



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 108292356 B
(45) 授权公告日 2022. 06. 21

(21) 申请号 201680064767.8	(73) 专利权人 祖克斯有限公司
(22) 申请日 2016.11.02	地址 美国加利福尼亚州
(65) 同一申请的已公布的文献号 申请公布号 CN 108292356 A	(72) 发明人 T·D·肯特力-克雷 R·Y·加马拉
(43) 申请公布日 2018.07.17	(74) 专利代理机构 永新专利商标代理有限公司 72002 专利代理师 陈松涛 王英
(30) 优先权数据 14/932,948 2015.11.04 US 14/756,994 2015.11.04 US 14/932,962 2015.11.04 US	(51) Int.Cl. G06V 20/58 (2022.01) G08G 1/16 (2006.01)
(85) PCT国际申请进入国家阶段日 2018.05.04	审查员 安静
(86) PCT国际申请的申请数据 PCT/US2016/060183 2016.11.02	
(87) PCT国际申请的公布数据 W02017/079349 EN 2017.05.11	

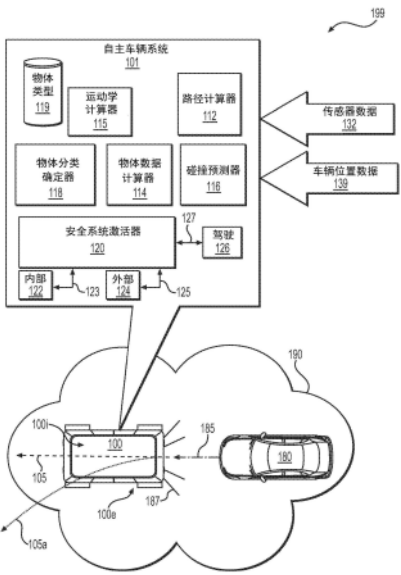
权利要求书2页 说明书39页 附图46页

(54) 发明名称

配置主动照明以指示自主车辆的方向性的系统

(57) 摘要

公开了用于实施自主车辆中的主动安全系统的系统、装置和方法。自主车辆(100)可沿着轨迹(105)穿过在自主车辆(100)外部的环境(190)行进。环境(190)可包括可潜在地与自主车辆(100)碰撞的一个或多个物体,例如静止和/或动态物体或对乘坐在自主(100)中的乘客和/或对自主车辆(100)造成某个其它危险的物体。物体(180)(例如汽车)被描绘为具有轨迹(185),其如果不改变(例如通过改变轨迹、减速等)则可导致与自主车辆(100)的潜在碰撞(187)(例如通过从后面撞上自主车辆(100))。自主车辆(100)可使用传感器系统来感测(例如使用被动和/或主动传感器)环境(190)以检测物体(180),并可采取行动来减轻或防止物体(180)与自主车辆(100)的潜在碰撞。



1. 一种用于实施自主车辆的安全动作的方法,所述方法包括:
接收表示无人驾驶的自主车辆在所述自主车辆外部的环境中的轨迹的轨迹数据;
感测所述环境中的物体;
确定物体数据,所述物体数据包括所述物体的位置、所述物体的物体类型和所述物体的物体分类;
基于所述物体数据来确定所述物体在所述环境中的一个或多个预测位置;
基于所述轨迹数据和所述物体在所述环境中的所述一个或多个预测位置来确定预测碰撞位置;
确定位于所述物体和所述预测碰撞位置之间的、在所述环境中的第一阈值位置;
确定位于所述物体和所述预测碰撞位置之间的、在所述环境中的第二阈值位置,所述第二阈值位置比所述第一阈值位置更接近所述碰撞位置;其中,所述第一阈值位置和所述第二阈值位置的配置是基于对所述物体的轨迹的分析;
感测所述物体在所述环境中的更新位置;
响应于所述更新位置与所述第一阈值位置相对应而使用安全系统来实施第一安全动作;以及
响应于所述更新位置与所述第二阈值位置相对应而使用所述安全系统来实施第二安全动作。
2. 根据权利要求1所述的方法,其中,所述安全系统包括声束转向阵列,所述第一安全动作包括以相对于所述自主车辆的轨迹的第一角度发射第一音频警报,并且所述第二安全动作包括以相对于所述自主车辆的轨迹的第二角度发射第二音频警报。
3. 根据权利要求1所述的方法,其中,所述安全系统包括光发射器,所述第一安全动作包括发射第一光图案,并且所述第二安全动作包括发射第二光图案。
4. 根据权利要求1所述的方法,其中,所述安全系统包括用于向所述物体发送可能碰撞的警报的警报系统,所述方法还包括确定避免碰撞轨迹以根据所述轨迹操纵所述自主车辆。
5. 根据权利要求4所述的方法,还包括发送所述避免碰撞轨迹以用于根据所述轨迹操纵所述自主车辆。
6. 根据权利要求1所述的方法,其中,所述第一安全动作具有第一紧急性,并且所述第二安全动作具有第二紧急性。
7. 根据权利要求1所述的方法,其中,所述安全系统包括外部囊袋或安全带拉紧系统中的至少一个。
8. 根据权利要求1所述的方法,其中,实施所述第一安全动作或实施所述第二安全动作包括将位于所述自主车辆的内部中的座椅从第一位置移动到第二位置。
9. 一种用于使自主车辆发出警报的系统,所述系统包括:
自主车辆,其被配置为在道路上自主地驾驶,所述自主车辆具有用于感测围绕所述自主车辆的环境中的物体的多个传感器;以及
计算系统,其通信地耦合到所述自主车辆以从所述多个传感器接收数据并发送用于控制所述自主车辆的部件的指令,所述计算系统被编程为:
确定所述自主车辆的轨迹;

确定所述物体的第一位置和所述物体的类型；

基于所述物体的所述第一位置和所述物体的所述类型来确定包括预测所述物体在其中行进的区域的预测区域；

确定所述预测区域内的第一阈值边界和所述预测区域内的第二阈值边界；其中，所述第一阈值边界和所述第二阈值边界的配置是基于对所述物体的轨迹的分析；

基于确定所述物体的更新位置与所述第一阈值边界相符来使所述自主车辆发射具有第一紧急性的第一警报；以及

基于确定所述物体的所述更新位置与所述第二阈值边界相符来使所述自主车辆发射具有第二紧急性的第二警报。

10. 根据权利要求9所述的系统，其中，所述计算系统还被编程为确定所述自主车辆和所述物体的预测碰撞位置，并且所述第一阈值边界比所述第二阈值边界离所述预测碰撞位置相对更远。

11. 根据权利要求10所述的系统，其中，所述预测碰撞位置在所述预测区域中。

12. 根据权利要求9所述的系统，其中，所述自主车辆是被配置为在第一方向上向前驾驶或在实质上相反的第二方向上向前驾驶而不使所述自主车辆调头的双向车辆，并且所述计算系统还被编程为基于确定所述物体的所述更新位置与所述第二阈值边界相符来产生用于使所述自主车辆将方向从沿着所述轨迹在所述第一方向上向前驾驶改变为在所述第二方向上前向驾驶而不调头的指令。

13. 根据权利要求9所述的系统，其中，所述计算系统还被编程为基于确定所述物体的所述更新位置与所述第二阈值边界相符来产生用于激活所述自主车辆的安全系统的指令。

14. 根据权利要求13所述的系统，其中，所述安全系统包括外部囊袋或安全带拉紧系统。

15. 根据权利要求9所述的系统，其中，所述自主车辆还包括声安全系统，所述第一警报包括由所述声安全系统发射的第一音频警报，并且所述第二警报包括由所述声安全系统发射的第二音频警报。

16. 根据权利要求15所述的系统，其中，所述声安全系统包括声束转向阵列，所述第一音频警报以相对于所述自主车辆的轨迹的第一角度进行发射，并且所述第二音频警报以相对于所述自主车辆的轨迹的第二角度进行发射。

17. 根据权利要求9所述的系统，其中，所述自主车辆还包括光发射器，所述第一警报包括由所述光发射器发射的第一发射光图案，并且所述第二警报包括由所述光发射器发射的第二发射光图案。

配置主动照明以指示自主车辆的方向性的系统

[0001] 相关申请的交叉引用

[0002] 本PCT国际申请是2015年11月4日提交的标题为“Autonomous Vehicle Fleet Service and System”的美国专利申请号14/756,994、2015年11月4日提交的标题为“Active Lighting Control for Communicating a State of an Autonomous Vehicle to Entities in a Surrounding Environment”的美国专利申请号14/932,948和2015年11月4日提交的标题为“Robotic Vehicle Active Safety Systems and Methods”的美国专利申请号14/932,962的继续,并且与2015年11月4日提交的标题为“Autonomous Vehicle Fleet Service And System”的美国专利申请号14/932,959以及2015年11月4日提交的标题为“Adaptive Mapping To Navigate Autonomous Vehicles Responsive To Physical Environment Changes”的美国专利申请号14/932,963相关,所有这些申请出于所有目的特此通过引用被全部并入。

技术领域

[0003] 本申请的实施例总体上涉及用于机器人车辆中的安全系统的方法、系统和装置。

背景技术

[0004] 自主车辆(例如被配置为在都市环境中运输乘客的类型)可能遇到很多情况,例如在这些情况下自主车辆应当向人、车辆等通知车辆的操作意图,例如自主车辆正驶进或将驶进的方向。而且,自主车辆的乘客可能经历关于确定哪个自主车辆被分派任务以服务于他们的运输需要的一些不确定性。例如,如果很多自主车辆存在,则计划乘坐那些自主车辆之一的乘客可能希望容易区分哪个自主车辆为他/她准备。

[0005] 因此,存在对用于实施机器人车辆的操作状态和意图的系统、装置和方法的需要。

附图说明

[0006] 在下面的具体实施方式和附图中公开了各种实施例或示例(“示例”):

[0007] 图1描绘了用于实施自主车辆中的主动安全系统的系统的一个示例;

[0008] 图2A描绘了用于实施自主车辆中的主动安全系统的流程图的一个示例;

[0009] 图2B描绘了用于实施自主车辆中的主动安全系统的流程图的另一示例;

[0010] 图2C描绘了用于实施自主车辆中的主动安全系统的流程图的又一示例;

[0011] 图3A描绘了用于实施自主车辆中的主动安全系统的系统的一个示例;

[0012] 图3B描绘了用于实施自主车辆中的主动安全系统的系统的另一示例;

[0013] 图4描绘了用于实施自主车辆中的感知系统的流程图的一个示例;

[0014] 图5描绘了由自主车辆中的规划器系统进行的物体优先化的一个示例;

[0015] 图6描绘了自主车辆中的主动安全系统中的阈值位置和相关联的逐步增强警报的一个示例的顶部平面图;

[0016] 图7描绘了用于实施自主车辆中的规划器系统的流程图的一个示例;

- [0017] 图8描绘了自主车辆中的系统的方框图的一个示例；
- [0018] 图9描绘了自主车辆的外部安全系统中的声束转向阵列的一个示例的顶视图；
- [0019] 图10A描绘了传感器覆盖的两个示例的顶部平面图；
- [0020] 图10B描绘了传感器覆盖的另两个示例的顶部平面图；
- [0021] 图11A描绘了自主车辆的外部安全系统中的声束转向阵列的一个示例；
- [0022] 图11B描绘了用于实施自主车辆的声束转向的流程图的一个示例；
- [0023] 图11C描绘了与对物体的听觉警报相关联的自主车辆转向声能的一个示例的顶部平面图；
- [0024] 图12A描绘了自主车辆的外部安全系统中的光发射器的一个示例；
- [0025] 图12B描绘了自主车辆的外部安全系统中的光发射器的示例的剖面图；
- [0026] 图12C描绘了基于自主车辆相对于物体的定向的光发射器激活的一个示例的顶部平面图；
- [0027] 图12D描绘了基于自主车辆相对于物体的定向的光发射器激活的一个示例的剖面图；
- [0028] 图12E描绘了用于实施来自自主车辆中的光发射器的视觉警报的流程图的一个示例。
- [0029] 图12F描绘了发射光以实施视觉警报的自主车辆的光发射器的一个示例的顶部平面图；
- [0030] 图13A描绘了自主车辆的外部安全系统中的囊袋系统的一个示例；
- [0031] 图13B描绘了自主车辆的外部安全系统中的囊袋的示例；
- [0032] 图13C描绘了自主车辆中的囊袋展开的示例；
- [0033] 图14描绘了自主车辆的内部安全系统中的安全带拉紧系统的一个示例；
- [0034] 图15描绘了自主车辆的内部安全系统中的座椅致动器系统的一个示例；
- [0035] 图16A描绘了自主车辆中的驾驶系统的一个示例；
- [0036] 图16B描绘了自主车辆中的避障操纵的一个示例；
- [0037] 图16C描绘了自主车辆中的避障操纵的另一示例；
- [0038] 图17描绘了使用来自自主车辆的光发射器的视觉警报与环境中的物体进行视觉通信的示例；
- [0039] 图18描绘了用于实施来自自主车辆中的光发射器的视觉警报的流程图的另一示例；
- [0040] 图19描绘了使用来自自主车辆的光发射器的视觉警报与环境中的物体进行视觉通信的示例；
- [0041] 图20描绘了用于实施来自自主车辆中的光发射器的视觉警报的流程图的另一示例；
- [0042] 图21描绘了位于自主车辆外部的光发射器的其它示例的剖面图；
- [0043] 图22描绘了位于自主车辆外部的光发射器的又一些其它示例的剖面图；
- [0044] 图23描绘了自主车辆的光发射器的示例；
- [0045] 图24描绘了表示与自主车辆的光发射器相关联的光图案的数据的示例；
- [0046] 图25描绘了用于实施自主车辆中的方向性的视觉指示的流程图的一个示例；

[0047] 图26描绘了用于实施自主车辆中的信息的视觉指示的流程图的一个示例；
[0048] 图27描绘了由自主车辆的光发射器进行的行进的方向性的视觉指示的示例；
[0049] 图28描绘了由自主车辆的光发射器进行的行进的方向性的视觉指示的其它示例；
[0050] 图29描绘了由自主车辆的光发射器进行的行进的方向性的视觉指示的又一些其它示例；
[0051] 图30描绘了由自主车辆的光发射器进行的行进的方向性的视觉指示的额外示例；
[0052] 图31描绘了由自主车辆的光发射器产生的信息的视觉指示的示例；
[0053] 图32描绘了自主车辆中的光发射器定位的一个示例；以及
[0054] 图33描绘了自主车辆中的光发射器定位的一个示例。
[0055] 尽管上面所述的附图描绘了本发明的各种示例，但本发明并不被所描绘的示例限制。应理解，在附图中，相似的附图标记表示相似的结构元件。此外，应理解，附图不一定按比例。

具体实施方式

[0056] 可以用很多方式实施各种实施例或示例，包括系统、过程、方法、装置、用户界面、软件、固件、逻辑、电路或体现在非暂态计算机可读介质中的一系列可执行程序指令。例如非暂态计算机可读介质或计算机网络，其中程序指令通过光学、电子或无线通信链路被发送并被存储或以另外方式固定在非暂态计算机可读介质中。例如非暂态计算机可读介质的示例包括但不限于电子存储器、RAM、DRAM、SRAM、ROM、EEPROM、闪存存储器、固态存储器、硬盘驱动器和非易失性存储器。一个或多个非暂态计算机可读介质可以分布在多个设备上。通常，可以以任意顺序执行所公开的过程的操作，除非在权利要求中被另外提供。

[0057] 下面提供了一个或多个示例的具体实施方式连同附图。具体实施方式结合这样的示例被提供，但不限于任何特定的示例。范围仅由权利要求限制，并且包含很多替代方案、修改和等效形式。在下面的描述中阐述了很多特定的细节，以便提供彻底理解。为了示例的目的提供这些细节，并且可以根据权利要求实践所述技术而没有这些特定细节中的一些或全部。为了清楚起见，没有详细描述在与示例有关的技术领域中已知的技术材料，以避免不必要地使本描述难以理解。

[0058] 图1描绘了用于实施自主车辆中的主动安全系统的系统的一个示例。在图1中，自主车辆100(在顶部平面图中描绘)可以沿着轨迹105行进穿过自主车辆100外部的环境190。为了解释的目的，环境190可以包括可潜在地与自主车辆100碰撞的一个或多个物体，例如静止和/或动态物体或对乘坐在自主车辆100中的乘客(未示出)和/或对自主车辆100造成一些其它危险的物体。例如在图1中，物体180(例如汽车)被描绘为具有轨迹185，其如果不改变(例如通过改变轨迹、减速等)则可能导致与自主车辆100的潜在碰撞187(例如通过追尾自主车辆100)。

[0059] 自主车辆100可以使用传感器系统(未示出)来感测(例如使用被动和/或主动传感器)环境190以检测物体180，并可以采取动作来减轻或防止物体180与自主车辆100的潜在碰撞。自主车辆系统101可以从传感器系统接收传感器数据132，并可以接收自主车辆位置数据139(例如在自主车辆100的定位器系统中实施)。传感器数据132可以包括但不限于表示传感器信号(例如由传感器系统的传感器产生的信号)的数据。表示传感器信号的数据可

以指示自主车辆100外部的环境190。自主车辆位置数据139可以包括但不限于表示环境190中的自主车辆100的位置的数据。作为一个示例,表示自主车辆100的位置的数据可以包括位置和定向数据(例如局部位置或局部姿势)、地图数据(例如来自一个或多个地图图块)、由全球定位系统(GPS)产生的数据和由惯性测量单元(IMU)产生的数据。在一些示例中,自主车辆100的传感器系统可以包括全球定位系统、惯性测量单元或这两者。

[0060] 自主车辆系统101可以包括但不限于硬件、软件、固件、逻辑、电路、体现在非暂态计算机可读介质中的计算机可执行指令或前述项的任何组合,以实施路径计算器112、物体数据计算器114(例如在自主车辆100的感知系统中实施)、碰撞预测器116、物体分类确定器118和运动学计算器115。自主车辆系统101可以访问一个或多个数据暂存器,包括但不限于物体类型数据暂存器119。物体类型数据暂存器119可以包括表示与在环境190中检测的物体的物体分类相关联的物体类型的数据(例如各种行人物体类型例如“坐”、“站”或“跑”可以与被分类为行人的物体相关联)。

[0061] 例如路径计算器112可以配置为使用表示在环境190中的自主车辆的位置的数据和其它数据(例如被包括在车辆位置数据139中的局部姿势数据)来产生表示自主车辆100的轨迹(例如轨迹105)的数据。例如路径计算器112可以配置为产生未来的轨迹以由自主车辆100执行。在一些示例中,路径计算器112可以嵌入自主车辆100的规划器系统中或作为自主车辆100的规划器系统的部分。在其它示例中,路径计算器112和/或规划器系统可以计算与在环境中的物体的预测运动相关联的数据,并可以确定与物体的预测运动相关联的预测物体路径。在一些示例中,物体路径可以构成预测物体路径。在其它示例中,物体路径可以构成预测物体轨迹。在又一些其它示例中,物体路径(例如在环境中)可以构成可与预测物体路径相同或相似的预测物体路径。

[0062] 物体数据计算器114可以配置为计算表示设置在环境190中的物体180的位置的数据、表示与物体180相关联的物体踪迹的数据和表示与物体180相关联的物体分类的数据等。例如物体数据计算器114可以使用表示被包括在传感器数据132中的传感器信号的数据来计算表示物体的位置的数据、表示物体踪迹的数据和表示物体分类的数据。在一些示例中,物体数据计算器114可以在感知系统或其一部分中实现或可以构成感知系统或其一部分,配置为接收表示传感器信号(例如来自传感器系统的传感器信号)的数据。

[0063] 物体分类确定器118可以被配置为访问表示物体类型119(例如物体分类的种类、物体分类的子类或物体分类的子集)的数据,并可以被配置为将表示物体踪迹的数据和表示物体分类的数据与表示物体类型119的数据比较以确定表示物体类型(例如物体分类的种类或子类)的数据。作为一个示例,具有“汽车”的物体分类的检测到的物体可以具有“轿车”、“双门小轿车”、“卡车”或“校车”的物体类型。例如物体类型可以包括额外的子类或子集,例如停着的“校车”可以具有“静止”的额外子类(例如校车不在运动中)或“动态”的额外子类(例如校车在运动中)。

[0064] 例如碰撞预测器116可以被配置为使用表示物体类型的数据、表示物体的轨迹的数据和表示自主车辆的轨迹的数量来预测在自主车辆100和物体180之间的碰撞(例如187)。

[0065] 例如运动学计算器115可以配置为计算表示与在环境190中的物体180的运动相关联的一个或多个标量和/或矢量数量——包括但不限于速率、速度、加速度、减速度、动量、

局部姿势和力——的数据。例如来自运动学计算器115的数据可以用于计算其它数据,包括但不限于表示在物体180和自主车辆100之间的撞击的估计时间的数据和表示在物体180和自主车辆100之间的距离的数据。在一些示例中,运动学计算器115可以配置为预测在环境190中的其它物体(例如汽车、行人、自行车、摩托车等)在警报或控制中状态中相对于无警报、失去控制或酒醉状态等的可能性。作为一个示例,运动学计算器115可以配置为估计其它代理(例如其它车辆的驾驶员或骑手)理性地表现的概率(例如基于他们正驾驶或乘坐的物体的运动),其可以指示相对于不理性地表现的自主车辆100的行为(例如基于他们正乘坐或驾驶的物体的不稳定运动)。可以基于随着时间的过去而接收的传感器数据来推断理性或不理性的行为,传感器数据可以用于估计或预测物体相对于自主车辆100的当前或未来轨迹的未来位置。因此,例如自主车辆100的规划器系统可以配置为实现特别谨慎的车辆机动动作和/或激活自主车辆100的安全系统。

[0066] 安全系统激活器120可以配置为当碰撞被碰撞预测器116预测到和/或其它安全相关事件(例如车辆100的应急机动动作,例如急刹车、急剧加速等)出现时激活自主车辆100的一个或多个安全系统。安全系统激活器120可以配置为激活内部安全系统122、外部安全系统124、驾驶系统126(例如使驾驶系统126执行应急机动动作以避免碰撞)或前述项的任何组合。例如驾驶系统126可以接收配置为使转向系统(例如设置车轮的转向角或转向矢量)和推进系统(例如供应到电动机的功率)将车辆100的轨迹从轨迹105改变到避免碰撞轨迹105a的数据。

[0067] 图2A描绘了用于实现在自主车辆100中的主动安全系统的流程图200的一个示例。在流程图200中,在阶段202,可以接收(例如在自主车辆100的规划器系统中实现)表示在自主车辆100外部的环境(例如环境190)中的自主车辆100的轨迹203的数据。

[0068] 在阶段204,可以计算与设置在环境(例如环境190)中的物体(例如汽车180)相关联的物体数据。可以在阶段204访问传感器数据205以计算物体数据。物体数据可以包括但不限于表示在环境中的物体位置的数据、与物体相关联的物体踪迹(例如对非移动物体是静止的而对于在运动中的物体是动态的)和与物体(例如行人、狗、猫、自行车、摩托车、汽车、卡车等)相关联的物体分类(例如标签)。阶段204可以输出与物体相关联的一种或多种类型的数据,例如但不限于表示在环境中的物体位置207的数据、表示物体踪迹209的数据和表示物体分类211的数据。

[0069] 在阶段206,可以计算在环境中的物体的预测物体路径。作为示例,阶段206可以接收表示物体位置207的数据,并可以处理那个数据以产生表示预测物体路径213的数据。

[0070] 在阶段208,可以访问表示物体类型215的数据,以及在阶段210,可以基于表示物体踪迹209的数据、表示物体分类211的数据和表示物体类型215的数据来确定表示物体类型217的数据。物体类型的示例可以包括但不限于具有静止物体踪迹的行人类型(例如行人不在运动中)、具有动态物体踪迹的汽车物体类型(例如汽车在运动中)和具有静止物体踪迹的基础设施物体类型(例如交通标志、车道标记、火灾消防栓等),仅举几个示例。阶段210可以输出表示物体类型217的数据。

[0071] 在阶段212,可以基于所确定的物体类型217、自主车辆轨迹203和预测物体路径213来预测在自主车辆和物体之间的碰撞。作为一个示例,部分地基于由于物体具有动态的物体踪迹(例如物体在环境中在运动中)而引起的所确定的物体类型217、与自主车辆的轨

迹潜在地冲突的物体的轨迹(例如轨迹可以彼此交叉或以另外方式彼此干扰)和物体具有指示物体是可能的碰撞威胁(例如物体被分类为汽车、滑板运动员、骑自行车者、骑摩托车者等)的物体分类211(例如在计算物体类型217时使用的)来预测碰撞。

[0072] 在阶段214,当预测到碰撞(例如在阶段212)时,例如可以激活自主车辆的安全系统。例如阶段214可以激活自主车辆的一个或多个安全系统,例如一个或多个内部安全系统、一个或多个外部安全系统、一个或多个驾驶系统(例如转向、推进、制动等)或前述项的组合。阶段214可以使(例如通过传递数据和/或信号)安全系统激活器220激活自主车辆100的一个或多个安全系统。

[0073] 图2B描绘了用于实现在自主车辆100中的主动安全系统的流程图250的另一示例。在流程图250中,在阶段252,可以(例如从自主车辆100的规划器系统)接收表示在自主车辆100外部的环境(例如环境190)中的自主车辆100的轨迹253的数据。

[0074] 在阶段254,可以确定在环境中的物体的位置。可以处理(例如由感知系统)传感器数据255以确定表示在环境257中的物体位置的数据。在阶段254确定与在环境(例如环境190)中的物体相关联的数据(例如与物体180相关联的物体数据)。在阶段254被访问的传感器数据255可以用于确定物体数据。物体数据可以包括但不限于表示在环境中的物体的位置的数据、与物体相关联的物体踪迹(例如对非移动物体是动态的而对在运动中的物体是动态的)、与物体(例如行人、狗、猫、自行车、摩托车、汽车、卡车等)相关联的物体分类和与物体相关联的物体类型。阶段254可以输出与物体相关联的一种或多种类型的数据,例如但不限于表示在环境中的物体位置257的数据、表示与物体相关联的物体踪迹261的数据、表示与物体相关联的物体分类263的数据和表示与物体相关联的物体类型259的数据。

[0075] 在阶段256,可以计算在环境中的物体的预测物体路径。作为一个示例,阶段256可以接收表示物体位置257的数据,并可以处理那个数据以产生表示预测物体路径265的数据。在一些示例中,在阶段256产生的表示预测物体路径265的数据可以用作在流程图250的另一阶段例如在阶段258的数据输入。在其它示例中,阶段256可以被绕过,且流程图250可以从阶段254过渡到阶段258。

[0076] 在阶段258,可以基于自主车辆轨迹253和物体位置265来预测在自主车辆和物体之间的碰撞。由于在环境中的物体的运动,物体位置257可以从第一位置改变到下一位置。例如在不同的时间点处,物体可以在运动中(例如具有动态“D”的物体踪迹),可以是无运动的(例如具有静止“S”的物体踪迹)或这两者。然而,感知系统可以在那些不同的时间点期间连续地跟踪物体(例如使用来自传感器系统的传感器数据)以确定在不同的时间点处的物体位置257。由于物体的运动的方向的变化和/或物体在运动中和无运动之间的切换,在阶段256计算的预测物体路径265可能难以确定;因此,在阶段258,预测物体路径265不需要用作数据输入。

[0077] 例如阶段258可以使用未在图2B中描绘的数据例如物体类型259和预测物体路径265来预测碰撞。作为第一示例,在阶段258,可以基于自主车辆轨迹253、物体位置257和物体类型259来预测在自主车辆和物体之间的碰撞。作为第二示例,在阶段258,可以基于自主车辆轨迹253和预测物体路径265来预测在自主车辆和物体之间的碰撞。作为第三示例,在阶段258,可以基于自主车辆轨迹253、预测物体路径265和物体类型259来预测在自主车辆和物体之间的碰撞。

[0078] 在阶段260,当预测到碰撞(例如在阶段258)时,可以激活自主车辆的安全系统。例如阶段260可以激活自主车辆的一个或多个安全系统,例如一个或多个内部安全系统、一个或多个外部安全系统、一个或多个驾驶系统(例如转向、推进、制动等)或前述项的组合。阶段260可以使(例如通过传递数据和/或信号)安全系统激活器220激活自主车辆100的一个或多个安全系统。

[0079] 图2C描绘了用于实现在自主车辆中的主动安全系统的流程图270的又一示例。在阶段272,可以(例如从自主车辆100的规划器系统)接收表示在自主车辆100外部的环境(例如环境190)中的自主车辆100的轨迹273的数据。

[0080] 在阶段274,例如可以使用传感器数据275(例如由感知系统)确定在环境中的物体的位置。阶段274可以产生表示物体位置279的数据。表示物体位置279的数据可以包括表示物体相对于在环境中的物体的位置的运动的预测速率的数据。例如,如果物体具有指示在环境中无运动的静止物体踪迹,则运动281的预测速率可以为零。然而,如果物体的物体踪迹是动态的且物体分类是汽车,则运动281的预测速率可以是非零的。

[0081] 在阶段276,可以基于运动281的预测速率来计算在环境中的物体的预测下一位置。阶段276可以产生表示预测下一位置283的数据。

[0082] 在阶段278,基于预测下一位置283和自主车辆轨迹273来预测在物体和自主车辆之间的撞击的概率。阶段278可以产生表示撞击285的概率的数据。

[0083] 在阶段280,可以基于撞击285的概率来计算阈值的子集(例如在环境中的位置或距离)以激活自主车辆的安全系统的子集的不同的逐渐增强的功能。阈值的至少一个示例集与自主车辆的安全系统的子集的不同的逐渐增强的功能的激活相关联。阶段280可以产生表示一个或多个阈值子集287的数据。在一些示例中,阈值的子集可以构成相对于自主车辆的位置,或可以构成相对于自主车辆的距离。例如阈值可以是相对于参考位置(例如自主车辆)的位置的函数或位置的范围的函数。此外,阈值可以是相对于物体的距离和自主车辆或在任何物体或物体位置之间的距离——包括在预测物体位置之间的距离——的函数。

[0084] 在阶段282,可以基于相关联的预测概率来激活安全系统的一个或多个不同的逐渐增强的功能(例如基于指示即将来临的碰撞的撞击的所预测的一组概率来激活气囊)。阶段282可以基于相应的一组或多组碰撞概率来使(例如通过传递数据和/或信号)安全系统激活器289激活自主车辆的一个或多个安全系统。

[0085] 图3A描绘了用于实现在自主车辆中的主动安全系统的系统的一个示例300。在图3A中,自主车辆系统301可以包括传感器系统320,其包括配置为感测环境390(例如实时地或近实时地)并产生(例如实时地)传感器数据332和334(例如表示传感器信号的数据)的传感器328。

[0086] 例如自主车辆系统301可以包括感知系统340,其配置为检测在环境390中的物体,确定物体的物体踪迹,对物体分类,跟踪在环境390中的物体的位置,并检测在环境290中的物体的特定类型,例如交通标志/灯、道路标记、车道标记等。感知系统340可以从传感器系统320接收传感器数据334。

[0087] 自主车辆系统301可以包括配置为确定在环境390中的自主车辆的位置的定位器系统330。定位器系统330可以从传感器系统320接收传感器数据332。在一些示例中,由定位器系统330接收的传感器数据332可以不与由感知系统340接收的传感器数据334相同。例如

感知系统330可以从传感器——包括L1DAR (例如2D、3D、彩色L1DAR)、RADAR和摄像机 (例如图像捕获设备)——接收数据334;而定位器系统330可以接收数据332,包括但不限于全球定位系统 (GPS) 数据、惯性测量单元 (IMU) 数据、地图数据、路线数据、路线网络定义文件 (RNDF) 数据和地图图块数据。定位器系统330可以从除了传感器系统320以外的源例如数据暂存器、数据仓库、存储器等接收数据。在其它示例中,由定位器系统330接收的传感器数据332可以与由感知系统340接收的传感器数据334相同。在各种示例中,定位器系统330和感知系统340可以或可以不实现相似或相同的传感器或相似或相同类型的传感器。此外,定位器系统330和感知系统340每个可以独立于彼此而实现任何类型的传感器数据332。

[0088] 感知系统340可以处理传感器数据334以产生可以由规划器系统310接收的物体数据349。物体数据349可以包括与在环境390中检测到的物体相关联的数据,且例如该数据可以包括但不限于表示物体分类、物体类型、物体踪迹、物体位置、预测物体路径、预测物体轨迹和物体速度的数据。

[0089] 定位器系统330可以处理传感器数据334和可选地其它数据,以产生可以由规划器系统310接收的位置和定向数据、局部姿势数据339。例如局部姿势数据339可以包括但不限于表示在环境390中的自主车辆的位置的数据、GPS数据、IMU数据、地图数据、路线数据、路线网络定义文件 (RNDF) 数据、测程法数据、车轮编码器数据和地图图块数据。

[0090] 规划器系统310可以处理物体数据349和局部姿势数据339以计算穿过环境390的自主车辆的路径 (例如自主车辆的轨迹)。例如所计算的路径部分地由在环境390中的可以产生对自主车辆的障碍物和/或可以造成对自主车辆的碰撞威胁的物体确定。

[0091] 规划器系统310可以配置为使用一个或多个车辆控制器350来传递控制和数据317。控制和数据317可以包括信息,其配置为经由驾驶系统326来控制自主车辆的驾驶操作 (例如转向、制动、推进、发信号等),以激活自主车辆的一个或多个内部安全系统322并激活自主车辆的一个或多个外部安全系统324。例如驾驶系统326可以执行与自主车辆的主动安全相关的额外功能,例如避免碰撞机动动作。

[0092] 车辆控制器350可以配置为接收控制和数据317,并基于控制和数据317来将内部数据323、外部数据325和驾驶数据327分别传递到内部安全系统322、外部安全系统324和驾驶系统326,如由控制和数据317所确定的。作为一个示例,如果规划器系统310确定内部安全系统322基于在环境390中的物体的某个动作而被激活,则控制和数据317可以包括配置为使车辆控制器350产生内部数据323以激活内部安全系统322的一个或多个功能的信息。

[0093] 自主车辆系统301及其相关联的系统310、320、330、340、350、322、324和326可以配置为访问来自数据暂存器311 (例如数据仓库) 的数据315和/或来自外部资源313 (例如云、互联网、无线网络) 的数据312。自主车辆系统301及其相关联的系统310、320、330、340、350、322、324和326可以配置为实时地访问来自各种系统和/或数据源——包括但不限于在图3A中所示的那些——的数据。作为一个示例,定位器系统330和感知系统340可以配置为实时地访问传感器数据332和传感器数据334。作为另一示例,规划器系统310可以配置为实时地访问物体数据349、局部姿势数据339和控制和数据317。在其它示例中,规划器系统310可以配置为实时地访问数据暂存器311和/或外部资源313。

[0094] 图3B描绘了用于实现在自主车辆中的主动安全系统的系统的另一示例399。在示例399中,例如在传感器系统320中的传感器328可以包括但不限于下列项中的一个或多个:

光检测和测距传感器371 (LIDAR) ;图像捕获传感器373 (例如摄像机) ;无线电检测和测距传感器375 (RADAR) ;声音捕获传感器377 (例如麦克风) ;全球定位系统传感器 (GPS) 和/或惯性测量单元传感器 (IMU) 379;以及环境传感器372 (例如温度、气压) 。定位器系统330和感知系统340可以分别从一个或多个传感器328接收传感器数据332和/或传感器数据334。例如感知系统340可以接收与确定与环境390中的物体相关联的信息有关的传感器数据334,例如来自LIDAR371、摄像机373、RADAR 375、环境372和麦克风377的传感器数据;而定位器系统330可以例如从GPS/IMU 390接收与在环境390中的自主车辆的位置相关联的传感器数据332。此外,例如定位器系统330可以从除了传感器系统320以外的源接收数据,例如地图数据、地图图块数据、路线数据、路线网络定义文件 (RNDF) 数据、数据暂存器、数据仓库等。在一些示例中,由定位器系统330接收的传感器数据 (332、334) 可以与由感知系统340接收的传感器数据 (332、334) 相同。在其它示例中,由定位器系统330接收的传感器数据 (332、334) 可以与由感知系统340接收的传感器数据 (332、334) 不相同。传感器数据332和334每个可以包括来自在传感器系统320中的一个或多个传感器或传感器类型的任何组合的数据。传感器数据332和334的数量和类型可以独立于另一个,或可以或可以不是相似或相同的。

[0095] 作为一个示例,定位器系统330可以接收和/或访问来自除了传感器数据 (332、334) 以外的源的数据,例如估计自主车辆100的位置随着时间的过去的变化的来自运动传感器的测程法数据336、基于车轮旋转 (例如由推进系统368) 来计算自主车辆100的运动、距离和其它度量的车辆编码器337、来自表示地图图块的地图数据335、路线数据、路线网络定义文件 (RNDF) 数据和/或其它数据以及表示自主车辆 (AV) 模型338的数据,其可以用于基于自主车辆100的车辆动力学 (例如从模拟、所捕获的数据等) 来计算车辆位置数据。定位器系统330可以使用被描绘来产生表示局部姿势数据339的数据的一个或多个数据资源。

[0096] 作为另一示例,感知系统340可以解析或以另外方式分析、处理或操纵传感器数据 (332、334) 以实现物体检测341、物体踪迹343 (例如确定哪些检测到物体是静止的 (无运动) 以及哪些是动态的 (在运动中))、物体分类345 (例如汽车、摩托车、自行车、行人、滑板运动员、邮箱、建筑物、街灯等)、物体跟踪347 (例如基于在环境390中的物体的位置的变化来跟踪物体) 和交通灯/标志检测342 (例如停车灯、停车标志、铁路交叉口、车道标记、人行横道等)。

[0097] 作为又一示例,例如规划器系统310可以接收局部姿势数据339和物体数据349,并可以解析或以另外方式分析、处理或操纵数据 (局部姿势数据339、物体数据349) 以实现功能,包括但不限于轨迹计算381、阈值位置估计386、音频信号选择389、光图案选择382、运动学计算384、物体类型检查387、碰撞预测385和物体数据计算383。规划器系统310可以将轨迹和控制数据317传递到车辆控制器350。车辆控制器350可以处理车辆控制和数据317以产生驾驶系统数据327、内部安全系统数据323和外部安全系统数据325。驾驶系统数据327可以传递到驾驶系统326。驾驶系统326可以将驾驶系统数据327传递到制动系统364、转向系统366、推进系统368和信号系统362 (例如转弯信号、制动信号、头灯和行驶灯)。例如驾驶系统数据327可以包括转向系统366的转向角数据 (例如车轮的转向角)、制动系统364的制动数据 (例如施加到制动块的制动力) 和推进系统368的推进数据 (例如施加到电机的电压、电流或功率)。虚线377可以代表在车辆轨迹处理层和车辆物理执行层之间的分界,其中在车辆轨迹处理层中处理的数据由驾驶系统326、内部安全系统322或外部安全系统324中的一

个或多个实现。作为一个示例,内部安全系统322的一个或多个部分可以配置为在碰撞和/或其它极端事件(例如由自主车辆100进行的避免碰撞机动动作)的情况下增强在自主车辆100中的乘客的安全。作为另一示例,外部安全系统324的一个或多个部分可以配置为减小前面提到的碰撞和/或极端事件的撞击力或消极影响。

[0098] 内部安全系统322可以具有系统,包括但不限于座椅致动器系统363和安全带拉紧系统361。外部安全系统324可以具有系统,包括但不限于声阵列系统365、光发射器系统367和气囊系统369。驾驶系统326可以具有系统,包括但不限于制动系统364、信号系统362、转向系统366和推进系统368。在外部安全系统324中的系统可以配置为通过使用在光发射器系统367中的一个或多个光发射器(未示出)将光发射到环境390内、使用在声束转向阵列365中的一个或多个声束转向阵列(未示出)将声能(例如声音)的转向波束发射到环境390内或通过使在气囊系统369中的一个或多个气囊(未示出)从未展开的位置膨胀到展开的位置或前述操作的任何组合来与环境390通过界面连接。此外,例如声束转向阵列365可以使用换能器、气动喇叭或共振器来将声能发射到环境内。声能可以是全向的,或可以构成转向波束或否则聚焦的声音(例如超声源的定向声源、相控阵列、参数阵列、大辐射体)。因此,在外部安全系统324中的系统可以位于配置为允许系统与环境390通过界面连接的自主车辆100的一个或多个位置例如与自主车辆100的外表面(例如图1中的100e)相关联的位置处。在内部安全系统322中的系统可以位于与自主车辆100的内部(例如图1中的100i)相关联的一个或多个位置处,并可以与自主车辆100的一个或多个结构例如座椅、横排长座、地板、横档、托架、支柱或其它结构连接。例如安全带拉紧系统361和座椅致动器系统363可以与配置为支撑机械负载的一个或多个结构耦合,机械负载可以由于碰撞、车辆加速度、车辆减速度、回避机动动作、急转弯、急刹车等而出现。

