



# (12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 117241974 A

(43) 申请公布日 2023. 12. 15

(21) 申请号 202280031418.1

S · S · 苏巴辛哈

(22) 申请日 2022.04.29

(74) 专利代理机构 永新专利商标代理有限公司

(30) 优先权数据

72002

17/245,963 2021.04.30 US

专利代理师 张立达

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

(51) Int.Cl.

2023.10.27

B60W 30/08 (2012.01)

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/US2022/026968 2022.04.29

(87) PCT国际申请的公布数据

W02022/232532 EN 2022.11.03

(71) 申请人 祖克斯有限公司

地址 美国加利福尼亚州

(72) 发明人 M · C · 约瑟夫斯 M · A · 贝茨

赵南国 S · 达斯 M · 约斯特

A · B · 普雷斯科特 V · B · 伦道夫

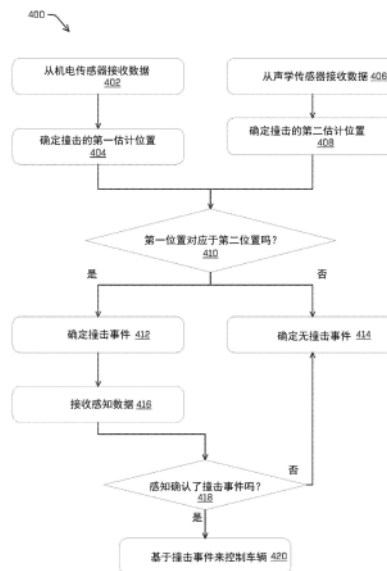
权利要求书2页 说明书23页 附图5页

## (54) 发明名称

低能量冲击力碰撞检测

## (57) 摘要

本公开涉及用于识别碰撞的系统和技术,诸如涉及自动驾驶车辆的相对低能量冲击力碰撞。来自在第一阵列中的第一传感器模态的传感器数据可以用于确定撞击的第一估计位置,并且来自在第二阵列中的第二传感器模态的第二传感器数据可以用于确定撞击的第二估计位置。当撞击的所述第一估计位置与撞击的所述第二估计位置相对应时,可以配置低能量撞击事件。



1. 一种自动驾驶车辆,包括:
  - 机电传感器;
  - 声学传感器;
  - 一个或多个处理器;以及
  - 存储指令的一个或多个计算机可读介质,所述指令当被运行时,使得所述一个或多个处理器执行包括以下的操作:
    - 从所述机电传感器接收指示与所述自动驾驶车辆相关联的第一撞击的机电传感器数据;
    - 至少部分地基于所述机电传感器数据来确定所述第一撞击的第一位置;
    - 从所述声学传感器接收指示与所述自动驾驶车辆相关联的第二撞击的声学传感器数据;
    - 至少部分地基于所述声学传感器数据来确定第二撞击的第二位置;
    - 至少部分地基于与所述第二位置相对应的所述第一位置来确定与所述自动驾驶车辆相关联的撞击事件;以及
    - 至少部分地基于所述撞击事件来控制所述自动驾驶车辆。
2. 根据权利要求1所述的自动驾驶车辆,其中:
  - 所述机电传感器包括被耦合到所述自动驾驶车辆的车身面板的撞击传感器,所述撞击传感器被配置为生成与撞击的幅度相对应的信号;以及
  - 确定所述第一位置是至少部分地基于幅度大于或等于阈值的所述信号的。
3. 根据权利要求1或权利要求2所述的自动驾驶车辆,其中:
  - 所述声学传感器包括被耦合到所述自动驾驶车辆的第一麦克风和被耦合到所述自动驾驶车辆并且与所述第一麦克风间隔开的第二麦克风;以及
  - 确定所述第二位置是至少部分地基于分析与在所述第一麦克风处接收到的声音相对应的第一音频信号和与在所述第二麦克风处接收到的声音相对应的第二音频信号的。
4. 根据权利要求1至权利要求3中的任一项所述的自动驾驶车辆,还包括:
  - 感知系统,其被配置为生成与在所述自动驾驶车辆的环境中的对象相关联的感知数据,所述操作还包括:
    - 至少部分地基于所述感知数据来检测接近所述第一位置或所述第二位置中的至少一项的对象,
    - 其中,确定所述事件是至少部分地基于检测所述对象的。
5. 根据权利要求1至权利要求4中的任一项所述的自动驾驶车辆,所述操作还包括:
  - 至少部分地基于所述撞击事件来控制所述自动驾驶车辆,所述控制所述自动驾驶车辆包括以下中的至少一项:
    - 控制所述自动驾驶车辆停止;
    - 与计算设备进行通信,所述计算设备和与所述自动驾驶车辆相关联的远程操作员或乘员中的至少一项相关联;
    - 取回与第一估计位置或第二估计位置中的至少一项相关联的额外传感器数据;或者
    - 生成撞击事件数据。
6. 一种方法,包括:

从与车辆相关联的第一系统接收第一数据；  
从与所述车辆相关联的第二系统接收第二数据；  
至少部分地基于所述第一数据来确定撞击的第一估计位置；  
至少部分地基于所述第二数据来确定撞击的第二估计位置；以及  
至少部分地基于与所述第二估计位置相对应的所述第一估计位置来确定与所述车辆相关联的撞击事件。

7. 根据权利要求6所述的方法, 其中, 以下中的至少一项:

所述接收所述第一数据包括从多个机电传感器接收第一传感器数据; 或者

所述接收所述第二数据包括从多个声学传感器接收第二传感器数据。

8. 根据权利要求7所述的方法, 其中, 所述多个机电传感器包括以下中的一项或多项:

被耦合到所述车辆的车身面板的撞击传感器;

被嵌入在所述车辆中的薄膜传感器; 或者

与所述车辆的仪表板相关联的导电元件。

9. 根据权利要求8所述的方法, 其中, 所述多个机械传感器被设置在所述车辆周围, 确定所述第一估计位置包括:

接收由所述多个撞击传感器中的第一撞击传感器生成的第一撞击传感器数据;

接收由所述多个撞击传感器中的第二撞击传感器生成的第二撞击传感器数据; 以及

基于所述第一撞击传感器数据、所述第二撞击传感器数据、所述第一撞击传感器在阵列中的第一位置以及所述第二撞击传感器在所述阵列中的第二位置来确定所述第一估计位置。

10. 根据权利要求7至权利要求9中的任一项所述的方法, 其中, 所述接收所述第二传感器数据包括从被耦合到所述车辆的多个声学传感器接收所述第二传感器数据。

11. 根据权利要求10所述的方法, 其中, 所述确定所述第二估计位置包括:

接收由所述多个声学传感器中的第一声学传感器生成的第一声学数据;

接收由所述多个声学传感器中的第二声学传感器生成的第二声学数据; 以及

基于所述第一声学数据和所述第二声学数据来确定所述第一估计位置。

12. 根据权利要求6至权利要求11中的任一项所述的方法, 其中, 所述接收所述第一数据包括:

从与所述车辆相关联的感知系统接收感知数据, 所述感知数据包括关于接近所述车辆的对象的信息。

13. 根据权利要求6至权利要求12中的任一项所述的方法, 其中, 确定撞击的所述第一估计位置距所述第二估计位置小于或等于阈值距离。

14. 根据权利要求6至权利要求13中的任一项所述的方法, 其中, 所述第一数据包括多个信号值, 并且所述确定所述第一估计位置包括:

使用k均值聚类来确定与具有较高平均值的所述第一系统相关联的传感器聚类; 以及

将所述第一估计位置确定为所述传感器聚类的空间中心。

15. 一种存储指令的非暂时性计算机可读介质, 所述指令能由一个或多个处理器运行以执行根据权利要求6至权利要求14中的任一项所述的方法。

## 低能量冲击力碰撞检测

[0001] 相关申请的交叉引用

[0002] 本PCT国际专利申请要求于2021年4月30日提交的美国专利申请号17/245,963的优先权的权益,该专利申请的公开内容通过引用完全并入本文。

### 背景技术

[0003] 在发生碰撞时,在乘员运输车辆上的安全系统可以被设计为减轻猛撞的影响,例如,通过使安全气囊充气或者收紧物理安全装置。在许多这样的安全系统中,加速度计和/或其他传感器被放置在车辆的前部,以检测车辆的加速度或其他运动的突然并且大的变化,诸如由正面冲击对象引起的,并且感测到的状况被用于展开安全系统,例如,通过给安全气囊充气。常规安全系统常常没有针对检测低能量碰撞进行优化,在低能量碰撞中不需要展开常规的安全装置来确保车辆的乘员的安全。然而,在车辆运行期间,低能量碰撞频繁发生。

