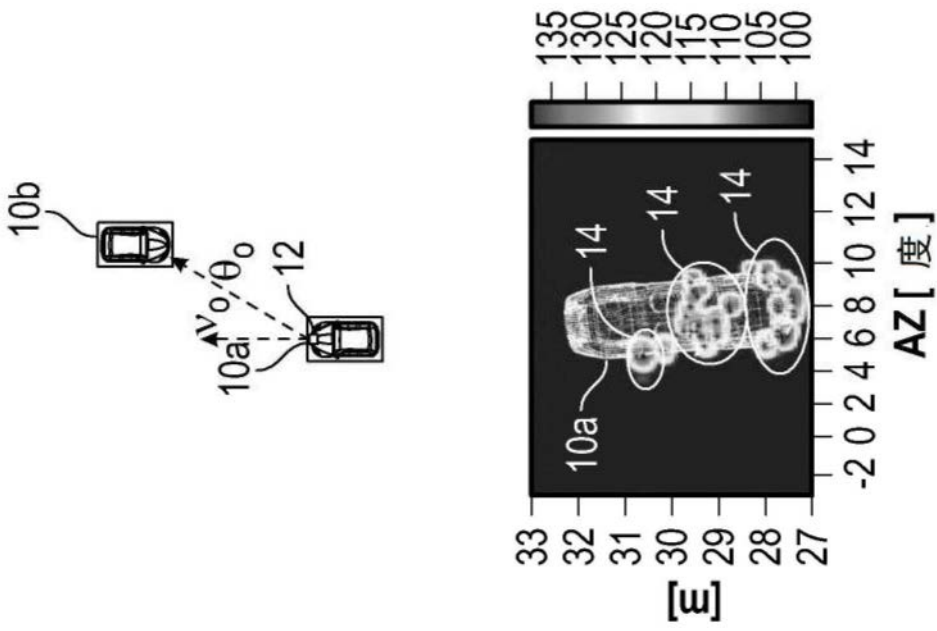


图1B

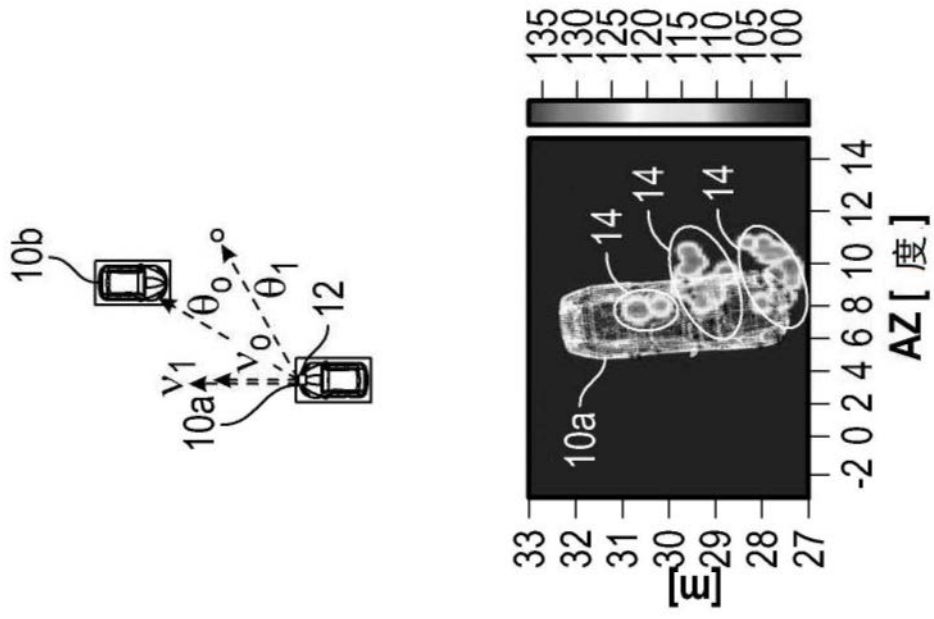


图1C

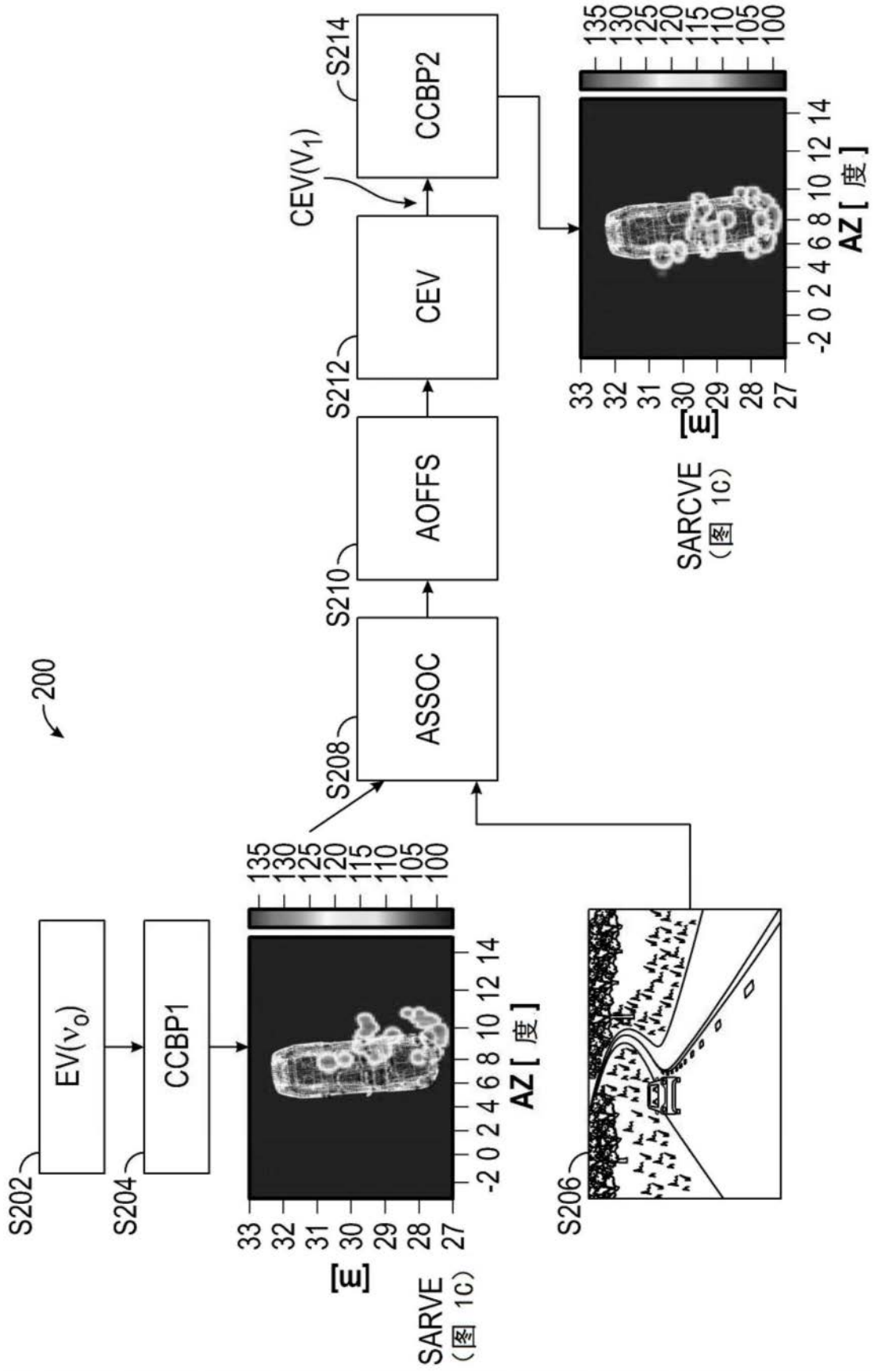


图2

$$\begin{aligned}
 & f = Gv \\
 & f = \begin{bmatrix} f_1 \\ f_2 \\ \vdots \end{bmatrix} ; G = \begin{bmatrix} \cos(\theta_1) & \sin(\theta_1) \\ \vdots & \vdots \\ \cos(\theta_N) & \sin(\theta_N) \end{bmatrix} ; v = \begin{bmatrix} v_x \\ v_y \end{bmatrix} ; EV(v_0) = (G^H G)^{-1} G^H f
 \end{aligned}$$