[0099] 图4描绘了用于实现在自主车辆中的感知系统的流程图400的一个示例。在图4中,由感知系统440接收的传感器数据434(例如由在传感器系统420中的一个或多个传感器产生)被视觉地描绘为传感器数据434a-434c(例如LIDAR数据、彩色LIDAR数据、3D LIDAR数据)。在阶段402,可以做出关于传感器数据434是否包括表示检测到的物体的数据的确定。如果采用“否”分支,则流程图400可以返回到阶段402以继续传感器数据434的分析以检测在环境中的物体。如果采用“是”分支,则流程图400可以继续到阶段404,其中可以做出关于表示检测到的物体的数据是否包括表示交通标志或灯的数据的确定。如果采用“是”分支,则流程图400可以过渡到阶段406,其中例如表示检测到的物体的数据可以被分析以对检测到的灯/标志物体例如交通灯(例如红色、黄色和绿色)或停车标志(例如基于形状、文本和颜色)的类型分类。在阶段406的分析可以包括访问交通物体数据暂存器424,其中表示交通分类的数据的示例可以与表示检测到的物体的数据比较以产生表示交通分类407的数据。阶段406可以接着过渡到另一阶段,例如阶段412。在一些示例中,阶段404可以是可选的,且阶段402可以过渡到阶段408。

[0100] 如果从阶段404采用“否”分支,则流程图400可以过渡到阶段408,其中表示检测到的物体的数据可以被分析以确定待分类的其它物体类型。如果采用“是”分支,则流程图400可以过渡到阶段410,其中表示检测到的物体的数据可以被分析以对物体的类型分类。物体数据暂存器426可以被访问以比较表示物体分类的数据的所存储的示例与表示检测到的物体的数据以产生表示物体分类411的数据。阶段410可以接着过渡到另一阶段,例如阶段

412。如果从阶段408采用“否”分支,则阶段408可以过渡到另一阶段,例如返回到阶段402。

[0101] 在阶段412,可以分析在阶段406和/或410分类的物体数据以确定传感器数据434是否指示与表示检测到的物体的数据相关联的运动。如果未指示运动,则可以采用“否”分支到阶段414,其中表示检测到的物体的物体踪迹的数据可以被设置为静止的(5)。在阶段416,表示物体(例如静止物体)的位置的数据可以被跟踪。例如有时检测到的静止物体可以在稍后的时间 t_1 移动并变成动态物体。而且,表示物体的位置的数据可以被包括在由规划器系统(例如图3B中的规划器系统310)接收的数据中。规划器系统可以使用表示物体的位置的数据来确定物体的坐标(例如相对于自主车辆100的坐标)。

[0102] 另一方面,如果在检测到的物质中指示运动,则可以采用“是”分支到阶段418,其中表示检测到的物体的物体踪迹的数据可以被设置为动态的(0)。在阶段419,可以跟踪表示物体(例如动态物体)的位置的数据。规划器系统可以分析表示物体踪迹的数据和/或表示物体的位置的数据以确定检测到的物体(静止的或动态的)是否可潜在地具有相对于自主车辆的冲突轨迹和/或进入太接近自主车辆的状态,使得警报(例如来自光发射器和/或来自声束转向阵列)可以用于改变物体的行为和/或控制物体的人的行为。

[0103] 在阶段422,表示物体分类的数据、表示物体踪迹的数据和表示物体的位置的数据中的一个或多个可以与物体数据449(例如由规划器系统接收的物体数据)包括在一起。作为一个示例,传感器数据434a可以包括表示物体(例如乘滑板的人)的数据。阶段402可以在传感器数据343a中检测物体。在阶段404,可以确定检测到的物体不是交通标志/灯。阶段408可以确定检测到的物体具有另一类别,并可以在阶段410基于从物体数据暂存器426访问的数据来分析表示物体的数据以确定匹配乘滑板的人的分类,并输出表示物体分类411的数据。在阶段412,可以做出检测到的物体在运动中的确定,且在阶段428,可以将物体踪迹设置为动态的(D),以及在阶段419可以跟踪物体的位置(例如通过继续分析传感器数据434a以找到检测到的物体的位置的变化)。在阶段422,例如与传感器数据434相关联的物体数据可以包括分类(例如乘滑板的人)、物体踪迹(例如物体在运动中)、在自主车辆外部的环境中的物体(例如滑板运动员)的位置和物体跟踪数据。

[0104] 类似地,对于传感器数据434b,流程图400可以确定物体分类是行人,行人在运动中(例如正行走)并具有动态物体踪迹,并可以跟踪在环境中的物体(例如行人)的位置。最后,对于传感器数据434c,流程图400可以确定物体分类是火灾消防栓——火灾消防栓不移动并具有静止的物体踪迹,并可以跟踪火灾消防栓的位置。注意,在一些示例中,例如与传感器数据434a、434b和434c相关联的物体数据449可以基于因素——包括但不限于物体踪迹、物体分类和物体的位置——由规划器系统进一步处理。作为一个示例,在滑板运动员和行人的情况下,物体数据449可以在规划器系统决定实现对滑板运动员和/或行人的警报(例如由外部安全系统)的情况下用于轨迹计算、阈值位置估计、运动预测、位置比较和物体坐标中的一个或多个。然而,例如规划器系统可以由于物体的静止物体踪迹而决定忽略火灾消防栓的物体数据,因为火灾消防栓不可能有与自主车辆冲突的运动(例如它是静止的),和/或因为火灾消防栓是无生命的(例如不能对由自主车辆的外部安全系统产生的警报例如所发射的光和/或光束转向声音做出响应或知道警报)。

[0105] 图5描绘了由在自主车辆中的规划器系统进行的物体优先化的一个示例500。示例500描绘了如由自主车辆100的传感器系统(例如图3B的传感器系统320)感测的在自主车辆

100外部的环境590的可视化。来自自主车辆100的感知系统的物体数据可以检测在环境590中的几个物体,包括但不限于汽车581d、自行车骑手583d、行走的行人585d和两个停着的汽车587s和589s。在这个示例中,感知系统可以将动态“D”物体踪迹分配(例如基于图3B的传感器数据334)到物体581d、583d和585d,因此标签“d”与那些物体的参考数字相关联。感知系统还可以将静止“S”物体踪迹分配(例如基于图3B的传感器数据334)到物体587s和589s,因此标签“s”与那些物体的参考数字相关联。

[0106] 自主车辆的定位器系统可以确定在环境590中的自主车辆00的位置的局部姿势数据539(例如相对于在车辆100上的位置的X、Y、Z坐标或其它度量或坐标系)。在一些示例中,局部姿势数据539可以与质量中心(未示出)或自主车辆100的其它参考点相关联。此外,自主车辆100可以具有如由箭头指示的轨迹Tav。两个停着的汽车587s和589s是静止的且没有所指示的轨迹。自行车骑手583d具有在与轨迹Tav的方向大致相反的方向上的轨迹Tb,而汽车581d具有与轨迹Tav大致平行并在与轨迹Tav相同的方向上的轨迹Tmv。行人585d具有被预测为与车辆100的轨迹Tav交叉的轨迹Tp。例如在环境590中的行人585d或在环境590中的其它物体的运动和/或位置可以被跟踪或否则使用除了轨迹以外的度量——包括但不限于物体位置、预测物体运动、物体坐标、相对于物体的位置的运动的预测速率和物体的预测下一位置——来确定。可以至少部分地基于概率来确定在环境590中的行人585d或在环境590中的其它物体的运动和/或位置。例如概率可以基于表示物体分类、物体踪迹、物体位置和物体类型的数据。在一些示例中,概率可以基于在相似的位置处的相似物体的以前观察到的数据。此外,也可以由一天的时间或一星期的天或其它时间单位等来影响概率。作为一个示例,规划器系统可以获悉,在工作日的大约3:00pm和大约4:00pm之间,在给定十字路口处的行人85%可能在特定的方向上横越街道。

[0107] 规划器系统可以将较低优先级置于跟踪静止物体587s和589s和动态物体583d的位置上,因为静止物体587s和589s位于轨迹Tav的路途之外(例如静止物体587s和589s被停放),且动态物体583d(例如被识别为骑自行车者的物体)正在远离自主车辆100的方向上移动;从而减小或消除物体583d的轨迹Tb可能与自主车辆100的轨迹Tav冲突的可能性。

[0108] 然而,规划器系统可能由于行人的潜在地冲突的轨迹Tp而将较高优先级置于跟踪行人585d的位置上,并可以将稍微较低的优先级置于跟踪汽车581d的位置上,因为它的轨迹Tmv当前不与轨迹Tav冲突,但它可能在稍后的时间冲突(例如由于车道变化或其它车辆机动动作)。因此,基于示例500,行人物体585d可以是警报或自主车辆100的其它安全系统的可能候选物(例如使用所转向的声音和/或所发射的光),因为行人物体585d的路径(例如基于它的位置和/或预测运动)可以导致与自主车辆100的潜在碰撞(例如在估定位置560处)或导致在行人物体585d和自主车辆100之间的不安全距离(例如在某个未来的时间和/或位置处)。可以至少部分地基于在规划器系统中的轨迹生成的成本函数来确定由规划器系统置于跟踪物体的位置上的优先级。例如与被预测为不需要自主车辆100的轨迹的变化的物体比较,被预测为需要自主车辆100的轨迹的变化(例如以避免碰撞或某个极端事件)的物体可以以更大的重量性作为因素计入成本函数。

[0109] 规划器系统可以基于物体585d的预测运动和/或物体的预测位置来预测在环境590中的物体585d的可能位置565的一个或多个区域。规划器系统可以估计在可能位置565的每个区域内的一个或多个阈值位置(例如阈值边界)。阈值位置可以与自主车辆100的一

个或多个安全系统相关联。阈值位置的数量、距离和位置对于自主车辆100的不同安全系统可能是不同的。可以在参数范围处激活自主车辆100的安全系统,其中在物体和自主车辆100之间的碰撞被预测。参数范围可以具有在可能位置的区域内(例如在565内)的位置。参数范围可以部分地基于参数,例如时间的范围和/或距离的范围,例如在物体585d和自主车辆100之间的预测碰撞可能出现于的时间的范围和/或距离的范围。在一些示例,是通过自主车辆100的安全系统的警报的可能候选物并不自动导致实际警报被发出(例如,如由规划器系统确定的)。在一些示例中,当阈值被满足或超越时,物体可以是候选物。在其它示例中,自主车辆100的安全系统可以向在自主车辆100外部的环境中的一个或多个物体发出多个警报。在又一些其它示例中,自主车辆100可以不发出警报,即使物体被确定为警报的可能候选物(例如规划器系统可以计算可选的轨迹、安全停止轨迹或避免发出警报的需要的安全停止机动动作)。

[0110] 图6描绘了在自主车辆中的主动安全系统中的阈值位置和相关联的逐步增强的警报的一个示例600的顶部平面图。在图6中,图5的示例500进一步在顶部平面图中示出,其中轨迹 T_{av} 和 T_p 被估计为在被表示为560的估计位置处交叉(例如基于车辆100和行人物体585d的位置数据)。基于行人物体585d是警报(例如视觉的和/或听觉的)的可能候选物、基于它的预测运动来在图6中描绘行人物体585d。描绘具有在由规划器系统估计的可能位置565的区域内的位置的行人物体585d。自主车辆100可以配置为双向地行进,如由箭头680表示的,也就是说,自主车辆100可以没有如在常规汽车中的前部(例如发动机盖)或后部(例如行李箱)。注意,虽然图6和其它附图可以描述如应用于双向汽车的实现,功能和/或结构不需要是这样限制性的,且可以应用于任何车辆,包括单向车辆。因此,传感器系统的传感器和安全系统可以位于车辆100上以在车辆100的多于一个行进方向上提供传感器和警报覆盖和/或为从侧面1005接近车辆100的物体提供传感器和警报覆盖(例如在图3B中的传感器系统320中的一个或多个传感器可以包括传感器覆盖的重叠区域)。例如规划器系统可以使用双向680行进能力来实现安全停止机动动作或安全停止轨迹以避免与物体的碰撞。作为一个示例,自主车辆100可以在第一方向上行进,停下来,并开始在与第一方向相反的第二方向上行进,且可以移动到安全停止位置以避免碰撞或其它极端事件。规划器系统可以估计在环境590中的被表示为601、603和605的一个或多个阈值位置(例如阈值边界,其可以是距离等的函数),当物体(例如行人物体585d)的位置与如由重合点603、604和606表示的阈值位置重合时在这些阈值位置处发出警报。虽然描绘了三个阈值位置,可以有比所描绘的更多或更少的位置。作为第一示例,当轨迹 T_p 横越在被表示为602的点处的第一阈值位置601时,规划器系统可以确定在点602处的行人物体585d的位置(例如具有相对或绝对参考系的坐标 X_1 、 Y_1)和自主车辆100的位置的坐标(例如从局部姿势数据)。自主车辆100和物体(例如物体585d)的位置数据可以用于对由声束转向阵列(例如定向声源、相控阵列、参数阵列、大辐射体、超声源等中的一个或多个)发射的转向声能(例如音频警报)的波束的传播方向(例如波束的主瓣或焦点的方向)计算位置,可以用于确定要为视觉警报激活哪个光发射器,可以用于确定在与物体的预测碰撞之前要激活哪个囊袋,并可以用于激活自主车辆100的其它安全系统和/或驾驶系统,或前述项的任何组合。当自主车辆100继续沿着轨迹 T_{av} 在方向625上从位置L1行进到位置L2时,行人物体585d和自主车辆100的相对位置可以改变,使得在位置L2处物体585d具有在第二阈值位置603的点604处的坐标(X_2 , Y_2)。类似地,沿着

轨迹Tav在方向625上从位置L2到位置L3的继续行进可以改变行人物体585d和自主车辆100的相对位置,使得在位置L3处物体585d具有在第三阈值位置605的点606处的坐标(X3,Y3)。

[0111] 当在自主车辆100和行人物体585d之间的距离减小时,表示为安全系统选择的警报的数据可以是不同的,以将增加的紧急感觉(例如逐渐增强的威胁水平)传送到行人物体585d以改变或停止它的轨迹Tp,或否则修改他/她的行为以避免潜在的碰撞或关闭车辆100的通过。作为一个示例,当车辆100可以在离行人物体585d的相对安全的距离处时,表示为阈值位置601选择的警报的数据可以是配置为以非威胁方式获得行人物体585d的注意的较不引起惊慌的非威胁警报a1。作为第二示例,当车辆100可以在离行人物体585d的谨慎距离处时,表示为阈值位置603选择的警报的数据可以是配置为以更紧急的方式获得行人物体585d的注意的更攻击性的紧急警报a2。作为第三示例,当车辆100可以在离行人物体585d的潜在地不安全的距离处时,表示为阈值位置605选择的警报的数据可以是配置为以极端紧急的方式获得行人物体585d的注意的非常攻击性的极端紧急警报a2。当在自主车辆100和行人对象585d之间的距离减小时,表示警报的数据可以配置为将紧急性的增加的逐渐增强传送到行人物体585d(例如逐渐增强的听觉和/或视觉警报以获得行人物体585d的注意)。在车辆100到达与行人物体585d的预测撞击点560(例如在环境590中的点560,其中轨迹Tav和Tp被估计为彼此交叉)之前,在环境590中的阈值位置的位置的估计可以基于自主车辆的速度由规划器系统确定以提供足够的时间(例如大约5秒或更多)。当物体585d、车辆100或这两者的速度和/或位置改变时,点560可以改变。在一些示例中,与实现主动警报(例如听觉和/或视觉警报)协力地,自主车辆100的规划器系统可以配置为通过计算(例如连续地)安全轨迹(例如当可能时基于上下文)来主动试图避免潜在的碰撞(例如通过计算可选的避免碰撞轨迹并执行那些轨迹中的一个或多个),而同时在必要时向环境中的物体发出警报,当存在物体可能碰撞或否则对在自主车辆100中的乘客的安全、对物体或这两者造成危险的有意义的概率时。

[0112] 在图6中,行人物体583d的轨迹Tp不需要如所描绘的是直线,且轨迹(例如实际轨迹)可以是如在示例650中描绘的弓形轨迹,或可以是如在示例670中描绘的非线性轨迹。在示例650中的点652、654和656和在示例670中的点672、674和676描绘轨迹Tp分别与阈值位置651、653和655以及阈值位置671、673和675交叉的点。规划器系统可以处理来自感知系统的物体数据和来自定位器系统的局部姿势数据以计算阈值位置。位置、形状(例如线性的、弓形的、非线性的)、定向(例如相对于自主车辆和/或物体)和阈值位置的其它特性可以是应用相关的,且不限于在本文所描绘的示例。例如在图6中,在示例600中的阈值位置(601、603和605)大致垂直于行人物体585d的轨迹Tp而对齐;然而,其它配置和定向可以由规划器系统计算和实现(例如见示例650和670)。作为另一示例,阈值位置可以大致垂直于自主车辆100的轨迹Tav(或其它定向)而对齐。此外,物体的轨迹可以由规划器系统分析以确定阈值位置的配置。作为一个示例,如果物体在平行于自主车辆100的轨迹的轨迹上,则阈值位置可以具有弓形剖面并可以与物体的轨迹对齐。

[0113] 图7描绘了用于实现在自主车辆中的规划器系统的流程图700的一个示例。在图7中,规划器系统710可以与感知系统740和定位器系统730通信,它从感知系统740接收物体数据749,且它从定位器系统730接收局部姿势数据739。物体数据749可以包括与一个或多个检测到的物体相关联的数据。例如在一般情形中,物体数据749可以包括与在自主车辆

100外部的环境中的大量检测到的物体相关联的数据。然而,一些检测到的物体不需要被跟踪,或可以基于物体的类型被分配较低优先级。例如在图4中的火灾消防栓物体434c可以是静止物体(例如固定到地面),且可以不需要对警报的处理或其它安全系统的激活;而滑板运动员物体434a可能需要对警报的处理(例如使用所发射的光、所转向的声音或这两者),由于它是动态物体和其它因素,例如滑板骑手的所预测的人类行为,例如可以指示位置(例如预测位置)的在环境中的滑板运动员物体434a的位置可能与自主车辆100的轨迹冲突。

[0114] 进一步到图7,三个检测到的物体的示例被表示为734a-734c。可以有如由734表示的更多或更少检测到的物体的物体数据749。每个检测到的物体数据可以包括但不限于表示下列项的数据:物体位置721;物体分类723;以及物体踪迹725。规划器系统710可以配置为实现物体类型确定731。物体类型确定731可以配置为接收表示物体分类723的数据、表示物体踪迹725的数据和表示可以从物体类型数据暂存器724被访问的物体类型的数据。物体类型确定731可以配置为将表示物体分类723的数据和表示物体踪迹725的数据与表示物体类型的数据(例如从数据暂存器724访问)比较以确定表示物体类型733的数据。表示物体类型733的数据的示例可以包括但不限于静止放在地上的物体类型(例如图4的火灾消防栓434c)和动态行人物体(例如图5的行人物体585d)。

[0115] 物体动力学确定735可以配置为接收表示物体类型733的数据和表示物体位置721的数据。物体动力学确定735可以进一步配置为访问物体动力学数据暂存器726。物体动力学数据暂存器726可以包括表示物体动力学的数据。物体动力学确定735可以配置为将表示物体动力学的数据与表示物体类型733的数据和表示物体位置721的数据比较以确定表示预测物体运动737的数据。

[0116] 物体位置预测器741可以配置为接收表示预测物体运动737的数据、表示自主车辆743的位置的数据(例如来自局部姿势数据739)、表示物体位置721的数据和表示物体踪迹725的数据。物体位置预测器741可以配置为处理所接收的数据以产生表示在环境中的预测物体位置745的数据。物体位置预测器741可以配置为产生表示多于一个预测物体位置745的数据。规划器系统710可以产生表示物体的可能位置的区域(例如在图5和6中的565)的数据。

[0117] 例如阈值位置估计器747可以配置为接收表示自主车辆743的位置的数据(例如来自局部姿势数据739)和表示预测物体位置745的数据,并产生表示与待触发的警报(例如视觉警报和/或听觉警报)相关联或与车辆100的一个或多个安全系统的激活相关联的在环境中的一个或多个阈值位置750的数据。一个或多个阈值位置750可以位于可能位置的区域(例如在图6中的601、603和605)内。图8描绘了在自主车辆中的系统的方框图的一个示例800。在图8中,自主车辆100可以包括位于自主车辆100上的一个或多个位置处的一套传感器820。每套820可以具有传感器,包括但不限于LIDAR 821(例如彩色LIDAR、三维LIDAR、二维LIDAR等)、图像捕获设备823(例如数字摄像机)、RADAR 825、麦克风828(例如以捕获周围声音)和扬声器829(例如以欢迎AV 100的乘客/与AV 100的乘客通信)。例如麦克风871(例如可以配置为捕获来自驾驶系统部件例如推进系统和/或制动系统的声音)可以位于接近驾驶系统部件的适当位置处以检测由那些部件产生的声音。例如每套传感器820可以包括相同类型的传感器中的多于一个,例如位于接近每个车轮852处的两个图像捕获设备麦克风871。麦克风871可以配置为捕获指示自主车辆100的驾驶操作的音频信号。麦克风827可

以配置为捕获指示在自主车辆100外部的环境中的周围声音的音频信号。例如多个麦克风827可以成对或否则聚集以产生可以被处理以估计在环境890中起源的声音的声源位置的信号。自主车辆100可以包括用于产生表示自主车辆100的位置的数据的传感器,且那些传感器可以包括但不限于全球定位系统(GPS) 839a和/或惯性测量单元(IMU) 839b。自主车辆100可以包括用于感测在自主车辆100外部的环境中的环境条件例如空气温度、空气压力、湿度、气压等的一个或多个传感器ENV 877。例如由传感器ENV 877产生的数据可以用于在阵列102(见在图9中描绘的阵列102)使用的数据例如波前传播时间时计算声音的速度。自主车辆100可以包括配置为检测车辆100的运动(例如由于来自碰撞的撞击引起的运动、由于紧急/逐渐增强的操纵引起的运动等)的一个或多个传感器MOT 888。作为一个示例,传感器MOT 888可以包括但不限于加速度计、多轴加速度计和陀螺仪。自主车辆100可以包括与车轮852相关联并配置为检测车轮852(例如车轮编码器)的旋转853的一个或多个旋转传感器(未示出)。例如每个车轮852可以具有配置为检测车轮852的旋转(例如车轮852的轴和/或车轮852的推进部件,例如电动机等)的车轮编码器。例如表示由旋转传感器产生的旋转信号的数据可以由自主车辆100的一个或多个系统例如规划器系统、定位器系统、感知系统、驾驶系统和一个或多个安全系统接收。

[0118] 例如通信网络815可以将信号和/或数据路由到下列部件/从下列部件路由信号和/或数据:传感器、一个或多个安全系统875(例如气囊、座椅致动器、安全带拉紧器)和自主车辆100的其它部件,例如一个或多个处理器810和一个或多个路由器830。路由器830可以从下列部件路由信号和/或数据:在传感器套件中的传感器、一个或多个声束转向阵列102(例如超声源的一个或多个定向声源、相控阵列、参数阵列、大辐射体)、在其它路由器830之间、在处理器810之间的一个或多个光发射器、驾驶操作系统例如推进(例如电动机851)、转向、制动、一个或多个安全系统875等和通信系统880(例如用于与外部系统和/或资源的无线通信)。

[0119] 在图8中,一个或多个麦克风827可以配置为捕获在自主车辆100外部的环境890中的环境声音。来自麦克风827的信号和/或数据可以用于调节位于一个或多个声束转向阵列(未示出)中的一个或多个扬声器的增益值。作为一个示例,例如从建筑工地发出的响亮的环境噪声可以掩蔽或否则削弱由声束转向阵列发出的转向声能104的波束的可听度。因此,增益可以基于环境声音而增加或减小(例如以dB或其它度量例如频率分量为单位)。

[0120] 例如麦克风871可以位于接近驾驶系统部件例如电动机851、车辆852或制动器(未示出)处以捕获由那些系统产生的声音,例如来自旋转853的声音、再生制动噪声、轮胎噪声和电动机噪声。例如由麦克风871产生的信号和/或数据可以用作表示与音频警报相关联的音频信号的数据。在其它示例中,由麦克风871产生的信号和/或数据可以用于调节表示音频信号的数据。作为一个示例,表示音频信号的数据可以构成音频记录(例如数字音频文件),以及由麦克风871产生的信号和/或数据可以用于调节表示音频信号的数据。进一步到示例,由麦克风871产生的信号和/或数据可以指示车辆100的速度,且当车辆100减慢以在人行横道线处停止时,当车辆100的速度改变时,表示音频信号的数据可以由在由麦克风871产生的信号和/或数据中的变化调节。在另一示例中,指示车辆100的速度的由麦克风871产生的信号和/或数据可以用作表示音频信号的数据,且当车辆100的速度改变时,由声束转向阵列102发出的声音可以指示车辆100的速度的变化。因此,可以基于速度改变来改

变(例如在音量、频率等上)声音(或声能幅度)。上面的示例可以被实现以可听得见地向行人通知自主车辆100检测到他们在人行横道线处的存在并慢下来以停止。

[0121] 例如一个或多个处理器810可以用于实现规划器系统、定位器系统、感知系统、一个或多个安全系统和车辆100的其它系统中的一个或多个。例如一个或多个处理器810可以配置为执行体现在非暂态计算机可读介质中的算法,以实现规划器系统、定位器系统、感知系统、一个或多个安全系统和车辆100的其它系统中的一个或多个。一个或多个处理器810可以包括但不限于电路、逻辑、现场可编程门阵列(FPGA)、专用集成电路(ASIC)、可编程逻辑、数字信号处理器(DSP)、图形处理单元(GPU)、微处理器、微控制器、大胖计算机(BFC)或其它或其集群。

[0122] 图9描绘了在自主车辆的外部安全系统中的声束转向阵列的一个示例900的顶视图。在图9中,传感器套件(例如图8中的820)可以位于自主车辆100的转角部分(例如支柱段)处,且声束转向阵列102的外壳可以位于自主车辆100的上表面100u上(例如车顶或车辆上的其它位置上),并可以定位成将转向声能104的它们的相应波束(例如见图11)朝着被瞄准已接受听觉警报的物体的位置向外引导到环境内。例如声束转向阵列102(例如超声源的定向声源、相控阵列、参数阵列、大辐射体)可以配置为在设置在自主车辆100外部的环境中的一个或多个物体处提供转向声能的覆盖,且该覆盖可以在绕着自主车辆100的大约360度的弧内。声束转向阵列102不需要是相同的尺寸、形状或具有相同数量的扬声器。声束转向阵列102不需要如在图9中描绘的是线性的。进一步到图9,被表示为C和D的声束转向阵列102具有与被表示为A和B的声束转向阵列102不同的尺寸。传感器套件820可以定位成为一个声束转向阵列102或多个声束转向阵列102提供在自主车辆100外部的环境的传感器覆盖。在多个声束转向阵列102的情况下,传感器套件820可以提供传感器覆盖的重叠区域。例如自主车辆100的感知系统可以从多于一个传感器或多于一套传感器接收传感器数据以提供规划系统的数据以实现阵列102中的一个或多个的激活来产生听觉警报和/或激活车辆100的一个或多个其它安全系统。自主车辆100可以没有前部(例如发动机盖)或后部(例如行李箱),且因此可以配置为在如由箭头980表示的至少两个方向上驱动操作。因此,声束转向阵列102可以没有前部或后部名称,且根据自主车辆100驶入的方向,阵列102(A)可以是面向行进方向的阵列,或阵列102(8)可以是面向行进方向的阵列。

[0123] 自主车辆100的其它安全系统可以设置在自主车辆100上的内部100i(用虚线示出)和外部100e位置处,并可以被激活用于由规划器系统使用来自传感器套件的传感器数据来产生警报或其它安全功能。传感器覆盖的重叠区域可以由规划器系统使用来响应于环境中的可以位于自主车辆100周围的位置处的多个物体而激活一个或多个安全系统。

[0124] 图10A-10B描绘了传感器覆盖的示例的顶部平面图。在图10A的示例1010中,例如四个传感器套件820(用下划线表示)之一可以使用在覆盖区域中的环境1090的它的相应传感器中的一个或多个来提供传感器覆盖101,传感器可以配置为为自主车辆100的一个或多个系统例如感知系统、定位器系统、规划器系统和安全系统提供传感器数据。在图10A的顶部平面图中,箭头A、B、C和D划分围绕自主车辆100的四个象限1-4。在示例1010中,由单个套件820产生的传感器覆盖1011可以是部分传感器覆盖,因为可能有在象限1、3和4中的未被单个套件820覆盖的部分传感器盲点和在象限2中的完全传感器覆盖。

[0125] 在示例1020中,四个传感器套件820中的第二个可以提供与传感器覆盖1011重叠

的传感器覆盖1021,使得可以有在象限1和4中的部分传感器覆盖和在象限2和3中的完全传感器覆盖。在图10B中,在示例1030中,四个传感器套件820中的第三个可以提供与传感器覆盖1011和1021重叠的传感器覆盖1031,使得象限2、3和4具有完全传感器覆盖而象限1具有部分覆盖。最后在示例1040中,四个传感器套件820(例如所有四个传感器套件是联机的)中的第四个可以提供与传感器覆盖1011、1021和1031重叠的传感器覆盖1041,使得象限1-4具有完全覆盖。如果一个或多个传感器套件820和/或它们各自的传感器(例如LIDAR、摄像机、RADAR等)中的一个或多个被损坏、发生故障或否则变成不运转的,则覆盖的重叠传感器区域可以允许在传感器覆盖中的冗余。传感器覆盖图案1011、1021、1031和1041中的一个或多个可以允许规划器系统基于在自主车辆100上的那些安全系统的位置来实现一个或多个安全系统的激活。作为一个示例,位于自主车辆100的侧面(例如具有箭头C的车辆100的侧面)上的囊袋安全系统的囊袋可以被激活以对抗来自从侧面接近车辆100的物体的碰撞。

[0126] 图11A描绘了在自主车辆的外部安全系统中的声束转向阵列的一个示例。在图11A中,来自规划器系统310的控制数据可以传递到车辆控制器350,其又可以传递配置为由声束转向阵列102实现听觉警报的外部数据325。虽然描绘了一个阵列102,自主车辆100可以包括如由1103表示的多于一个阵列102(例如见图9中的阵列102)。由阵列102接收的外部数据325可以包括但不限于物体位置数据1148(例如在环境1190中的物体1134的坐标)、音频信号数据1162、触发信号数据1171和可选地调制信号数据1169。

[0127] 声束转向阵列102可以包括处理器1105(例如数字信号处理器(DSP)、线程可编程门阵列(FPGA)、中央处理单元(CPU)、微处理器、微控制器、GPU和/或其集群或其它嵌入式处理系统),其接收外部数据325并处理外部数据325以将转向声能的波束104(例如在相对于AV 100的轨迹TAV的角 β 处)产生到环境1190内(例如响应于接收到表示触发信号1171的数据)。声束转向阵列102可以包括几个扬声器S,阵列102中的每个扬声器S与放大器A的输出耦合。每个放大器A可以包括增益输入和信号输入。处理器1105可以计算表示每个放大器A的增益输入的信号增益G的数据,并可以计算表示每个放大器A的信号输入的信号延迟D的数据。处理器1105可以访问和/或接收表示关于扬声器S的信息的数据(例如从内部和/或外部数据源),且该信息可以包括但不限于阵列宽度(例如在阵列102中的第一扬声器和最后一个扬声器之间的距离)、在阵列中的扬声器S的间距(例如在阵列102中的相邻扬声器S之间的距离)、在阵列中的相邻扬声器S之间的波前距离、在阵列中的扬声器S的数量、扬声器特性(例如频率响应、每功率瓦输出电平、辐射区域等),仅举几个示例。在阵列102中的每个扬声器S及其相关联的放大器A可以构成单声道,且阵列102可以包括n个单声道,其中单声道的数量n根据扬声器尺寸和阵列102的外壳尺寸可以变化。例如n可以是30或可以是320。例如在阵列102的超声参数阵列实现中,n可以是大约80到大约300的数量级。在一些示例中,对于在阵列102中的一些或所有扬声器,在阵列102中的扬声器之间的间距可以不是线性的。

[0128] 在图11A的示例1100中,声能104的转向波束在具有在环境1190中的预测位置Lo的物体1134(例如滑板运动员)处转向,预测位置Lo可能与自主车辆100的轨迹Tav冲突。物体1134的位置可以被包括在外部数据325中作为物体位置数据1148。物体位置数据1148可以是表示物体1134的坐标的数据(例如角度、笛卡尔坐标、极坐标等)。阵列102可以处理物体位置数据1148以计算角度13以引导在物体1134处的波束104。可以相对于轨迹Tav或相对于

在车辆100的框架上的某个点来测量角度 β (例如见图11C中的100r)。如果预测位置 L_o 由于物体的运动而改变,则自主车辆系统101的其它系统可以继续跟踪并更新与自主车辆100和物体1134相关联的数据以计算已更新的物体位置数据1134。因此,当物体1134和/或车辆100的位置改变时,角度 β 可以改变 (例如由处理器1105重新计算)。在一些示例中,可以计算 (例如由规划器系统) 计算角度 β 以考虑不仅到物体的当前预测方向 (例如坐标),而且在未来的时间 t 的到物体的预测方向,其中在使阵列102发声时的时间延迟的幅度可以是车辆100的处理系统的数据处理时延 (例如在规划器系统、感知系统或定位器系统中的一个或多个中的处理时延) 的函数。因此,例如规划器系统可以使阵列102发出声音,其中物体被预测为从使阵列102发声以解释处理时延的时间起的一秒的某个分数和/或声音本身的速度 (例如基于环境条件),取决于物体离车辆100多远。

[0129] 图11B描绘了用于实现在自主车辆的声束转向的流程图1150的一个示例。在阶段1152,可以基于表示自主车辆100的位置的数据 (例如局部姿势数据) 来计算表示在环境中的自主车辆100的轨迹的数据。在阶段1154,可以 (例如从得自传感器数据的物体踪迹数据) 确定表示设置在环境中的物体的位置 (例如坐标) 的数据。表示物体类型的数据可以与表示物体的位置的数据相关联。在阶段1156,可以基于表示物体类型的数据和表示在环境中的物体的位置的数据来预测表示在环境中的物体的预测位置的数据。在阶段1158,可以基于表示物体的预测位置的数据和表示自主车辆的轨迹的数据来估计表示在与音频警报 (例如来自阵列102) 相关联的环境中的阈值位置的数据。在阶段1160,可以选择表示与音频警报相关联的音频信号。在阶段1162,可以检测与阈值位置重合的物体的位置。作为一个示例,越过阈值位置的物体的预测位置可以是重合的一个指示。在阶段1164,可以计算表示与声束转向阵列102的扬声器通道相关联的信号增益“G”的数据。具有 n 个扬声器通道的阵列102可以具有对在 n 个扬声器通道中的每个扬声器通道计算的 n 个不同的增益“G”。表示信号增益“G”的数据可以应用于与在声道中的扬声器S耦合的放大器A的增益输入 (例如如在图11A的阵列102中所描绘的)。在阶段1106,可以为阵列102的 n 个扬声器通道中的每个计算表示信号延迟“D”的数据。表示信号延迟“D”的数据可以应用于与在声道中的扬声器S耦合的放大器A的信号输入 (例如如在图11A的阵列102中所描绘的)。在阶段1168,车辆控制器 (例如如图11A的350) 可以通过使阵列102 (例如触发、激活或命令阵列102) 在由物体的位置 (例如在环境中的物体的坐标) 确定的传播方向 (例如传播方向106) 上发射转向声能 (例如波束104) 来实现听觉警报,转向声能的波束指示音频信号。

[0130] 可以对一个或多个阵列102实现流程图1150的阶段,且可以重复流程图1150的一个或多个阶段。例如可以重复预测物体路径、物体位置 (例如物体坐标)、预测物体位置、阈值位置、车辆轨迹、音频信号选择、重合检测和其它阶段以在必要时更新和/或处理数据,同时自主车辆100穿过环境和/或当物体在环境中改变位置时行进。

[0131] 图11C描绘了与对物体的听觉警报相关联的自主车辆转向声能的一个示例1170的顶部平面图。在图11C中,自主车辆100可以具有沿着在由虚线1177表示的车道标记之间铺设的道路的轨迹。在自主车辆100外部的环境中的检测到的物体1171被分类为具有在环境中的预测位置 L_c 的汽车物体类型,预测位置 L_c 被估计为与自主车辆100的轨迹 T_{av} 冲突。规划器系统可以分别产生三个阈值位置 $t-1$ 、 $t-2$ 和 $t-3$ (例如具有弓形剖面1121、1122和1123)。例如这三个阈值位置 $t-1$ 、 $t-2$ 和 $t-3$ 可以表示从在阈值位置 $t-1$ 处的低威胁水平分级

的逐渐升高的威胁水平(例如远离车辆100的相对安全的距离)、在阈值位置 $t-2$ 处的中等威胁水平(例如谨慎地接近车辆100的距离)和在阈值位置 $t-3$ 处的高威胁水平(例如危险地接近车辆100的距离)。当物体1170的预测位置 L_c 将物体1171带到更接近自主车辆100的位置(例如对于与自主车辆100的潜在碰撞足够接近)时,可以选择在三个阈值位置 $t-1$ 、 $t-2$ 和 $t-3$ 的每个处产生的音频警报的不同音频信号以可听得见地传送逐渐升高的威胁水平。转向声能104的波束可以指示被包括在选定音频信号(例如音频信号104a、104b和104c)中的信息。

[0132] 当物体类型1171交叉或否则具有与阈值位置 $t-1$ 重合的位置时,规划器系统可以产生触发信号以激活声阵列102,其定位成使用音频信号104a沿着传播方向106a基于物体的坐标来产生听觉警报(例如以传送非威胁听觉警报)。例如坐标可以是在轨迹 T_{av} 和传播方向106a之间测量的角度 ρ_a 。例如坐标系的参考点(例如角度 β_a 、 β_b 和 β_c)可以是在阵列102上的点102r或在自主车辆102上的某个其它位置,例如点100r。当物体1171沿着它的预测位置 L_c 继续并越过阈值位置 $t-2$ 时,另一听觉警报可以由规划器系统使用坐标(3b,音频信号104b(例如以传送紧急听觉警报))和传播方向106b来触发。由越过阈值位置 $t-3$ 的物体1171进行的进一步行进可以由规划器系统使用坐标(3c,音频信号104c(例如以传送极其紧急听觉警报))和传播方向106c来触发又一听觉警报。在这个示例中,可以为音频信号104a、104b和104c选择不同的音频信号(例如数字音频文件——不管是预先记录的或动态地产生的,其具有不同的声模式、声功率的不同幅度和/或音量等)以将逐渐增强的递增水平传送到物体1171(例如以在听觉上警告车辆的驾驶员)。