### 附图说明

[0004] 参考附图来描述详细描述。在附图中,附图标记的最左侧的数字标识附图标记首次出现的附图。在不同的附图中的相同附图标记指示相似或相同的项目。

[0005] 图1图示了可以在其中实现在本文中所讨论的技术的示例环境。

[0006] 图2描绘了根据本公开的示例实施例的配备有低能量冲击力碰撞检测系统的车辆的细节。

[0007] 图3描绘了用于实现在本文中所描述的技术的示例系统的框图。

[0008] 图4图示了确定撞击事件并且基于所述事件控制车辆的示例过程。

[0009] 图5图示了确定撞击事件的示例过程。

### 具体实施方式

[0010] 本公开涉及一种包括低能量碰撞检测系统的车辆。低能量冲击力碰撞检测系统被配置为检测低能量冲击力碰撞,以及在发生低能量冲击力碰撞时控制所述车辆。碰撞检测系统可以被通信地耦合到与车辆相关联的传感器系统,以及被配置为从传感器系统接收信息。碰撞检测系统也被可操作地耦合到系统控制器,系统控制器被配置为根据由碰撞检测系统生成的动作来控制车辆。在示例中,低能量冲击力碰撞检测系统可以是除了用于检测和/或响应相对较高冲击力碰撞(例如,展开安全气囊等)的常规或高能量冲击力碰撞检测系统之外的系统。

[0011] 低能量冲击力碰撞检测系统被配置为检测和响应低能量冲击力碰撞。例如,低能量冲击力碰撞可能涉及与低质量对象的中速撞击,诸如与自行车或踏板车、动物、行人或小对象的碰撞。低能量冲击力碰撞也可能涉及与大质量对象的低速撞击,诸如当车辆静止或者正在缓慢移动时与另一车辆或在停车场中的障碍物碰撞。

[0012] 低能量冲击力碰撞事件通常不需要部署常规的车辆安全系统,诸如安全气囊和气

帘系统或者被动安全装置,但是可能需要车辆执行一些其他动作,例如,停止或者与操作员通信。然而,主碰撞检测系统与常规的车辆安全系统相关联,并且被配置为采取一些动作,例如,展开安全气囊或者收紧安全装置,已知这些动作在发生相对较高的冲击力碰撞时有助于确保在车辆内的乘员的安全。

[0013] 示例车辆,诸如示例自动驾驶车辆,可以包括用于检测低能量冲击力碰撞的一种或多种类型的传感器模态。这些传感器可以被附接到或安装在车辆的车身上,通常位于被暴露于车辆正在运行的环境的表面上。在一些示例中,多个传感器单元可以空间分布在车身的不同部分上,被配置为提供对车辆的车身的空间覆盖。在与外部对象碰撞的可能性较高的车身的区域(例如,位于车辆的两个端部(例如,前部和后部)处的下部部分)上,传感器的密度也可以较高。传感器也可以附接到或安装在车辆的轮盖或挡泥板上。根据一些示例,传感器模态的类型可以包括机电传感器(例如,撞击传感器、惯性传感器)和声学传感器(例如,麦克风)以分别捕获可能由碰撞产生的机械应力和声音/震动。

[0014] 在一些示例中,车辆可以配备有机电传感器,其可以是电阻膜条形式的撞击传感器。当条弯曲时,这样的传感器检测电导率的变化。撞击传感器可以被附接到车辆的下部部分,这也许更可能与低能量冲击力碰撞相关联。在一些情况下,撞击传感器可以被并入车辆的车身面板中在低能量冲击力碰撞期间更可能被撞的区域处。例如,传感器可以被放置在车辆的端部处、在车辆的侧面上和/或在车辆的轮罩处。当撞击传感器所附接到的表面在低能量冲击力碰撞期间变形时,撞击传感器将检测到电导率的变化。在一些情况下,机电传感器被设置成阵列。

[0015] 车辆也可以配备有声学传感器。例如,声学传感器能够包括被设置在车辆的空间上分离的位置处的多个麦克风。在某些情况下,声学传感器能够被定位在车辆在低能量冲击力碰撞期间更容易被撞的区域处。声学传感器可以被耦合到车辆的车身面板,所述面板也可以并入机电传感器。声学传感器可以被配置为检测与碰撞相关联的音频。在一些示例中,通过比较在两个音频传感器处接收到的音频,在本文中所描述的技术可以实现空间定位技术来估计声音的来源。

[0016] 在本公开的各方面中,低能量冲击力碰撞检测系统可以基于诸如来自机械传感器和/或声学传感器的传感器数据来估计一个或多个撞击的位置。例如,在本文中所描述的技术可以基于传感器信号和传感器的已知位置来确定对车辆上的撞击的位置的估计。例如,在发生撞击的情况下,在撞击点处的(一个或多个)传感器将登记最高的信号,信号强度随着距撞击点距离的增加而下降。一般而言,传感器信号的强度将取决于撞击位置与传感器位置的接近程度。在非撞击区域(例如,未涉及碰撞)处的传感器信号可能比撞击附近的传感器信号低得多。在一个非限制性示例中,传感器信号可以基于信号强度被聚类为两组,例如,通过利用 $k=2$ 的 $k$ 均值聚类。撞击位置可以被估计为具有较高平均值的传感器聚类的空间中心。

[0017] 来自非撞击区域的传感器信号水平也可以从在典型车辆操作期间收集到的训练数据得知。所得知的与非撞击区域相对应的信号水平可以被用作参考信号。例如,可以将测量的传感器信号与参考信号进行比较,并且如果差值高于阈值,则可以将传感器识别为处在撞击区域中。然后,可以将撞击的估计位置计算为在撞击区域中识别的传感器的空间中心,或者撞击的估计位置可以对应于具有最高信号的传感器的位置。在受训练的模型中也

可以考虑其他数据。例如但不限于,接近车辆的风速(例如,由车辆的移动和/或当前大气条件引起的)可能影响在传感器处生成的信号。

[0018] 撞击位置估计部件也可以实现各种人工智能(AI)技术,诸如机器学习,用于根据一组传感器信号来预测碰撞的位置和类型。与低能量冲击力碰撞相对应的训练数据集可以从配备有相关传感器的车辆的运行数据中收集。训练数据集可以被标记有撞击的位置和类型,并且包括没有撞击的数据。当部署经训练的模型时,撞击位置估计部件可以将传感器信号输入到经训练的模型中,并且接收对撞击位置的估计。在示例中,可以部署多个神经网络,每个神经网络都利用不同类型的传感器进行训练。也可以使用具有聚集作为输入的不同类型的传感器信号的单个神经网络。对于每种类型的传感器模态,用于估计撞击位置的技术可以是相似的或不同的。

[0019] 在本文中所描述的技术也可以通过检查来自不同类型的传感器系统的碰撞指示之间的一致性来确认低能量冲击力碰撞事件。例如,第一类型的传感器(例如,机电传感器)可以指示在车辆的一个区域中的撞击。期望的是,在实际碰撞的情况下,被设置在车辆的相同区域中的第二类型的传感器(例如,声学传感器)也应当指示撞击。如果没有来自第二类型的传感器的指示在相同区域中的撞击的对应信号,则在本文中所描述的技术可以确定低能量冲击力碰撞事件尚未发生。在另一示例中,如果第一类型的传感器和第二类型的传感器两者都指示在车辆的同一区域中的可能撞击,则低能量冲击力碰撞事件已经发生。