图3

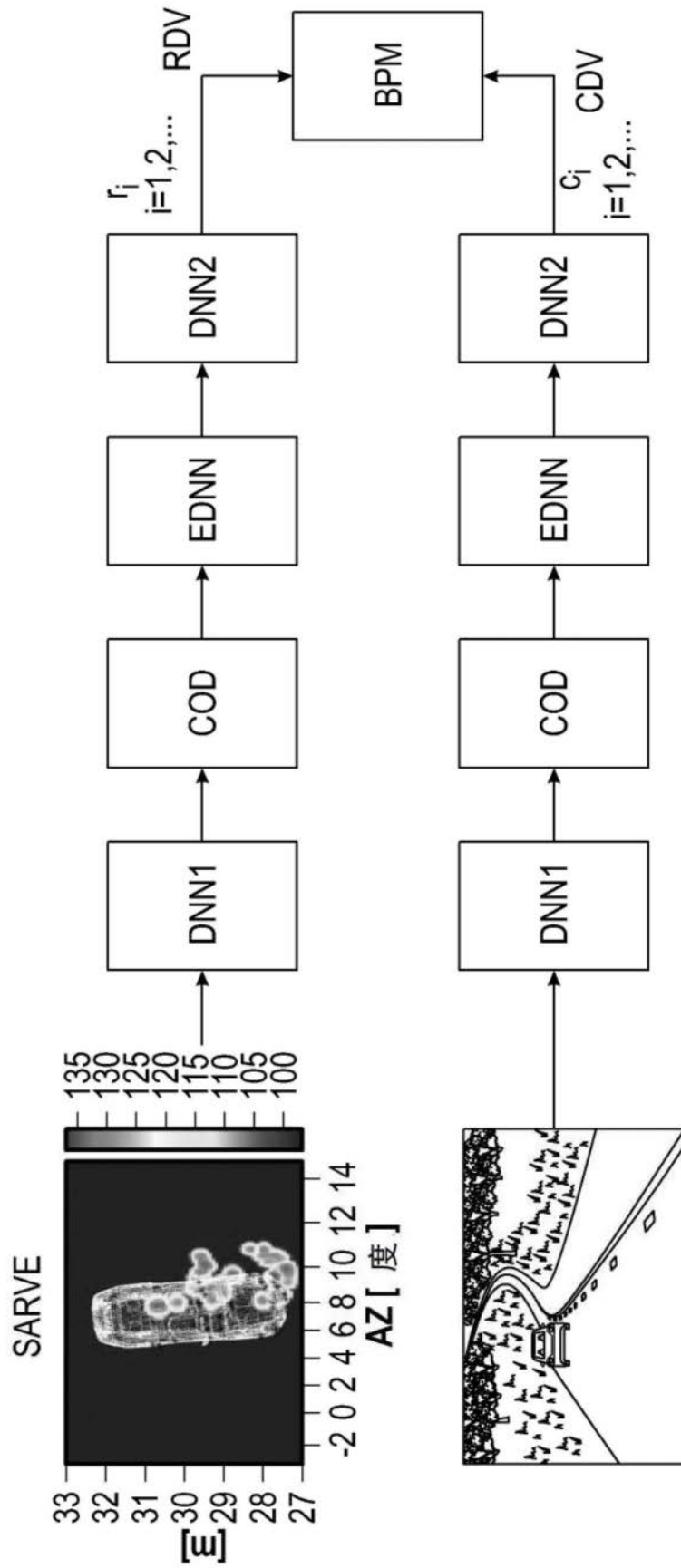
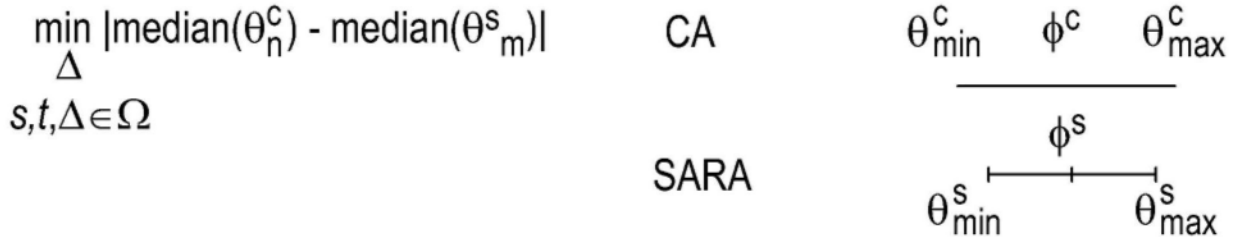


图4A

$$L = \frac{\|r_i - c_i\|}{\lambda \sum_{k \neq i} \|r_i - c_k\|}$$

图4B



θ_n^c ANPC

θ_m^s AMRS

MAO: $\Omega = \text{argmax}_{\Delta} \{(\theta_{\min}^s, \theta_{\max}^s) + \Delta \cap (\theta_{\min}^c, \theta_{\max}^c)\}$