[0133] 对于由规划器系统触发的每个听觉警报,物体1171的预测位置 L_c 可以改变(例如相对于车辆100的位置),且规划器系统可以接收已更新的物体数据(例如来自感知系统的物体跟踪数据)以计算(例如实时地)物体1171的位置的变化(例如以计算或重新计算(β_a 、 β_b 和 β_c))。例如由规划器系统为每个阈值位置 $t-1$ 、 $t-2$ 和 $t-3$ 选择的音频信号可以是不同的,且可以配置为包括意欲传送阈值位置 $t-1$ 到 $t-2$ 和 $t-2$ 到 $t-3$ 的不断增加的紧急程度的可听得见的信息。可以基于物体1171的物体类型数据来配置由规划器系统选择的音频信号,以听觉地穿透汽车的结构(1173、1179),例如汽车玻璃、门板等,以便得到汽车的驾驶员的注意。在一些示例中,如果物体(例如汽车的驾驶员)被检测(例如由规划器系统)为改变它的行为(例如改变它的预测位置、它的预测物体路径或否则不再是对车辆100和/或它的乘客的威胁),则规划器系统可以使阵列102通过降低警报的紧急水平(例如通过选择指示较低紧急水平的音频信号)来逐步降低听觉警报。作为一个示例,选定音频信号可以配置为产生在从大约220Hz到大约450Hz的范围内的频率以听觉地穿透在物体1171上的结构(1173、1179)。作为另一示例,阵列102可以配置为产生在从大约220Hz到大约4.5kHz的范围或任何其它频率范围内的频率处的声音。此外,由阵列102产生的声音可以基于在自主车辆100中的速度变化而改变(例如在音量、频率上等)。由阵列102发出的声音频率不限于前述示例,且阵列102可以配置为产生在人听力的范围内、在人听力的范围之上(例如超声频率)、在人听力的范围之下(例如超声频率)或其某个组合的频率处的声音。

[0134] 自主车辆100被描绘为具有设置在上表面100u(例如车辆100的车顶)上的两个阵列102;然而,车辆100可以具有比所描绘的更多或更少的阵列102,且阵列102的放置可以不同于在图11C中描绘的。声束转向阵列102可以包括几个扬声器及其相关联的放大器和驱动

电子设备(例如处理器、DSP等)。为了解释的目的,每个放大器/扬声器对将被表示为通道,使得阵列102将包括被表示为第一通道C1一直到第n通道Cn的n个通道。在声束转向阵列102的放大视图中,每个扬声器S可以与相邻扬声器间隔开距离d。距离d(例如在相邻扬声器(S)之间的间距)可以对在阵列102中的所有扬声器S都是相同的,使得所有扬声器S从彼此间隔开距离d。在一些示例中,距离d可以在阵列102中的扬声器S当中改变(例如距离d在阵列102中的相邻扬声器之间不需要是相同的)。可以从每个扬声器S上的参考点例如每个扬声器S的中心点测量距离d。

[0135] 例如阵列102的宽度W可以被测量为在阵列102中的第一扬声器(例如通道C1)到阵列102中的最后一个扬声器(例如通道Cn)之间的距离,以及可以测量从在C1中的扬声器的中心到在Cn中的扬声器的中心的宽度W。在由阵列102产生的声波104的传播方向106中,由在阵列102中的相邻扬声器S发出的波前可以在时间上延迟波长传播时间 t_d 。波长传播时间 t_d 可以被计算为在相邻波前r之间的距离乘以声速c(例如 $t_d = r * c$)。在扬声器S之间的距离d对于在阵列102中的所有扬声器S都相同的示例中,为每个扬声器S计算的延迟D可以是 t_d 的增加的整数倍。因此,例如对于通道C1: $(t_{d1} = (r * c) * 1)$,对于通道C2: $(t_{d2} = (r * c) * 2)$,以及对于通道Cn: $(t_{dn} = (r * c) * n)$ 。在一些示例中,例如可以使用来自环境传感器(例如图8的传感器877)的数据来计算声速c以基于环境条件例如高度、空气压力、空气温度、湿度和大气压力来更准确地确定声速c的值。

[0136] 图12A描绘了位于自主车辆外部的光发射器的一个示例1200。在图12A中,来自规划器系统310的控制数据317可以传递到车辆控制器350,其又可以传递配置为使用光发射器1202来实现视觉警报的外部数据325。虽然描绘了一个光发射器1202,自主车辆100可以包括如由1203表示的多于一个光发射器1202。例如由光发射器1202接收的外部数据325可以包括但不限于表示光图案1212的数据、表示配置为激活一个或多个光发射器1202的触发信号1214的数据、表示配置为选择要激活车辆100的哪些光发射器1202(例如基于车辆100相对于视觉警报作为目标的物体的定向)的阵列选择1216的数据、以及可选地表示配置为当车辆100使用它的发信号灯(例如转弯信号、刹车信号等)时使光发射器操作无效的驾驶信号1218的数据。在其它示例中,一个或多个光发射器1202可以用作信号灯、头灯或这两者。例如可以基于自主车辆100的位置(例如来自定位器系统)和物体的位置(例如来自感知系统)、自主车辆100的轨迹(例如来自规划器系统)和物体的位置或这两者来确定自主车辆100相对于物体的定向。

[0137] 光发射器1202可以包括配置为基于外部数据325来实现视觉警报的处理器1205。处理器1205的选择功能可以接收表示阵列选择1216的数据并使选定光发射器1202的激活成为可能。选定光发射器1202可以配置为不发射光L,直到表示触发信号1214的数据由选定光发射器1202接收到为止。例如表示光图案1212的数据可以是解码功能的解码器,且子功能可以对已解码的光图案数据操作以实现配置为确定由光发射器1202发射的光的颜色的颜色功能、配置为确定由光发射器1202发射的光的强度的强度功能以及配置为确定来自光发射器1202的光发射的持续时间的持续时间功能。数据暂存器(数据)可以包括表示每个光发射器1202的配置(例如光发射元件E的数量、光发射元件的电特性、在车辆100上的光发射器1202的位置等)的数据。来自各种功能(例如解码器、选择、颜色、强度和持续时间)的输出可以与配置为将信号施加到光发射器1202的光发射元件E1-E_n的驱动器1207耦合。每个光

发射元件E可以基于表示光图案1212的数据是单独可寻址的。每个光发射器1202可以包括几个光发射元件E,使得n可以表示在光发射器1202中的光发射元件E的数量。作为一个示例,n可以大于50。光发射器1202可以在尺寸、形状、光发射元件E的数量、光发射元件E的类型和位于车辆100外部的的光发射器1202的位置(例如与车辆100的结构耦合的光发射器1202操作来允许光发射器将光L发射到环境例如车顶100u或车辆100的其它结构内)上改变。

[0138] 作为一个示例,例如光发射元件E1-En可以是固态光发射设备,例如发光二极管或有机发光二极管。光发射元件E1-En可以基于光的单个波长或光的多个波长来发射。例如光发射元件E1-En可以配置为基于表示光图案1212的数据发射多种颜色的光,例如红色、绿色、蓝色和那些颜色的一种或多种组合。光发射元件E1-En可以是如在图12A中描绘的RGB发光二极管(RGB LED)。驱动器1207可以配置为将电流投入或引入到光发射元件E1-En的一个或多个输入,例如光发射元件E1-En的红色R、绿色G或蓝色B输入中的一个或多个,以基于表示光图案1212的数据来发射具有颜色、强度和占空比的光L。光发射元件E1-En不限于图12A的示例1200,且其它类型的光发射器元件可以用于实现光发射器1202。进一步到图12A,具有被确定为与自主车辆100的轨迹Tav冲突的预测位置Lo的物体1234是视觉警报的目标(例如基于在环境1290中的一个或多个阈值位置)。一个或多个光发射器1202可以被触发以使光发射器发射光L作为视觉警报。如果规划器系统310确定物体1234不做出响应(例如物体1234不改变它的位置以避免碰撞),则规划器310可以选择配置为逐渐升高视觉警报的紧急性的另一光图案(例如基于具有不同的相关光图案的不同阈值位置)。另一方面,如果物体1234被检测(例如由规划器系统)为对视觉警报做出响应(例如物体1234改变了它的位置以避免碰撞),则可选择配置为逐渐降低视觉警报的紧急性的光图案。例如可以改变光颜色、光强度、光图案或前述项的某种组合中的一个或多个以指示视觉警报的逐渐降低。

[0139] 规划器系统310可以基于资产车辆100相对于物体1234的位置的定向来选择光发射器1202。例如,如果物体1234正从正面接近自主车辆100,则大致面向物体接近的方向的位于车辆100外部的一个或多个光发射器1202可以被激活以发射视觉警报的光L。当在车辆100和物体1234之间的相对定向改变时,规划系统310可以激活位于车辆100上的其它外部位置处的其它发射器1202以发射视觉警报的光L。可以不激活可能对物体1234不可见的光发射器1202,以防止在视觉警报未指向的其他驾驶员、行人等中的潜在分心或困惑。

[0140] 图12B描绘了位于自主车辆外部上的光发射器1202的示例的剖面图。在示例1230中,车辆100的第一端的部分剖面图(例如沿着箭头1236的方向的视图)描绘了设置在车辆100外部的不同位置处的几个光发射器1202。车辆100的第一端可以包括可以配置为用于汽车发信号功能的灯1232,例如刹车灯、转弯信号、应急灯、头灯、行驶灯等。在一些示例中,光发射器1202可以配置为发射与由灯1232发射的光不同(例如在光的颜色、光的图案、光的强度等上)的光L,使得光发射器1202的功能(例如视觉警报)不与由灯1232实现的汽车发信号功能混淆。在一些示例中,灯1232可以配置为实现汽车发信号功能和视觉警报功能。例如光发射器1202可以位于各种位置——包括但不限于支柱段、车顶100u、门、保险杠和挡泥板——上。在一些示例中,例如一个或多个光发射器1202可以位于车辆100的光学透明或部分透明的表面或结构后面,例如在窗户、透镜或覆盖物等后面。由光发射器1202发射的光L可以穿过可选地透明的表面或结构并进入环境内。

[0141] 在示例1235中,车辆100的第二端(例如沿着与箭头1236相反的方向的视图)可以

包括灯1231,其可以配置为用于传统汽车发信号功能和/或视觉警报功能。例如在示例1235中描绘的光发射器1202也可以位于各种位置——包括但不限于支柱段、车顶100u、门、保险杠和挡泥板——上。

[0142] 注意,根据一些示例,灯1231和1232可以是可选的,且汽车发信号功能例如刹车灯、转弯灯、应急灯、头灯、行驶灯等的功能可以由一个或多个光发射器1202中的任一个执行。

[0143] 图12C描绘了基于自主车辆相对于物体的定向的光发射器1202激活的一个示例1240的顶部平面图。在图12C中,物体1234具有相对于自主车辆100的位置的预测位置Lo。自主车辆100与物体1234的相对定向可以使用定位成感测象限2和3的传感器套件820来提供物体1234的完全传感器覆盖并提供在象限1中的部分传感器覆盖。基于车辆100和物体1234的相对定向,被表示为1202a(例如在车辆100的侧面和端部上)的光发射器的子集可以由物体1234视觉地可感知,并可以被激活以将光L发射到环境1290内。

[0144] 图12D描绘了基于自主车辆相对于物体的定向的光发射器激活的一个示例1245的剖面图。在图12D中,物体1234具有相对于自主车辆100的位置的预测位置Lo。基于车辆100和物体1234的相对定向,被表示为1202a(例如在车辆100的侧面和端部上)的光发射器的子集可以由物体1234视觉地可感知,并可以被激活以将光L发射到环境1290内。在图12D的示例中,车辆100与物体1234的相对定向不同于在图12C中描绘的,因为物体1234的接近不在象限1的传感器覆盖内。因此,位于车辆100的端部处的光发射器102可以不是物体1234视觉地可感知的,且可以不被激活用于视觉警报。

[0145] 图12E描绘了用于实现来自在自主车辆中的光发射器的视觉警报的流程图1250的一个示例。在阶段1252,可以基于表示在环境中的自主车辆的位置的数据来计算表示在自主车辆外部的环境中的自主车辆的轨迹的数据。在阶段1254,可以确定表示在环境中的物体的位置的数据。物体可以包括物体类型。在阶段1256,可以基于物体类型和物体位置来预测在环境中的物体的预测位置。在阶段1258,可以基于自主车辆的轨迹和物体的预测位置来估计表示在与视觉警报相关联的环境中的阈值位置的数据。在阶段1260,可以选择表示与阈值位置相关联的光图案的数据。在阶段1262,可以检测与阈值位置重合的物体的位置。在阶段1264,可以确定表示自主车辆相对于物体的位置的定向的数据。在阶段1266,可以基于自主车辆相对于物体的位置的定向来选择自主车辆的一个或多个光发射器。在阶段1268,可以使(例如激活、触发)选定光发射器将指示光图案的光发射到环境内以实现视觉警报。

[0146] 图12F描绘了发射光L以与来自一个或多个阵列102的可选的听觉警报协力地实现视觉警报的自主车辆100的光发射器1202的一个示例1270的顶部平面图。在图12F中,自主车辆100具有在沿着由虚线1277表示的车道标记之间的道路的轨迹Tav,检测到的物体1272具有大致平行于轨迹Tav并在与轨迹Tav相反的方向上的预测位置Lo。自主车辆100的规划器系统可以估计三个阈值位置T-1、T-2和T-3以实现视觉警报。在行进方向1279上(例如光发射器1202面向物体1272)位于车辆100的端部处的光发射器1202被选择用于视觉警报。相反,例如不面向行进方向1279的位于车辆100的另一端处的阵列1202可以被选择用于视觉警报,因为它们可能不是由物体1272在视觉上可感知的,且可能使其他驾驶员或行人困惑。光发射器1204a、1204b和1204c可以分别与阈值位置T-1、T-2和T-3相关联,且可以配置为当

物体1272的预测位置Lo变得更接近于车辆100的位置时实现逐渐增强的视觉警报(例如传达增加的紧急性)。

[0147] 进一步到图12F,另一检测到的物体1271可以由车辆100的规划器系统选择用于视觉警报,如上面关于图11A-11C所述的。物体1271的估计阈值位置t-1-t3可以不同于物体1272的阈值位置(例如T-1、T-2和T-3)。例如听觉警报与视觉警报的视觉感知相比在离车辆100的更大距离处是听得见地可感知的。物体1271的速率或速度可以大于物体1272的速率或速度(例如汽车相对于自行车),使得阈值位置t-1-t3由于物体1271的较高速度而被放置成分开更远,以便提供足够的时间用于使物体1271改变它的位置以避免碰撞和/或用于使车辆100采用逃避机动动作和/或激活它的安全系统中的一个或多个。虽然图12F描绘了与物体1272相关联的视觉警报和与物体1271相关联的听觉警报,被激活(例如内部、外部或驾驶系统)来处理在环境中的物体的行为的安全系统的数量和类型不限于所描绘的示例,且可以激活一个或多个安全系统。作为一个示例,听觉警报、视觉警报或这两可以传递到物体1271、物体1272或这两者。作为另一示例,当物体1271、物体1272或这两者接近与车辆100碰撞或进入车辆100的安全距离内(例如预测撞击事件是大约2秒或更少)时,可以展开一个或多个囊袋且可以拉紧一个或多个安全带。

[0148] 规划器系统可以基于每个物体的预测运动和/或每个物体的预测位置来预测在环境中的物体的可能位置的一个或多个区域(例如在图5和6中的565)。例如可能位置的区域以及在可能位置的区域内的阈值位置的尺寸、数量、间距和形状可以基于很多因素——包括但不限于物体特性(例如速度、类型、位置等)、所选择的安全系统的类型、车辆100的速度和车辆100的轨迹——而改变。

[0149] 图13A描绘了在自主车辆的外部安全系统中的囊袋系统的一个示例1300。由囊袋系统369接收的外部数据325可以包括表示囊袋选择1312的数据、表示囊袋展开1314的数据和表示囊袋收缩1316的数据(例如从展开状态到未展开状态)。处理器1305可以处理外部数据325以控制与一个或多个囊袋引擎1311耦合的囊袋选择器。每个囊袋引擎1311可以与由囊袋1到囊袋n表示的囊袋1310耦合。每个囊袋1310可以由它的相应囊袋引擎1311从未展开状态激活到展开状态。每个囊袋1310可以由它的相应囊袋引擎1311从展开状态激活到未展开状态。在展开状态中,囊袋1310可以在自主车辆100外面(例如在车身镶板或车辆100的其它结构外面)延伸。囊袋引擎1311可以配置为通过迫使流体(例如加压气体)在压力下进入囊袋1310内来引起相应囊袋1310的体积的变化以使囊袋1310从未展开位置膨胀到展开位置。囊袋选择器1317可以配置为选择要激活(例如要展开)哪个囊袋1310(例如在囊袋1到囊袋n中)以及要去激活哪个囊袋1310(例如返回到未展开状态)。可以在处理器接收到表示选定囊袋1310的囊袋展开1314的数据时展开选定囊袋1310。当处理器接收到表示选定囊袋1310的囊袋收缩1316的数据时,选定囊袋1310可以返回到未展开状态。处理器1305可以配置为将数据传递到囊袋选择器1317以使囊袋选择器1317展开选定囊袋1310(例如经由它的囊袋引擎1311)或使展开的囊袋1310返回到未展开状态(例如经由它的囊袋引擎1311)。

[0150] 例如囊袋1310可以由柔性材料、弹性材料、可膨胀材料例如橡胶或合成材料或任何其它适当的材料制成。在一些示例中,可以基于可以重新使用的材料来选择囊袋1310的材料(例如,如果对囊袋1310的预测撞击不出现或膨胀出现但不损坏囊袋1310)。作为一个示例,囊袋1310可以由用于空气弹簧的材料制成,空气弹簧在半拖拉机-拖车-卡车中实现。

囊袋引擎1311可以产生加压流体,其可以被引入到囊袋1310内以使囊袋1310膨胀到展开位置或耦合囊袋1310与加压流体源,例如加压气体罐或气体发生器。囊袋引擎1311可以配置为从囊袋1310释放(例如经由阀)加压流体以使囊袋1310从展开位置收缩回到未展开位置(例如以使囊袋1310放气到未展开位置)。作为一个示例,囊袋引擎1311可以使在它的相应囊袋1310中的加压流体排出到大气。在展开位置上,囊袋1310可以配置为吸收由物体与自主车辆100的撞击传递的力,从而减小或防止对自主车辆和/或它的乘客的损坏。例如,囊袋1310可以配置为吸收由与自主车辆100碰撞的行人或骑自行车者传递的撞击力。

[0151] 例如囊袋数据1319可以由处理器1305、囊袋选择器1317或囊袋引擎1311中的一个或多个访问以确定囊袋特性,例如囊袋尺寸、囊袋展开时间、囊袋收缩时间(例如使囊袋1310从展开位置收缩回到未展开位置的时间);囊袋的数量、设置在车辆100外部的囊袋的位置。囊袋1310可以在自主车辆100上的尺寸和位置上改变,且因此可以具有不同的展开时间(例如放气时间)。例如可以在基于由规划器系统310跟踪的物体的撞击的预测时间确定是否有足够的时间来展开囊袋1310或多个囊袋1310时使用展开时间。囊袋引擎1311可以包括传感器,例如压力传感器,以确定当展开时和当未展开时在囊袋1310中的压力,并确定撞击是否弄破或以另外方式损坏囊袋1310(例如破裂引起在囊袋1310中的裂缝)。囊袋引擎1311和/或传感器系统320可以包括运动传感器(例如加速度计、在图8中的MOT 888)以检测来自对自主车辆100的撞击的运动。可以重新使用未被撞击损坏的囊袋1310和/或它的相应囊袋引擎1311。在预测撞击不出现(即在车辆100和物体之间无碰撞)的情况下,囊袋1310可以返回到未展开状态(例如经由囊袋引擎1311),且囊袋1310可以随后在未来的时间被重新使用。

[0152] 进一步到图13A,具有预测位置Lo的物体1334可以从它的一侧接近自主车辆100,使得自主车辆100的轨迹Tav大致垂直于物体1334的预测物体路径。可以预测物体1334撞击自主车辆100的侧面,且外部数据325可以包括配置为使囊袋选择器1311选择位于自主车辆100的侧面(例如撞击被预测出现于的侧面)上的一个或多个囊袋1311以在所预测的撞击之前展开。

[0153] 图13B描绘了在自主车辆的外部安全系统中的囊袋的示例1330和1335,。在示例1330中,车辆100可以包括具有与车辆100的外表面和/或结构相关联的位置的几个囊袋1310。囊袋1310可以具有不同的尺寸和形状。囊袋1310可以隐藏在车辆的其它结构后面,或可以用装饰品等伪装。例如,车辆100的门板或挡泥板可以包括膜皮结构,且囊袋1310可以位于膜皮结构后面。由囊袋1310的展开产生的力可以使膜结构破裂并允许囊袋在车辆100外部的方向上向外膨胀(例如向外展开到环境内)。类似地,在示例1335中,车辆100可以包括几个囊袋1310。在示例1330和1335中描绘的囊袋可以在车辆100上的位置和/或尺寸上是对称的。

[0154] 图13C描绘了在自主车辆中的囊袋展开的示例1340和1345。在示例1340中,物体1371(例如汽车)在与车辆100的预测碰撞路线上,且具有Lo的预测位置。自主车辆100具有轨迹Tav。基于车辆100与物体1371的相对定向,在车辆100上的预测撞击位置被估计为在象限2和3中(例如对车辆100的侧面的撞击)。位于车辆100的内部100i中的两个乘客P可能由于从车辆100的侧面到在内部100i中的乘客P的座椅位置测量的缓冲区距离z1而处于危险中。规划器系统310可以计算物体1371的估定撞击时间Timpact(例如使用运动学计算器

384) 以确定是否有足够的时间来操纵自主车辆100以避免碰撞或减小对乘客P的潜在伤害。如果规划器系统310确定操纵车辆100的时间小于撞击的时间(例如 $T_{manuever} < T_{impact}$)，则规划器系统可以命令驾驶系统326执行回避机动动作1341以在箭头(例如回避机动动作1341的箭头)的顺时针方向上旋转车辆100以将车辆100的端部定位在物体1371的路径中。例如规划器系统也可以命令其它内部和外部安全系统的激活以与回避机动动作1341例如安全带拉紧系统、气囊系统、声束转向阵列102和光发射器1202重合。

[0155] 在示例1345中，车辆100完成回避机动动作1341，且物体1371从车辆100的端部而不是车辆100的侧面接近。基于在车辆100和物体1371之间的新的相对定向，规划器系统310可以命令位于在车辆100的端部处的保险杠上的气囊1310'的选择和展开。如果实际撞击出现，则缓冲区距离从 z_1 增加到 z_2 (例如 $z_2 > z_1$)以为乘客P提供在车辆100的内部100i中的较大缓冲区。在回避机动动作1341之前，由乘客P戴着的安全带可以由安全带拉紧系统预先拉紧以在机动动作1341期间固定乘客P并为物体1371的潜在撞击做准备。

[0156] 在示例1345中，气囊1310'的展开时间 T_{deploy} 被确定(例如由规划器系统310)为小于物体1371的预测撞击时间 T_{impact} 。因此，存在足够的时间来在物体1371的潜在撞击之前展开气囊1310'。例如可以对其它安全系统例如安全带拉紧系统、座椅致动器系统、声阵列和光发射器执行激活时间和撞击时间的比较。

[0157] 可以命令(例如经由规划器系统310)驾驶系统(例如在图3B中的326)旋转车辆的车轮(例如经由转向系统)并将车辆100定向(例如经由推进系统)到在示例1345中描绘的配置。可以命令(例如经由规划器系统310)驾驶系统应用制动器(例如经由制动系统)来防止车辆100与在环境中的其它物体碰撞(例如防止车辆100被推到其它物体内部，作为来自撞击的力的结果)。

[0158] 图14描绘了在自主车辆100的内部安全系统322中的安全带拉紧系统的一个示例1400。在图14中，内部数据323可以由安全带拉紧系统361接收。内部数据323可以包括但不限于表示安全带拉紧器选择信号1412、安全带拉紧触发信号1414和安全带拉力释放信号1416的数据。安全带拉紧器选择信号1412可以选择一个或多个安全带拉紧器1411，每个安全带拉紧器1411包括安全带1413(也被表示为B-1、B-2到B-n)。每个安全带1413可以与在安全带拉紧器1411中的拉紧机构(未示出)机械地耦合。拉紧机构可以包括配置为在卷轴上的安全带的一部分中卷收的卷轴，安全带1413缠绕在卷轴周围以将松弛部分从安全带1413取出。由安全带拉紧器选择信号1412选择的安全带拉紧器1411可以在接收到安全带拉紧触发信号1414时将拉力施加到它的相应安全带1413。例如，具有安全带1413(B-2)的安全带拉紧器1411可以促使安全带B2从松弛状态(例如未牢固地耦合到乘客戴着的安全带B2)到拉紧状态(由虚线表示)。在拉紧状态中，例如安全带B-2可以将压力施加到乘客，拉力可以在回避机动动作期间和/或预料到与物体的预测碰撞时将乘客牢固地耦合到座椅。

[0159] 安全带B-2可以通过释放安全带拉紧触发信号1414或通过释放安全带拉紧触发信号1414后面是接收安全带拉紧释放信号1416来从拉紧状态返回到松弛状态。传感器(例如压力或力传感器)(未示出)可以检测在自主车辆中的座椅是否被乘客占据，且如果传感器指示座椅被占据则可以允许安全带拉紧器选择信号1412和/或安全带拉紧触发信号1414的激活。如果座椅传感器未检测到座椅的占据，则安全带拉紧器选择信号1412和/或安全带拉紧触发信号1414可以被去激活。例如安全带数据1419可以包括表示安全带特性——包括但

不限于安全带拉紧时间、安全带释放时间和在安全带系统361中的安全带1413的维护日志——的数据。例如安全带系统361可以在自主车辆100中作为不同的系统来操作,或可以与车辆100的其它安全系统例如光发射器、声阵列、囊袋系统、座椅致动器和驾驶系统协力地操作。

[0160] 图15描绘了在自主车辆100的内部安全系统322中的座椅致动器系统363的一个示例1500。在一个示例中,座椅致动器系统363可以配置为使用来自撞击力1527的能量来促使座椅1518(例如座椅1到座椅n)从在自主车辆100的内部中的第一位置到在自主车辆100的内部中的第二位置,撞击力1517由于在车辆100和物体(例如另一车辆)之间的碰撞而从环境1590中的物体(未示出)传递到车辆100。例如从撞击力1517机械地传递到座椅(例如座椅n)的力1513可以将座椅从第一位置(例如在车辆100的端部附近)移动到第二位置(例如朝着车辆100的内部100i的中心)。反作用力c力1515可以施加到座椅(例如座椅n)以控制由力1513引起的加速度力(注意,虽然未示出,如在图15中描绘的c力1515和力1513的方向可以在撞击力1517的实质上共同的方向上)。反作用力c力1515可以是配置为压缩以抵消力1513或配置为拉伸以抵消力1513的弹簧。在其它示例中,例如反作用力c力1515可以由阻尼器(例如减震器)或由空气弹簧产生。提供反作用力c力1515的机构可以耦合到座椅联结器1511和座椅(例如座椅n)。座椅联结器1511可以配置为将提供反作用力c力1515的机构锚固到底盘或车辆100的其它结构。当撞击力1517引起车辆100的结构机械变形(例如使缓冲区塌陷)时,耦合到座椅的滑枕或其它机械结构可以由车辆的变形结构向前推(例如从第一位置到第二位置)以将力15113传递到座椅,同时反作用力c力1515抵抗座椅从第一位置到第二位置的运动。

[0161] 在其它示例中,座椅联结器1511可以包括致动器以响应于表示触发信号1516的数据而电气、机械或机电地促使座椅1518(例如座椅n)从第一位置到第二位置。座椅连接器1511可以包括提供发作用力c力1515的机构(例如弹簧、阻尼器、空气弹簧、可变形结构等)。表示座椅选择1512的数据和表示解除保险信号1514的数据可以由处理器1505接收。座椅选择器1519可以基于表示座椅选择1512的数据来选择一个或多个座椅联结器1511。座椅选择器1519可以不促动选定座椅,直到表示解除保险信号1514的数据被接收到为止。表示解除保险信号15114的数据可以指示具有高出现概率的与车辆100的预测碰撞(例如物体基于它的运动和位置被预测为即将与车辆地碰撞)。表示解除保险信号1514的数据可以用作激活安全带拉紧系统的信号。例如信号1518(例如座椅1到座椅n)可以是坐着单个乘客的座椅(例如单人圆背折椅)或坐着多个乘客的座椅(例如横排长座)。座椅致动器系统363可以与车辆100的其它内部和外部安全系统协力地起作用。

[0162] 图16A描绘了在自主车辆100中的驾驶系统326的一个示例1600。在图16A中,传递到驾驶系统326的驾驶数据327可以包括但不限于表示转向控制1612、制动控制1614、推进控制1618和信号控制1620的数据。驾驶数据327可以用于自主车辆100的正常驾驶操作(例如接乘客、运输乘客等),但也可以用于减轻或避免碰撞和与环境1690中的物体有关的其它潜在的危险事件。

[0163] 处理器1605可以将驾驶数据327传递到特定的驾驶系统,例如将转向控制数据传递到转向系统361、将控制数据传递到制动系统364、将推进控制系统传递到推进系统368和将发信号控制数据传递到发信号系统362。转向系统361可以配置为处理转向数据以启动车

轮致动器WA-1到WA-n。车辆100可以配置为用于多车轮独立转向(例如四轮转向)。每个车轮致动器WA-1到WA-n可以配置为控制与车轮致动器耦合的车轮的转向角。例如制动系统364可以配置为处理制动数据以启动可以配置为实现不同的制动和防锁制动的制动致动器SA-1到SA-n。推进系统368可以配置为处理推进数据以启动驱动电机OM-1到OM-n(比如电动机)。发信号系统362可以处理发信号数据以启动信号元件5-1到5-n(例如刹车灯、转弯信号、头灯、行驶灯等)。在一些示例中,发信号系统362可以配置为使用一个或多个光发射器1202来实现发信号功能。例如,发信号系统362可以配置为访问一个或多个光发射器1202的全部或一部分以实现发信号功能(例如刹车灯、转弯信号、头灯、行驶灯等)。

[0164] 图16B描绘了在自主车辆100中的避障操纵的一个示例1640。在图16B中,物体1641(例如汽车)具有与自主车辆100的轨迹Tav冲突的预测位置Lo。规划器系统可以计算出没有足够的时间来使用驾驶系统将车辆100向前加速到沿着轨迹Tav定位的区域1642,因为物体1641可能与车辆100碰撞;因此,区域1642可能未安全地被移动进且区域1642可以被指定(例如由规划器系统)为封锁区域1643。然而,规划器系统可以检测(例如通过由感知系统接收的传感器数据和来自定位器系统的地图数据)在车辆100周围的环境中的可用开放区域。例如,区域1644可以安全地被移动进(例如区域1644没有物体——移动的或静止的,以干扰车辆100的轨迹)。区域1644可以被指定(例如由规划器系统)为开放区域1645。规划器系统可以命令驾驶系统(例如经由驾驶、推挤和制动数据)将车辆100的轨迹从它的原始轨迹改变到回避机动动作轨迹Tm,以将自主车辆100自主地导航到开放区域1645内。

[0165] 如果物体1641改变速度或在避障操作不是成功的情况下,与避障操纵协力地,规划器系统可以激活车辆100的一个或多个其它内部和/或外部安全系统,例如使气囊系统在可能被物体1641撞击的车辆的那些部分上展开气囊。

[0166] 安全带拉紧系统可以被激活以拉紧安全带来为回避机动动作做准备并准备与物体1641的潜在碰撞。虽然未在图16B中描绘,可以激活其它安全系统,例如一个或多个声阵列102和一个或多个光发射器1202以将听觉警报和视觉警报传递到物体1641。安全带数据和气囊数据可以用于计算座椅安全带的拉紧时间和气囊的展开时间,且那些所计算的时间可以与假定撞击时间比较以确定在撞击到拉力安全带和/或展开气囊之前是否有足够的时间(例如 $T_{deploy} < T_{impact}$ 和/或 $T_{tension} < T_{impact}$)。类似地,可以将驾驶系统在开放区域1645内实现机动动作所必需的时间与假定撞击时间比较以确定是否有足够的时间来执行回避机动动作(例如 $T_{maneuver} < T_{impact}$)。

[0167] 图16C描绘了在自主车辆100中的避障操纵的另一示例1660。在图16C中,物体1661具有可以导致自主车辆100的碰撞(例如追尾)的预测位置Lo。规划器系统可以确定预测撞击区(例如基于物体动力学,撞击可能出现的区域或概率)。在预测碰撞出现之前,规划器系统可以分析在车辆100周围的环境(例如使用在传感器系统中的传感器的重叠传感器场)以确定是否有车辆100可以被移动进的开放区域。预测撞击区在车辆100后面,且有效地被具有朝着车辆100的位置的速度的预测位置Lo封锁(例如车辆不能安全地倒转方向以避免潜在的碰撞)。预测撞击区可以被指定(例如由规划器系统)为封锁区域1681。在车辆100的左边的交通车道缺乏可以用的开放区域,且由于三个物体1663、1665和1673(例如位于相邻交通车道中的两个汽车和在人行道上的一行人)的存在而被封锁。因此,区域可以被指定为封锁区域1687。在车辆100前面的区域(例如在轨迹Tav的方向上)由于车辆1667(例如大卡

车)的接近而被封锁。在车辆100的右边的位置由于在那个位置处在人行道上的行人1671而被封锁。因此,那些区域可以分别被指定为封锁区域1683和1689。然而,可以在区域1691中检测到(例如经由规划器系统和感知系统)没有物体的区域。区域1691可以被指定为开放区域1693,且规划器系统可以命令驾驶系统将轨迹从轨迹Tav改变到回避机动动作轨迹Tm。因而产生的命令可以使车辆100将转角转到开放区域1693内以避免由物体1661产生的潜在追尾。

[0168] 与在开放区域1693内的回避机动动作协力地,例如可以激活其它安全系统,例如在车辆100的一端上的囊袋1310、安全带拉紧器1411、声阵列102、座椅致动器1511和光发射器1202。作为一个示例,当车辆1661继续接近在预测位置Lo上的车辆100时,一个或多个囊袋1301可以展开(例如在预测撞击时间之前的时间,以充分允许囊袋膨胀到展开位置),听觉警报可以被传递(例如由一个或多个声束转向阵列102),且视觉警报可以被传递(例如由一个或多个光发射器1202)。

[0169] 规划器系统可以访问表示物体类型的数据(例如关于车辆例如被预测从后面撞上车车辆100的物体1661的数据),并比较表示物体的数据与表示物体类型的数据以确定表示物体类型的数据(例如确定物体1661的物体类型)。规划器系统可以基于表示物体的位置的数据来计算物体的速率或速度(例如跟踪随着时间的过去的位置的变化以使用运动学计算器384来计算速率或速度)。规划器系统可以访问数据暂存器、查找表、数据仓库或其它数据源以访问表示物体制动能力(例如车辆1661的制动能力)的数据。表示物体类型的数据可以与表示物体制动能力的数据比较以确定表示估定物体质量的数据和表示估定物体制动能力的数据。表示估定物体质量的数据和表示估定物体制动能力的数据可以基于某些类别的物体(例如不同类别的汽车、卡车、摩托车等)的估定数据。例如,如果物体1661具有与中等尺寸四门轿车相关联的物体类型,则可以是那个类别的车辆的平均值的估定总车辆质量或重量可以表示物体1661的估定物体质量。估定制动能力也可以是该类别的车辆的平均值。

[0170] 规划器系统可以基于表示估定物体制动能力的数据和表示估定物体质量的数据来计算表示物体的估定动量的数据。规划器系统可以基于表示估定动量的数据来确定物体(例如物体1661)的制动能力被它的估定动量超过。规划器系统可以基于超过制动能力的动量来确定,以计算并执行图16C的回避机动动作以使车辆100远离预测撞击区移动并进入开放区域1693内。

[0171] 图17描绘了使用来自自主车辆100的光发射器的视觉警报与在环境中的物体进行视觉通信的示例。在示例1720中,自主车辆100包括位于在自主车辆100外部的各种位置处的光发射器1202。自主车辆100被描绘为导航具有在车辆100外部的环境1790中的车道标记1719并具有轨迹Tav的道路1711。在环境1790中的物体1710(例如由车辆100的感知系统分类为行人物体)被描绘为站在相邻于道路1711的人行道1717的路缘1715上。物体1710靠近道路1711的自行车道1713站着。最初,物体1710可能不知道在道路1711上的自主车辆100的接近(例如由于由车辆100的驾驶系统引起的低噪声发射、环境噪声等)。例如行人系统(例如图12A中的340)可以基于来自传感器系统(例如在图12A中的320)的传感器信号来检测到在环境中的物体1720的存在,并可以产生表示物体1710的物体数据,包括但不限于物体分类、物体踪迹、物体类型、在环境1790中的物体的位置、在物体和车辆100之间的距离、车辆100相对于物体的定向、相对于物体的位置的运动的预测速率等。

[0172] 进一步到示例1720,车辆100的规划器系统(例如图12A中的310)可以配置为将与发射光L的一个或多个光发射器1202相关联的阈值事件的估计实现为视觉警报。例如,当检测到物体1710时,规划器系统可能不立即使视觉警报由光发射器1202发射,替代地,规划器系统可以基于表示在环境1790中的物体1710的位置的数据和表示在环境1790中的车辆100的位置的数据(例如来自图12A的定位器系统330的姿势数据)来估计与使光发射器发射视觉警报的光L相关联的阈值事件 T_e 。

[0173] 作为一个示例,当车辆100沿着轨迹 T_{av} 行进并检测到物体1710时,在检测的时间,在车辆100和物体1710之间的初始距离可以是距离 D_i 。规划器系统可以计算更接近物体的另一距离作为阈值事件以使(例如触发)光发射器1202发射视觉警报的光L。在示例1720中,在车辆100和物体1710之间的距离 D_t 可以是与阈值事件 T_e 相关联的距离。进一步到示例,例如阈值事件 T_e 可以与距离 D_t 相关联,因为那个距离可以是更有效的距离,在该距离处使视觉警报由于各种原因——包括但不限于车辆100在光L的 O_i 的初始距离处离得太远——对物体1710是在视觉上可感知的,和/或未感知到光L的物体1710指向他/她,等等。作为另一示例,初始距离 D_i 可以是大约150英尺,而阈值事件 T_e 的距离 D_t 可以是大约100英尺。

[0174] 作为第二示例,当车辆100沿着轨迹 T_{av} 行进并检测到物体1710时,在检测的时间,车辆100接近在车辆100和物体1710之间的距离 Q_i 的初始时间可以是时间 T_i 。规划器系统可以计算在时间 T_i 之后的时间作为阈值事件 T_e 。例如,在时间 T_i 之后的时间 T_t ,阈值事件 T_e 可以出现,且光发射器1202可以发射光L。

[0175] 在示例1740中,车辆100被描绘为沿着轨迹从初始距离 D_i 行进到距离 D_t ,其中使光发射器1202发射光L。位于车辆100上的不同位置处的一个或多个发射器1202可以根据表示光图案的数据来发射光L。例如最初,在阈值事件 T_e 处(例如在时间 T_t 或距离 D_t 处),来自在车辆100的第一端处的面向行进方向(例如与轨迹 T_{av} 对齐)的光发射器1202的光L可以发射光L,因为第一端面向物体1710。而例如在车辆的一侧上的面向人行道1717的光发射器1210可以是在距离 D_t 处的物体1710不可见的。

[0176] 可选地,规划器系统可以在视觉警报系统的激活之前、期间或之后激活车辆100的一个或多个其它安全系统。作为一个示例,一个或多个声束转向阵列102可以被激活以产生在物体1710处的声能的转向波束104。声能的转向波束104可以在使物体1710注意到接近的车辆100(例如通过使物体1710将他/她的头转向(1741)车辆100的方向)时是有效的。

[0177] 在示例1760中,例如车辆100甚至更接近物体1710,且其它光发射器1202可能对物体1710是可见的,且规划器系统可以激活位于面向人行道1717的车辆的侧面上的额外光发射器1201。进一步到示例1760,视觉警报和/或与听觉警报(例如来自阵列102)组合的视觉警报可能在使物体1710移动(1761)到人行道1717上并进一步远离(例如到安全距离)接近的车辆100的轨迹 T_{av} 时是有效的。在车辆100被物体1710经过之后,可以去激活光发射器1202和可以被激活的其它安全系统。

[0178] 图18描绘了用于实现来自在自主车辆100中的光发射器的视觉警报的流程图1800的另一示例。在流程图1800中,在阶段1802,可以基于表示在环境中的自主车辆100的位置的数据来计算表示在环境(例如图17的环境1790)中的自主车辆100的轨迹的数据。在阶段1804,可以确定(例如使用在感知系统处接收的传感器数据)表示在环境中的物体(例如图17的物体1710)的位置的数据。物体可以具有物体分类(例如图17的物体1710被分类为行