[0020] 在一些示例中,感知部件能够向低能量冲击力碰撞检测系统提供额外输入。感知部件可以包括用于执行对象检测、分割和/或分类的功能。在一些示例中,感知部件可以输出指示接近自动驾驶车辆的一个或多个对象的存在和/或将对象分类为对象类型(例如,汽车、行人、骑自行车的人、建筑物、树木、路面、路缘、人行道、未知等)的感知数据。另外,感知部件可以提供经处理的传感器数据,其指示与检测到的(一个或多个)对象相关联的位置和轨迹和/或基于车辆位置和轨迹与对象撞击的可能性。在非限制性示例中,感知数据可以识别检测到的(一个或多个)对象,所述对象在从(一个或多个)第一传感器和/或(一个或多个)第二传感器确定的撞击的估计位置处与车辆原本可能碰撞。这样的(一个或多个)对象的存在可以确认低能量冲击力碰撞事件,并且这样的对象的不存在可以指示没有发生低能量冲击力碰撞事件。

[0021] 在一些示例中,感知部件可以检测接近车辆的(一个或多个)对象并且确定所述对象可能撞上车辆。在一些示例中,在本文中所描述的技术能够基于感知数据来确定预计的撞击位置。关于可能的冲撞(以及该可能的冲撞的位置)的信息可以使得在本文中所描述的系统请求来自在车辆上的其他传感器的信号,例如,以确定该数据是否表明或确认撞击。如果第一类型的传感器或第二类型的传感器指示在预计的撞击位置处的撞击,则事件检测部件确认低能量冲击力碰撞事件。如果第一类型的传感器和第二类型的传感器均未指示在预计的位置处的撞击,则事件检测部件可以指示低能量冲击力碰撞尚未发生。

[0022] 本公开的实现也包括响应于确定撞击事件而采取行动。例如,在本文中所描述的技术能够生成用于车辆的(一个或多个)系统控制器的(一个或多个)命令以基于检测到的事件来控制车辆。例如,在低能量冲击力碰撞事件的情况下,命令生成部件可以生成用于(一个或多个)系统控制器的命令,以执行一个或多个动作,例如,如果当前正在移动,则使车辆停止,收集并传输或存储与事件相关的操作数据,和/或发起与远程操作员或者在车辆

内或附近的其他人的通信。在本文中所描述的技术也改善了安全结果。例如,通过识别低能量冲击力,在本文中所描述的技术能够识别并且支持修理对车辆的潜在损坏,以及识别对可能撞击车辆的对象的潜在的损坏并做出反应。

[0023] 在本文中所描述的技术、组件和系统可以以多种方式来实现。下文参考附图提供了示例实现。尽管在自动驾驶车辆的背景下讨论,但是在一些示例中,在本文中所描述的方法、装置和系统可以被应用于各种系统。在另一示例中,方法、装置和系统可以被利用在航空或航海环境中。另外地或替代地,在本文中所描述的技术可以与真实数据(例如,使用(一个或多个)传感器捕获的)、模拟数据(例如,由模拟器生成的)或者其任何组合一起使用。

[0024] 图1图示了其中可以实现在本文中所讨论的技术的自动驾驶车辆100的示例。自动驾驶车辆可以被配置为根据5级分类来操作。5级分类是由美国国家公路交通安全管理局于2016年颁布的,并且描述了一种能够在整个行程中执行所有安全关键功能的车辆,其中驾驶员(或者(一个或多个)乘员)不需要在任何时间控制车辆。在这种情况下,由于车辆可以被配置为控制从启动到停止的所有功能,包括所有停车功能,因此车辆可能未被占用。这仅仅是示例,并且在本文中所描述的系统和方法可以被并入到任何地面车辆中,也包括其中所有车辆控制由驾驶员执行的常规汽车和部分自主控制的车辆,该部分自主控制的车辆使得其能够在特定驾驶条件下,诸如,例如在限制出入的高速公路上运行时,无需驾驶员注意或辅助即可自动控制。这样的部分自主控制的车辆在其他驾驶条件期间可能需要驾驶员的注意力和/或辅助,诸如,例如在城市地区中的城市街道上运行时,或者在至少一些停车功能期间。

[0025] 如在图1中所图示的,车辆100具有总体上限定车辆的外部的车身102,例如,暴露于车辆100正在运行的环境的表面。车身102可以被设置在框架或者一个或多个额外支撑结构(未示出)上,或者更一般地,包括框架或者一个或多个额外支撑结构(未示出),如常规已知的。在示例车辆100中,车身通常包括在第一端部处的第一外表面104,以及在与第一端部相对的第二端部处的第二外表面(在图1中不可见)。第一外表面104和第二外表面沿着纵向轴线X分开车辆长度。车身102也包括侧部或横向外表面106(示出了其中之一),其在车辆100的第一端部与第二端部之间延伸,并且沿着横向轴线Y分开车辆宽度。车身102还可以包括一个或多个门,例如,包括一个侧面或两个侧面106的全部或部分,以便于进入车辆100的内部空间以及从其外出。车辆100也可以包括挡风玻璃和/或其他窗户,例如,包括外表面104、106的一些或全部。由于车辆100可以被具体化为自动驾驶车辆,因此可能不需要挡风玻璃和/或窗户。

[0026] 如在图1中进一步图示的,车辆100由车轮108运输(该车辆具有四个车轮,图1中示出了其中的两个车轮)。尽管示例车辆100具有四个车轮,但是在本文中所描述的系统和方法可以被并入到具有更少或更多数量的车轮和/或履带的车辆中。车轮108的部分可以被配备有保护性遮盖物,例如,保险杠或挡泥板(如在图2中所示的)。这样的保护性遮盖物可以是车身102和/或外表面104、106的一部分。示例车辆100可以具有四轮转向,并且可以在所有方向(例如,在第一方向(其中第一端部是车辆100的前端)和与第一方向相反的第二方向上,其中第二端部是车辆100的前端)上大体上以相同的性能特征来操作。车辆100可以由一个或多个内燃机、一个或多个电池和电动机、氢燃料电池或者其任意组合(均未示出)提供动力。

[0027] 示例车辆100包括被安装在或者以其他方式耦合到车辆100的车身102上的一个或多个第一传感器110。由(一个或多个)第一传感器110生成的数据被用于感测与车辆100的低能量冲击力碰撞,如在本文中进一步详细描述。与车辆100相关联的(一个或多个)第一传感器110可以包括一种或多种类型或模态。例如,(一个或多个)第一传感器110可以包括机电传感器,诸如撞击传感器(例如,光纤传感器、压力管、压电或电阻薄膜传感器)、惯性传感器(例如,惯性测量单元(IMU)、加速度计)和/或接近传感器(例如,电容式、微波、光学/红外或超声波接近传感器)。(一个或多个)第一传感器110也可以包括声学传感器,诸如电阻式、电容式、光纤式、压电式或驻极体麦克风、定向麦克风和/或表面声波(SAW)设备。声学传感器可以被设置为无线声学传感器网络(WASN)或常规(有线)阵列。

[0028] 车辆100也可以被配备有一个或多个第二传感器112,其被安装在或者以其他方式耦合至车辆100的车身102。在本公开的示例中,由(一个或多个)第二传感器112生成的数据使得能够进行自动或半自动驾驶车辆操作,例如,用于车辆导航、避障、碰撞处理等。(一个或多个)第二传感器112可以包括多个模态,包括但不限于:光探测和测距(LIDAR)传感器、雷达传感器、超声换能器、声纳传感器、位置传感器(例如,全球导航卫星系统(GNSS)(包括全球定位系统(GPS))、指南针等)、惯性传感器(例如,惯性测量单元(IMU)、加速计、磁力计、陀螺仪等)、相机(例如,红绿蓝(RGB)、红外(IR)、强度、深度等)、飞行时间传感器、麦克风、轮编码器和/或环境传感器(例如,温度传感器、湿度传感器、光传感器、压力传感器等)。尽管上文提供的(一个或多个)第一传感器110的示例模态不同于(一个或多个)第二传感器112的示例模态,但是在一些情况下,(一个或多个)第一传感器110和(一个或多个)第二传感器112可以包括相同的模态和/或相同的传感器。该描述可以区分(一个或多个)第一传感器110与(一个或多个)第二传感器112,(一个或多个)第一传感器110是生成用于一个第一目的或多个第一目的(例如,用于确定低能量冲击力碰撞)的数据的传感器,而(一个或多个)第二传感器112是生成用于一个第二(不同)目的或多个第二(不同)目的(例如,用于正常驾驶操作)的数据的传感器。然而,在一些示例中,(一个或多个)第一传感器110和(一个或多个)第二传感器112可以是相同的传感器和/或传感器模态。不限于此,来自单个传感器的数据可以用于(一个或多个)第一目的以及(一个或多个)第二目的,使得传感器可以与(一个或多个)第一传感器110和(一个或多个)第二传感器112两者相关联。