MINSAR: $\theta_{\min}^s = \min\{\theta_m^s\};$

MAXSAR: $\theta_{\max}^s = \max\{\theta_m^s\}$

MINCAM: $\theta_{\min}^c = \min\{\theta_n^c\}$

MAXCAM: $\theta_{\max}^c = \max\{\theta_n^c\}$

图5

$$f = Gv$$

$$f = \begin{bmatrix} f_1 \\ \vdots \\ f_N \end{bmatrix}; \quad G = \begin{bmatrix} \cos(\theta_1 + \Delta) & \sin(\theta_1 + \Delta) \\ \vdots & \vdots \\ \cos(\theta_N + \Delta) & \sin(\theta_N + \Delta) \end{bmatrix}; \quad \text{EV}(v_i) = \begin{bmatrix} v_x \\ v_y \end{bmatrix}$$

LSVE: $\text{CEV}(v_i) = (G^H G)^{-1} G^H f$

图6

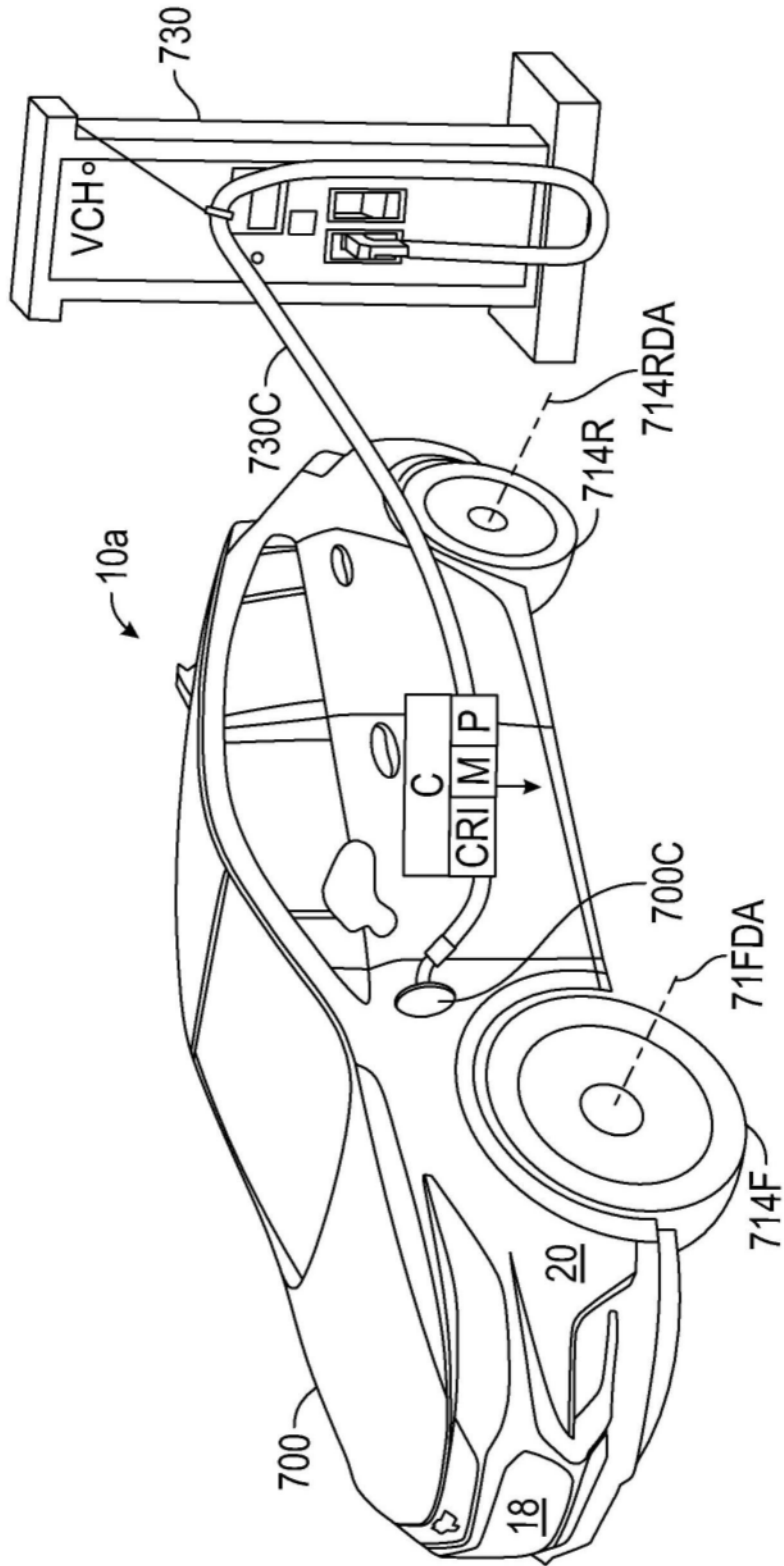


图7