人)。在阶段1806,可以选择(例如从数据暂存器、存储器或数据文件等)表示与视觉警报相关联的光图案的数据。所选择的光图案可以配置为在视觉上向物体(例如行人或另一车辆的驾驶员)通知自主车辆100存在于环境(例如图17的环境1790)中。可以基于物体分类来选择光图案。例如,可以为具有行人分类的物体选择第一光图案,可以为具有骑自行车者分类的物体选择第二光图案,以及可以为具有汽车分类的物体选择第三光图案,其中第一、第二和第三光图案可以不同于彼此。

[0179] 在阶段1808,可以使自主车辆100的光发射器1202将指示光图案的光L发射到环境内。在阶段1808,例如可以基于车辆100相对于物体(例如图17的物体1710)的定向来选择光发射器1202。例如可以基于表示物体的位置的数据和表示自主车辆的轨迹的数据来计算表示自主车辆100相对于物体的位置的定向的数据。

[0180] 光发射器1202可以包括一个或多个子部分(未示出),且表示光图案的数据可以包括一个或多个子图案,每个子图案与子部分之一相关联。每个子部分可以配置为将指示它的相应光图案的光L发射到环境内。自主车辆100可以包括多个光发射器,且那些光发射器中的一些或全部可以包括一个或多个子部分。在一些示例中,光发射器的子部分可以配置为(例如经由它们的相应子图案)执行不同的操作。例如光发射器的一个或多个子部分可以实现驾驶系统的发信号功能(例如转弯灯、刹车信号、应急灯、行驶灯、雾灯、头顶、侧标志灯等);而一个或多个其它子部分可以实现视觉警报(例如经由它们的相应子图案)。

[0181] 可以基于表示物体的位置的数据和表示自主车辆100的位置的数据来估计表示阈值事件(例如图17的阈值事件Te)的数据。可以检测(例如通过物体数据、姿势数据或都由规划器系统接收)阈值事件的出现,并可以使一个或多个光发射器基于阈值事件的出现来发射光L。

[0182] 在一个示例中,估计表示阈值事件的数据可以包括基于表示自主车辆的位置的数据和表示物体的位置的数据来计算表示在自主车辆和物体之间的距离的数据。可以基于表示在自主车辆和物体之间的距离的数据来确定与阈值事件相关联的阈值距离。例如可以基于阈值距离来确定在阶段1806选择的光图案。阈值距离(例如图17的Dt)可以小于距离(例如图17的Di)。

[0183] 在另一示例中,估计表示阈值事件的数据可以包括基于表示物体的位置的数据和表示自主车辆100的轨迹的数据来计算表示与自主车辆100的位置相关联的时间的数据和彼此重合的物体的位置(例如图17中的Ti)。可以基于表示与自主车辆100的位置相关联的时间的数据和彼此重合的物体的位置来确定阈值时间(例如图17的Tt)。阈值时间(例如图17的Tt)可以小于时间(例如图17的Ti)。

[0184] 图19描绘了使用来自自主车辆100的光发射器的视觉警报与在环境中的物体进行视觉通信的示例1900。在示例1900中,自主车辆100沿着具有车道标记1915、自行车路径1913、人行道1917、人行横道线1920、交通标志1923、1925、1927、1931和1933以及交通灯1921(例如,如由感知系统检测和分类的)的道路1911沿着轨迹Tav导航。两个物体1901和1902由自主车辆100检测,并可以被分类为具有在环境1990中的预测位置Lo的行人物体。

[0185] 基于表示交通标志、交通灯或这两者的数据,自主车辆可以确定物体1901和1902是否合法地(例如,如被交通标志和/或交通灯允许的)或非法地(例如,如被交通标志和/或交通灯禁止的)与道路1911交叉。在任一情况下,自主车辆100可以配置为(例如经由规划器

系统)为了车辆100的乘客的安全、物体(例如1901和1902)的安全或这两者的利益而实现在车辆100和环境中的物体之间的最安全的交互作用。

[0186] 当行人物体1901和1902从第一位置L1横穿人行横道到第二位置L2时,自主车辆100可以检测(例如经由传感器系统和感知系统)物体1901和1902的预测位置La的变化,并可以使视觉警报由一个或多个光发射器1202发射(例如基于车辆100相对于物体1901和1902的定向)。表示在环境1990中的车辆100的位置的数据可以用于计算表示在环境1990中的车辆100的轨迹(例如沿着道路1911的轨迹Tav)的数据。例如可以基于表示来自传感器的传感器信号的数据(例如由感知系统接收以产生物体数据的传感器数据)来确定表示在环境1990中的物体1901和1902的位置的数据。

[0187] 可以选择(例如由规划器系统)与视觉警报相关联的光图案以向物体1901和1902通知在车辆100的驾驶操作中的变化。例如,当物体1901和1902从第一位置L1横穿人行横道到第二位置L2时,可能涉及行人,自主车辆100没有识别出行人的存在并可以在行人(例如物体1901和1902)安全地越过人行横道1920之前不停止或减速。因此,行人可能担心被自主车辆100撞倒。

[0188] 自主车辆100可以配置为向行人(例如物体1901和1902)通知车辆100检测到他们的存在并采取动作来在离人行横道1920的安全距离处减速、停止或这两者。例如,在沿着道路1911的区域1950处,光图案LP 1940可以被选择并可以配置为在视觉上通知(例如使用由光发射器1202发射的光L)物体1901和1902车辆正减速。车辆100的减速可以被指示为在光图案1940中实现的车辆100的驾驶操作中的变化。作为一个示例,当车辆100减速时,由光发射器1202发射的光L的闪光、频闪或其它图案的速率可以改变(例如减慢)以模仿车辆100的减速。例如可以用指示在车辆100的驾驶操作中的变化的其它数据或信号例如来自车轮编码器的信号(例如图8的车轮852的车轮旋转的速率)、位置数据(例如来自GPS和/或IMU)、配置横产生指示驾驶操作的信号的麦克风(例如图8的871)等来调节光图案1940。在其它示例中,光图案1940可以包括配置为模仿车辆100的驾驶安装中的变化的编码数据。

[0189] 在区域1950中,当车辆100减速时,例如由光发射器1202发射的光L的图案可以根据速度、速率、车轮旋转速度或其它度量来改变。在其它示例中,车辆100的驾驶操作可以使车辆在区域1960中停止,且光图案1970可以被选择来向物体1901和1902通知驾驶操作使车辆停止(例如在离人行横道1920的安全距离Ds处或之前)。虚线1961可以表示在车辆100和人行横道1920之间的预定安全距离Ds,其中车辆100配置为停止。作为一个示例,当车辆减速以在区域1960中停止时,由光发射器1202发射的光图案可以从动态图案(例如指示车辆100的某个运动)改变到静止图案(例如指示无车辆100的运动)。可以用向物体指示如上所述在车辆100的驾驶操作中的变化或视觉地指示在驾驶操作中的变化的其它数据或信号来调节光图案1970。

[0190] 图20描绘了用于实现来自在自主车辆100中的光发射器的视觉警报的流程图2000的又一示例。在阶段2002,可以基于表示在环境中的车辆100的位置的数据来计算表示自主车辆100的轨迹(例如轨迹Tav)。在阶段2004,可以确定在环境中的物体(例如物体1901和1902)的位置。检测到的物体可以包括物体分类(例如物体1901和1902的行人物体分类)。在阶段2006,可以选择表示与视觉警报相关联并配置为向物体通知在车辆100的驾驶操作中的变化的数据的光图案。在阶段2008,可以使自主车辆100的光发射器1202将指示光图案的

光L发射到环境内。当自主车辆100的定向相对于物体的位置而改变时,被选择来发射光L的光发射器1202可以改变。

[0191] 车辆100的停止运动和/或减速运动可以由规划器系统实现,规划器系统命令驾驶系统改变车辆100的驾驶操作。驾驶系统可以通过控制转向系统、制动系统、推进系统、安全系统、发信号系统或前述项的组的操作来实现来自规划器系统的命令。

[0192] 图21描绘了位于自主车辆100外部的光发射器的其它示例2110和2120的剖面图。可以为在如由箭头2180表示的多个方向上的驾驶操作配置自主车辆100。在示例2110中,车辆100的第一端的部分剖面图(例如沿着箭头2176的方向的视图)描绘了设置在车辆100外部的不同位置处的几个光发射器1202。车辆100的第一端可以包括光发射器1202,其可以提供多种功能(被表示为2101),例如视觉警报和/或发信号功能,例如刹车灯、转弯信号、应急灯、头灯、行驶灯等。例如光发射器1202可以位于各种位置——包括但不限于支柱段、车顶100u、门、保险杠、车轮、轮圈盖、轮窝、毂盖和挡泥板——上。在一些示例中,例如一个或多个光发射器1202可以位于车辆100的光学透明表面或结构后面,例如窗户、透镜和覆盖物等后面。由光发射器1202发射的光L可以穿过光学透明表面或结构并进入环境内。

[0193] 在示例2120中,车辆100的第二端(例如沿着与箭头2176相反的方向的视图)可以包括为汽车发信号功能(被表示为2103)和/或视觉警报功能配置的光发射器1202。例如在示例2120中描绘的光发射器1202也可以位于各种位置——包括但不限于支柱段、车顶100u、门、保险杠、车轮、轮圈盖、轮窝、毂盖和挡泥板——上。

[0194] 图22描绘了位于自主车辆100外部的光发射器的额外示例2210和2220的剖面图。可以为在如由箭头2280表示的多个方向上的驾驶操作配置自主车辆100。在示例2210中,在车辆100的第一端(例如沿着箭头2276的方向的视图)处,具有圆形形状的光发射器1202可以配置为用于仅发信号功能或可以配置为用于视觉警报和用于发信号功能(例如,如由规划器系统经由对驾驶系统的命令所确定的)。类似地,在车辆100的第二端(例如沿着与箭头2276相反的方向的视图)处,具有圆形形状的光发射器1202也可以配置为用于仅发信号功能或可以配置为用于视觉警报和用于发信号功能。例如在示例2210中描绘的光发射器1202也可以位于各种位置——包括但不限于支柱段、车顶100u、门、保险杠、车轮、轮圈盖、轮窝、毂盖和挡泥板——上。例如具有圆形形状的光发射器1202的发信号功能可以包括但不限于刹车灯、转弯灯、应急灯、头灯和行驶灯。在图21-22中描绘的光发射器1202的形状、尺寸、位置和数量不限于所描绘的示例。

[0195] 图23描绘了自主车辆100的光发射器1202的示例2300和2350。在示例2300中,光发射器1202可以由表示光图案2310的数据划分成被表示为1202a-1202c的子部分。光图案2310可以包括表示分别与子部分1202a-1202c相关联的子部分2312a-2312c的数据。光图案2310可以包括表示与光发射器1202的子部分1202a-1202c相关联的子部分2314a-2314c的数据。例如,由每个子部分发射的光L可以具有由表示与子部分相关联的子部分的数据确定的图案。作为另一示例,表示子部分2312b的数据确定光发射器1202的子部分1202b,且由子部分1202b发射的光图案由表示子部分2314b的数据确定。

[0196] 在示例2350中,光发射器1202可以具有卵形形状,且在光发射器1202中的光发射器可以分成被表示为1202d-1202g的子部分。例如子部分1202d可以实现自主车辆100的头灯或倒车灯(例如取决于行进的方向)。例如子部分1202e或1202f可以实现转弯信号。例如子

部分1202g可以实现刹车灯。光发射元件(例如图12A的E1-En)可以根据表示光图案2320的数据由电路和/或软件单独地可以寻址。因此,在一些示例中,子部分1202d-1202g可以实现如由表示在光图案2320中的子部分2322d-2322g确定的车辆100的发信号功能,并可以根据子图案2324d-2324g来实现发信号功能。在其它示例中,表示光图案2320的数据可以给光发射器1202重新分派任务以实现视觉警报功能。视觉警报的实现可以包括将光发射器的一个或多个发射器元件分成子部分,且每个子部分可以具有相关联的子图案。在另一示例中,光发射器1202可以包括实现视觉警报功能的子部分和实现发信号功能的其它子部分。

[0197] 图24描绘了表示与自主车辆100的光发射器相关联的光图案的数据的示例2400。在示例2400中,表示光图案2401的数据可以包括具有可以由解码器2420解码的数据的一个或多个数据字段2402-2414以产生由配置为驱动光发射器1202的一个或多个光发射元件(例如元件E1-En)的驱动器接收的数据2421。

[0198] 例如表示光图案2401的数据可以包括但不限于表示光发射器2402的数据(例如选择特定光发射器1202的数据)、应用于光发射器1202的一个或多个光图案2404、光发射器1202的一个或多个子部分2406、应用于一个或多个子部分的一个或多个子图案2408、由光发射器1202的一个或多个光发射元件发射的光2410的一种或多种颜色(例如光的波长)、由光发射器1202的一个或多个光发射元件发射的光2412的强度(例如以Candella为单位的发光强度)和应用于光发射器1202的一个或多个光发射元件的占空比2414。例如被包括在表示光图案2401中的数据可以在数据结构或数据分组的形式中。

[0199] 解码器2420可以接收表示如由2407表示的一个或多个光发射器1202的光图案2401的数据,并将数据解码成由驱动器2430接收的数据格式2421。驱动器2430可以可选地接收表示调节信号2433的数据(例如来自车轮编码器)并可以配置为使用调节功能2435用调节信号2433来调节数据2421。例如调节功能可以实现指示车辆100减速、停止或车辆100的某个其它驾驶操作的光图案。解码器2430可以产生配置为驱动在一个或多个光发射器1202中的一个或多个光发射元件的数据2431。例如可以使用各种光源——包括但不限于发光二极管(LED)、有机发光二极管(OLED)、模块化LED(例如RGB LED)或其它光发射设备——来实现发射元件(例如E1-En)。

[0200] 图25描绘了用于实现在自主车辆100中的方向性的视觉指示的流程图2500的一个示例。在阶段2502,可以确定(例如使用来自车辆100的定位器系统的姿势数据)表示在车辆100外部的环境中的自主车辆100的轨迹的数据。例如表示在环境中的自主车辆100的位置的数据可以用于确定表示自主车辆100的轨迹的数据。

[0201] 在阶段2504,可以在与轨迹共同延伸的行进方向上推进自主车辆100(例如由在规划器系统的控制下的驾驶系统),自主车辆100的一部分(例如第一部分或第二部分)被定向在行进方向上(例如面向行进方向)。作为一个示例,该部分可以是车辆100的第一部分(例如车辆100的第一端)或车辆100的第二部分(例如车辆100的第二端)。驾驶系统可以命令转向系统和推进系统在与轨迹作共同延伸的行进方向上定向并推进第一部分或第二部分。

[0202] 在阶段2506,可以选择表示配置为指示与自主车辆100的行进方向相关联的行进的方向性的定向光图案的数据。可以从自主车辆100的数据暂存器(例如存储器、数据存储装置等)访问定向光图案。可能存在与自主车辆100的不同行进方向相关联的不同定向光图案。可以为自主车辆100的不同光发射器1202(例如发射器的不同尺寸、发射器的不同位置、

在发射器的光发射区域中的差异、发射器的不同形状等) 不同地配置定向光图案。在一些示例中, 可以为自主车辆100的不同光发射器1202选择不同的定向光图案。在其它示例中, 可以为自主车辆100的多个光发射器1202 (例如多个光发射器1202的信号定向光图案) 选择所选择的定向光图案。作为一个示例, 可以在阶段2506从具有定向光图案数据的数据暂存器2501访问表示定向光图案的数据。

[0203] 在阶段2508, 可以选择自主车辆100的光发射器1202以将指示定向光图案的光发射到环境内。在一些示例中, 可以选择多个光发射器1202, 且可以将相同的定向光图案应用于每个光发射器1202。在其它示例中, 可以选择多个光发射器1202, 且可以将不同的定向光图案应用于多个光发射器1202中的一些或全部。

[0204] 在阶段2510, 可以使光发射器1202发射光以视觉地传达自主车辆100导航于的行进方向。在一些示例中, 可以使多个光发射器1202发射光以视觉地传达自主车辆100导航于的行进方向。

[0205] 流程2500可以在阶段2510之后终止或可以返回到某个其它阶段, 例如回到阶段2502。可选地, 流程2500可以实现阶段2512。在阶段2512, 可以锁定由一个或多个光发射器1202指示的自主车辆的行进的方向性。当自主车辆100沿着轨迹导航时锁定行进的方向性可以被实现来防止光发射器1202在与车辆100的实际行进方向相反的方向上发射光 (例如指示与实际行进方向相反的行进方向)。例如, 当在第一方向上驾驶时, 将行进的所指示的方向性锁定到第一方向可能对防止行人和其它车辆的驾驶员的潜在困惑是有用的, 如果自主车辆100的光发射器1202在视觉上指示相反的行进方向例如与第一方向相反的第二方向, 则该困惑可能产生。

[0206] 在阶段2514, 可以做出关于自主车辆100的驾驶操作是否在进行中 (例如车辆100正沿着轨迹导航) 的确定。如果车辆100参与驾驶操作, 则可以采用回到阶段2512的“是”分支, 其中由光发射器指示的行进的方向性可以保持被锁定。另一方面, 如果车辆100的驾驶操作停止, 则可以采用“否”分支以到阶段2516。在阶段2516, 可以将由光发射器1202指示的行进的方向性解除锁定。在被解除锁定之后, 流程2500可以返回到另一阶段, 例如阶段2502或可以终止。例如, 当驾驶操作停止 (例如车辆100停止或停放以接或卸下乘客) 且行进的方向性被解除锁定时, 车辆100可以重新开始驾驶操作且由光发射器1202指示的行进的方向性可以是相同的或可以改变以指示另一行进方向。

[0207] 图26描绘了用于实现在自主车辆100中的信息的视觉指示的流程图2600的一个示例。在阶段2602, 可以确定 (例如使用来自定位器系统的姿势数据) 表示在环境中的自主车辆100的位置的数据。在阶段2604, 基于自主车辆100的位置, 可以选择表示配置为指示与自主车辆100相关联的信息的光图案的数据。作为一个示例, 可以在阶段2604从具有光图案数据的数据暂存器2601访问表示光图案的数据。在阶段2606, 可以选择自主车辆100的光发射器1202以将指示光图案的光发射到环境内。在阶段2608, 可以做出关于触发事件是否被检测到 (例如由车辆100的一个或多个系统, 例如规划器系统、传感器系统、感知系统和定位器系统) 的确定。如果未检测到触发事件, 则可以从阶段2608采用“否”且流程2600可以循环回到阶段2608以等待触发事件的检测。另一方面, 如果检测到触发事件, 则可以从阶段2608采用“是”分支到阶段2610。

[0208] 在阶段2610, 可以使光发射器1202发射光以在视觉上传达与自主车辆100相关联

的信息。在阶段2612,可以做出关于自主车辆100的驾驶操作是否在进行中的确定。如果驾驶操作在进行中(例如车辆100正沿着轨迹导航),则可以从阶段2612采用“是”分支到阶段2614。在阶段2614,可以停止来自光发射器1202的光的发射(例如以防止信息使其它驾驶员和/或行人困惑)。如果驾驶操作不在进行中,则可以从阶段2612采用“否”分支回到阶段2610,其中光发射器1202可以继续发射光以在视觉上传达与自主车辆100相关联的信息。

[0209] 在流程2600中,由表示与自主车辆100相关联的光图案的数据指示的信息可以包括但不限于客户/消费者/用户/乘客创建的内容、图形、问候语、报告、警告、图像、视频、文本、消息或可以由一个或多个光发射器1202显示的其它形式的信息。作为一个示例,表示与自主车辆100相关联的光图案的数据可以包括将自主车辆100识别为意欲使用图形或乘客可以识别的其它视觉信息来服务于特定乘客的信息。进一步到示例,光发射器1202可以给乘客显示特定的图像,其容易将车辆100识别为被分派服务于与乘客特定图形相关联的乘客的任务(例如乘客可以创建乘客特定图像)。作为另一示例,表示与自主车辆100相关联的光图案的数据可以包括由光发射器1202显示的乘客特定问候语或消息。在视觉上感知问候语/消息的乘客可以理解,呈现问候语/消息的车辆100被分派服务于乘客(例如以为乘客提供运输)的任务。

[0210] 例如可以在阶段2608检测到的触发事件可以是基于位置的。作为第一示例,如果车辆100被分派在预定地点接乘客的任务,则当到达预定地点时,表示预定地点的数据可以与表示在环境中的车辆100的位置的数据比较(例如使用规划器系统、定位器系统、感知系统和传感器系统)。如果在预定地点和车辆100的位置之间的匹配被确定,则触发事件被检测到(例如车辆到达与预定地点一致的地点)。

[0211] 作为第二示例,自主车辆100可以配置为检测来自无线技术设备(例如客户/消费者/乘客的智能手机或平板计算机)的无线通信(例如使用图8中的COMS 880)。例如车辆100可以配置为在到达地点时嗅或否则监听来自其它设备的无线通信。在其它示例中,自主车辆100可以配置为无线地传输信号,其配置为向外部无线设备通知车辆100已到达或否则接近外部无线设备(例如智能手机)。车辆100和/或外部无线设备可以无线地交换访问证书(例如服务集标识符——SSID、MAC地址、用户名和密码、电子邮件地址、生物统计标识符等)。例如车辆100可能需要例如经由蓝牙协议或NFC协议在车辆100和外部无线设备之间的极接近度(例如,如由RSSI或其它射频度量所确定的)。访问证书的验证可以是触发事件。

[0212] 图27描绘了由自主车辆100的光发射器进行的行进的方向性的视觉指示的示例2701和2702。在示例2701和2702中,线2721分开自主车辆100的第一部分(例如占据图10A-10B的象限3和4)和自主车辆100的第二部分(例如占据图10A-10B的象限1和2)。在示例2710中,沿着轨迹Tav(例如在箭头A的方向上)推进车辆100。光发射器1202可以设置(例如在车辆100外部)在象限1、3和2中,且可以选择并使那些光发射器1202的子集发射光以在视觉上传达车辆100的行进方向。选定光发射器被表示为12025。表示应用于光发射器12025的光图案的数据可以实现在第一部分被定向于的行进方向上指向和/或移动的一个或多个箭头的光图案。在示例2701中,选定光发射器12025可以设置在跨越第一和第二部分(例如在象限2和3中)的车辆100的第一侧上。

[0213] 在示例2702中,车辆100被描绘为逆时针旋转大约90度以示出设置在车辆100的第二侧上的选定光发射器的另一子集,其跨越第一和第二部分(例如在象限1和4中)。类似于

示例2701,在示例2702中,表示应用于光发射器12025的光图案的数据可以实现在第一部分被定向于的行进方向上指向和/或移动的一个或多个箭头的光图案。

[0214] 图28描绘了由自主车辆100的光发射器进行的行进的方向性的视觉指示的其它示例2801和2802。与图27的示例相反,示例2801和2802描绘了具有轨迹 T_{av} (例如沿着线B)的车辆100,第二方向在行进方向上被定向。在车辆100的第一侧上的选定光发射器12025(例如在示例2801中)和在车辆100的第二侧上的选定光发射器12025(例如在示例2801中)可以配置为实现现在车辆100的行进方向上指向和/或移动的一个或多个箭头的光图案。

[0215] 图29描绘了由自主车辆100的光发射器进行的行进的方向性的视觉指示的又一些其它示例2901和2902。在图29的示例中,车辆100可以配置为在除了在图27和28中描绘的方向以外的方向例如沿着箭头C的方向的轨迹 T_{av} 上被推进。例如可以命令(例如由规划器系统)自主车辆100的驾驶系统经由转向系统将每个车轮(例如图8的车轮852)旋转到实现沿着轨迹 T_{av} (例如沿着箭头C的方向)的行进的方向性的角度。可以在示例2901和2902中取消选择可以在图27和28中选择的光发射器1202以有利于选择设置在第一部分的一端(例如第1端)处和第二部分的一端(例如第2端)处的光发射器1202s的另一子集。表示光图案的数据可以配置为实现如上所述的在行进方向上指向和/或移动的箭头(例如在选定光发射器1202s中)。

[0216] 图30描绘了由自主车辆100的光发射器进行的行进的方向性的视觉指示的额外示例3001和3002。在图30中,示例3001和3002描绘了车辆的轨迹 T_{av} 沿着箭头D的方向以及使选定光发射器发射指示行进方向的光。在图27-30的示例中,光发射器1202(例如包括任何选定光发射器1202s)可以相对于车辆100的第一和第二部分对称地设置。例如光发射器1202可以相对于车辆100的第一和第二部分对称地设置在车辆100的侧面上和/或可以相对于车辆100的第一和第二部分对称地设置在车辆100的端部上。光发射器1202的实际形状、尺寸、配置、位置和定向不被在图27-30中描绘的示例限制。

[0217] 图31描绘了由自主车辆100的光发射器产生的信息的视觉指示的示例3100和3150。在示例3100中,自主车辆100自主地导航到旅馆3131(例如具有位置 (x,y))以在旅馆3131的路线3133接乘客3121。自主车辆100可以确定它在环境中的位置(例如使用定位器系统和/或规划器系统),并可以基于位置来选择表示配置为指示与自主车辆100相关联的信息的光图案(例如与行进的方向性不相关的图案)的数据。可以选择自主车辆100的光发射器1202以发射指示光图案的光。在一些示例中,在从一个或多个光发射器1202发射指示光图案的光之前,触发事件可以由自主车辆100检测。触发事件的出现可以使选定光发射器1202s发射指示光图案的光。

[0218] 作为一个示例,可以基于车辆100相对于另一位置例如旅馆3131的位置(例如 (x,y))的位置来确定触发事件。规划器系统可以比较该位置(例如GPS/IMU数据、地图图块数据、姿势数据等)与表示旅馆3131的位置的数据以确定是否存在匹配。确切匹配可能不是必要的,因为车辆位于旅馆3131的位置附近的指示可能足以确定满足触发事件的条件已被满足。其它数据例如来自传感器系统的如由感知系统处理的传感器数据可以用于确定在车辆100周围的环境中的物体与在旅馆(例如旅馆标志、旅馆结构、街道标志、道路标记等)处的车辆100一致。

[0219] 作为另一示例,触发事件可以包括车辆100和/或乘客的计算设备3122无线地通信

(3123) 和/或检测彼此以确定指示触发事件的信息,例如访问证书的交换或指示无线通信3123的信号预定代码或握手,其证实计算设备3122与乘客3122相关联,车辆100被分派运输乘客3122的任务。

[0220] 在示例3100中,由选定光发射器12025发射的光图案可以与图像(例如明灭图像3101)相关联,乘客3121预期被呈现该图像以将车辆100识别为派遣来为乘客3121的运输需要服务的车辆。可以在选定光发射器12025上呈现其它信息,且明灭图像3101是可以被呈现的信息的非限制性示例。

[0221] 乘客3121可以具有被存储和/或否则与乘客简介相关联的光图案3161或与乘客3121相关联的其它数据。在一些示例中,乘客3121可以创建或访问优选的图像或将由一个或多个光发射器1202显示的其它信息。作为一个示例,在计算设备3122(例如智能手机或平板计算机)上执行的应用APP3124可以用于创建、选择或访问表示光图案3161的数据。计算设备3122可以将光图案3161传递(3151)到外部设备3150(例如云、互联网、数据仓库等)。车辆100可以从外部资源3150访问(3153)光图案3161(例如访问光图案3161并在本地将光图案3161存储在车辆100的存储器中)。

[0222] 在其它示例中,表示光图案3163的数据(例如数字音频文件)可以被选择并使用车辆100的音频功能可以听得见地被呈现(3103),例如声音图案3163在扩音器(例如图8的扬声器829)上的重放。可以用于上面对表示光图案3161的数据所述的方式类似的方式来创建并访问表示声音图案3163的数据。

[0223] 在示例3150中,描述车辆100的相对侧。在车辆100的侧面、端部和其它位置上的光发射器可以相对于第一部分和第二部分或在车辆100上的其它参考点(例如100r)对称地设置。在车辆100的相对侧上的选定光发射器1202s可以发射指示光图案3161的光,如参考示例3100在上面所述的。指示声音图案3163的声音也可以可听得见地呈现在车辆100的另一侧上。作为一个示例,表示声音图案3163的数据可以包括消息“你到机场的交通工具已准备好让你乘坐”。车辆100可以包括位于车辆的两侧上的门,且在车辆的两侧上的光图案和/或声音图案的呈现可以配置为向可以在车辆100的任一侧上的乘客(例如在视觉上和/或可听得见地)通知他们的车辆100已到达并将本身识别为被分派给他们的车辆。

[0224] 光图案3161和声音图案3163是可以由车辆100呈现的内容的非限制性示例。在一些示例中,内容可以由乘客等创建或选择。APP 3124可以配置为实现内容创建和/内容选择。光发射器1202可以被选择来实现一个或多个功能,包括但不限于传达行进的方向性和/或传达与自主车辆100相关联的信息。在其它示例中,在驾驶操作期间(例如当车辆沿着轨迹导航时),光发射器1202可以被选择来实现视觉警报。

[0225] 图32描绘了在自主车辆100中的光发射器定位的一个示例3200。在示例3200中,例如光发射器1202可以位于车辆100的车顶100u上(例如以从上面将信息和/或行进的方向性传送给观察者),可以位于车辆100的车轮852上(例如毂盖或轮圈盖上),且可以位于可选地透明的结构3221、3223后面(例如车辆100的窗户后面)。在示例3200中描绘的光发射器1202可以相对于其它光发射器1202(未示出)对称地设置在车辆100上。例如一个或多个光发射器1202可以发射具有移动、频闪或否则视觉地传达自主车辆100正在与轨迹Tav相关联的方向上移动的箭头3251图案的光。箭头3251可以是静止的或可以是动态的(例如在行进方向上越过光发射器1202频闪)。

[0226] 图33描绘了在自主车辆中的光发射器定位的一个示例3300。在示例3300中,光发射器1202可以位于与车辆100耦合的轮窝盖3350上。在示例3300中描绘的光发射器1202可以相对于其它光发射器1202(未示出)对称地设置在车辆100上。轮窝盖3350可以配置为从车辆100可移除。在车辆100的非驾驶操作期间(例如当停下来接或卸下乘客时),在轮窝盖3350和车辆100上的其它位置上的光发射器1202可以配置为提供礼节性照明(例如为在夜间或在坏天气中的上车/下车等照亮在车辆100周围的地面或区域)。例如每个光发射器1202可以包括几个光发射元件E(例如图24的E1-En),每个元件E是单独可寻址的(例如由图24的驱动器2430)以控制所发射的光的强度、所发射的光的颜色和所发射的光的持续时间。例如每个元件E可以具有在由行和列地址定义的光发射器1202中的特定地址。在示例3300中,在光发射器1202中的熄灭的元件E可以使用箭头3351的图像在视觉上传达行进方向,箭头3351沿着自主车辆100的轨迹Tav被定向。箭头3351可以是静止的或可以是动态的(例如在行进方向上越过光发射器1202频闪)。

[0227] 每个光发射器1202可以划分成一个或多个分区或部分,在每个分区中的元件E是单独可寻址的。表示子部分和/或子图案(例如图23的1202a-1202c)的数据可应用于在一个或多个分区中的元件E。表示光图案的数据、表示定向光图案的数据或这两者可包括具有可由解码器解码的数据的一个或多个数据字段(例如图24的2402-2414)以产生由配置为驱动光发射器1202的一个或多个光发射元件E的驱动器接收的数据。例如,表示光图样3161的数据的图像数据(例如对于明灭图像3101)可以被包括在数据字段之一中。作为另一示例,表示定向光图案(例如来自图25的数据暂存器2501)的数据可以包括与行进方向相关联的光的颜色的数据字段(例如对第一方向是桔色而对第二方向是紫色)。表示定向光图案的数据可以包括由光发射器1202发射的光的频闪速率或运动速率的数据字段(例如指示如在图27-30中描绘的行进方向的箭头3351或其它图像或图标的运动)。

[0228] 虽然为了理解的清楚的目的有些详细地描述了前面的示例,上面所述的概念性技术不限于所提供的细节。存在实现上述概念性技术的很多可选的方式。所公开的示例是说明性的而不是限制性的。