[0029] 车辆100可以被配备有安全系统(未示出),所述安全系统可以包括气囊、气帘系统、座椅安全带张紧器等。例如,在常规安全系统中,(一个或多个)第二传感器112可以包括通常沿着纵向轴线X放置在接近车辆100的前部的加速度计。当车辆100的前部与对象碰撞时,例如,在正面碰撞中,加速度计感测到加速度的剧烈变化,并且然后展开安全气囊。一般而言,常规安全系统包括任何车辆撞击减轻系统,其可以是设计成直接与由车辆承载的乘员和/或货物相互作用的内部安全系统,和/或外部安全系统,所述外部安全系统可以被设计成在车辆外部部署或者以其他方式启动以保护车辆和/或在车辆中的乘员/货物。内部安全系统可以包括例如一个或多个安全气囊、气帘、安全装置系统等。外部安全系统可包括外部囊状物、主动保险杠设备等。

[0030] 刚刚描述的常规安全系统通常用于减轻在相对较高的冲击力碰撞中对车辆100、对在车辆100中的乘员和/或对在车辆100中的货物的损坏。例如,使用这些常规安全系统可能无法检测较低的冲击力或相对较小的碰撞,诸如小车祸、停车场事故、路缘碰触、撞击车

辆100的车身102的对象、无速碰撞或低速碰撞等。事实上,在某些情况下可能不希望采用常规安全系统来响应这些相对较小的碰撞。例如,可能不希望响应于被风吹动的购物车碰触车辆100的门而展开安全气囊。

[0031] 尽管常规安全系统通常用于检测和/或响应较高冲击力碰撞,但是仍然可能期望识别较低冲击力的碰撞。例如,这些较低冲击力碰撞仍然可能导致对车辆100、撞上车辆100的对象等的损坏。本公开的各方面涉及识别这些较低冲击力的碰撞。

[0032] 在一些示例中,碰撞可以基于碰撞的冲击力能量水平来表征。例如,具有碰撞的冲击力能量等于或大于阈值水平(例如,五千焦耳)的碰撞可以是“高冲击力”或“相对较高冲击力”碰撞,而具有冲击力能量低于阈值水平的碰撞可以是“低冲击力”或“相对较低冲击力”类型的碰撞。低能量冲击力碰撞可能是由与中等质量对象的低速或中速撞击(诸如与自行车或踏板车的碰撞)、与低质量对象(诸如动物、行人或小对象)的低速或中速撞击、或者与大质量对象的低速或无速撞击(例如,接触在停车场中的障碍物或另一缓慢移动或静止的车辆)引起的。如已经讨论的,相对较高冲击力的碰撞可以由车辆100的常规安全系统检测和响应。然而,常规安全系统可能无法检测低能量冲击力碰撞,因为在这样的低能量冲击力碰撞的情况下不需要接合常规的撞击减轻系统(诸如安全气囊和安全带)以确保乘员的安全。然而,低能量冲击力碰撞可能需要车辆执行一些其他动作作为响应。

[0033] 本公开的各方面涉及在这样的低能量冲击力碰撞的情况下的经改进的碰撞检测和响应系统。更具体而言,图1图示了一个场景,其中,当车辆100穿过环境时,对象114(在该示例中为球)与车辆100碰撞。对象在撞击位置116处撞击车辆100的车身102。如将意识到的,与车辆100碰撞的对象114仅被示出为示例;在本文中提供了对象和/或低能量冲击力碰撞的其他示例,并且将利用本公开的益处而意识到。

[0034] 如在图1中所示的,本公开的示例包括低能量冲击力碰撞检测系统118。低能量冲击力碰撞检测系统118被通信地耦合到第一传感器110以及车辆100的一个或多个系统控制器120。如下文更详细描述,低能量冲击力碰撞检测系统118可以从(一个或多个)第一传感器110接收传感器数据122,并且至少部分地基于传感器数据122来确定(一个或多个)控制命令130。(一个或多个)控制命令130指示要采取的动作,例如,使车辆停止、与远程操作员通信、存储操作数据等。车辆100的(一个或多个)系统控制器120基于接收到的控制命令130来执行动作。

[0035] (一个或多个)系统控制器120可以与自动驾驶车辆100的一个或多个驱动系统和/或其他部件的对应系统通信和/或控制。例如,(一个或多个)系统控制器120可以控制车辆100的转向、推进、制动、安全、发射器、通信和/或其他系统。

[0036] 低能量冲击力碰撞检测系统118通常可以实施各种技术,来检测和/或响应涉及车辆100和在环境中的外部对象114的低能量冲击力碰撞。如在图1中所图示的,低能量冲击力碰撞检测系统118能够包括撞击位置估计部件124、事件检测部件126和命令生成部件128。例如,低能量冲击力碰撞检测系统118的撞击位置估计部件124可以处理来自(一个或多个)第一传感器110的传感器数据122,以生成对撞击的位置(例如,撞击位置116,在车辆100的车身102上)的估计。当(一个或多个)第一传感器110包括不同类型的传感器模态(例如,机械和声学)时,撞击位置估计部件126可以分别处理来自(一个或多个)第一传感器110的不同模态的不同类型的传感器数据122。例如,当(一个或多个)第一传感器110包括一个或多

个机电传感器和一个或多个声学传感器时,撞击位置估计部件126可以基于响应于对象114与车辆100的接触由一个或多个机电传感器生成的数据来生成撞击的第一估计位置,以及基于响应于对象114的接触由一个或多个声学传感器而生成的数据的撞击的第二估计位置。在一些示例中,撞击位置估计部件126也可以确定与(一个或多个)估计位置相关联的概率、确定性或类似的度量。下文进一步详细描述(包括结合图2)确定估计位置的示例。

[0037] 由撞击位置估计部件126所使用的传感器数据122可以来自多个传感器模态。许多类型的传感器系统固有地表现出错误阳性(其中,传感器信号指示过去未发生的情况)和错误阴性(其中,传感器信号不指示已经发生的情况)。另外,在车辆100运行的环境内的状况可能导致(一个或多个)第一传感器110生成传感器数据,所述传感器数据可能导致低能量冲击力碰撞检测系统118,例如,经由事件检测部件126,错误地识别一个事件。例如,由于与车门关闭、发动机回火、按汽车喇叭、车辆100驶过坑洼等相关联的噪声,声学传感器可以指示大信号。类似地,在具有高环境噪声的环境中,可能难以隔离与撞击相关联的声音和/或生成准确的估计位置。通过部署不同类型的传感器并且分析来自那些传感器的数据,可以减少在本文中所公开的系统中的错误阳性和错误阴性。

[0038] 来自每种类型的传感器模态的撞击的估计位置(例如,由撞击位置估计部件126确定的)可以对应于或者可以不对应于在车辆100的车身102上的相同位置。在一些情况下,来自第一模态的(一个或多个)传感器中的一个或多个传感器110的传感器数据122可以指示没有撞击的位置,例如,没有碰撞,而来自(一个或多个)传感器中的一个或多个其他传感器110的传感器数据122可以指示撞击。在其他示例中,由于传感器位置、传感器保真度、传感器精度和/或其他因素,与撞击相关联的撞击的估计位置可以基于不同的模态而变化。