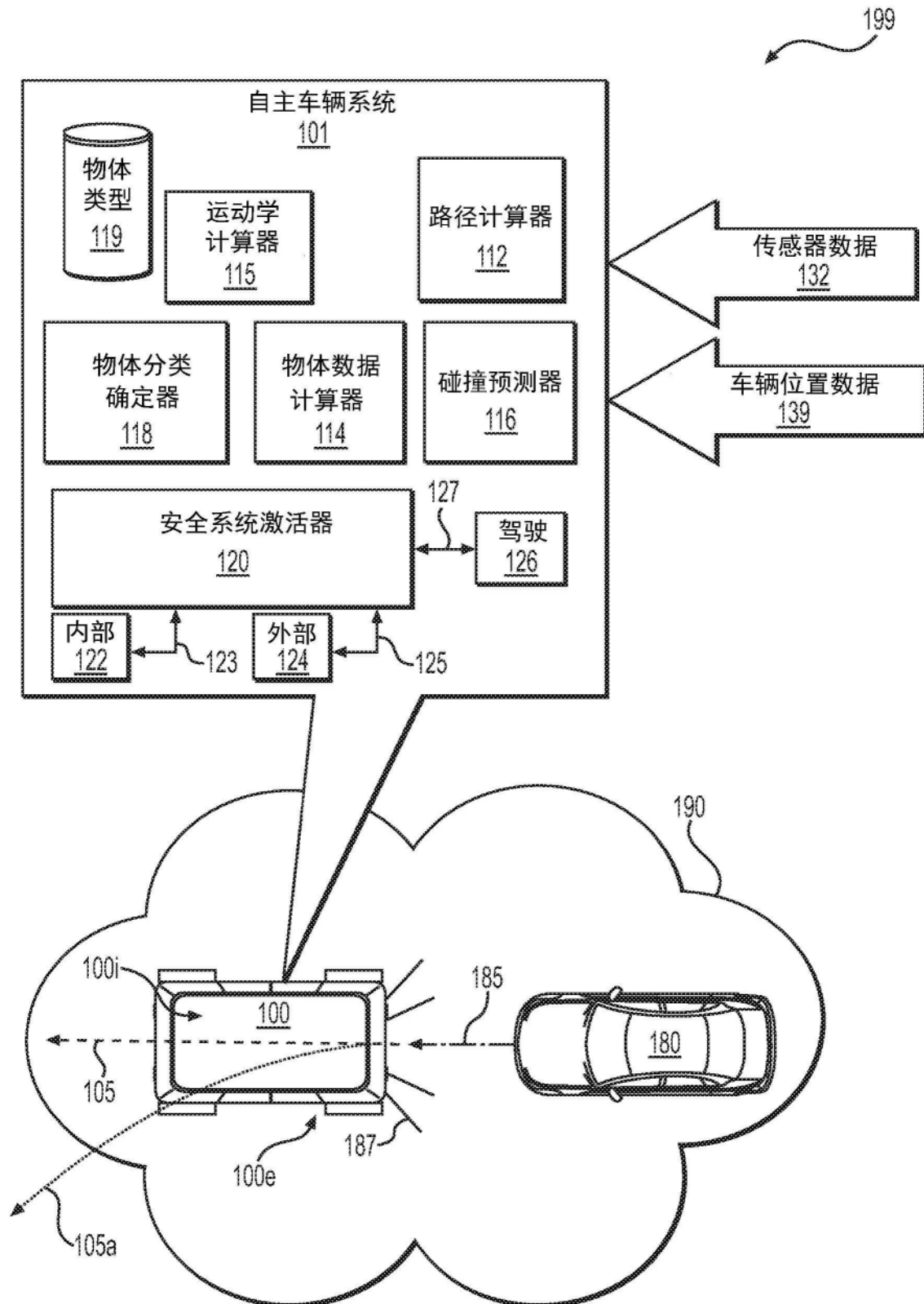


图1

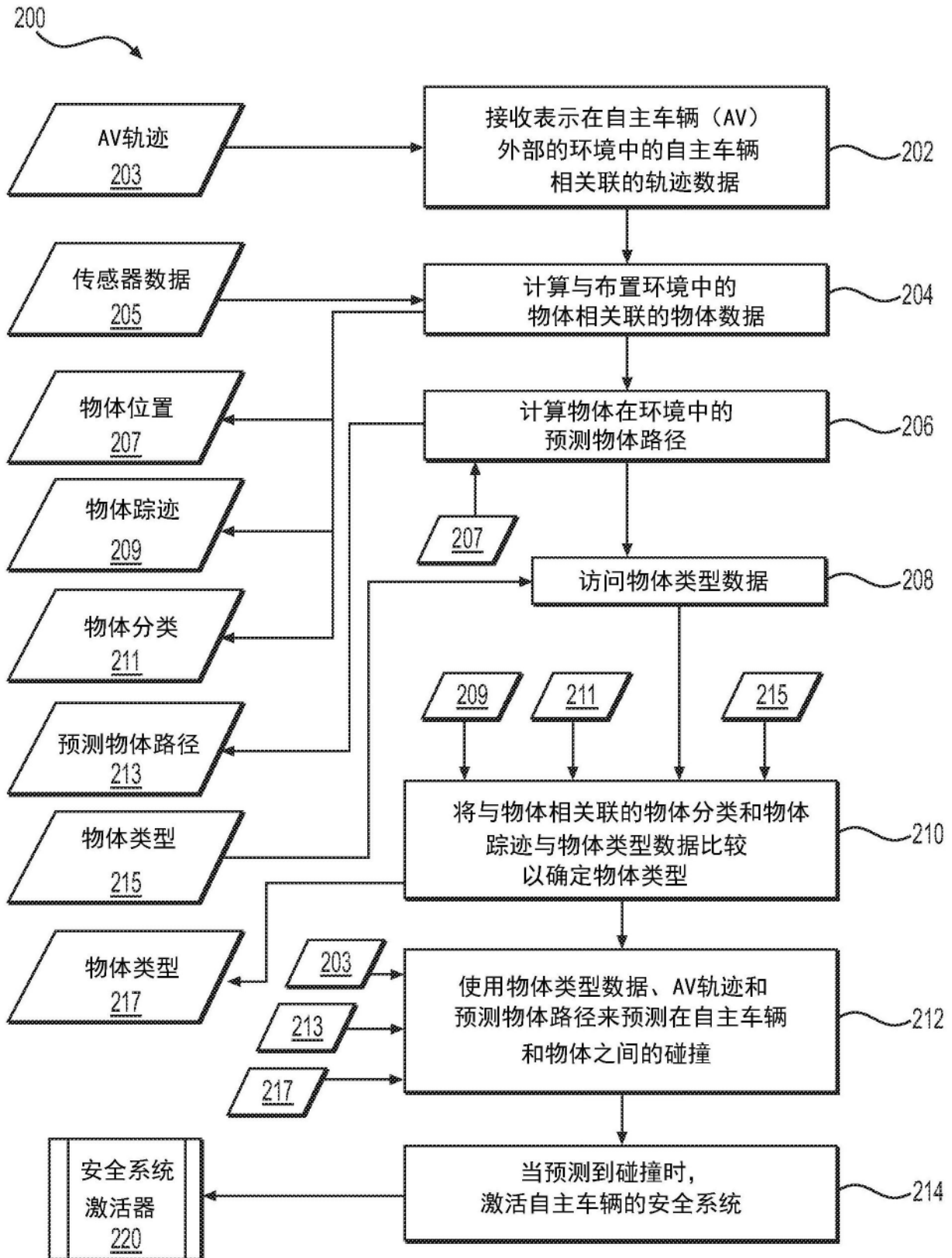


图2A

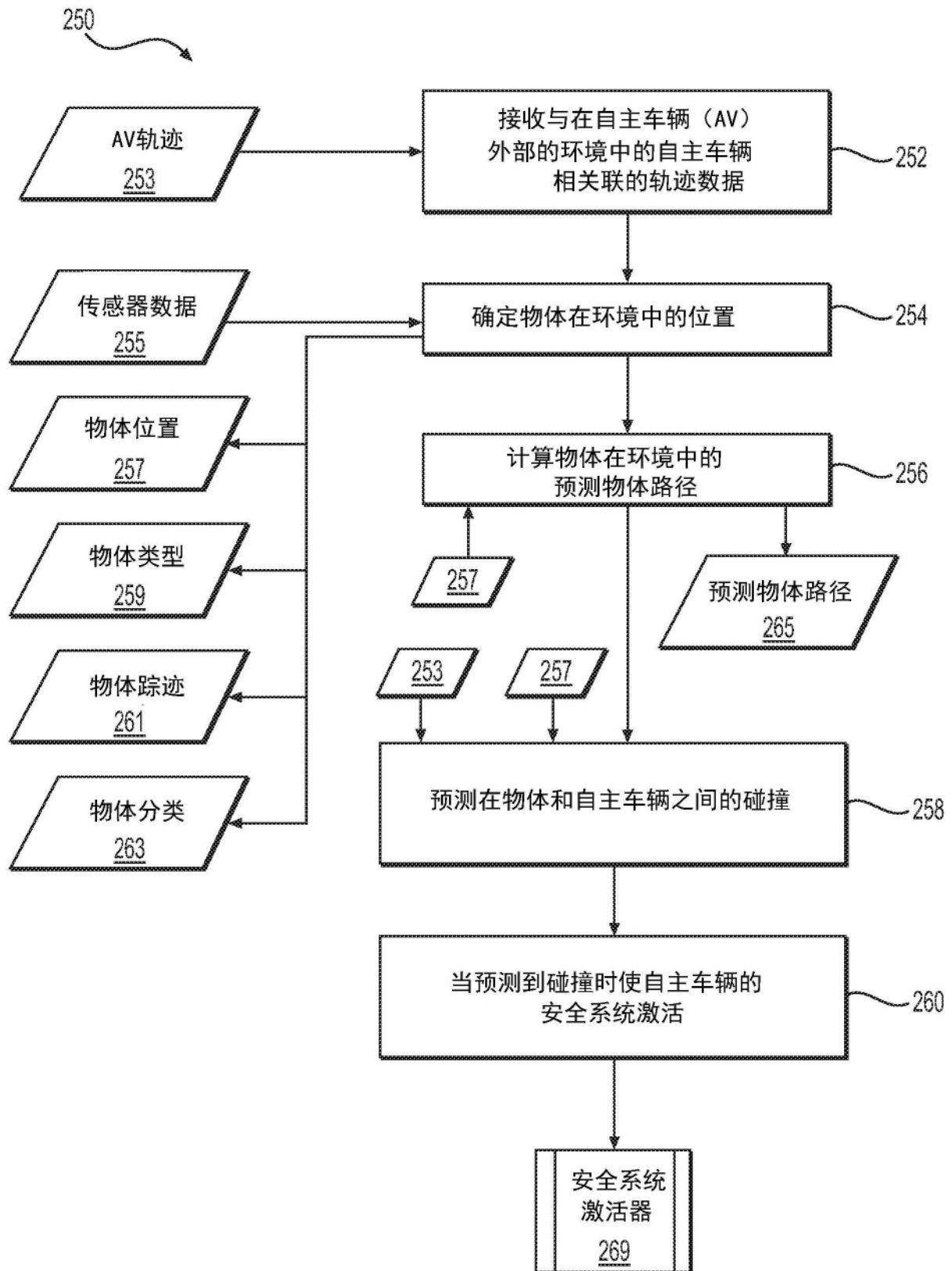


图2B

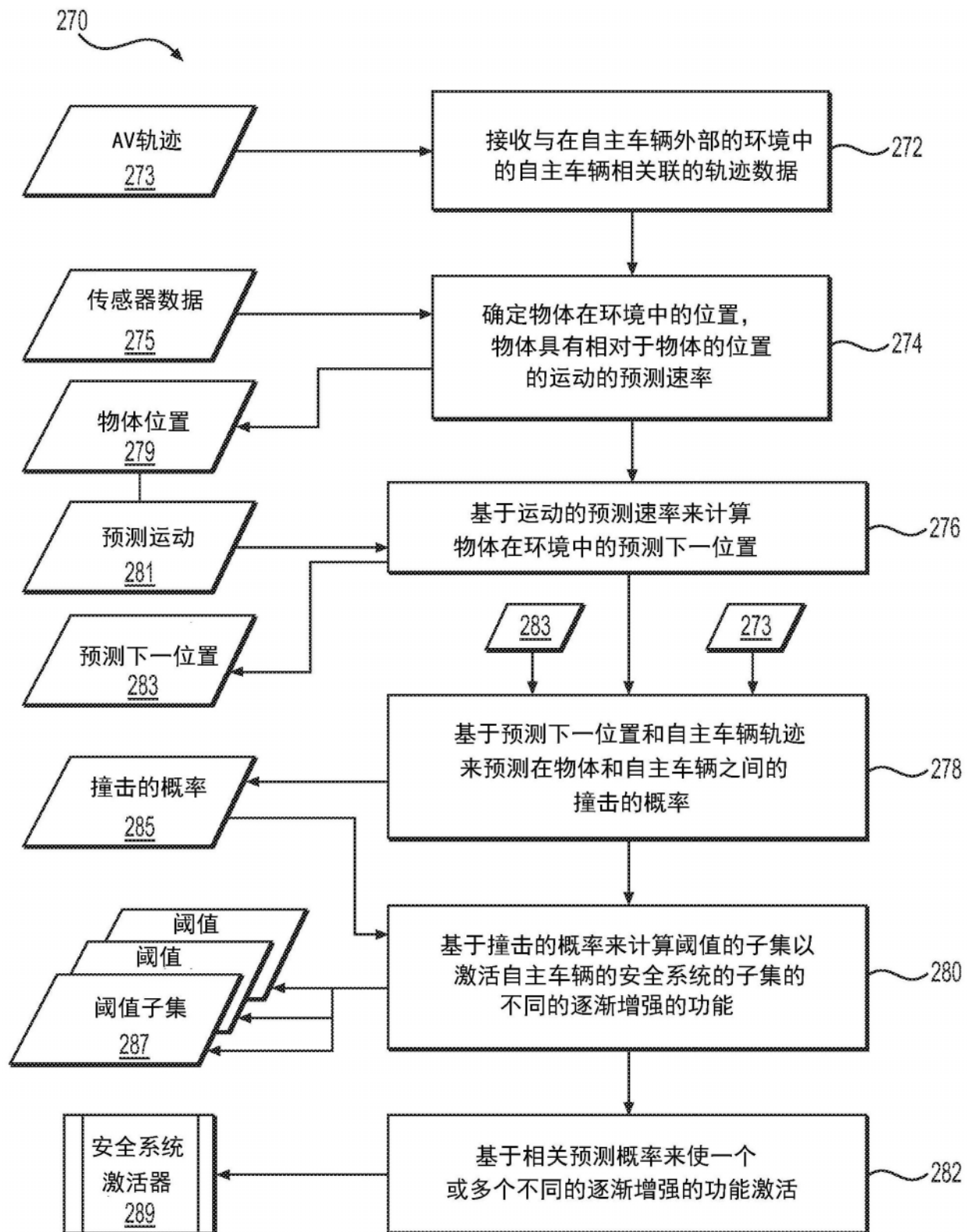


图2C

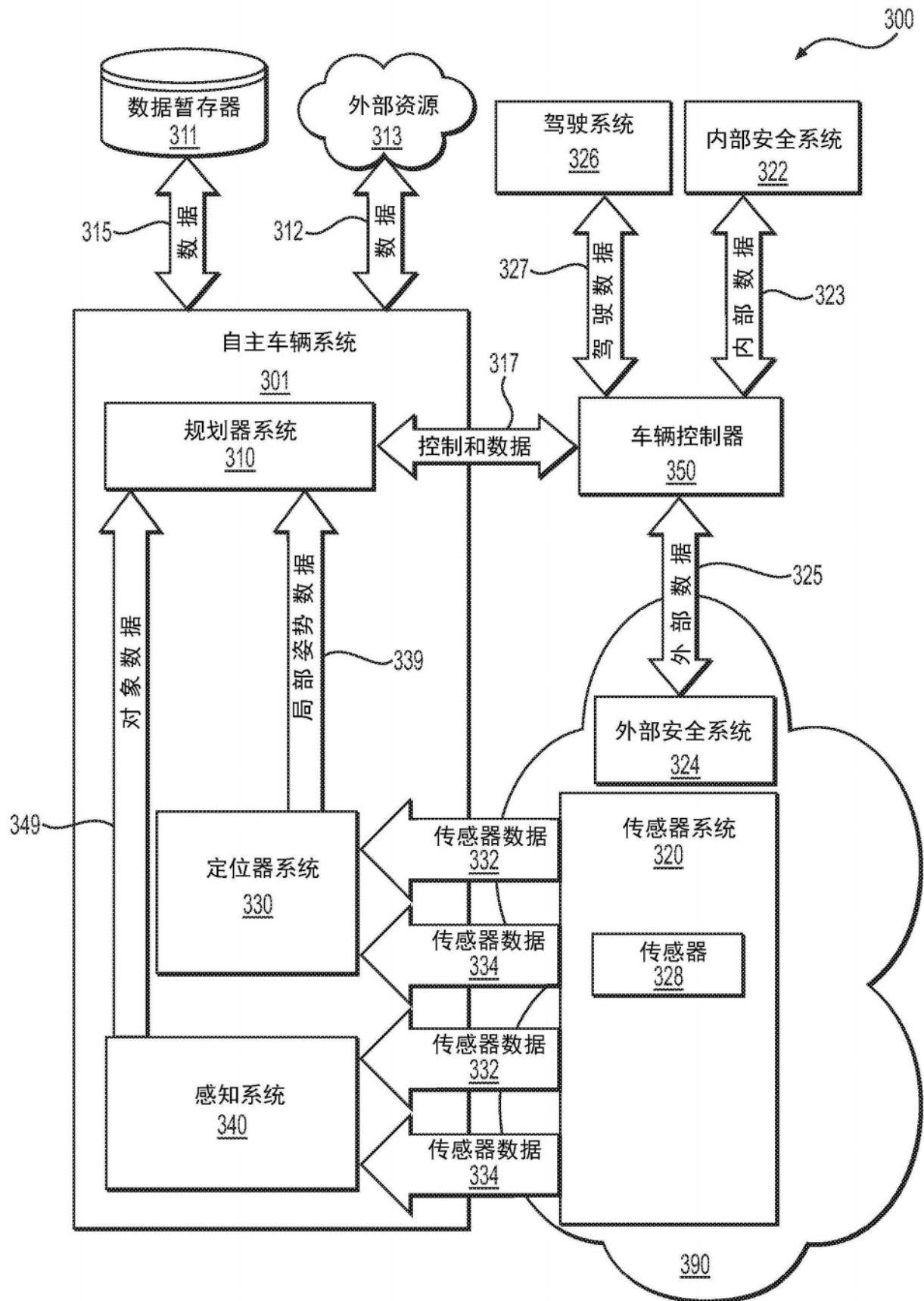


图3A

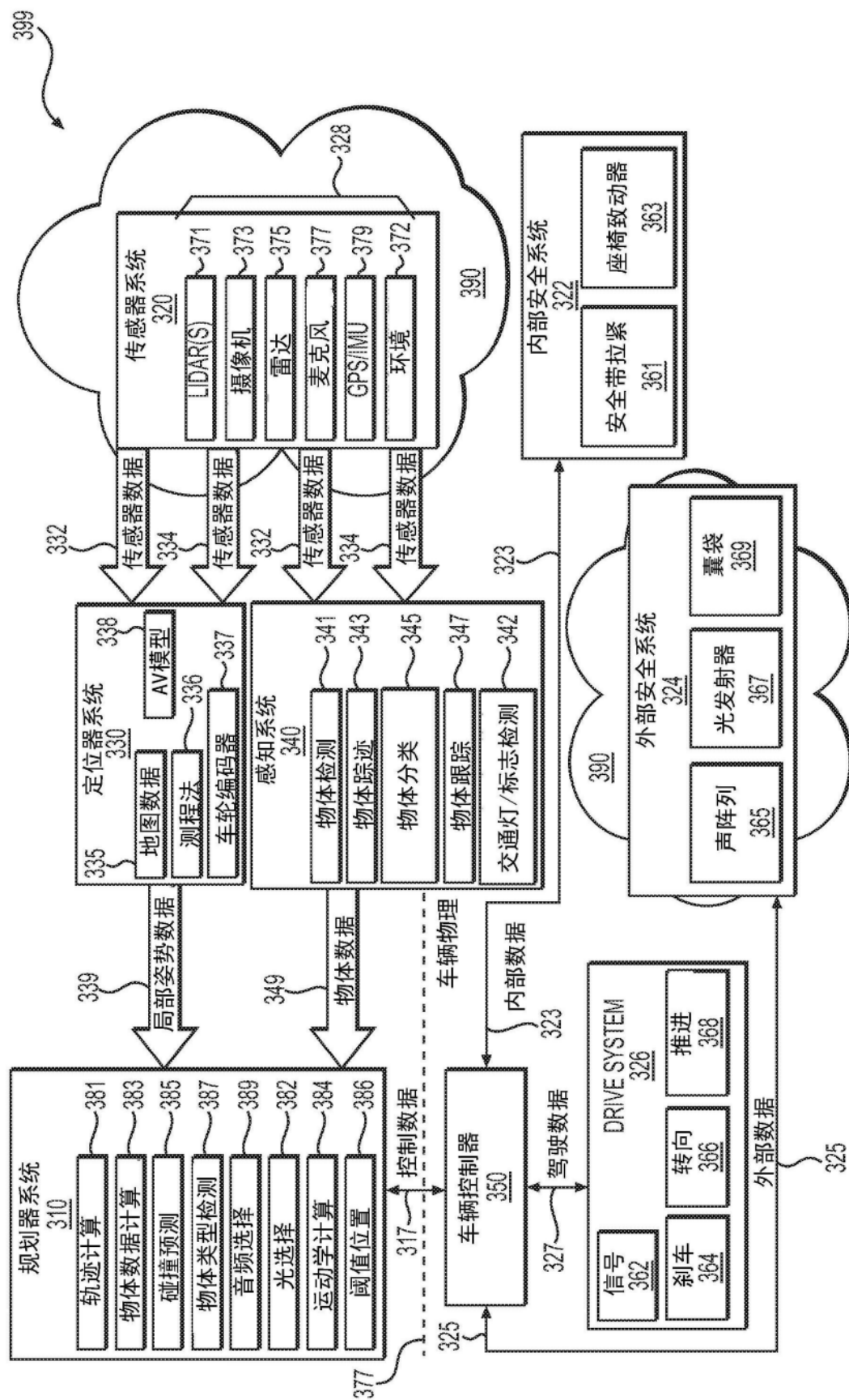


图3B

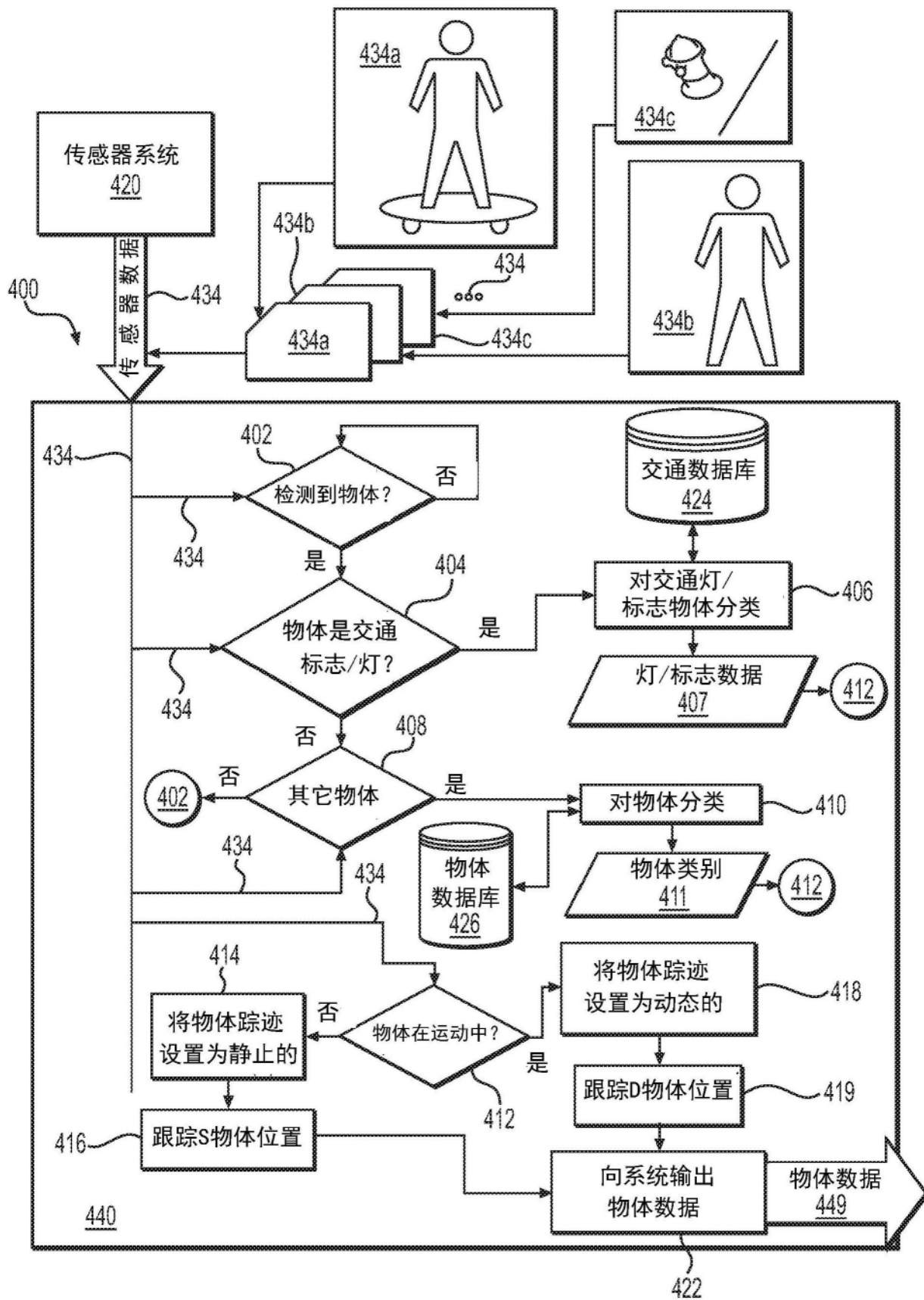


图4

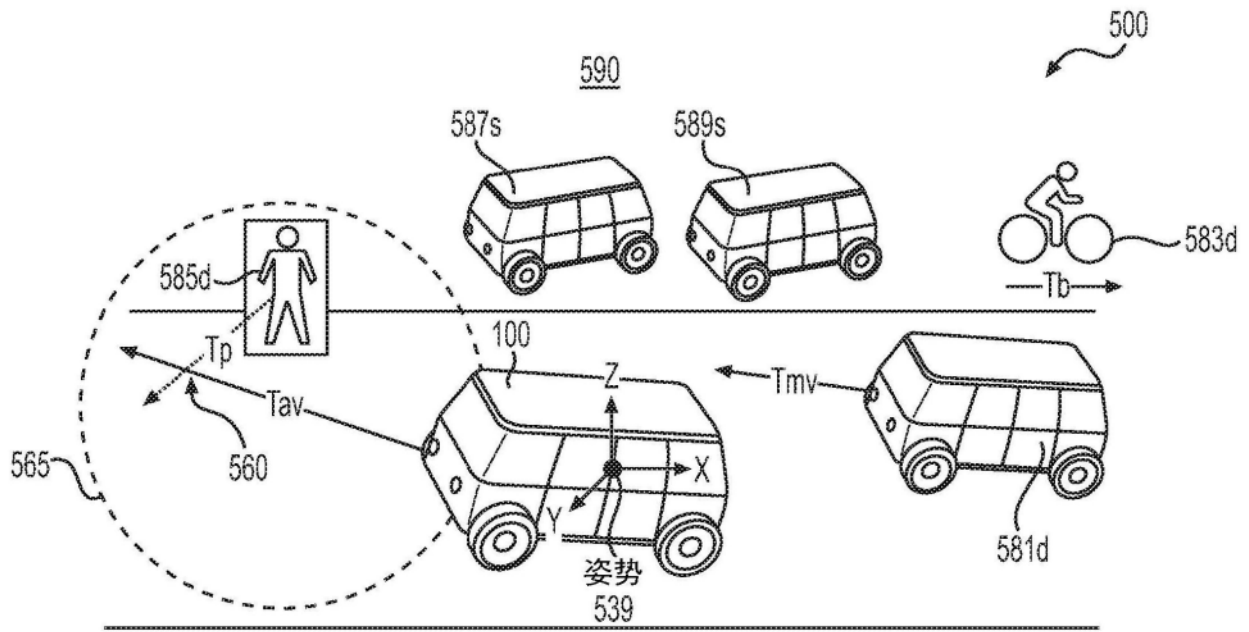


图5

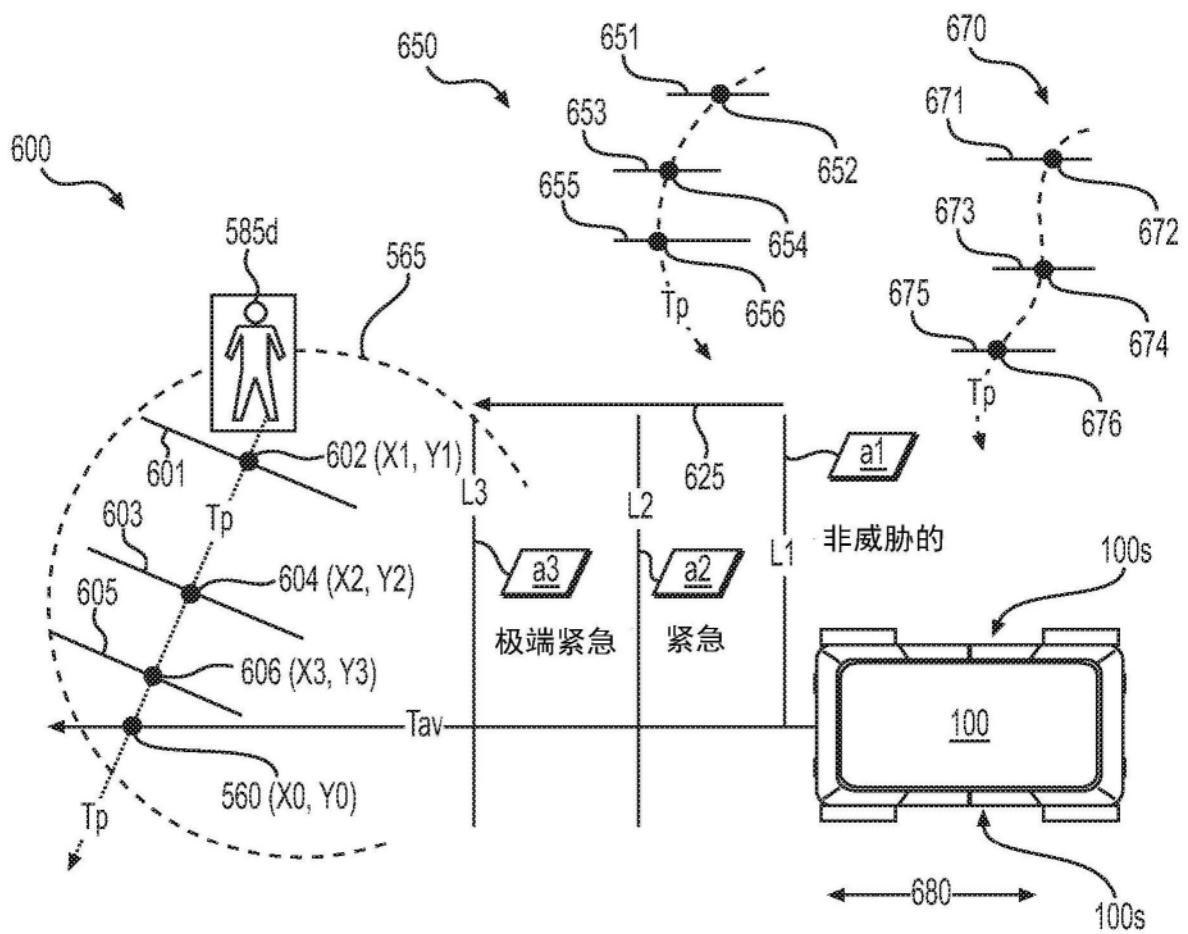


图6

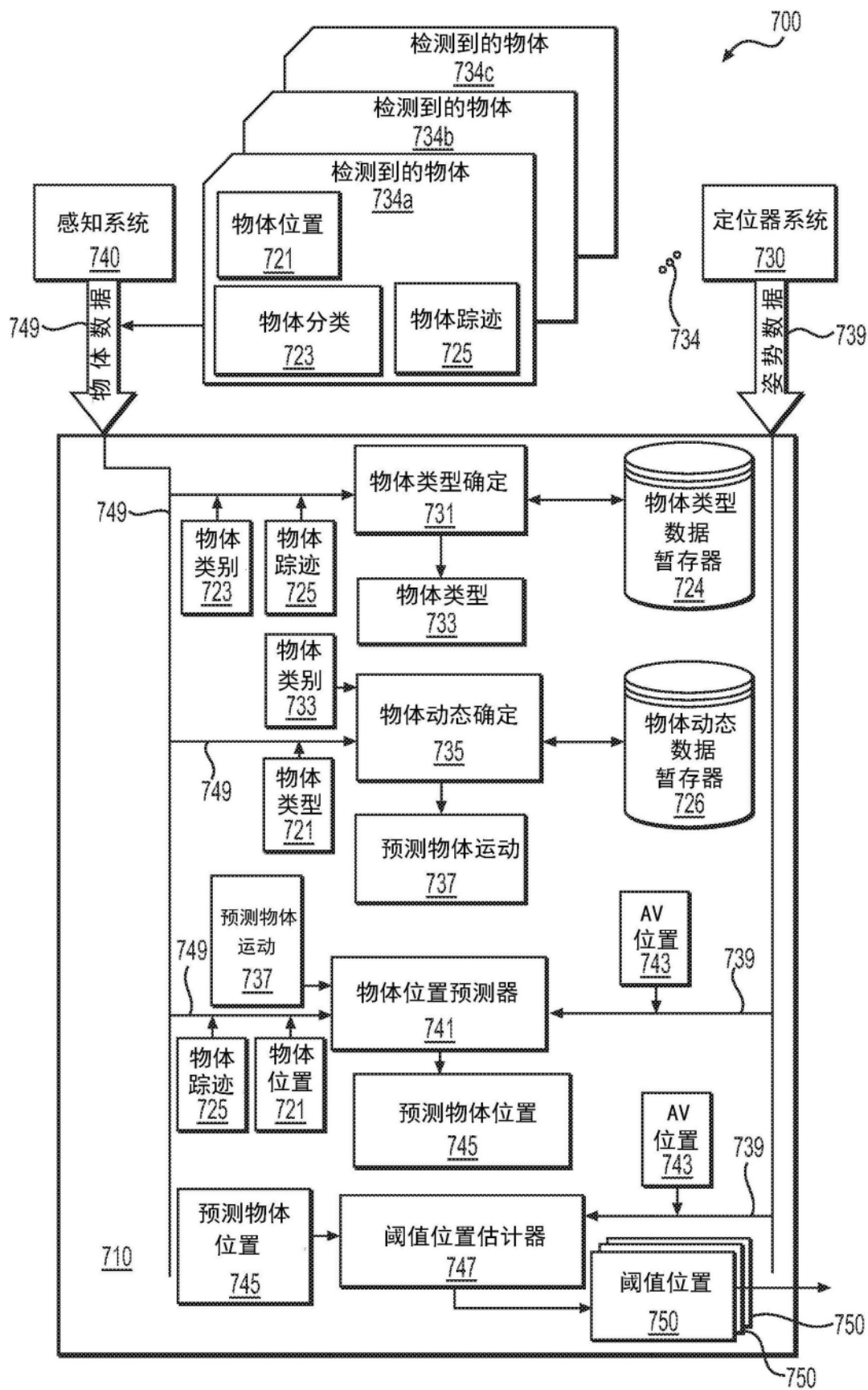


图7

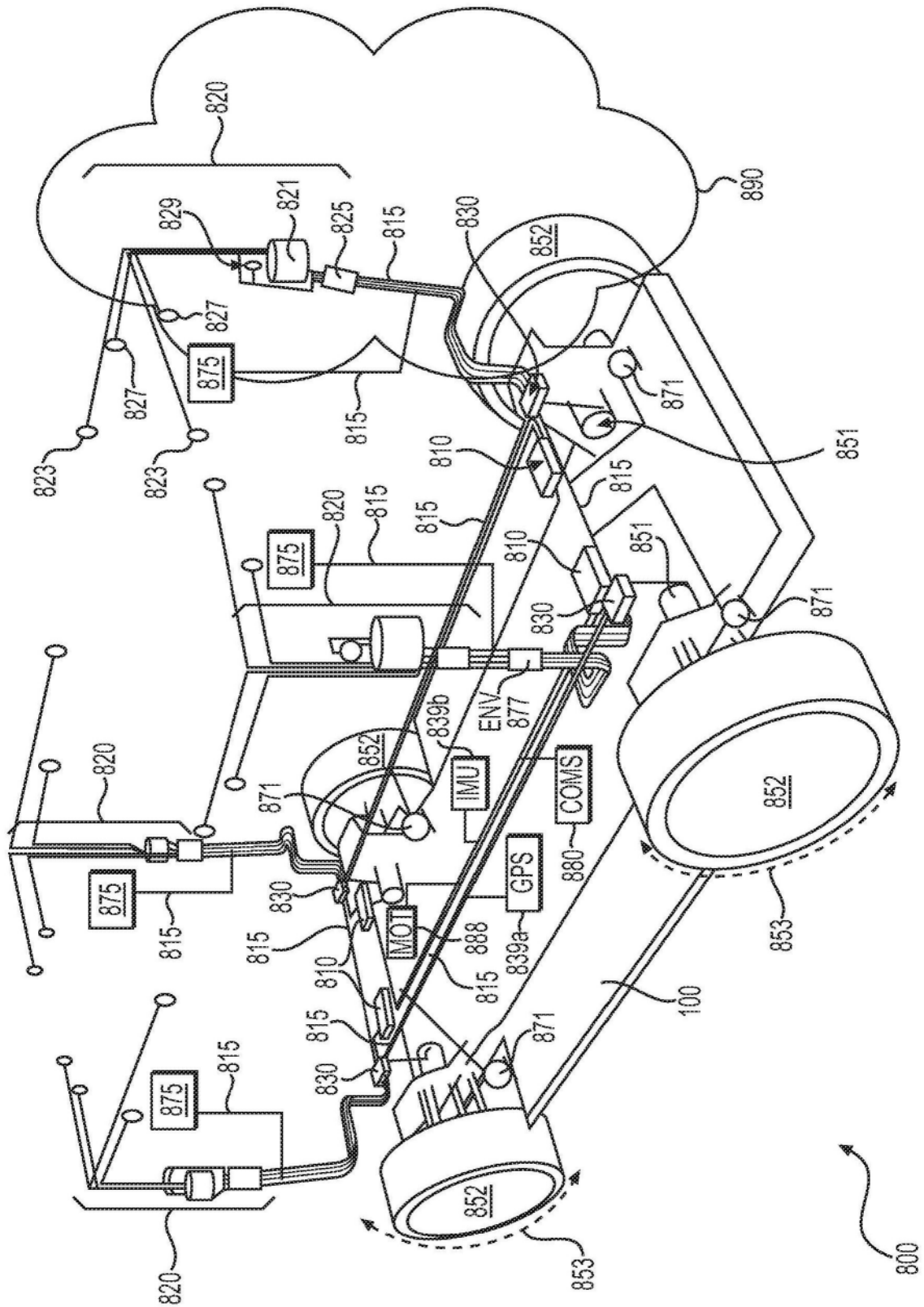


图8

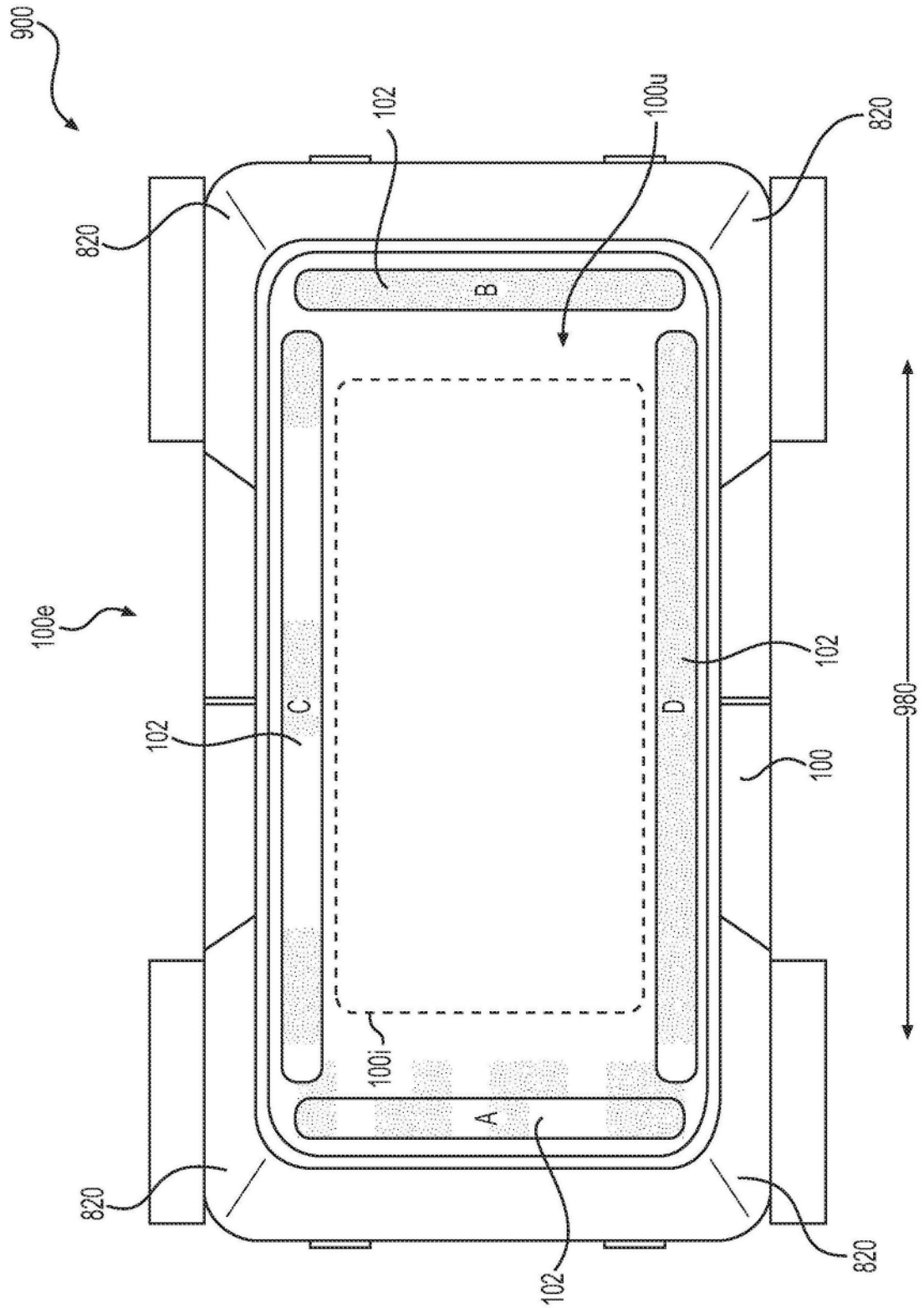


图9

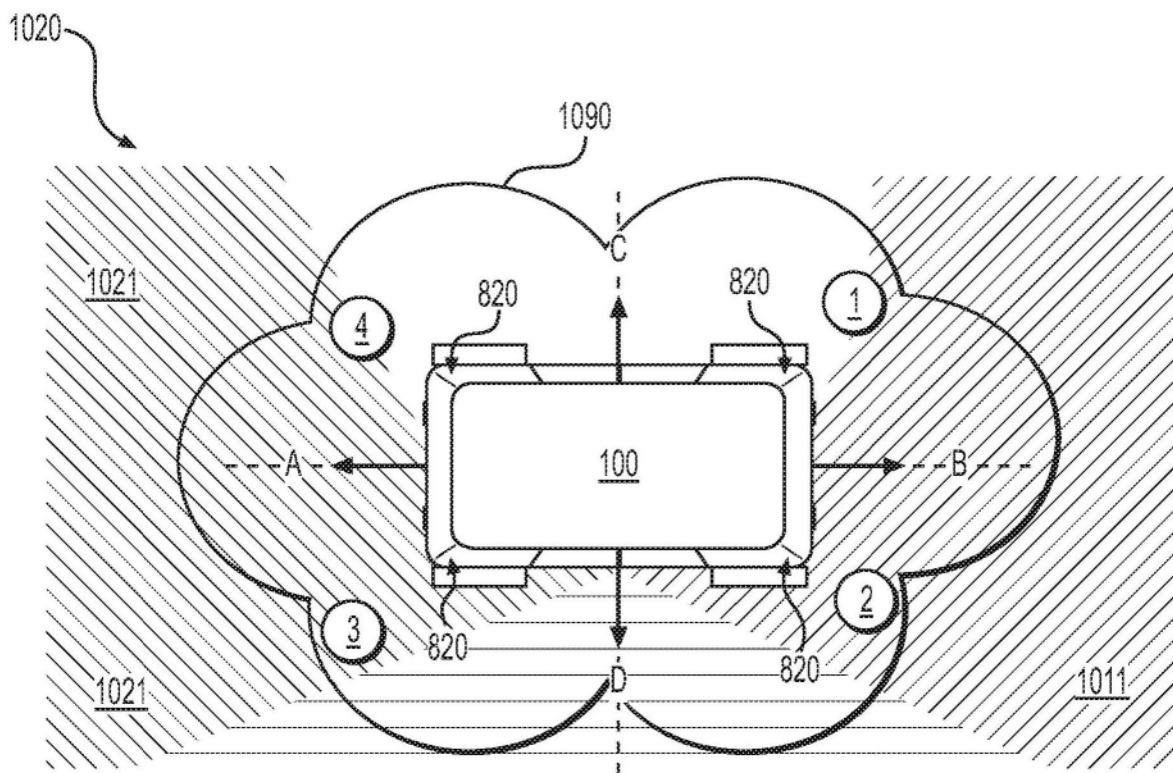
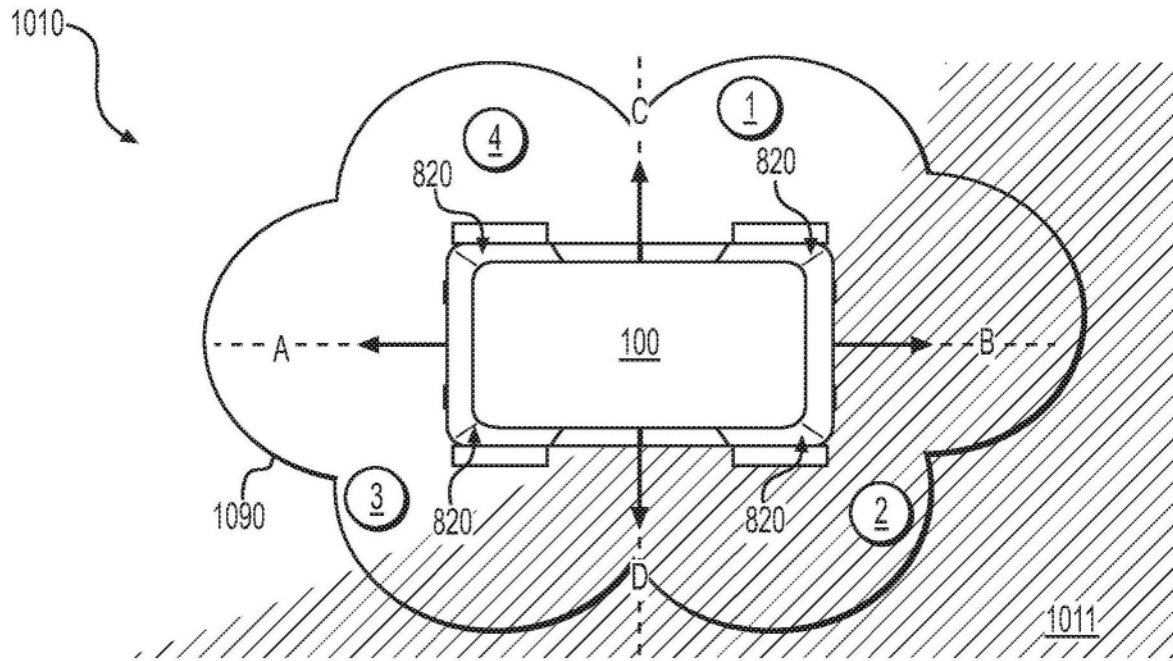