[0039] 低能量冲击力碰撞检测系统118的事件检测部件126基于由撞击位置估计部件124确定的(一个或多个)撞击的估计位置来识别事件。例如,事件检测部件126可以接收关于(一个或多个)撞击的估计位置的信息,并且在一些情况下,接收关于那些估计的确定性的信息,并且确定事件(例如,低冲击力碰撞事件)是否已经发生。在一个示例中,事件检测部件126能够确定具有多个撞击的估计位置的事件在预定的阈值距离内。在另一示例中,事件检测部件126能够在撞击位置的确定性等于或高于阈值确定性时确定事件。事件检测部件126可以实现多个不同的逻辑流程来识别事件,下文将参考图4和图5讨论其中的一些示例。

[0040] 事件检测部件126也可以执行额外功能。例如,事件检测部件126可以包括以下功能:确定车辆100的其他碰撞检测系统是否指示已经发生碰撞,例如,相对较高冲击力的碰撞。例如,低能量冲击力碰撞检测系统118尽管可用于检测相对较低冲击力的碰撞,但是也可以检测相对较高冲击力的碰撞。然而,这些较高冲击力的碰撞可能使用常规的碰撞检测和/或碰撞减轻系统来处理。因此,如果事件已经经由不同的系统确定,则事件检测部件126可以不确定事件(或者采取与该事件相关联的进一步动作)。在低能量冲击力碰撞事件的情况下,事件检测部件126也可以包括表征低能量冲击力碰撞的额外信息,诸如在碰撞时的车辆速度、与撞击相关联的力等等。

[0041] 命令生成部件128包括以下功能:生成一个或多个控制命令130以响应事件(例如,低能量冲击力碰撞事件)。如在本文中详细描述, (一个或多个)控制命令130能够配置系统控制器120和/或车辆100的其他方面,以执行一个或多个操作,例如,如果当前车辆正在移动则使车辆停止、收集和传输或存储与事件相关的操作数据(包括但不限于传感器数据、

控制数据和所生成的任何中间消息数据),和/或发起与远程操作员或者在车辆内或附近的其他人的通信。在又一些示例中,(一个或多个)控制命令130能够配置车辆计算系统,以在其他传感器(例如,可以提供关于撞击的额外信息的(一个或多个)第二传感器120)处生成和/或存储数据。在没有限制的情况下,(一个或多个)控制命令130可以配置具有其中确定检测到的撞击的视场的相机或者其他成像设备,以生成和/或存储可以提供关于撞击事件的进一步信息的数据。例如,在撞击之前和/或之后,(一个或多个)控制命令130可以使车辆102将由(一个或多个)第二传感器112中的一个或多个第二传感器生成的数据存储预定的时间量,例如,30秒、90秒等。

[0042] 在检测到低能量冲击力碰撞事件的情况下,命令生成部件128可以发出控制命令130以使车辆停止。(一个或多个)系统控制器120可以通过将车辆100减速至停止(例如,与小于车辆100可能的最大减速率的减速率相关联的温和停止)来响应该控制命令。例如,温和停止可以包括以特定的速率制动,诸如预定的速率、小于第一速率的速率(例如,最大制动速率)、大于第二速率的速率(例如,最小制动速率)、多个可用速率中基本上处于中间的速率(例如,五个速率中的第三速率)、多个速率中的最小速率等等。减速率可以指代随着时间变化的测量单位,诸如每平方秒米或英尺的数( $m/s^2$ )。在一个示例中,温和停止可以包括以5或10英尺每平方秒的速率减速,直到自动驾驶车辆102停止。

[0043] 命令生成部件128也可以通过发出控制命令130以发起与远程操作员的通信来响应低能量冲击力碰撞事件。(一个或多个)系统控制器120可以通过例如通过网络启用在车辆的通信单元与远程操作员之间的通信信道来响应该控制命令。通信信道可以被远程操作员用于与位于车辆100内和周围的(一个或多个)人通信。这可以包括在低能量冲击力碰撞时在车辆100中行驶的乘员、对碰撞的现场做出响应的警察人员、以及在碰撞时存在于车辆附近的其他人。

[0044] 此外,命令生成部件128可以在低能量冲击力碰撞事件之后发出控制命令130以存储或传输车辆操作数据。作为响应,(一个或多个)系统控制器120可以收集并且存储事件之前和之后的时间间隔内的车辆操作数据。所述车辆操作数据可以包括车辆速度、方向、转向角以及来自被设置在车辆100上的传感器110的传感器数据122。所述操作数据可以被本地存储在车辆100的车载存储器中,或者经由网络传输到外部计算系统。

[0045] 在事件检测部件126生成无撞击事件的情况下,命令生成部件128可以不生成(一个或多个)控制命令130,并且(一个或多个)系统控制器120可以不执行动作。然而,在一些示例中,命令生成部件128可以生成(一个或多个)控制命令来存储传感器数据122和/或其他操作数据,例如,如果在传感器数据122的一部分中存在错误阳性。作为响应,(一个或多个)系统控制器120可以收集并且存储数据,如上文所描述的。

[0046] 在一些示例中,车辆100也可以包括感知系统132,其能够向低能量冲击力碰撞检测系统118提供额外的(可选的)输入。感知系统132生成与车辆100的环境相关联的感知数据134。例如,感知数据134能够包括关于使用来自(一个或多个)第二传感器112的传感器数据在接近车辆100的环境中检测到的对象(诸如对象114)的信息。感知数据134能够包括与检测到的(一个或多个)对象相关联的一个或多个属性。这些属性可以包括但不限于:对象的分类、对象类型(例如,汽车、行人、骑自行车者等)、对象的位置(例如,在局部或全局坐标系中的x、y和/或z位置、相对位置等)、对象的朝向、对象的速度、对象的范围(例如,尺寸,

其可以是表示对象的边界框)、与对象相关联的轨迹、基于车辆位置和轨迹的与对象撞击的可能性、和/或对象与车辆100撞击的预计的位置。在一些示例中,可以根据雷达处理和/或其他技术来确定对象的轨迹。

[0047] 感知数据134能够由低能量冲击力碰撞检测系统118使用,以提高确定事件的可靠性。例如,除了基于传感器数据122确定的(一个或多个)估计位置之外,撞击位置估计组件124可以基于感知数据134生成撞击的(一个或多个)估计位置。在其他示例中,感知数据134可以指示对象在车辆的阈值距离(例如,一米、0.1米等)内。事件检测部件126可以使用该接近性数据来确认事件的可能性,例如,如下文参考图4和图5所描述的。

[0048] 现在将参考其余的附图描述用于车辆的低能量冲击力碰撞检测系统的额外细节,包括被设置在车辆100上的低冲击力传感器系统。

[0049] 图2描绘了具有多个传感器的示例车辆200。在示例中,车辆200可以与上文所讨论的车辆100相似或相同。传感器可以与图1的(一个或多个)第一传感器110和/或(一个或多个)第二传感器112相似或相同。传感器被配置为生成与涉及车辆200的低能量冲击力碰撞相关联的数据。

[0050] 如在图2中所图示的,车辆200包括车身202,其可以是上文参考车辆100所描述的车身102。车身202通常限定车辆的外部,例如,暴露于车辆200正在运行的环境的表面。车身202通常包括在第一端部处的第一外表面204和在与第一端部相对的第二端部处的第二外表面(在图2中不可见)。车身202也包括在车辆200的第一端部与第二端部之间延伸的侧面或侧外表面206(示出了其中之一)。车辆200由车轮208(在图2中示出了其中的两个)来运输。车轮208的部分可以具有如在图2中所图示的保护性轮罩。这样的保护性遮盖物可以是车身202和/或外表面204、206的一部分。也可以包括更多或更少的车身部分。例如,车身202也可包括挡风玻璃、门板、保险杠等中的一个或多个。