图10A

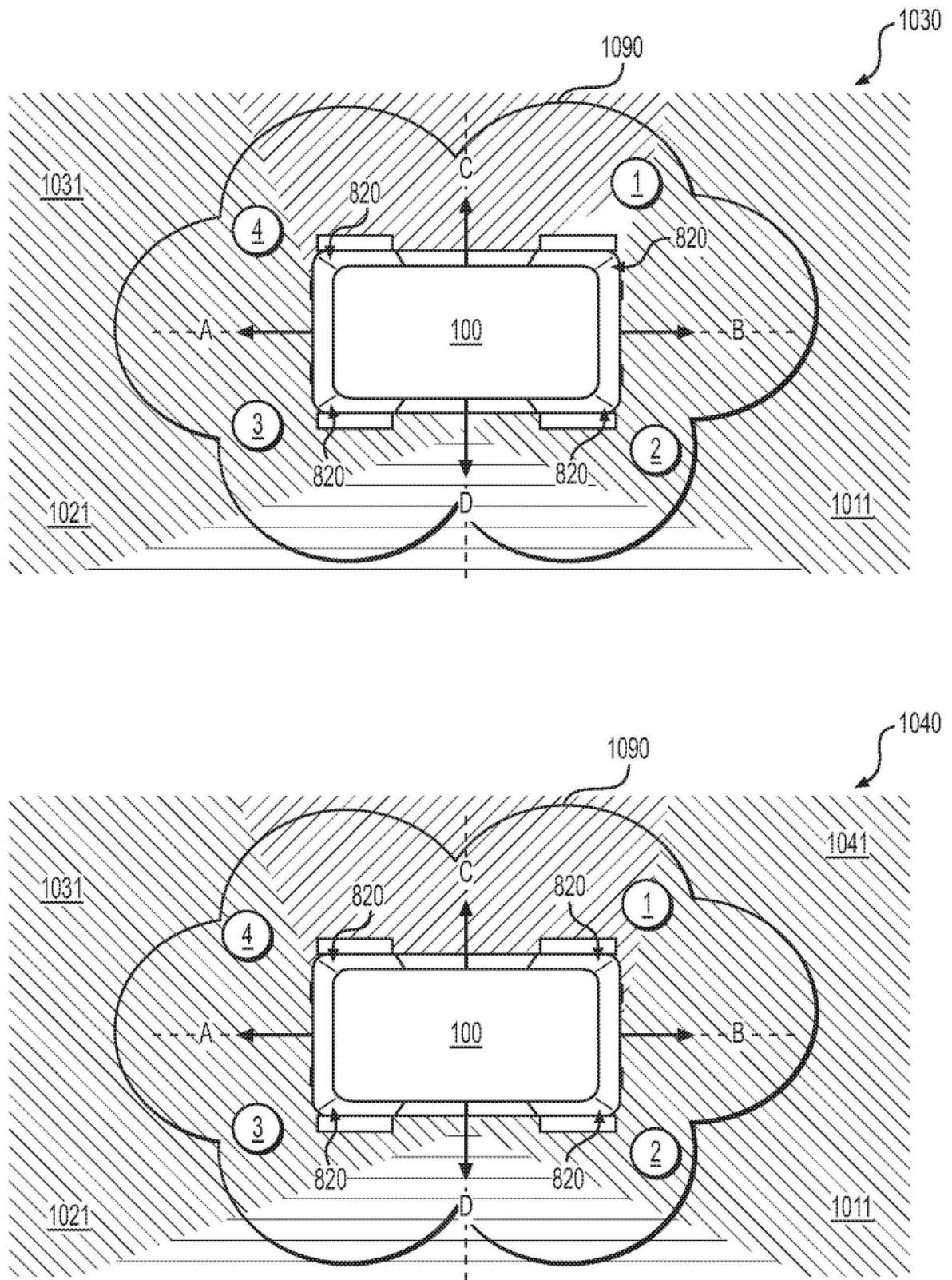


图10B

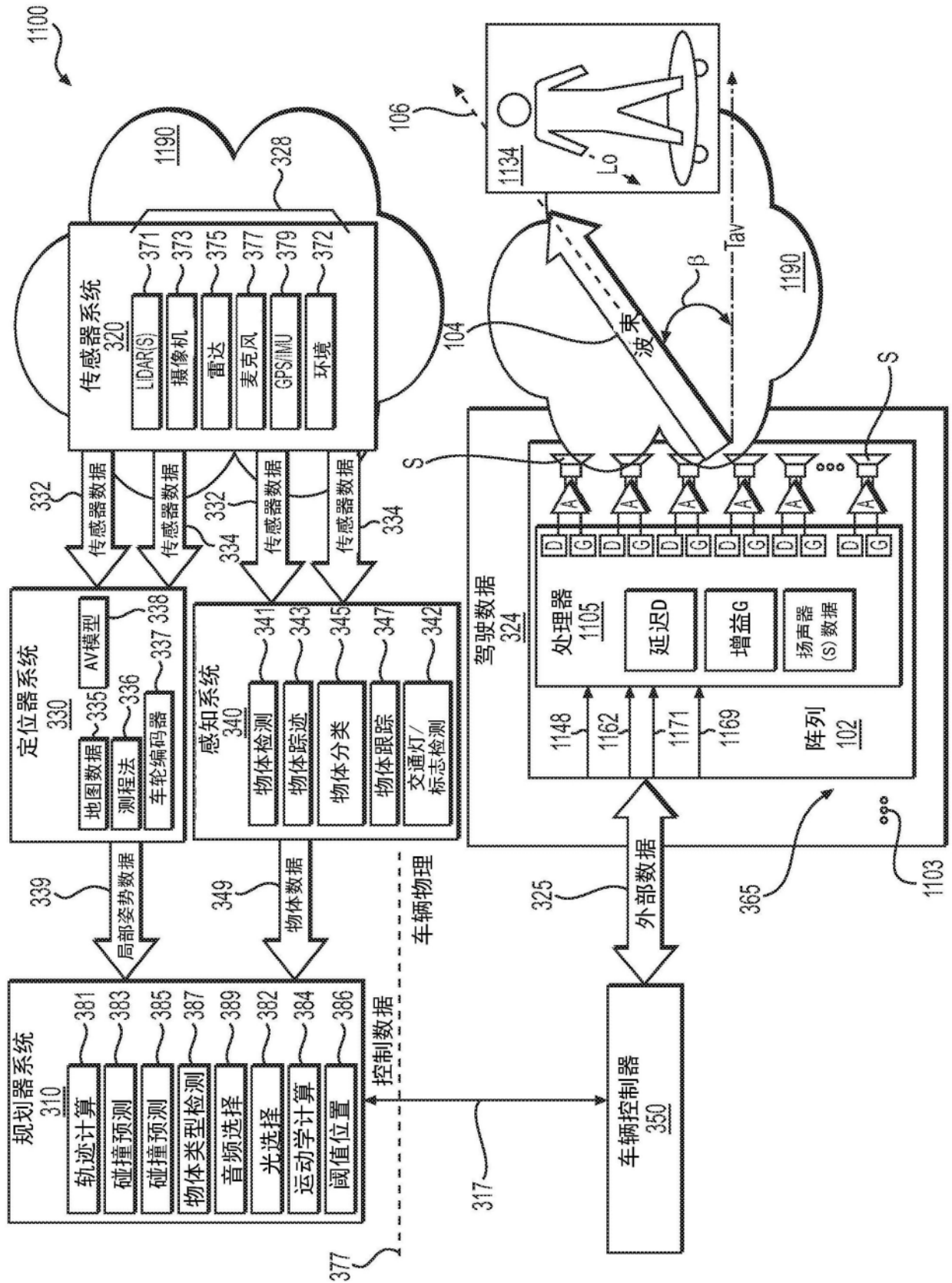


图11A

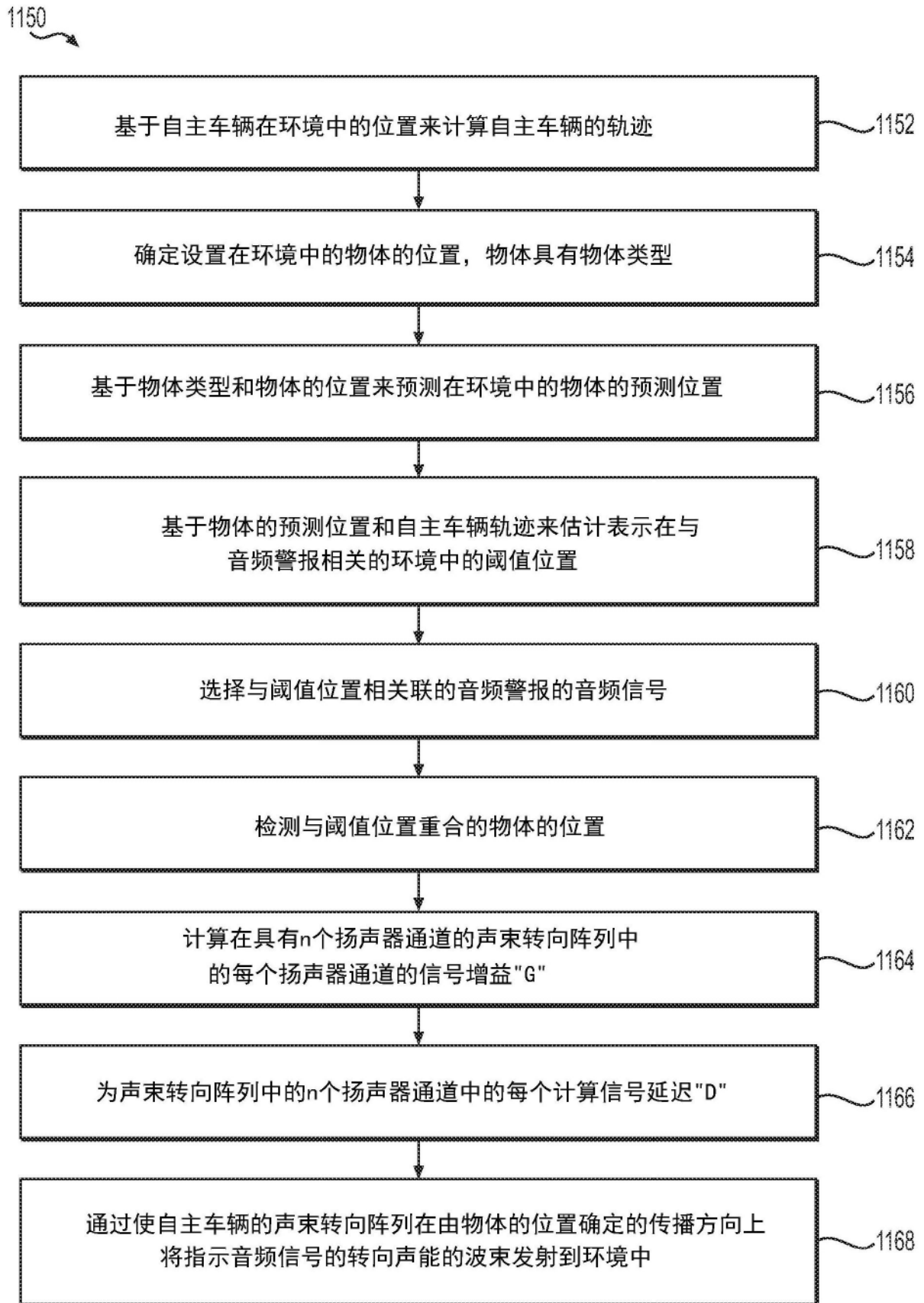


图11B

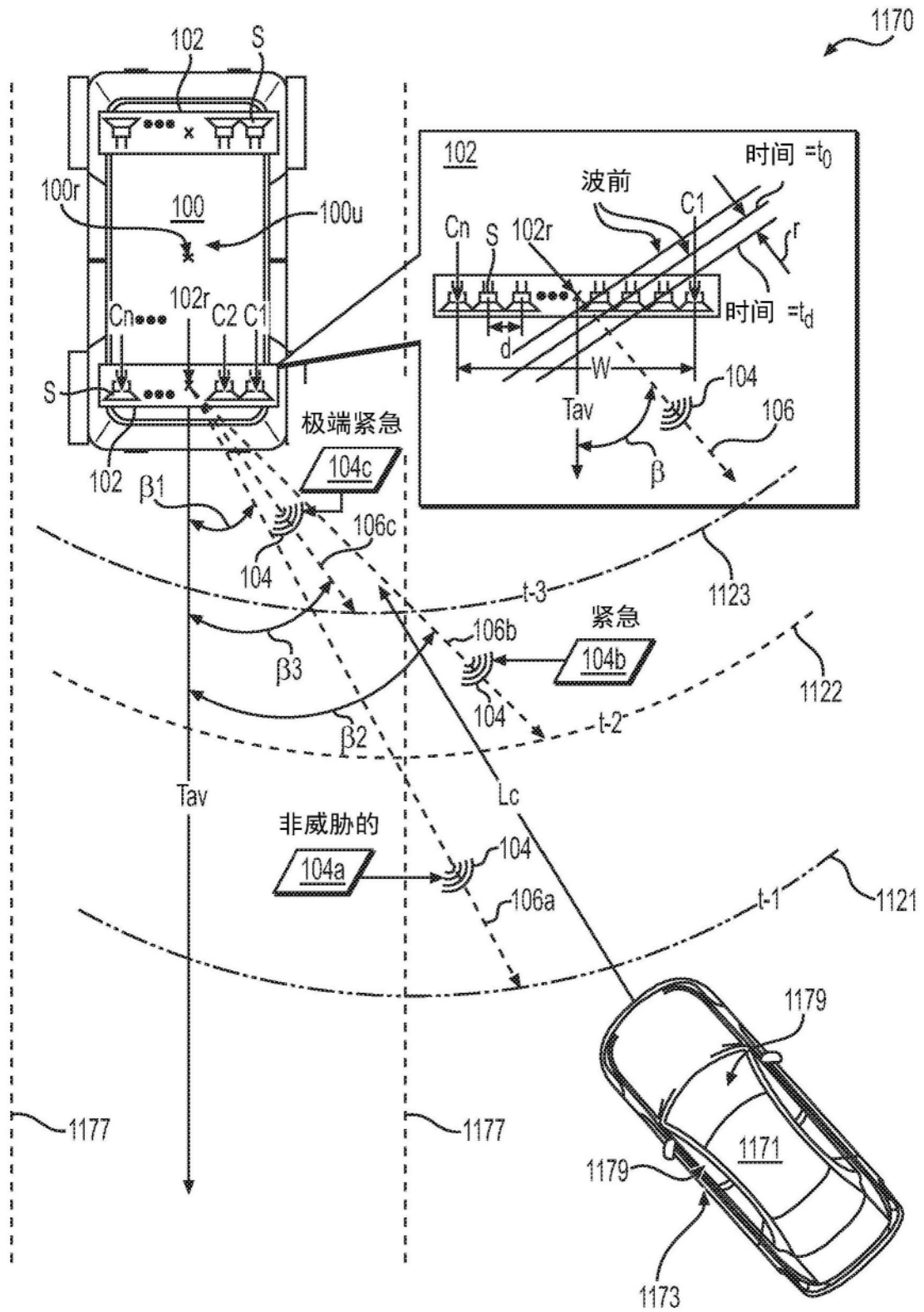


图11C

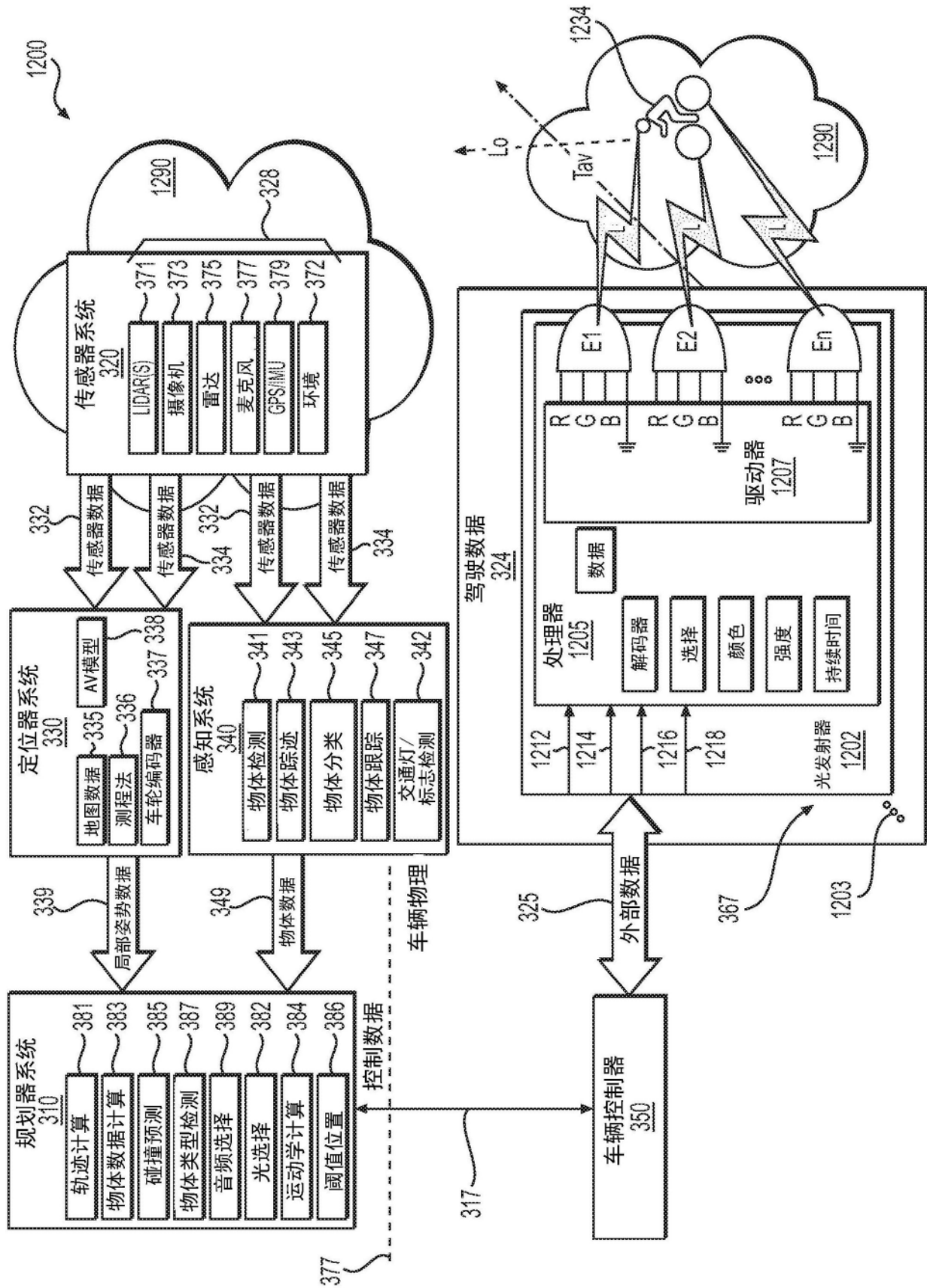


图12A

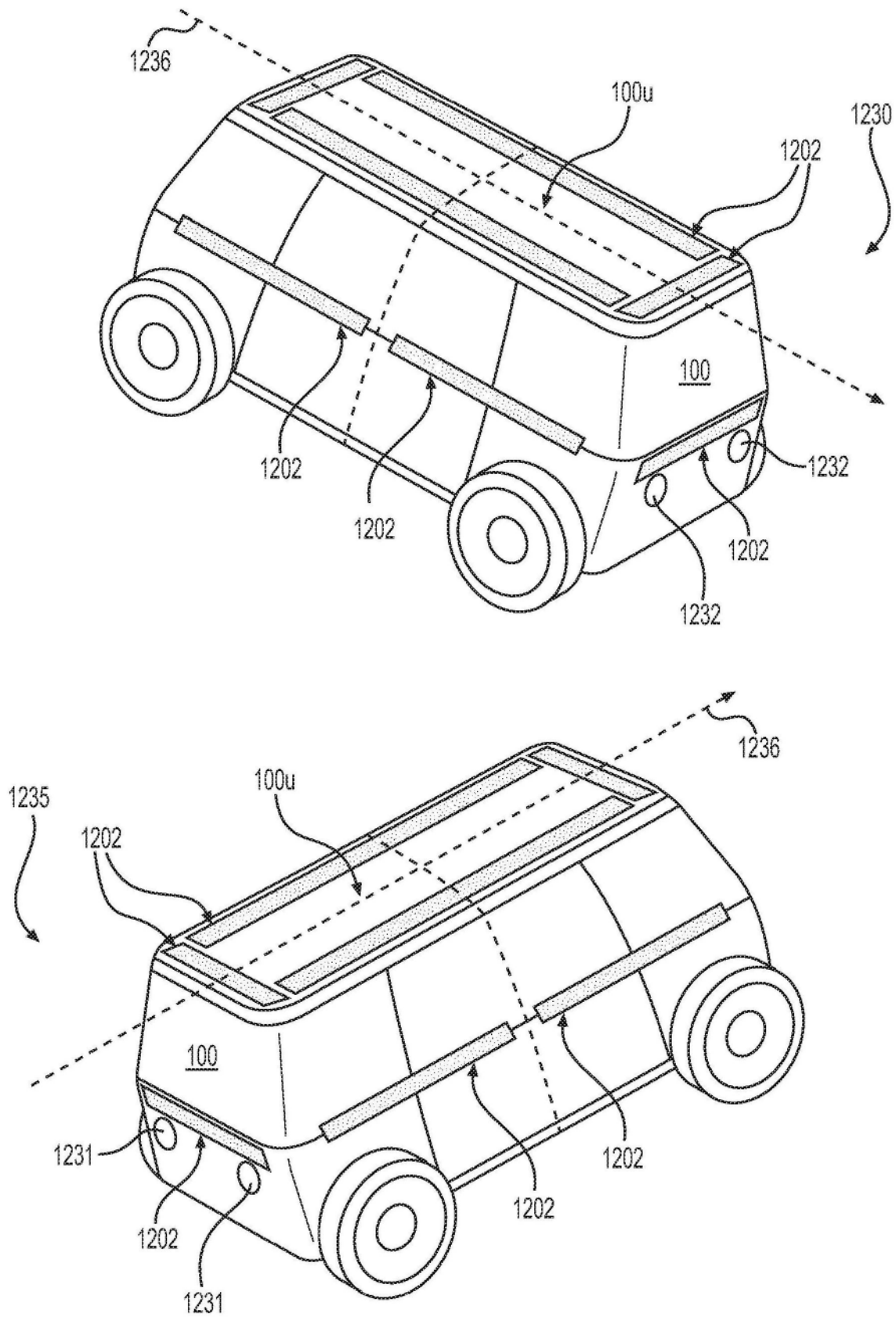


图12B

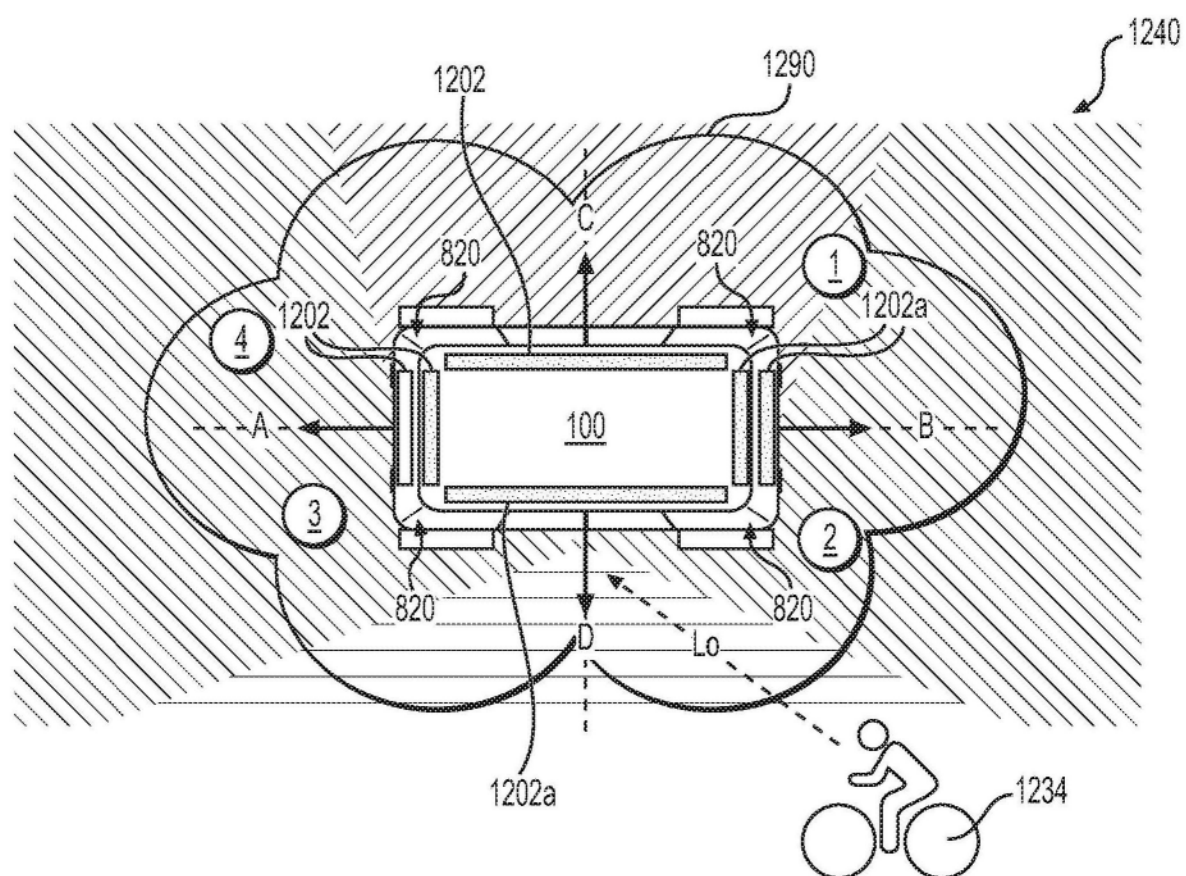


图12C

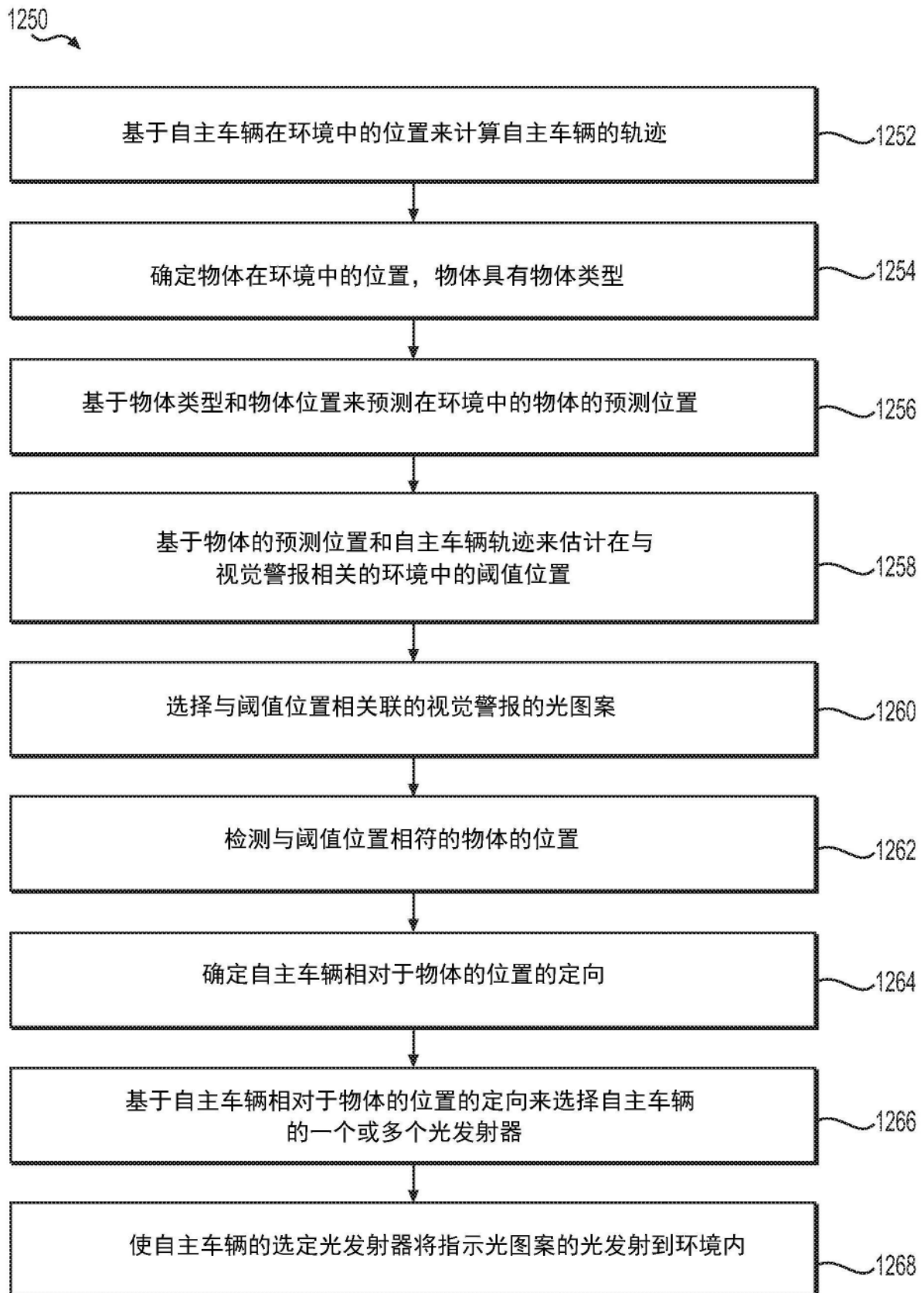


图12E

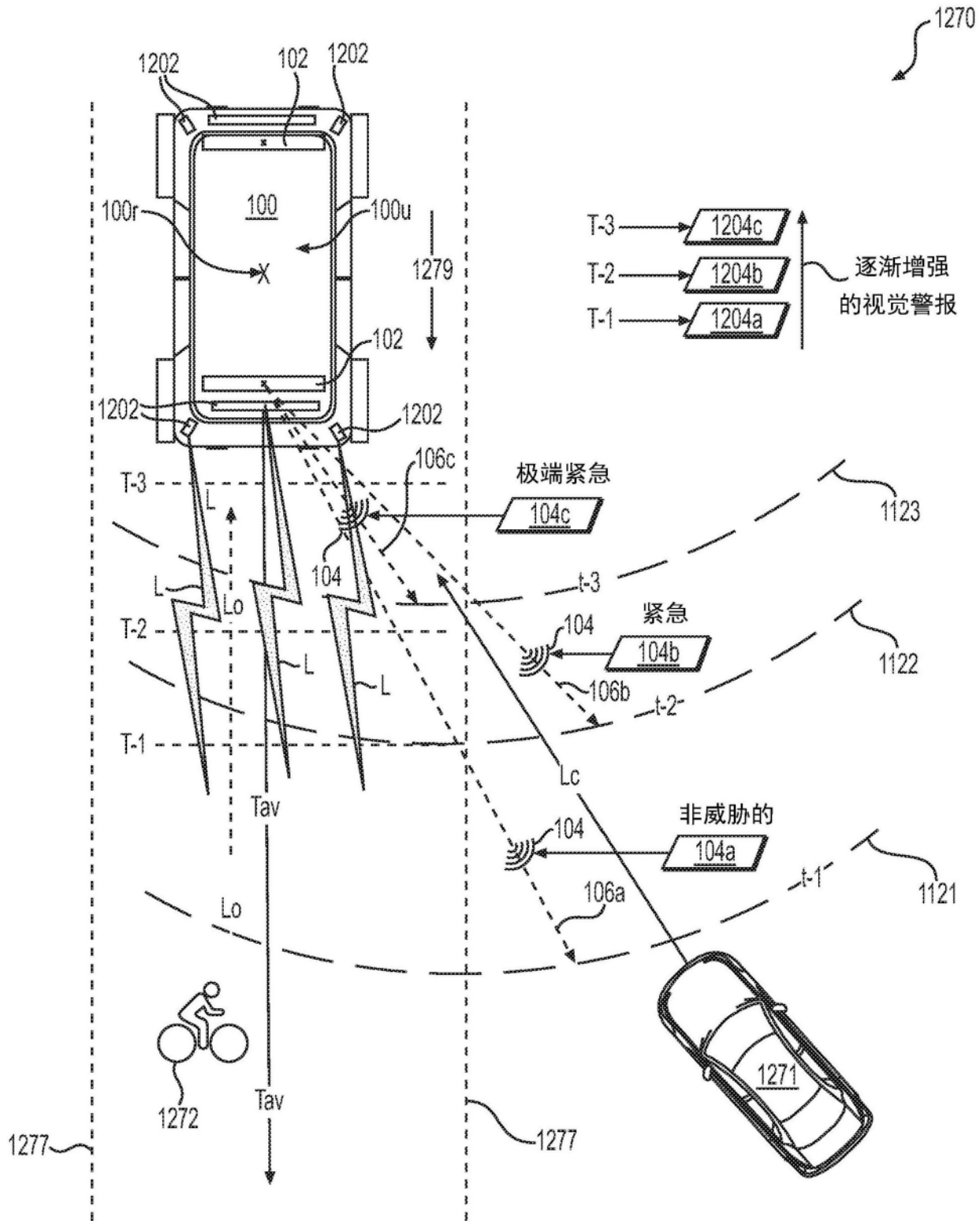


图12F

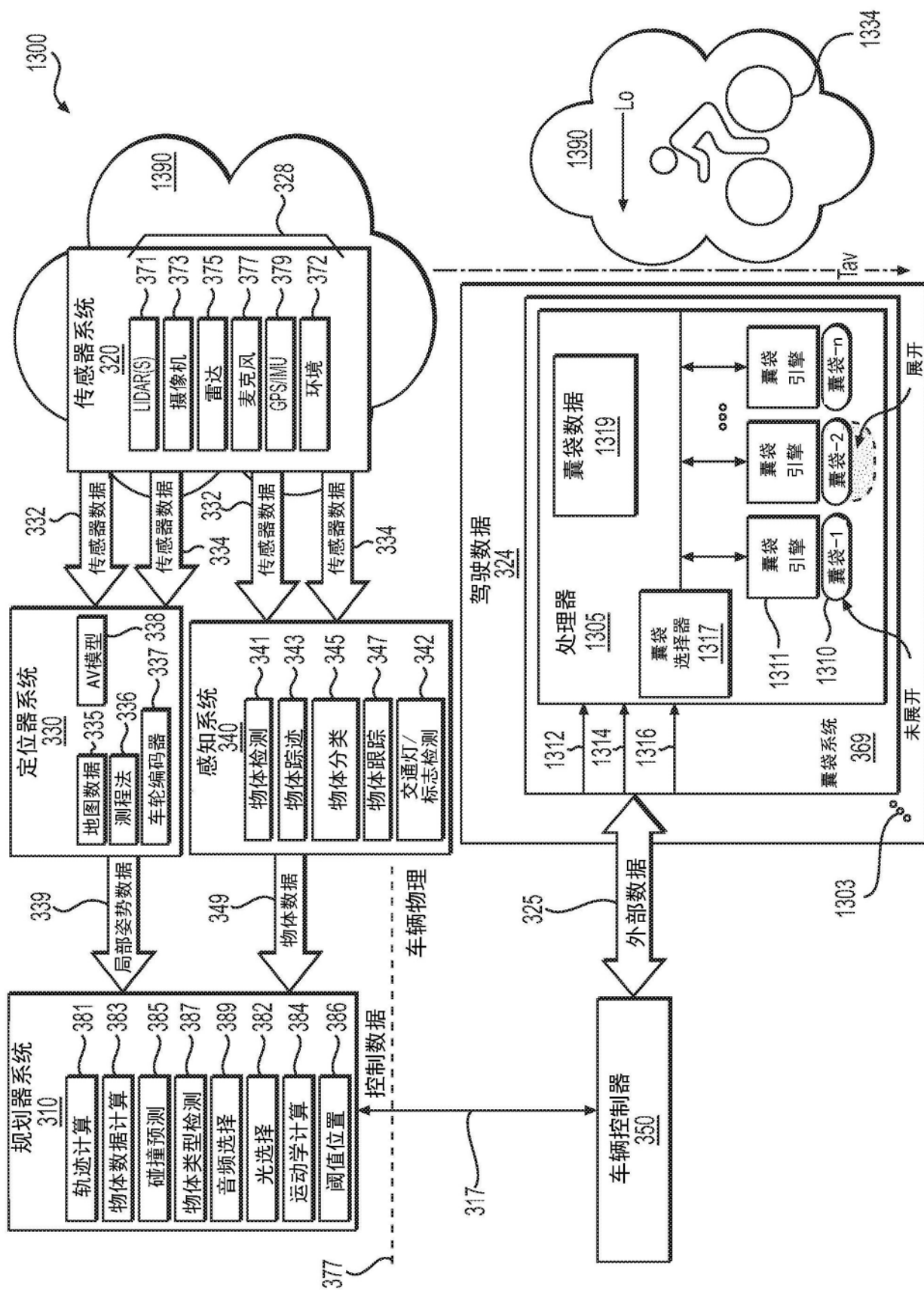


图13A

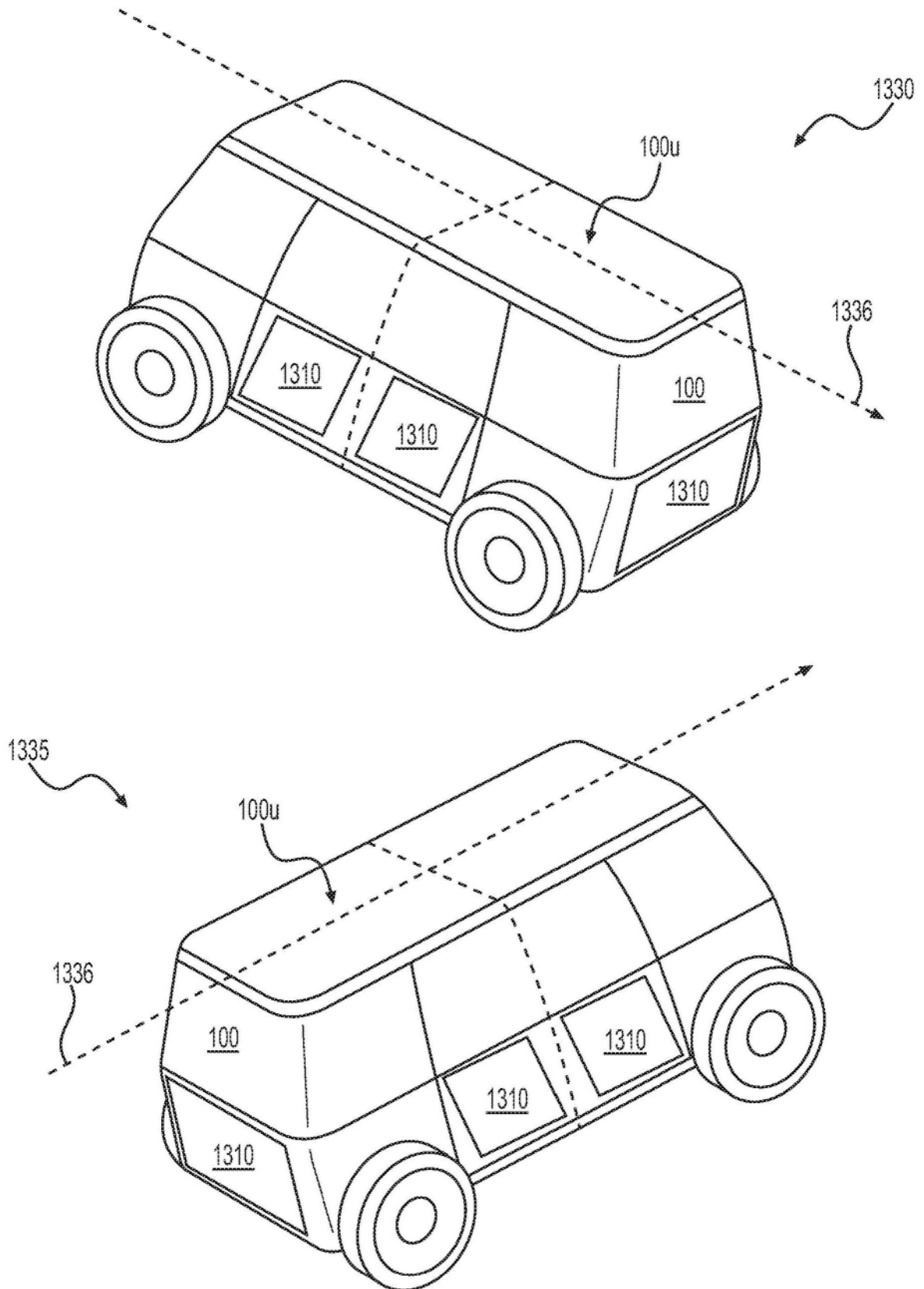


图13B

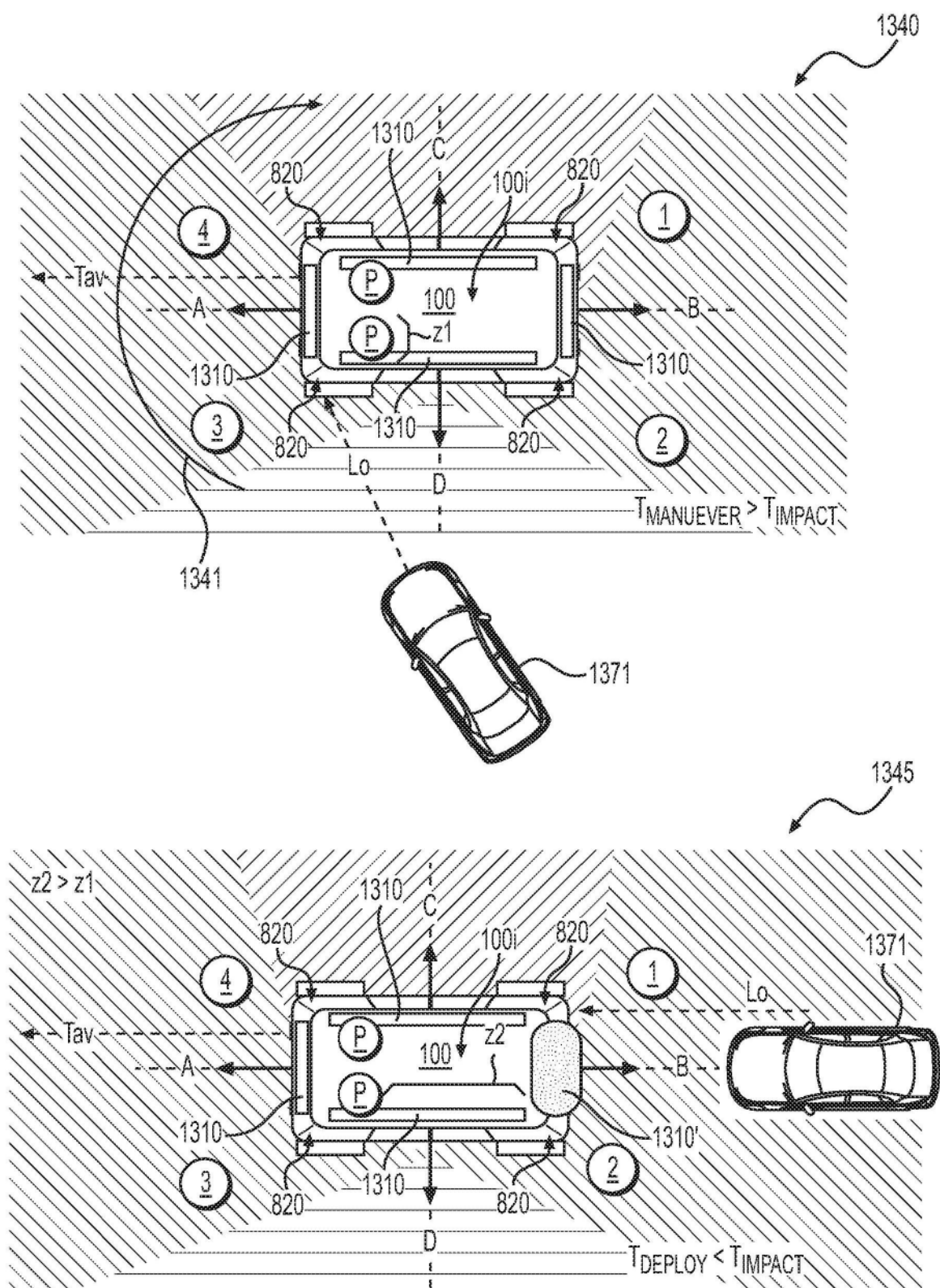


图13C

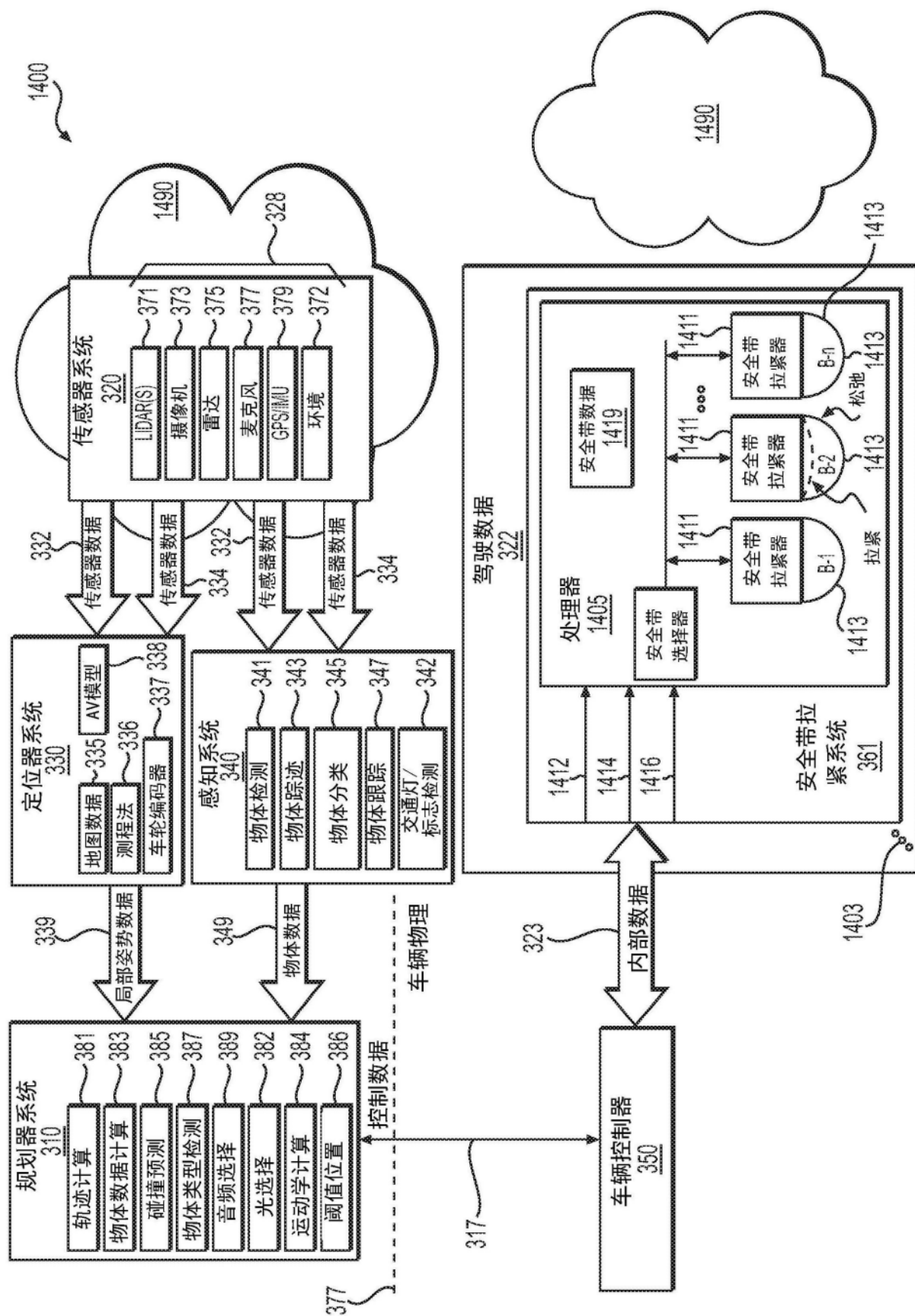


图14

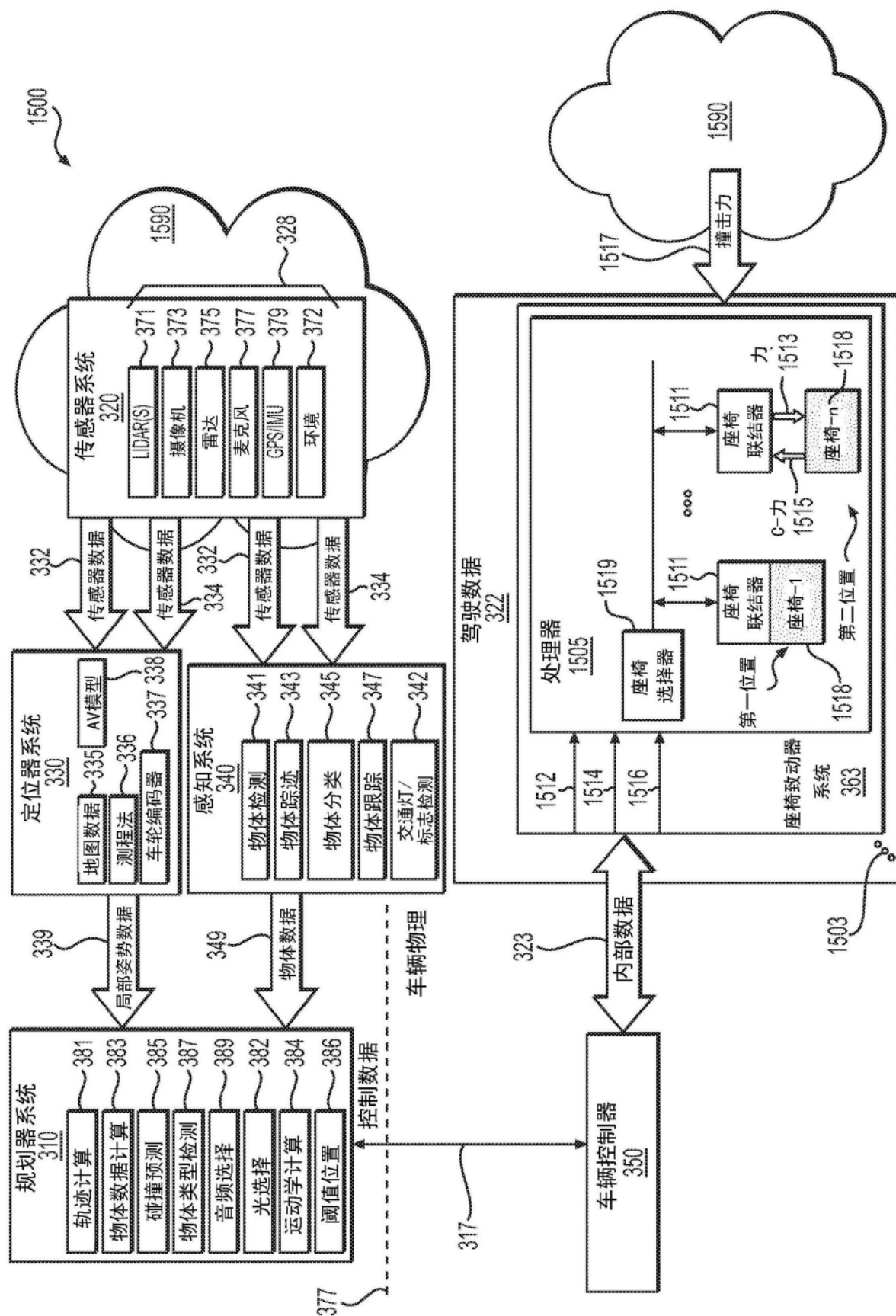


图15

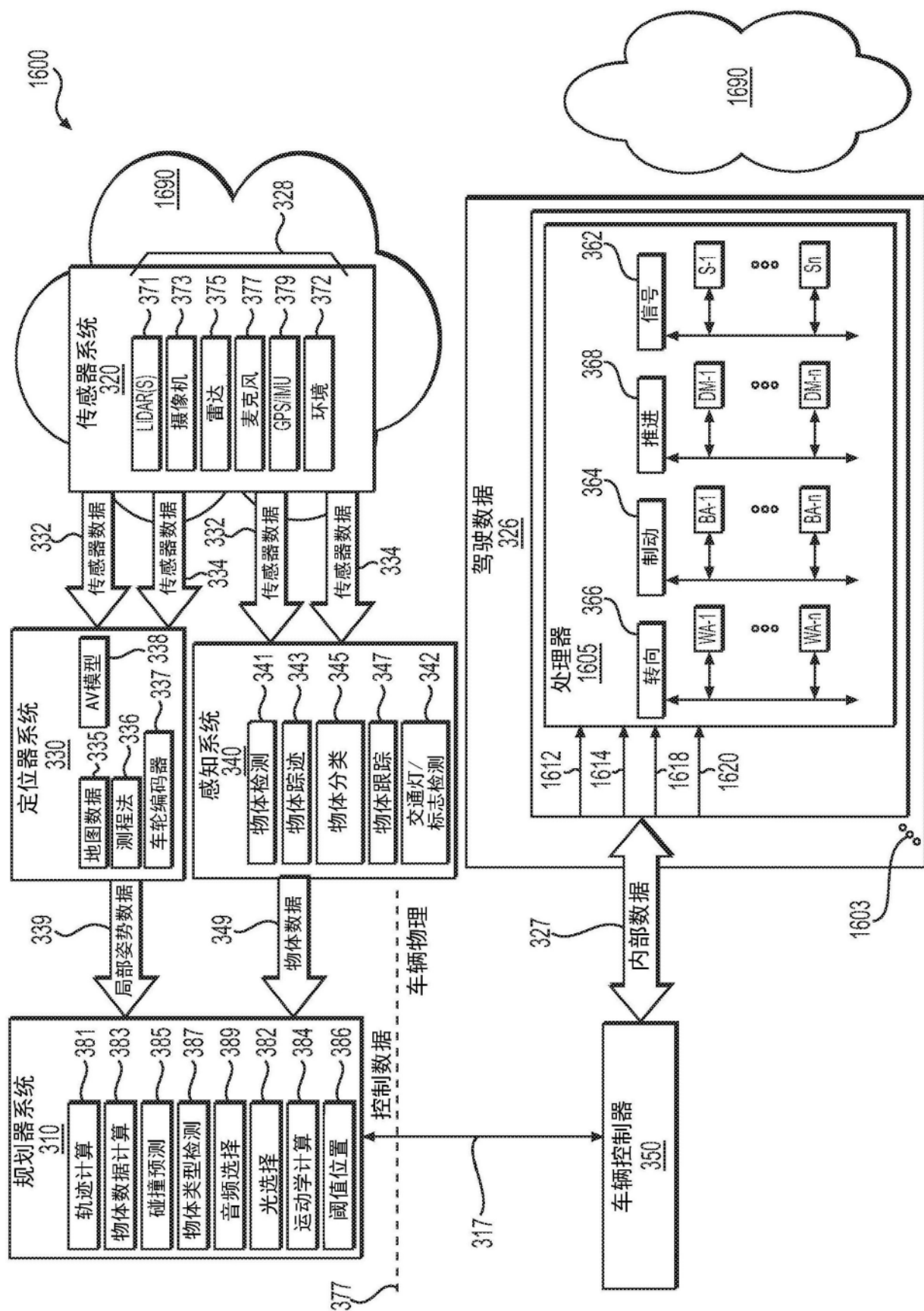


图16A

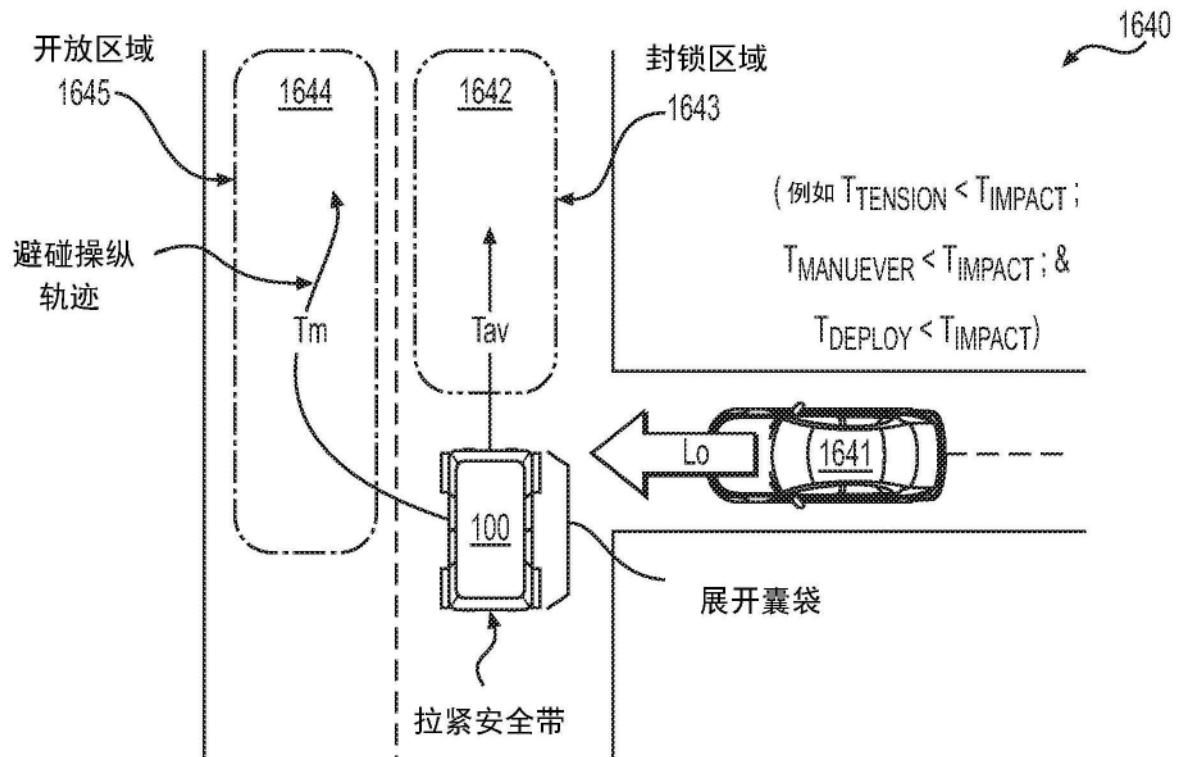


图16B

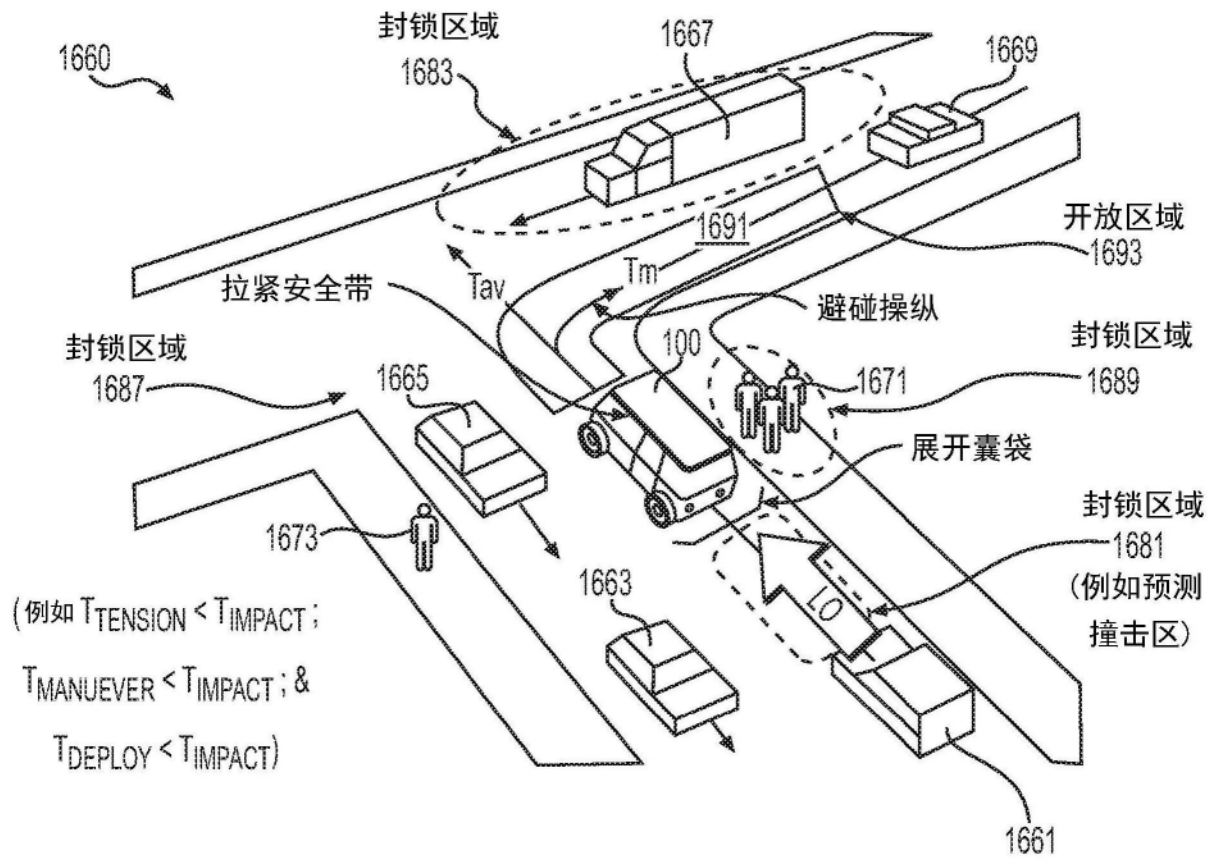


图16C

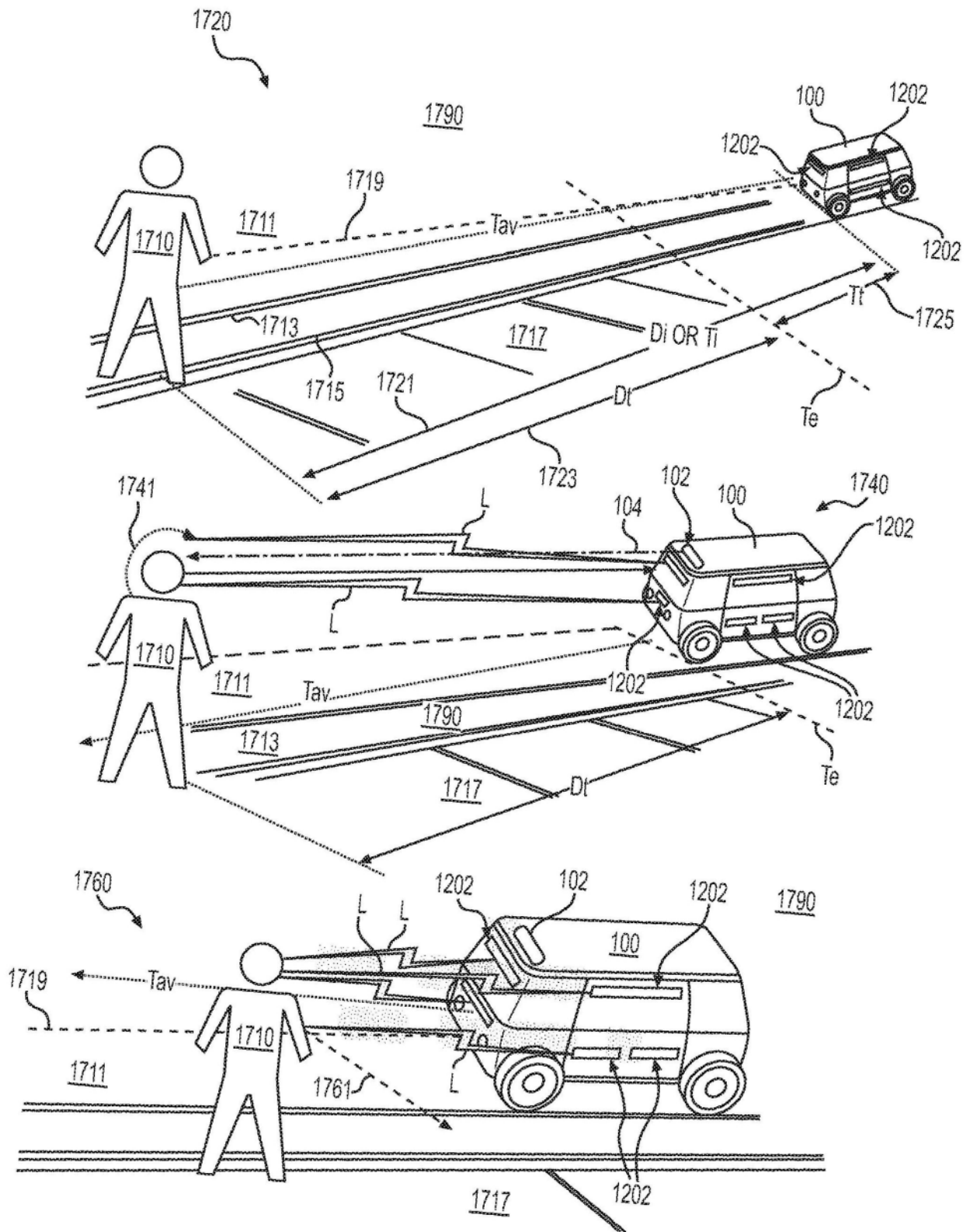


图17

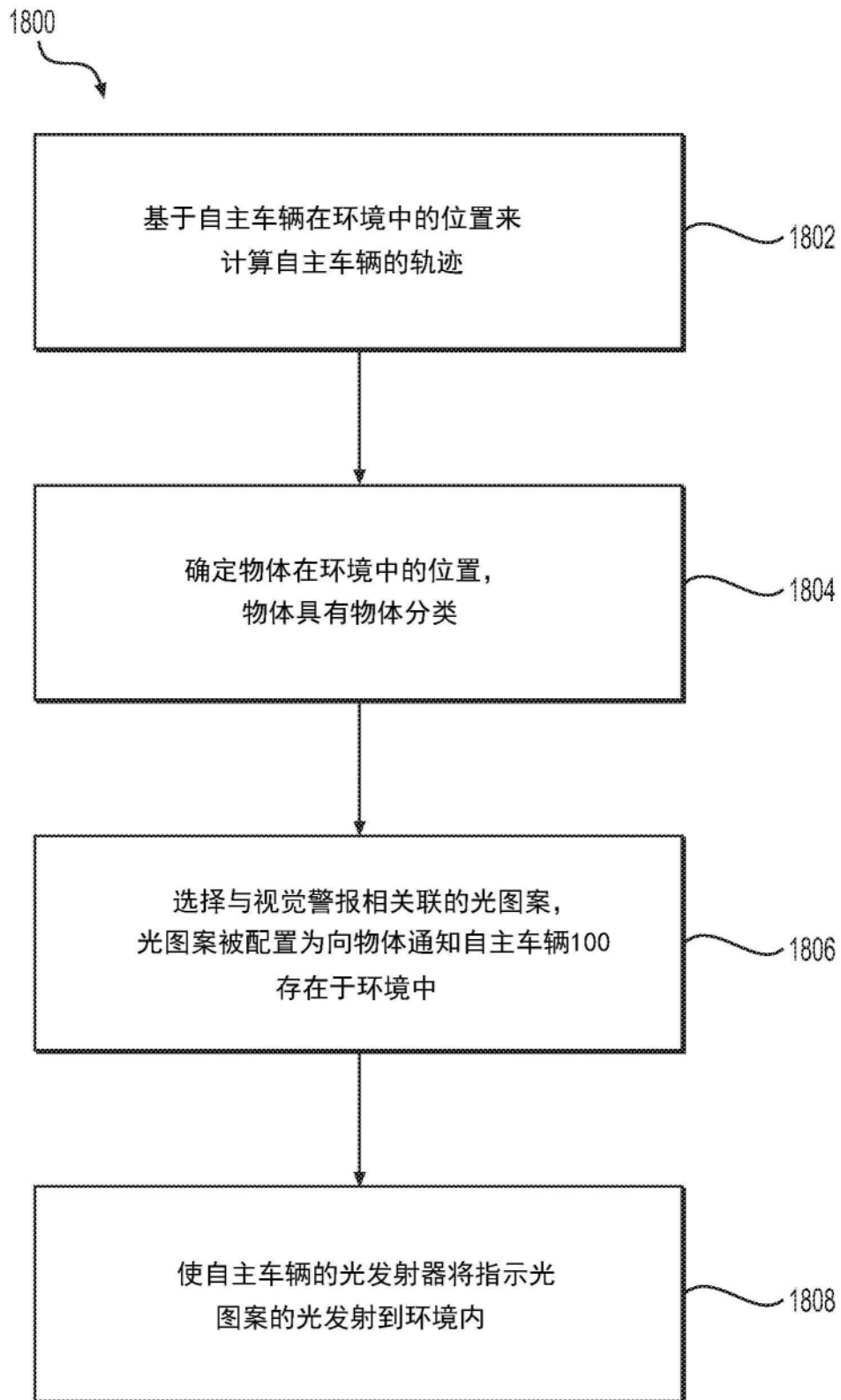


图18

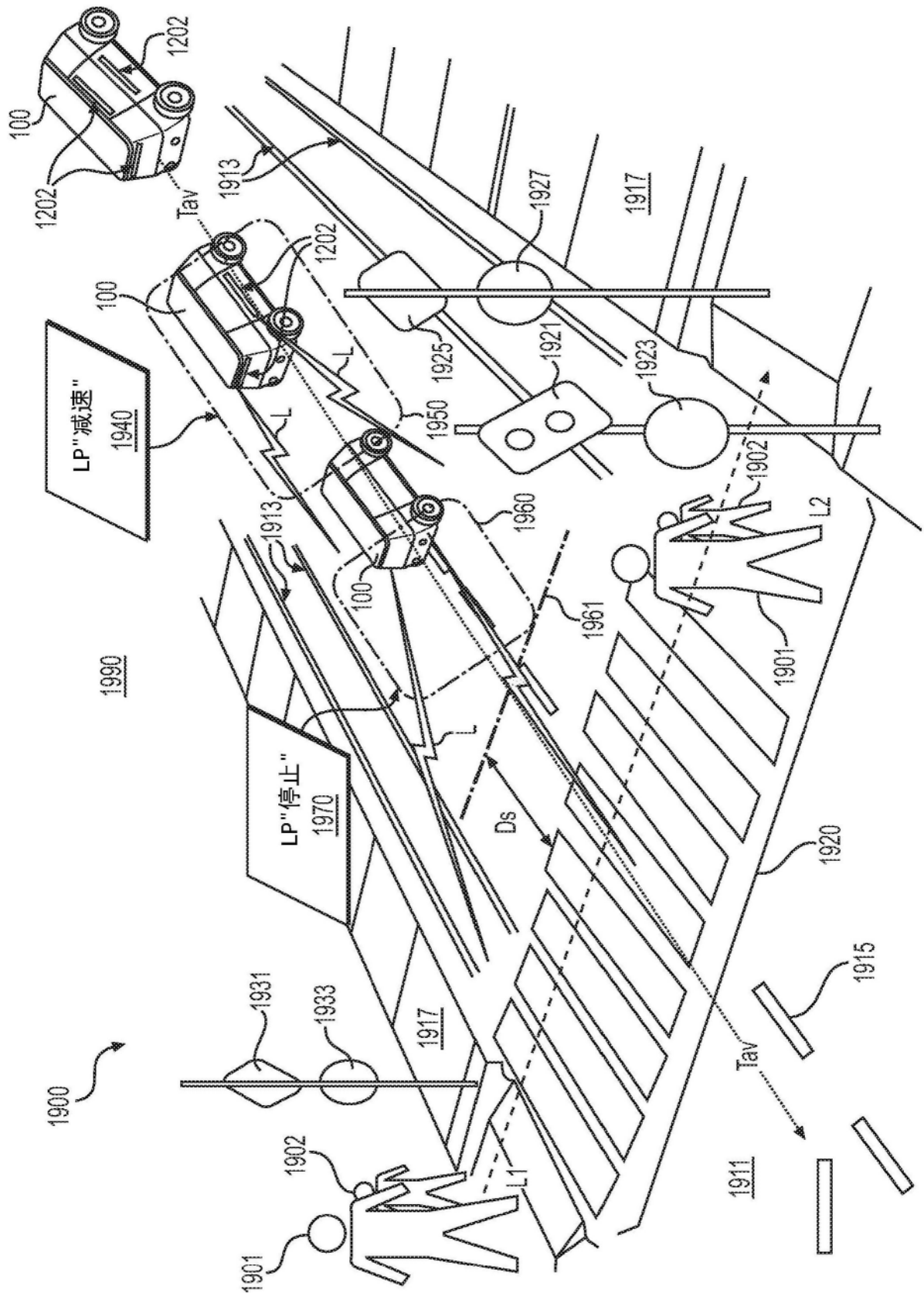


图19

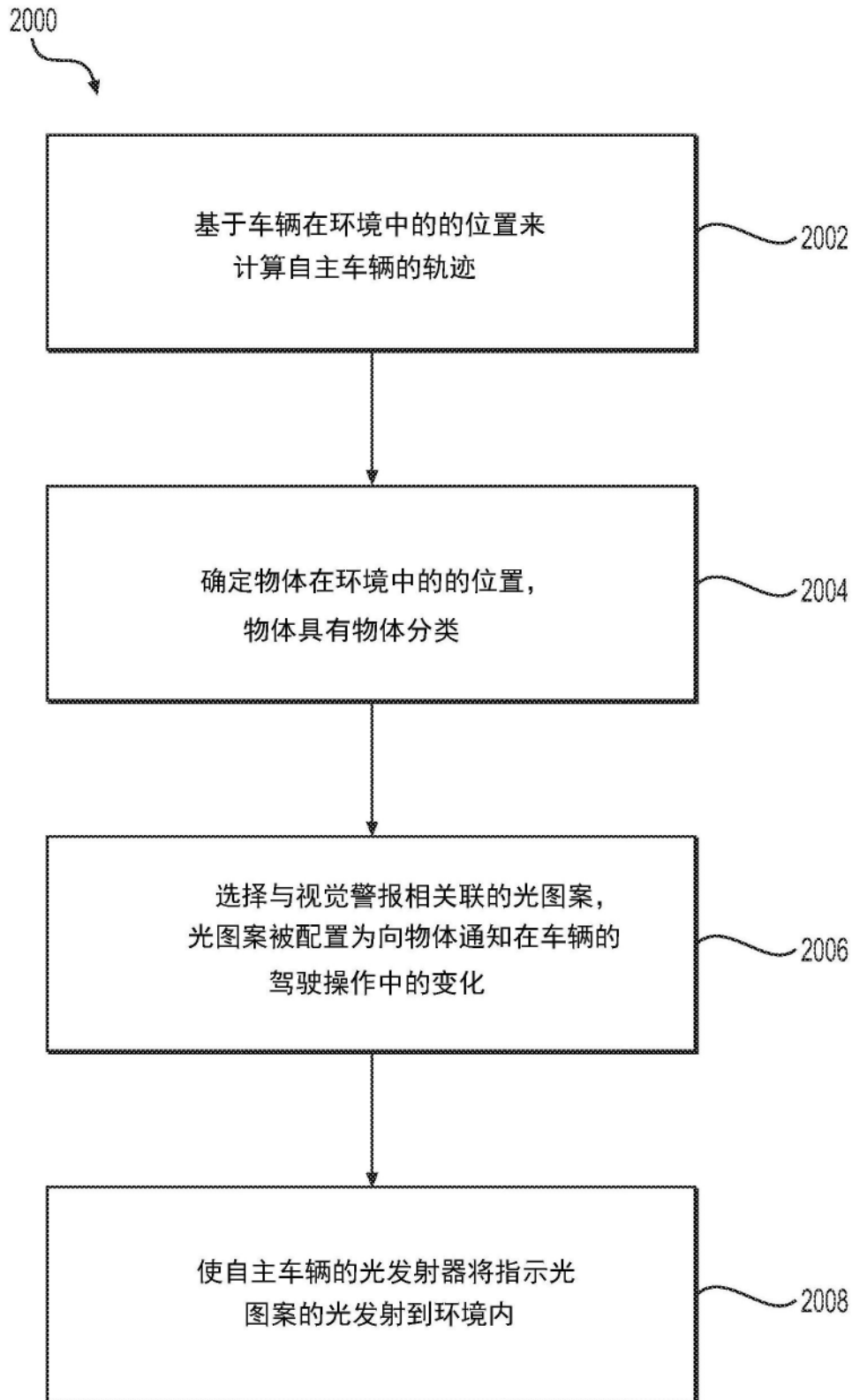


图20

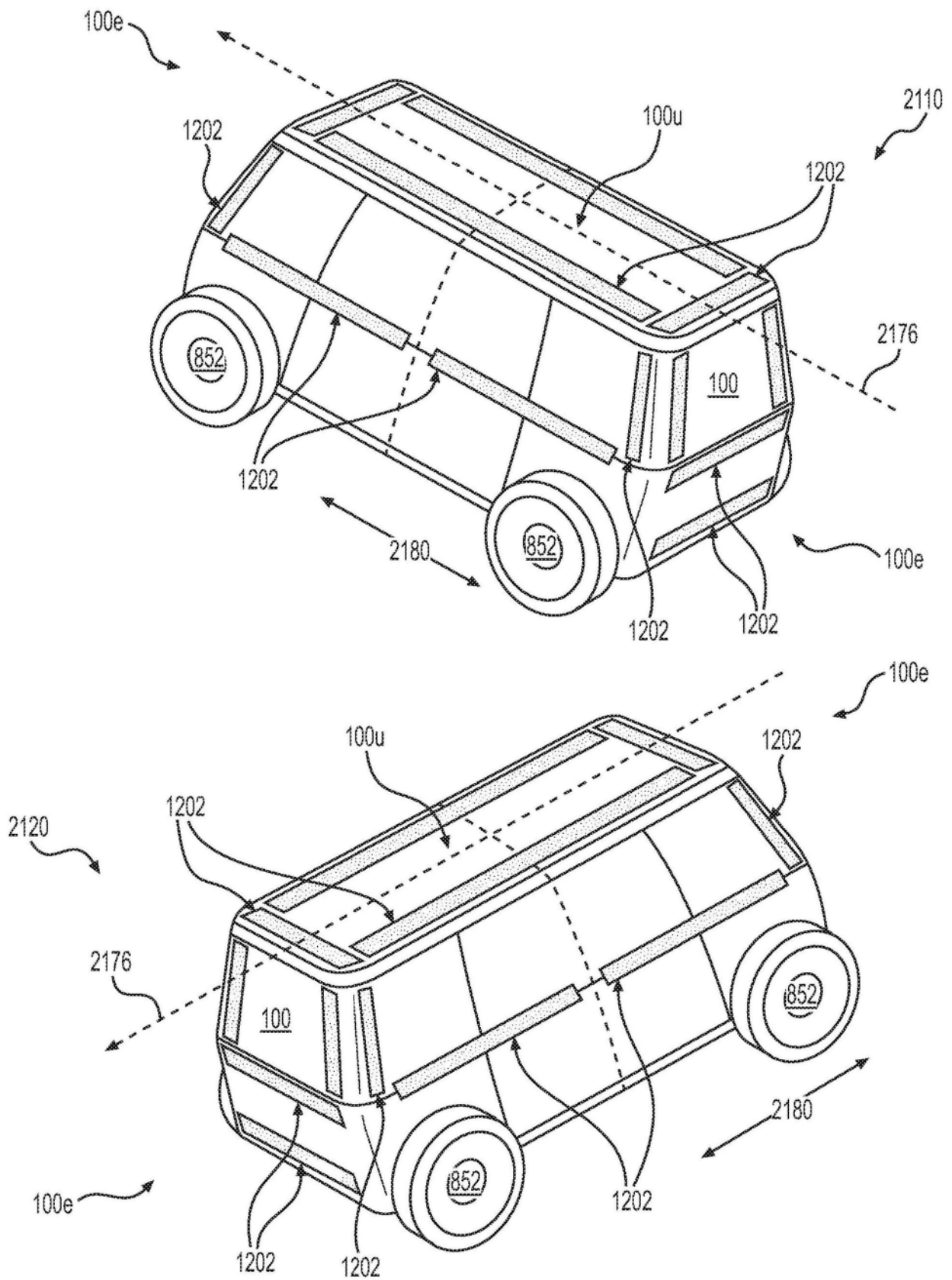