[0051] 示例车辆200包括被安装在车辆200的车身202上或者以其他方式被耦合到车辆200的车身202的一个或多个传感器。传感器可以对应于(一个或多个)第一传感器110和/或(一个或多个)第二传感器112。由(一个或多个)传感器生成的传感器数据可以对应于传感器数据122,并且用于感测与车辆200的低能量冲击力碰撞,如本文进一步详细描述。在图2的示例中,传感器包括第一机电传感器210、第二机电传感器212和第三机电传感器214。传感器也包括多个声学传感器,包括第一声学传感器216a、第二声学传感器216b、第三声学传感器216c、第四声学传感器216d、第五声学传感器216e和第六声学传感器216f。本文中,第一声学传感器216a至第六声学传感器和/或图2中未示出的(一个或多个)其他声学传感器中的两个或更多个在本文中可以被称为“声学传感器216”。机电传感器210、212、214和/或声学传感器216可以以预定的图案布置,以便在车辆200的车身202上提供期望的覆盖区域。传感器可以以使得能够在车辆200周围进行大约360度感测的方式来设置。这可以使得车辆200能够检测在车辆200的第一端部204或第二端部、侧面206或车轮208中的碰撞。与在车辆的其他区域上相比,可以将更高密度的传感器设置在车辆的涉及碰撞的可能性更高的区域(例如,车身202的下部部分)上。在某些情况下,车辆的部分可能没有任何传感器。不受限制并且仅作为示例,车顶可以具有机电传感器和/或声学传感器。

[0052] 在示例中,机电传感器210、212、214可以是响应于弯曲或屈曲而改变电导率的薄膜电阻传感器。机电传感器210、212、214可以被附接至车辆100的车身202以感测由撞击(诸

如由对象114引起的撞击116)引起的在车身202上的变形。不限于此,机电传感器210、212、214可以被固定至构成车身202的车身面板。例如,机电传感器210、212、214可以被附着到车身202的部分的内部表面(与可见的、暴露的外部表面相对)。可以使用其他类型的机电传感器来替代所图示的电阻传感器或者除了所图示的电阻传感器之外还使用其他类型的机电传感器。例如,额外的或者其他的机电传感器可以包括其他撞击传感器(例如,光纤传感器、压力管、压电薄膜传感器)、电容涂料、电极、惯性传感器(例如,惯性测量单元(IMU)、加速度计),和/或接近传感器(例如,电容式、微波、光学/红外或超声波接近传感器)。机电传感器210、212和214可以是相同类型或不同类型。

[0053] 在所示的实施例中,第一机电传感器210被设置在车辆200的侧面206上,第二机电传感器212被设置在车辆200的端部204上,以及第三机电传感器214被设置在车辆200的车轮208的遮盖物上。如在图2中所示的,机电传感器210、212、214可以包括呈预先确定的阵列或布置的多个离散传感器。例如,图2的放大部分220更详细地示出了第一机电传感器210。如所图示的,第一机电传感器210包括多个传感器带,其包括大体水平布置并且在垂直方向上间隔开的第一传感器带210a和第二传感器带210b。第一机电传感器210也包括大致垂直布置并且在水平方向上间隔开的第三传感器带210c、第四传感器带210d、第五传感器带210e和第六传感器带210f。带210a-210f可以被布置成覆盖车辆200的侧面206。所图示的布置仅是示例,并且设想到了其他图案。在图2的示例中,机电传感器212也被图示为水平和垂直带,被布置成覆盖车辆的第一端部204。传感器被设置在车辆中涉及碰撞的可能性较高的区域(例如,车身202的下部)上。尽管示出了布置成带的个体节段,但是侧面206和/或端部202也可以被传感器阵列覆盖。

[0054] 第一机电传感器210和第二机电传感器212的布置仅仅是示例。例如,也设想到了可以包括更多或更少带的带210a-210f的其他图案。此外,尽管带210a-210f大体上水平和垂直地布置,但是其他示例可以包括角度、重叠和/或其他配置。带210-210f可以各自包括例如沿着带的长度和/或带的宽度间隔开的多个离散传感器,或者可以是单个传感器。如在本文中进一步详述的,通过包括多个离散传感器,可以确定对与车辆200的撞击的位置的更准确的估计。

[0055] 如在图2中所示的,车辆200也包括声学传感器216。声学传感器216可以是麦克风,诸如电阻式、电容式、光纤式、压电式或驻极体麦克风,和/或表面声波(SAW)设备。麦克风可以是定向的和/或具有适合于捕获由任何对象对车辆200的典型撞击所产生的声音的灵敏度、频率带宽和/或动态范围。声学传感器216可以各自是相同或不同类型的个体传感器,或者声学传感器216可以被设置为无线声学传感器网络(WASN),或者被设置为常规(有线)阵列。

[0056] 如所示的,声学传感器216被分布在车辆200周围。例如,第一至第四声学传感器216a-216d彼此分离地耦合到侧面206。第五声学传感器216e和第六声学传感器216f被示出为被设置在车辆200的第一端部202上。在所图示的示例中,声学传感器216被图示为大体上仅在水平方向上间隔开,尽管在其他情况下间隔可以在其他和/或额外方向上。声学传感器216也可以包括更多或更少的传感器。在示例中,声学传感器216包括被设置在车辆200的车身202(例如,每一侧面)上的多个间隔开的传感器。在示例中,声学传感器216响应于环境噪声而生成信号,并且来自多个声学传感器216的信号能够用于定位声音的来源,如在本文中

所描述的。在一些示例中,声学传感器216可被编号和/或定位,以检测源自车辆200的任何外表面的音频。此外,声学传感器可以被定位成至少部分地与由机电传感器210、212、214监视的车身202的区域重叠。

[0057] 在图2中未图示出的车辆200的部分可以具有与图示出的侧面206和端部204分布相同的传感器,亦即,车辆和传感器位置可以关于横向轴线和纵向轴线基本上对称,如在双向车辆100中。在其他实现中,车辆200的第一端部或前端204可以不同于第二端部或后端,如在常规车辆中,和/或可以包括不同分布的传感器。尽管图2示出了在车辆200上的传感器的布置,也设想到了传感器的其他类型和布置。

[0058] 尽管在图2中所示的示例传感器包括机电传感器和声学传感器,能够检测撞击或者由撞击产生的副作用的其他类型的传感器也能够被并入在同一构架中。作为示例,替代上述机械和声学传感器或者除了上述机械和声学传感器之外,也可以使用用于检测对象的接近度的超声波传感器和光学/红外传感器以及包括加速度计和麦克风的融合传感器。

[0059] 每个机电传感器和/或声学传感器可以具有独有的标识符。低能量冲击力碰撞检测系统118可以将特定的位置与每个传感器相关联,指示传感器相对于车辆或传感器所设置的车辆的一部分的位置。作为非限制性示例,与每个传感器相关联的位置可以以各种方式在二维或三维中表达,诸如传感器的中心相对于原点(例如,在车辆200的中心处)的三维坐标、传感器的中心相对于在表示车辆200的一部分(例如,侧面206)的平面上的原点的二维坐标,或者指示传感器在二维或三维中的范围的一组坐标。低能量冲击力碰撞检测系统118也可以使用捕获传感器在二维或三维中的空间关系的内部表示,例如,具有指示在网格位置处传感器或传感器段存在/不存在的网格单元的网格表示,和/或来自位于网格单元中的传感器的信号值。

[0060] 例如,每个机电传感器段210a-f被独有地识别,并且与在车辆200的车身202上的特定位置(例如,在侧面206上的210a)相关联,并且与在接近第一端部204的顶排上的位置相关联。由低能量冲击力碰撞检测系统118接收的传感器数据122包括对于设置在车辆200上的机电传感器210、212、214和声学传感器216中的每个的传感器标识以及其对应的信号值。

[0061] 作为示例,图2示出了撞击位置218,其可以是位置116。尽管撞击的位置218被示出在侧面206上,但是应当理解,撞击的位置218可以在车辆的任意侧面上或者在车辆200的车轮208上。如所示的,可能没有位于撞击218的精确位置处的(一个或多个)传感器,或者撞击218的位置可以对应于一个或多个传感器位置。由于在位置218处的撞击,来自各种机电传感器210、212、214和/或各种声学传感器216的传感器数据122可以指示升高的信号值。例如,机电传感器210可以生成比位于撞击区域更远的(一个或多个)传感器212更高的信号值。此外,包括机电传感器210的个体带可以基于它们与位置的接近度来生成不同的信号。类似地,作为最接近撞击位置218的声学传感器216的第二声学传感器216b和第三声学传感器216c,预计生成比例如第五声学传感器216e和第六声学传感器216f(其距离撞击位置218更远)更高的信号值。低能量冲击力碰撞检测系统118的撞击位置估计部件124基于被包括在传感器数据122中的来自传感器210、212、214、216的传感器信号值来估计撞击218的位置。例如,并且如下文进一步详述,撞击位置估计部件124能够基于来自机电传感器210、212、214的传感器数据来确定撞击的第一估计位置220和/或可以基于来自声学传感器210

的传感器数据来估计第二估计位置222。

[0062] 在图2中所示的示例中,机电传感器210、212、214覆盖车辆200的外表面204、206、214的大部分。在所图示的示例中,没有精确地在撞击218的位置处示出传感器。但是,在其他示例中,撞击可能直接位于传感器位置上。一般而言,由机电传感器210、212、214生成的传感器信号的值将根据撞击的位置与传感器位置的接近程度而变化。例如,在撞击的情况下,在撞击的位置218处的(一个或多个)传感器(如果有的话)将登记最高信号值,其中,信号值随着距撞击的位置218的距离的增加而下降。在图2的放大部分所图示的示例中,第一和第五带210a、210e以及在第三带210c处最低。在车辆200的其他侧面上的非撞击区域(例如,不涉及碰撞)处的传感器信号值(例如,在传感器212处)可能低得多或者甚至为零。信号值可以指示撞击的能量、柔性传感器的变形的程度、或者撞击的严重性的任何其他指示。所部署的传感器的传感器特性可以提供在信号水平与撞击的严重性之间的映射。在一些示例中,信号水平可以用于将撞击分类为相对较高的冲击力碰撞或者低能量冲击力碰撞。

[0063] 低能量冲击力碰撞检测系统118的撞击位置估计部件124可以实现用于从机电传感器212、214、216估计撞击的位置(例如,图2的撞击的第一估计位置220)的各种方法。在一个非限制性示例中,传感器信号值可以例如通过使用 $k=2$ 的 $k$ 均值聚类被聚类为两组。在此示例中,具有较高平均值的聚类对应于在撞击的区域中的传感器,以及具有较低平均值的聚类对应于在非撞击区域中的传感器。然后,可以将撞击的第一估计位置220估计为具有较高均值的传感器聚类的空间中心。该方法避免了确定用于区分指示撞击的信号和指示非撞击区域的信号的阈值设置的问题。然而,在其他示例中,可以使用预先确定的阈值。

[0064] 例如,来自非撞击区域的传感器信号水平可以从在典型车辆操作期间收集的训练数据得知。所得知的与非撞击区域相对应的信号水平可以用作参考信号。例如,可以将测量的传感器信号与参考信号进行比较,以及如果差值高于阈值,则可以将传感器识别为处在撞击的区域中。然后,可以将撞击的估计位置计算为被识别为处在撞击的区域中的传感器的空间中心。在另一示例中,撞击的估计位置可以对应于具有最高信号水平的传感器的位置。

[0065] 在另一示例中,撞击位置估计部件124可以使用内部网格表示来表示传感器的空间分布。尽管机电传感器210、212、214被图示为带,但是它们也可以被表示为与在网格上的离散区域或(一个或多个)单元相关联的个体传感器。例如,车辆200的表面的一部分,例如,侧面206,能够被表示为二维网格。在示例中,传感器210的独有标识符可以与传感器在网格上的位置相关联。作为非限制性示例,标识符可以封装位置信息。在另一示例中,查找表可用于将独有标识符映射到在表示车辆200的侧面206的网格上的位置上,例如,在网格的 $x$ 行和 $y$ 列处的传感器210a。网格单元可以表示个体传感器,或者单个传感器可以占据多个网格单元。网格单元的尺寸可以基于低能量冲击力碰撞检测系统118的撞击定位的粒度而变化。所有网格单元的大小可以不同,例如,在传感器覆盖范围较密集的区域中,或者在需要更精细的撞击的定位的区域中,网格可能更细(具有更小的单元)。

[0066] 撞击位置估计部件124也可以实施从由声学传感器216生成的传感器数据中确定撞击的第二估计位置222的技术。传感器数据122的声学部分包括由每个声学传感器216捕获的信号水平以及传感器的对应的独有标识。所述独有标识与在车辆200的车身202上的传感器的位置相关联。撞击位置估计部件124能够使用多种技术来定位声音的来源,或者从在

不同点处测量的声波中计算来源位置(例如,撞击的第二估计位置222)的估计。在这种情况下,声音的来源位于撞击的位置218处,以及定位声音的源头提供了撞击的第二估计位置222。定位技术包括基于在多个空间分布的声学传感器处的能量水平或接收信号强度(RSS)、到达时间(TOA)测量、到达时间差(TDOA)测量以及到达方向测量的来源位置的估计。诸如转向响应功率(SRP)函数的信号处理技术也可以用于利用来自空间分布的声学传感器的输入来进行来源定位。在示例中,使用来自声学传感器216b和216c的数据,能够例如在图2中所示的第二估计位置222处确定对撞击的位置的估计。在示例中,撞击位置估计部件124可以识别与高于阈值水平(例如,高于阈值分贝水平)的声音相关联的数据,以用于撞击位置估计。在其他示例中,撞击位置估计部件124可以识别与相对于环境或基线声音水平变化超过阈值的聲音相关联的数据,例如,使得实际分贝水平基于环境噪声而变化。

[0067] 在图2的示例中,撞击的第一估计位置220可以相对更接近实际撞击位置218,以及撞击的第二估计位置222可以相对远离实际撞击位置218。例如,因为在更精细的阵列中存在更多的机电传感器,所以撞击的第一估计位置220可以具有更高的保真度。替代地,因为声学传感器被布置在直线上,所以撞击的第二估计位置可以大体沿着该线。当然,不同的布置可能提供不同的结果。除了传感器的布置和数量之外,撞击的第一估计位置220和/或撞击的第二估计位置222的准确性可以基于传感器数据的质量、所使用的处理技术和/或其他因素而变化。另外,尽管图2的示例将第一撞击位置220和第二撞击位置222图示为使用不同的传感器数据类型单独考虑,但是在其他情况下,撞击位置估计部件124可以例如基于来自机电传感器210、212、214和来自声学传感器216的传感器数据来确定撞击的估计位置。不限于此,可以根据声学数据和来自机电传感器的数据来训练模型,以确定单个撞击的估计位置。在又一些示例中,单个撞击的估计位置可以是撞击的第一估计位置220和撞击的第二估计位置的平均值或者其他函数。

[0068] 在一些示例中,撞击位置估计部件124也可以生成撞击的第三估计位置224。不限于此,撞击的第三估计位置224可以基于感知数据,诸如感知数据134。如在图2中所示的,第三估计位置可以是基于在感知数据134中指示的(一个或多个)对象和/或对象的对应轨迹存在较高撞击的概率的区域。例如,撞击的第三估计位置224可以对应于其中接近车辆200的对象和/或基于该对象的轨迹可能与车辆200碰撞的区域。在一些示例中,感知数据134可以包括对应于第三估计位置224的预计的撞击的区域。

[0069] 撞击位置估计部件124也可以实施各种人工智能(AI)技术,以用于从一组传感器信号来预测碰撞的位置和类型。AI技术可以包括机器学习(通常也被称为机器学习模型),诸如一个或多个神经网络。例如,神经网络可被训练以将包括传感器110的传感器信号值的输入向量分类为撞击(包括非撞击)的类型。可以训练对输入信号的空间分布进行编码的单独的神经网络(例如,卷积神经网络),以从传感器数据122中估计撞击的位置。与低能量冲击力碰撞相对应的训练数据集可以从配备有相关传感器的车辆的运行数据中收集。训练数据集可以被标记有撞击的位置和类型,并且包括没有撞击的数据。当受训练的(一个或多个)模型被部署为撞击位置估计部件124的实现时,传感器数据122形成受训练的模型的输入,以及获得对撞击的位置和撞击的类型的估计作为输出。在示例中,可以部署各自利用不同类型的传感器模态训练的单独的神经网络,例如,利用声学传感器数据训练的一个或多个神经网络,和利用机电传感器数据训练的单独的一组神经网络。也可以替代地使用具有