图21

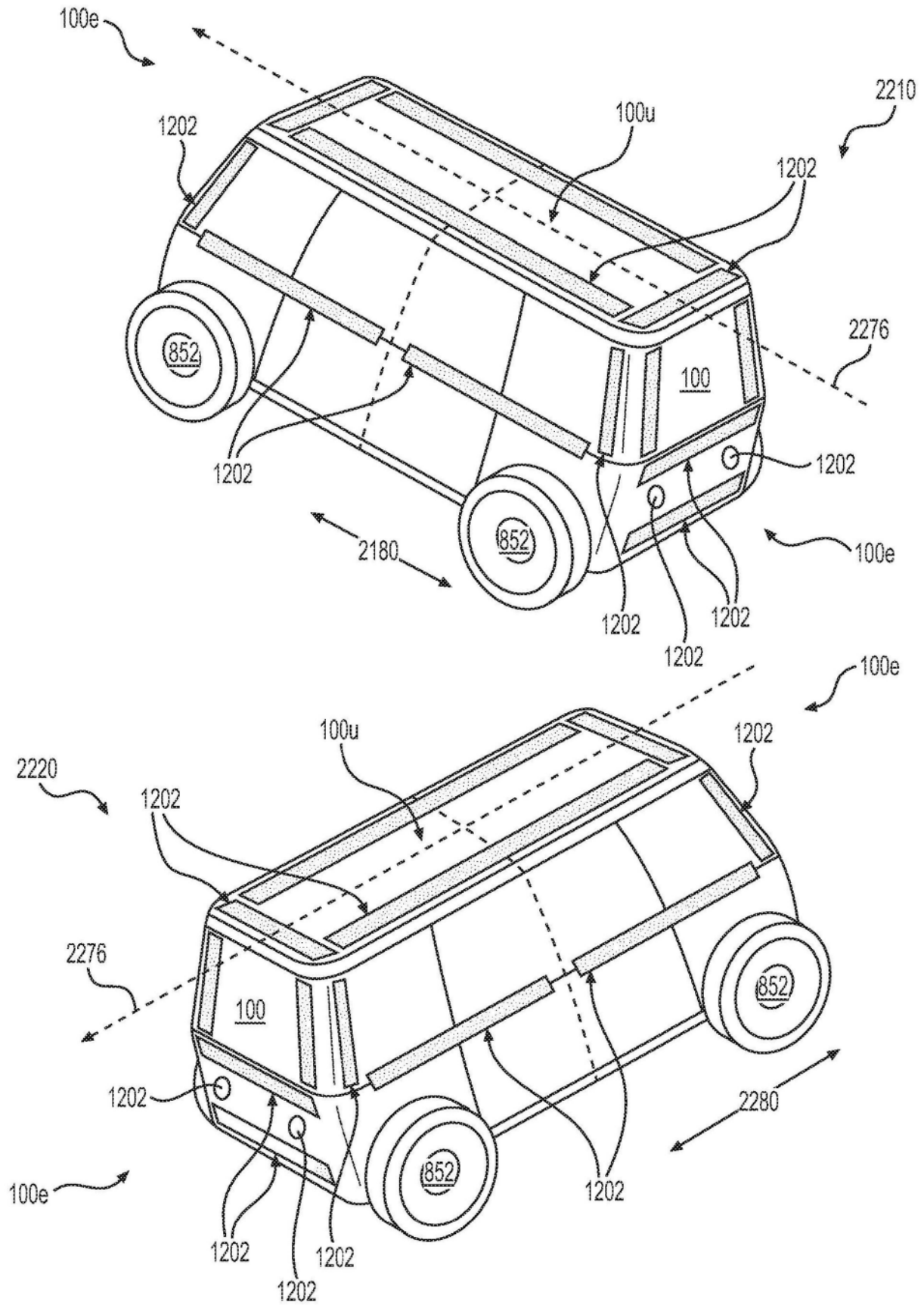


图22

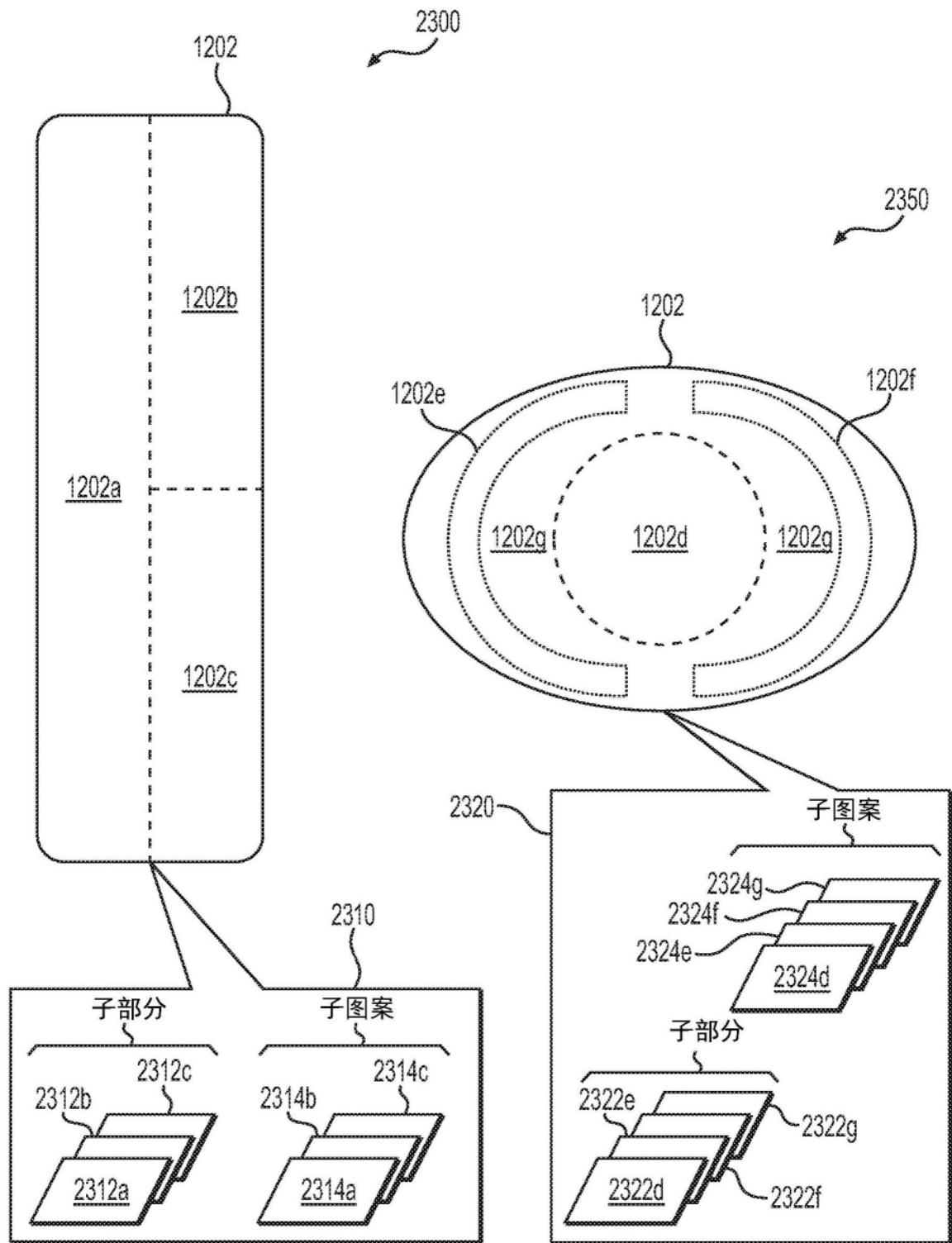


图23

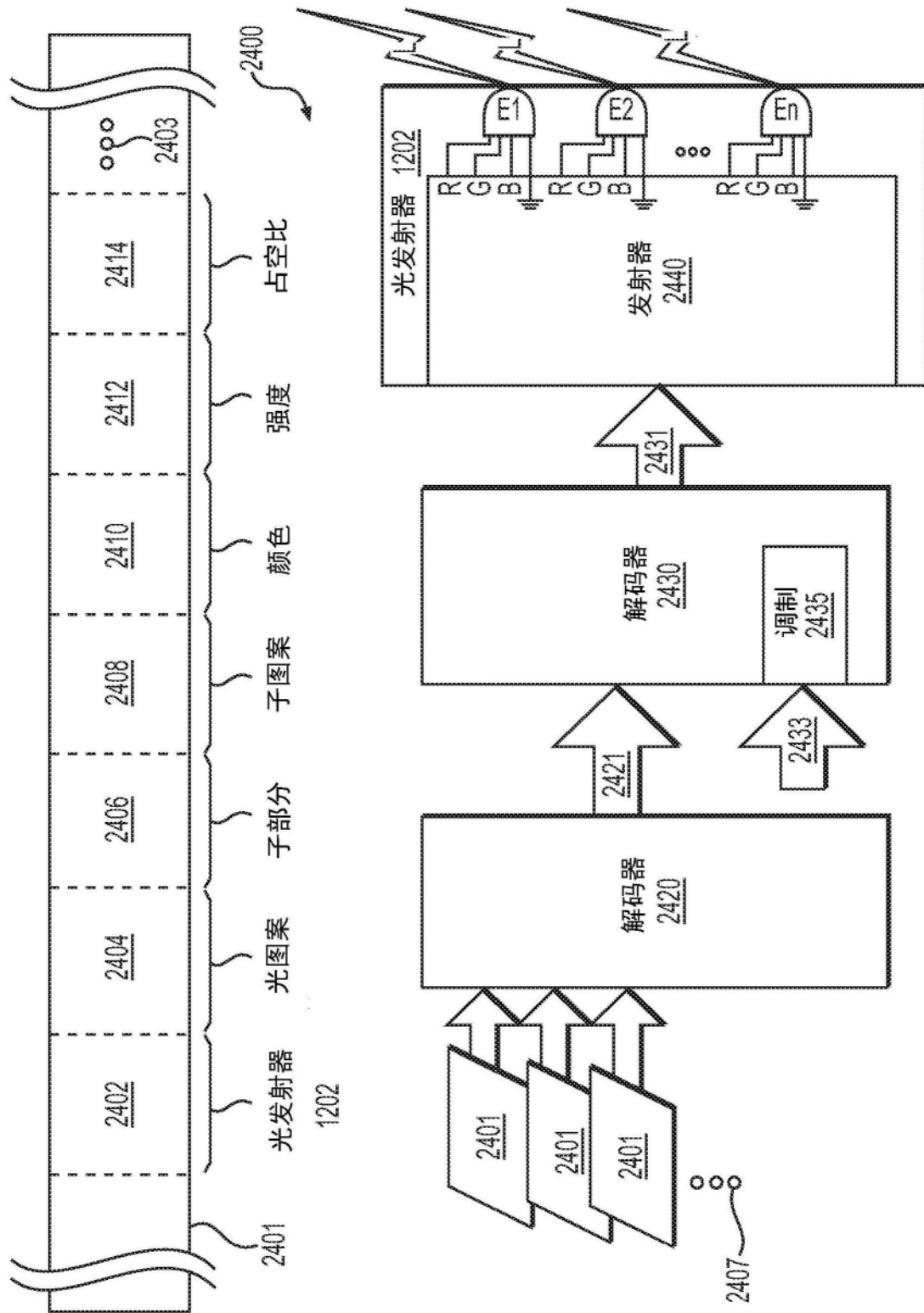


图24

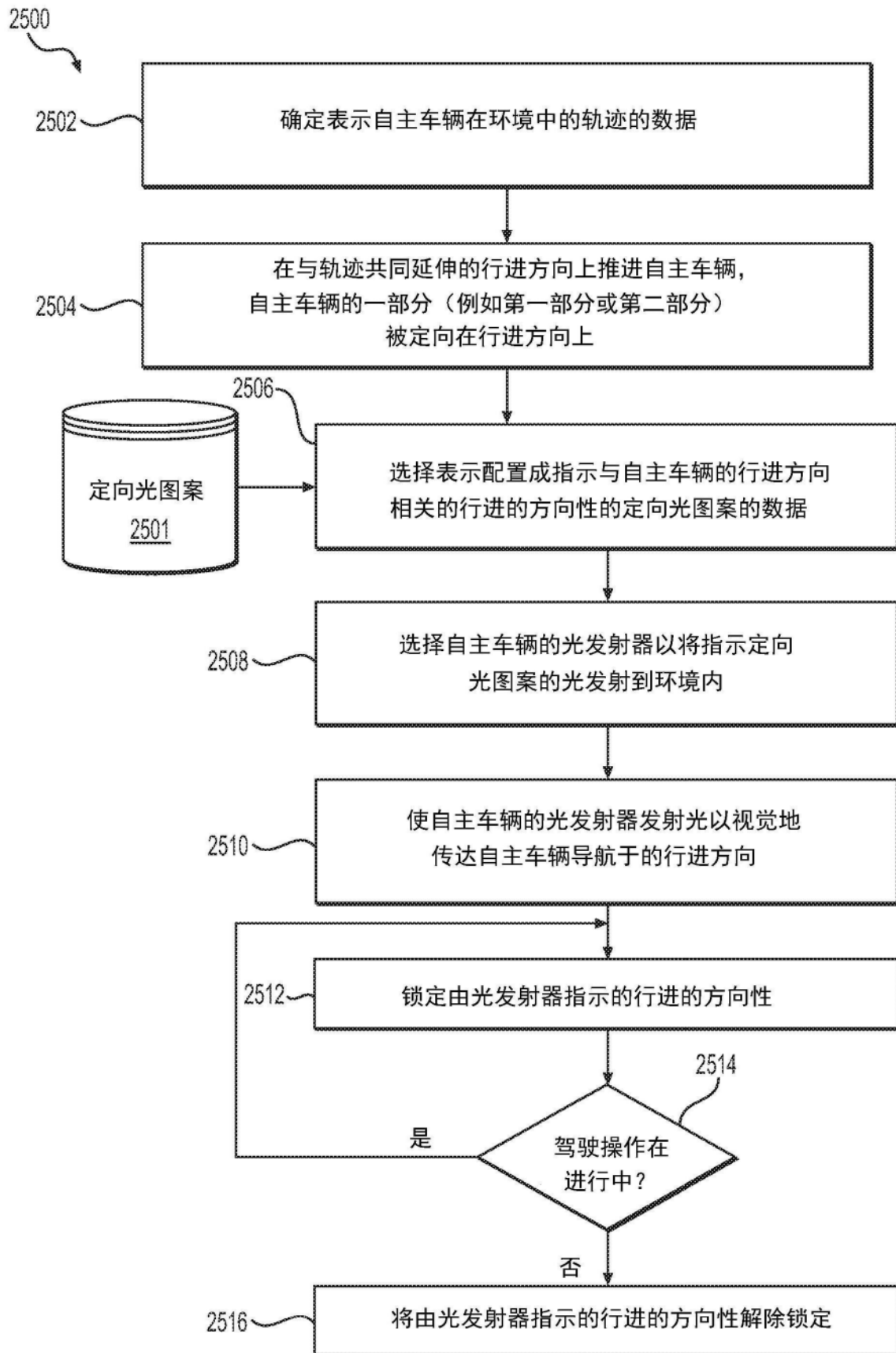


图25

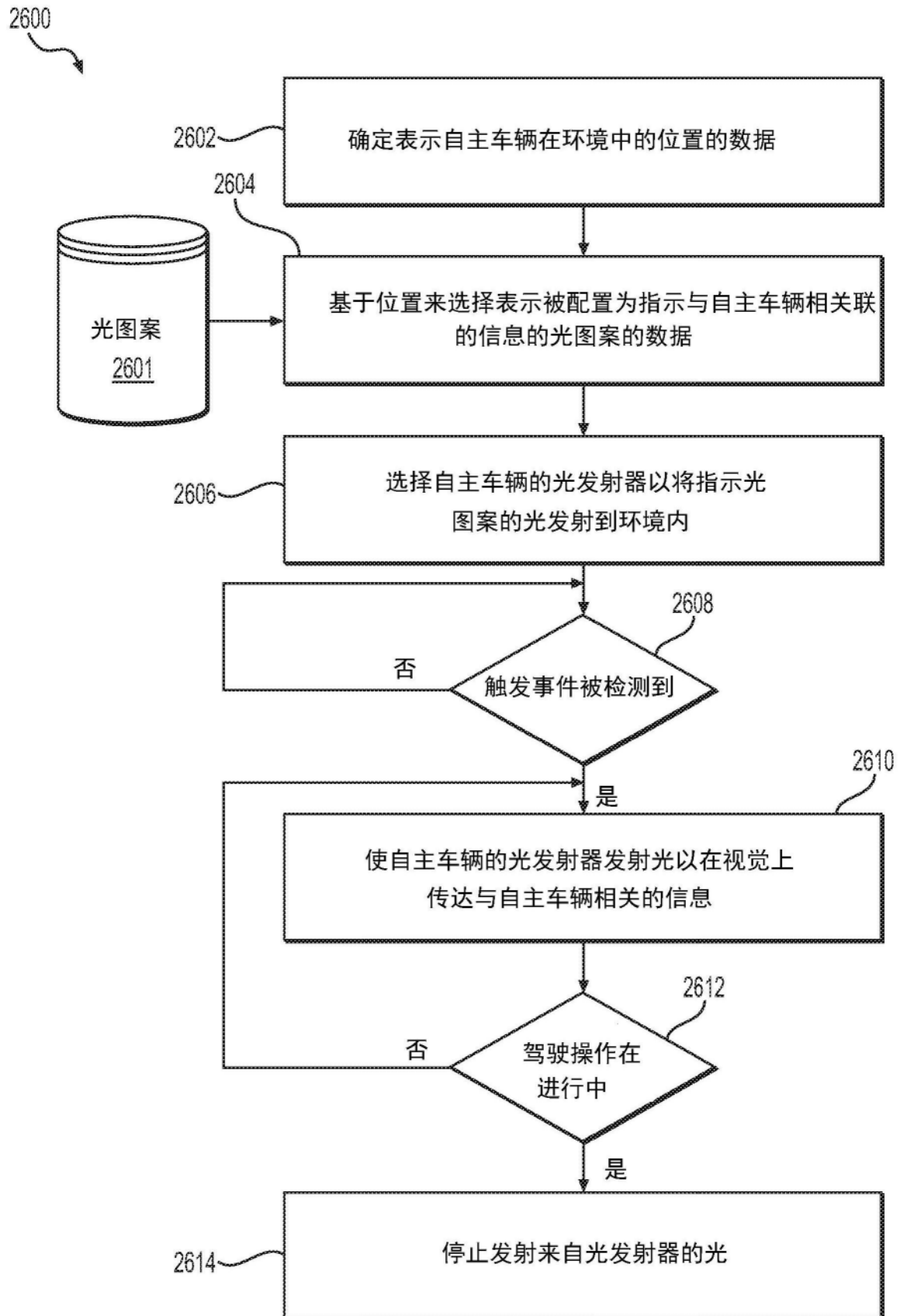


图26

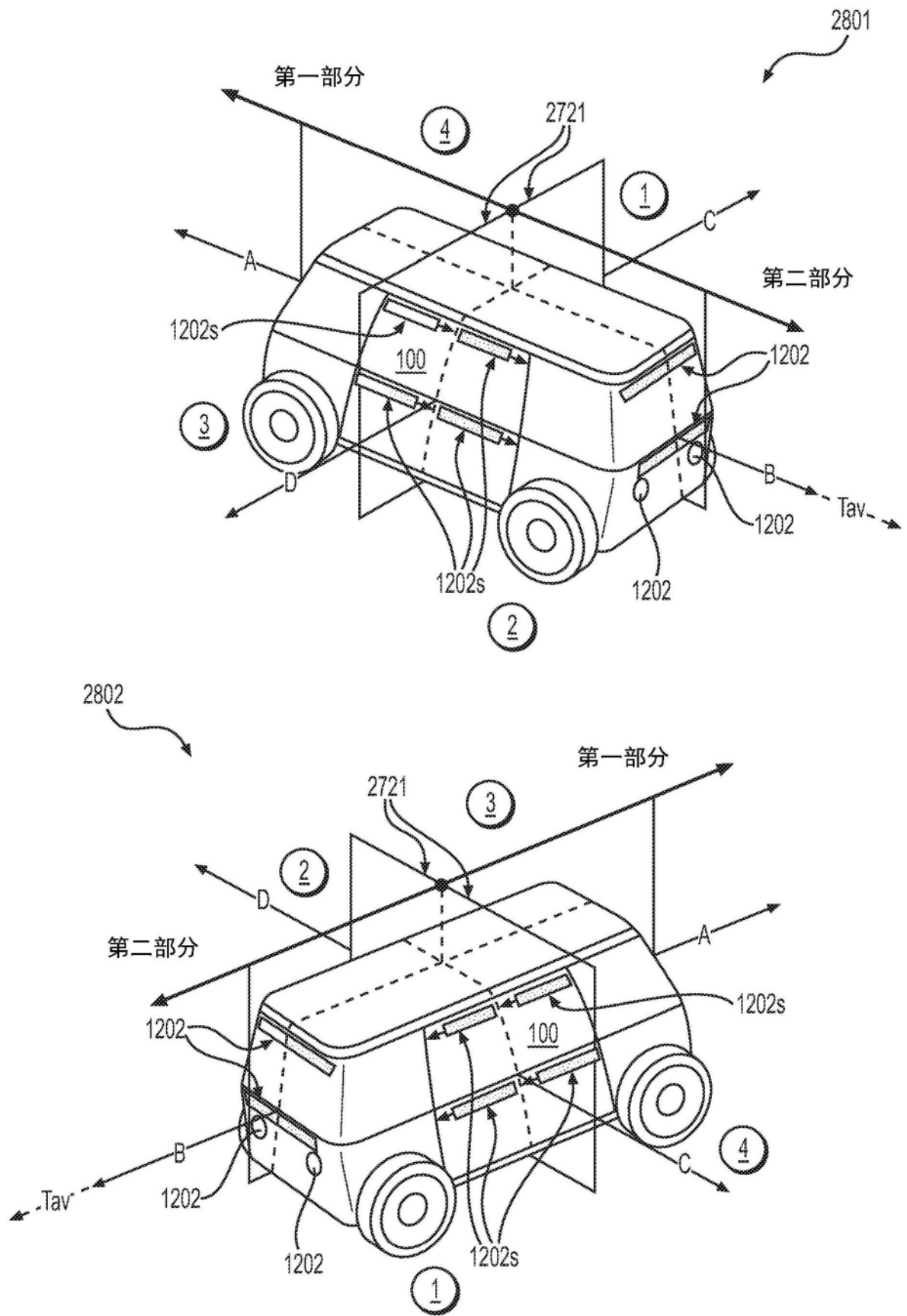


图28

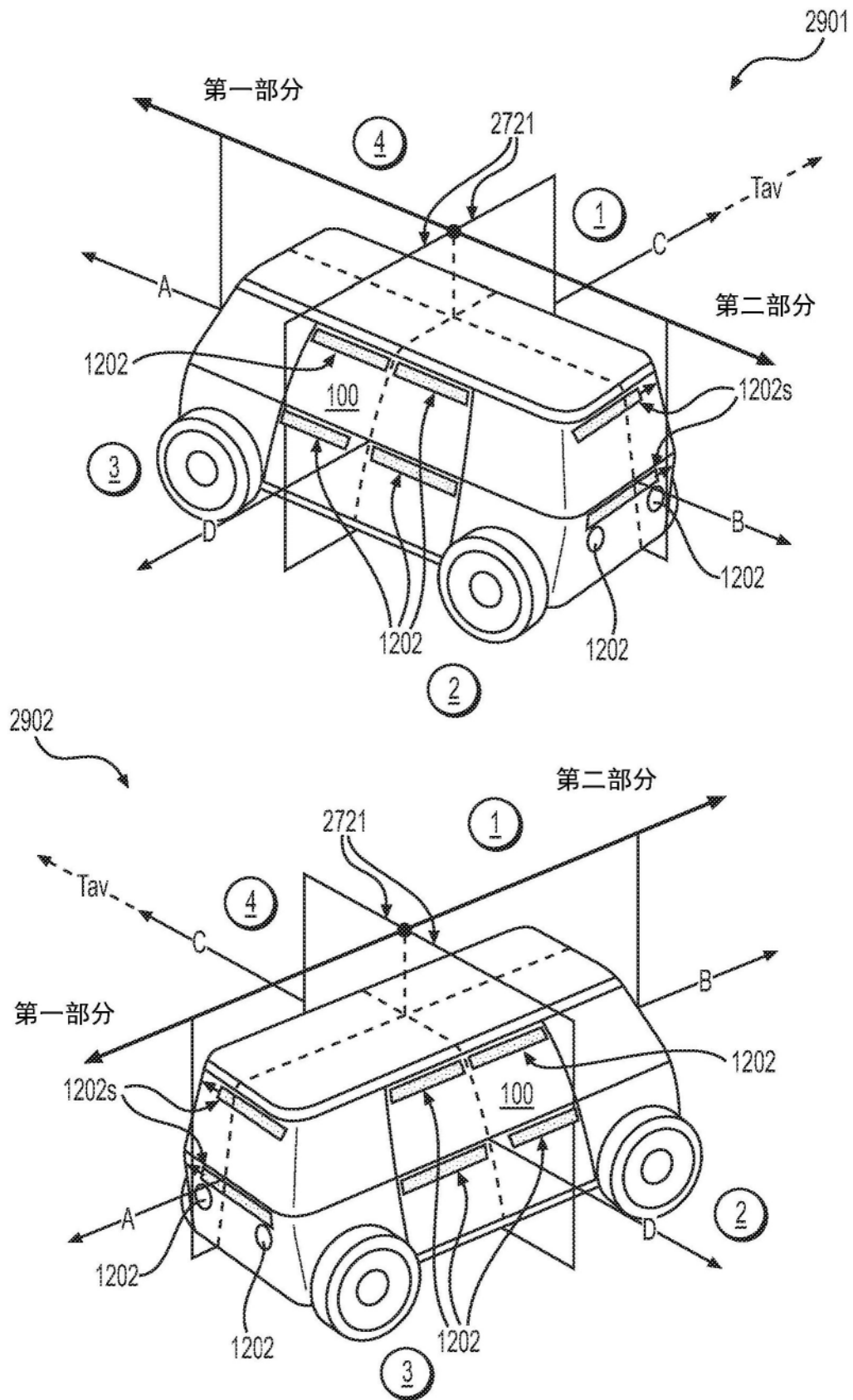


图29

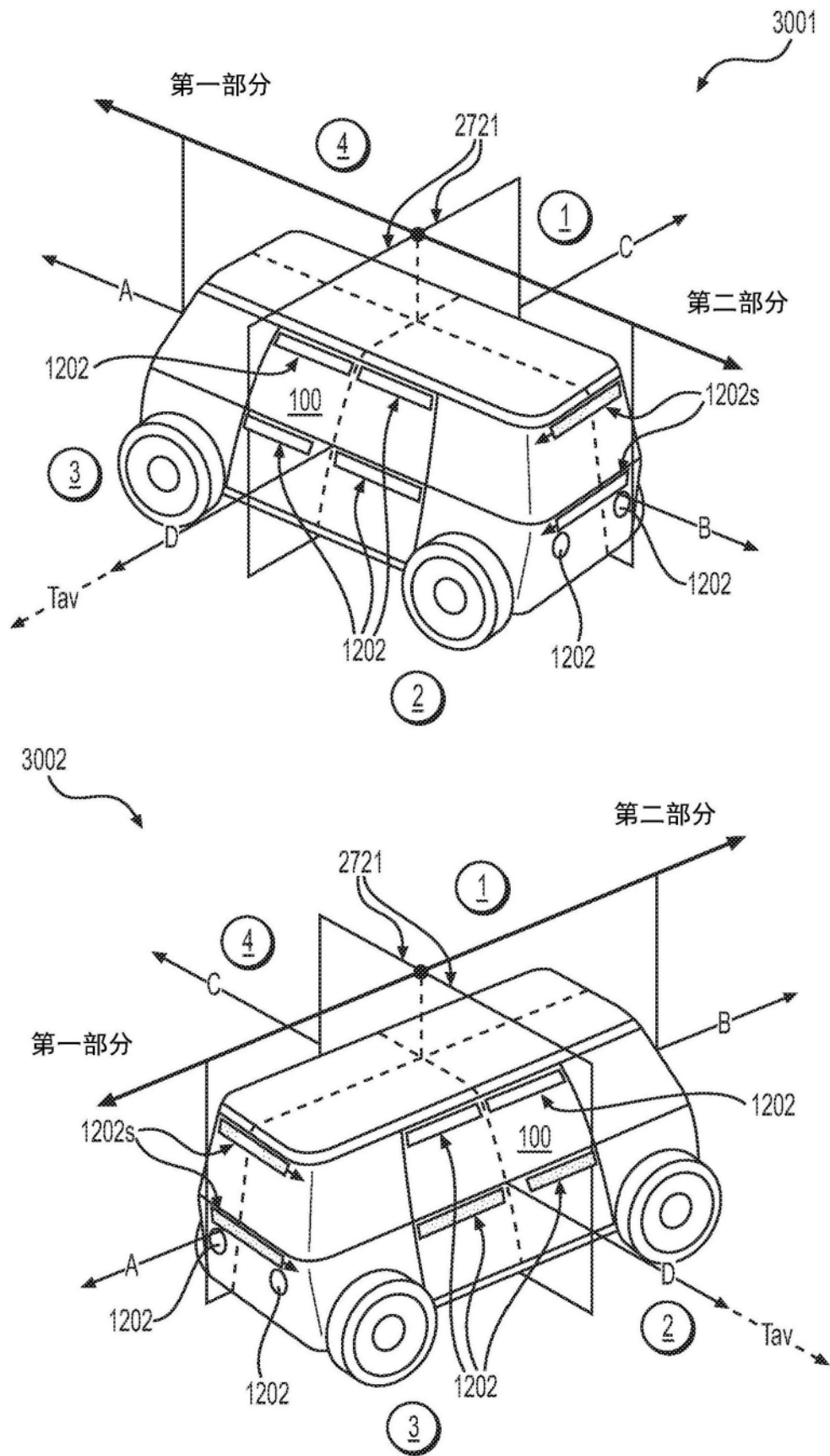


图30

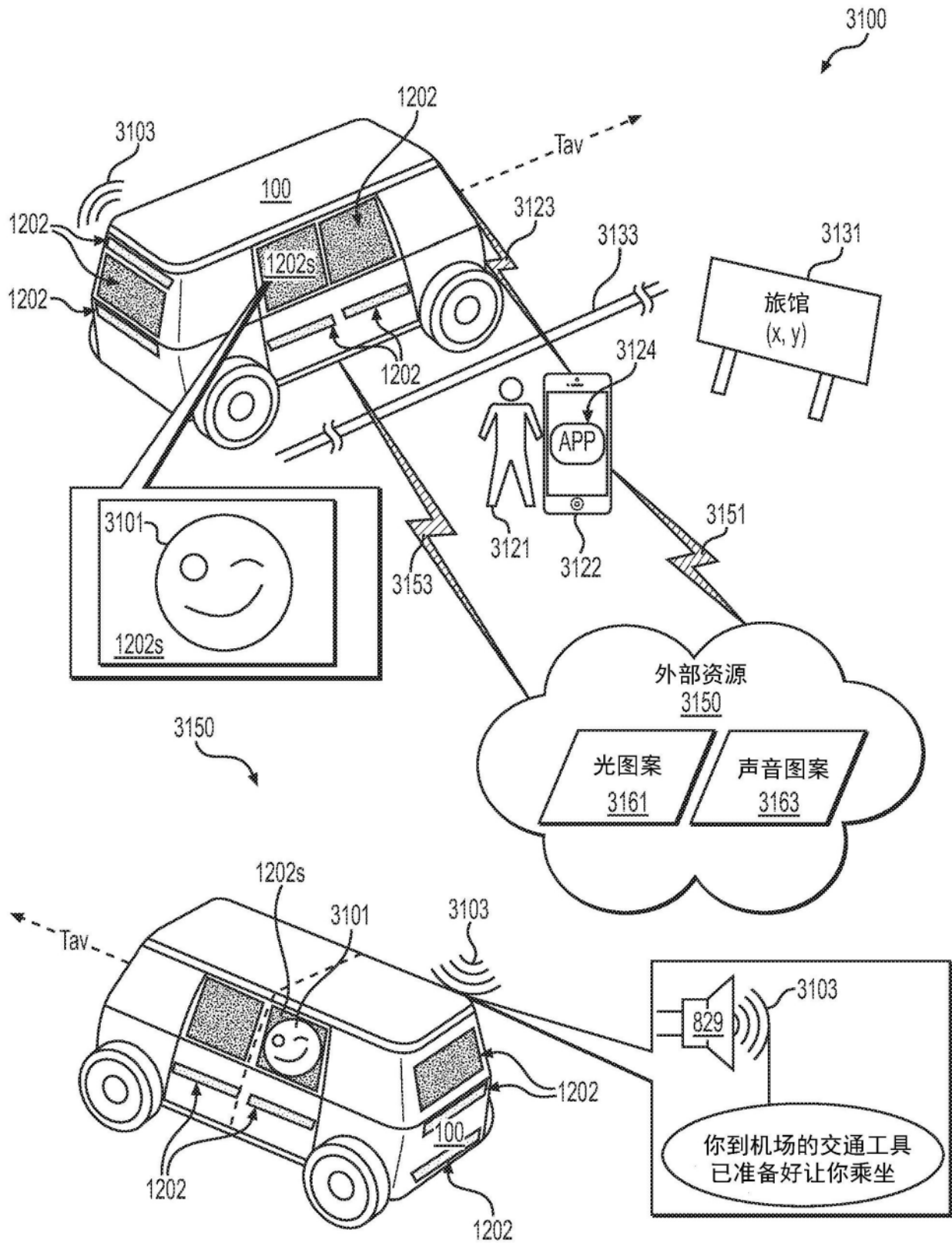


图31

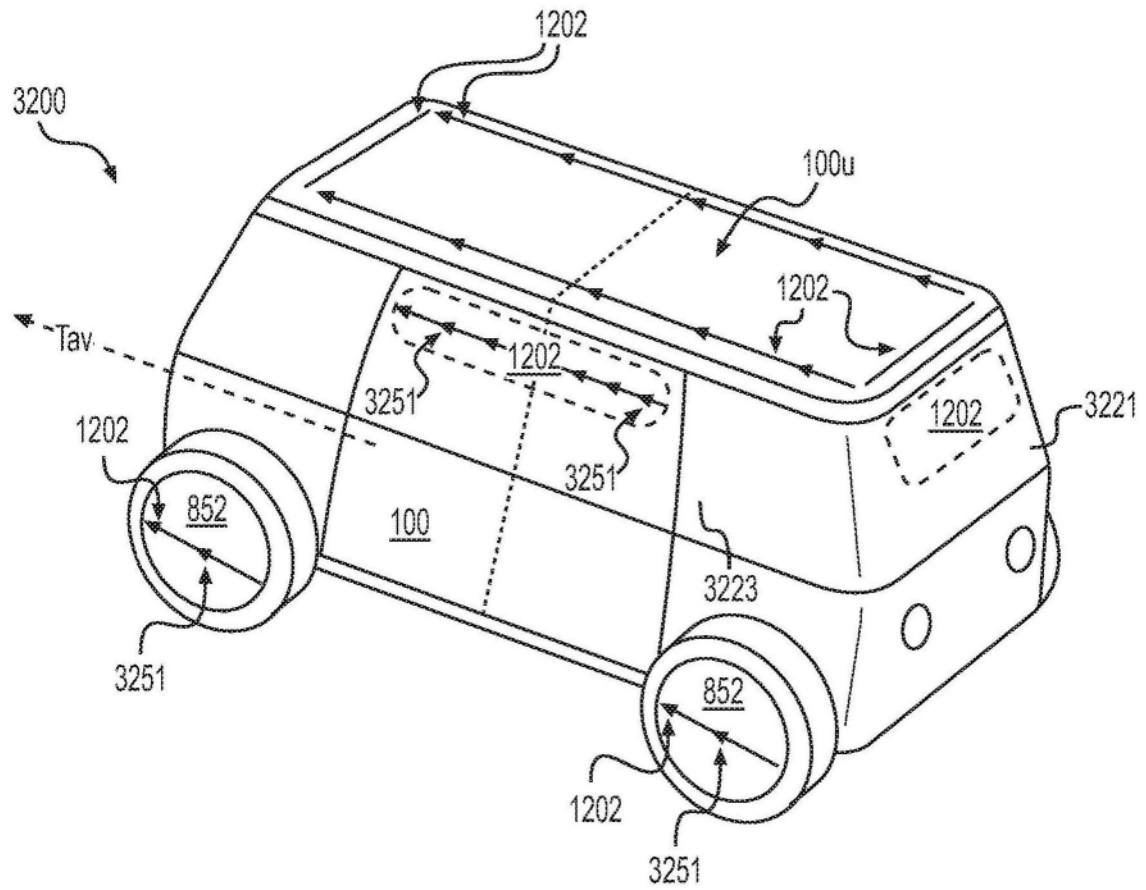


图32

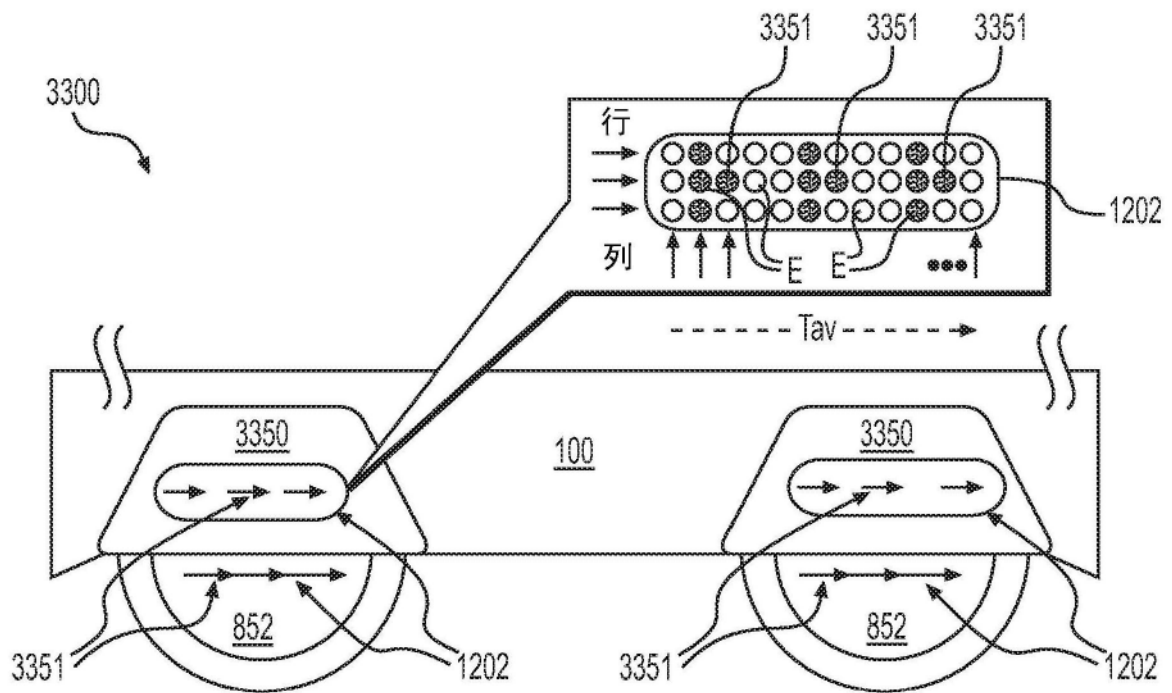


图33