聚集作为输入的不同类型的传感器信号的单个神经网络。架构的额外示例包括神经网络，诸如ResNet50、ResNet101、VGG、DenseNet、PointNet等。对于每种类型的传感器，用于估计撞击位置的技术可能相似或不同。

[0070] 尽管在神经网络的上下文中进行了讨论，但是能够根据本公开使用任意类型的机器学习。例如，机器学习算法能够包括，但不限于：回归算法（例如，普通最小二乘回归（OLSR）、线性回归、逻辑回归、逐步回归、多元自适应回归样条（MARS）、局部估计散点图平滑（LOESS））、基于实例的算法（例如，岭回归、最小绝对收缩和选择算子（LASSO）、弹性网、最小角度回归（LARS））、决策树算法（例如，分类和回归树（CART）、迭代二分器3（ID3）、卡方自动交互检测（CHAID）、决策树桩、条件决策树）、贝叶斯算法（例如，朴素贝叶斯、高斯朴素贝叶斯、多项式朴素贝叶斯、平均单相关估计器（AODE）、贝叶斯信念网络（BNN）、贝叶斯网络）、聚类算法（例如，k-均值、k-中值、期望最大化（EM）、层次聚类）、关联规则学习算法（例如，感知器、反向传播、浩斯菲尔德网络、径向基函数网络（RBFN））、深度学习算法（例如，深度玻尔兹曼机（DBM）、深度置信网络（DBN）、卷积神经网络（CNN）、堆叠自动编码器）、降维算法（例如主成分分析（PCA）、主成分回归（PCR）、偏最小二乘回归（PLSR）、萨蒙映射、多维尺度（MDS）、投影寻踪、线性判别分析（LDA）、混合判别分析（MDA）、二次判别分析（QDA）、灵活判别分析（FDA））、集成算法（例如，提升方法、引导聚集算法（装袋算法）、自适应增强、堆叠泛化（混合）、梯度增强机（GBM）、梯度增强回归树（GBRT）、随机森林）、SVM（支持向量机）、监督学习、无监督学习、半监督学习等。

[0071] 如上文所讨论的，与每个传感器相关联的位置可以以二维或三维的各种方式来表达，诸如传感器的中心相对于在车辆200的中心处的原点的三维坐标、传感器的中心相对于在表示车辆200的一部分（例如，侧面206）的平面上的原点的二维坐标、或者作为在二维或三维网格上的单元位置。（一个或多个）撞击的估计位置220、222、224可以使用相同或不同的粒度在相同的坐标系中表达，或者可以使用不同的方案来表达。例如，（一个或多个）撞击的估计位置220、222、224可以以在车辆200的车身202上的区域的角度来表达，例如，第一侧面、第二侧面、第一端部、第二端部、第三轮盖等。在另一示例中，撞击的估计位置220、222、224可以在用于描述传感器位置的相同二维或三维网格中以较低粒度来表达。也可以基于估计的确定性水平使用不同的方案来表达（一个或多个）撞击的估计位置220、222、224。例如，撞击的第三估计位置224可以以在车辆200的车身202上的区域的角度来表达，例如，第一侧面；第二估计位置222可以表示为在二维网格上的位置，以及第一估计位置220可以以较粗粒度表示为在二维网格上的位置。

[0072] 如所描述的，撞击位置估计部件124可以基于机电传感器数据来确定撞击的第一估计位置220并且基于声学数据来确定撞击的第二估计位置222。另外，第三估计位置224可以基于感知数据134来确定。尽管针对每种类型的传感器模态/数据源示出了对撞击的位置的单个估计，但是存在来自每个传感器类型的对撞击的位置的零个、一个或多个估计。

[0073] 事件检测部件126可以使用第一、第二和第三估计位置220、222、224中的一些或全部，来确定撞击事件是否已经发生。在一些示例中，事件检测部件126比较撞击的第一估计位置220和撞击的第二估计位置222。所述比较可以是在两个位置220、222之间的空间距离的形式。如果距离低于阈值，则确定两个位置彼此对应。在撞击位置220、222之间的距离等于或高于阈值的情况下，位置220、222被确定为彼此不对应，并且由事件检测部件126确定

无撞击事件。如果第三估计位置224可用,例如,基于感知数据134,则当撞击的第一估计位置220和/或撞击的第二估计位置222与由撞击的第三估计位置224覆盖的区域重叠时,事件检测部件126可以确定撞击事件。否则,事件检测部件126确定无撞击事件。如果感知数据134不可用,则事件检测部件126确定撞击事件124,两个位置220和222被确定为彼此对应。如果机电传感器或声学传感器没有生成对撞击的位置的估计,例如,传感器没有检测到碰撞,则事件检测部件126确定无撞击事件。在示例中,可能不存在用于确定对应的阈值,并且替代地,在两个位置220、222之间的对应可以基于这两个位置位于车辆200的车身202的同一表面(例如,第一侧面、第二侧面、第一端部、第二端部、第三轮盖等)上。

[0074] 在事件检测部件126的另一实施例中,基于感知数据134的撞击的第三估计位置224被接收作为来自撞击位置估计部件124的输入。如上文所描述的,也针对每种类型的传感器模态(例如,机电、声学)获得对撞击220、222的(一个或多个)位置的估计。将撞击的估计位置224与撞击的估计位置220、222进行比较。所述比较可以是确定在位置224与其他位置(例如,220或222)之间的重叠的形式。如果在位置224与位置220或222的其中之一之间存在重叠,则事件检测部件126确定撞击事件。否则,如果不存在重叠,例如位置220和222都落在224中指示的位置之外,则事件检测部件126确定无撞击事件。如所描述的,使用来自不同传感器模态的估计位置与感知数据的组合允许以更高的确定性来确认撞击事件。

[0075] 图3描绘了用于实现在本文中所描述的技术的示例系统300的框图。在一些情况下,系统300可以包括车辆302,其可以对应于图1的车辆100和/或图2的车辆200。在一些情况下,车辆302可以是配置为根据美国国家公路交通安全管理局颁布的5级分类来操作的自动驾驶车辆,所述分类描述了能够在整个行程中执行所有安全关键功能的车辆,其中,驾驶员(或者乘员)不需在任何时间控制车辆。然而,在其他示例中,自动驾驶车辆302可以是具有任何其他等级或分类的完全或部分自动驾驶车辆。此外,在一些情况下,在本文中所描述的技术也可以由非自动驾驶车辆使用。

[0076] 车辆302能够包括(一个或多个)车辆计算设备304、一个或多个传感器系统306、一个或多个发射器308、一个或多个通信连接310、至少一个直接连接312(例如,用于物理地耦合车辆302以交换数据和/或提供电力),以及一个或多个驱动系统314。

[0077] 在一些情况下,(一个或多个)传感器306可以包括光探测和测距(LIDAR)传感器、雷达传感器、超声换能器、声纳传感器、位置传感器(例如,全球定位系统(GPS)、指南针等)、惯性传感器(例如,惯性测量单元(IMU)、加速度计、磁力计、陀螺仪等)、相机(例如,红绿蓝(RGB)、红外(IR)、强度、深度、飞行时间等)、麦克风、轮编码器、环境传感器(例如,温度传感器、湿度传感器、光传感器、压力传感器等)等。(一个或多个)传感器306可以包括这些或其他类型的传感器中的每一个的多个实例。例如,LIDAR传感器可以包括位于车辆302的角落、前部、后部、侧面和/或顶部处的个体LIDAR传感器。作为另一示例,相机可以包括被设置在车辆302的外部周围和/或内部周围的各个位置处的多个相机。(一个或多个)传感器306可以向(一个或多个)车辆计算设备304提供输入。

[0078] 车辆302也可包括用于发光出和/或声音的(一个或多个)发射器308,如文上所描述的。在该示例中的(一个或多个)发射器308可以包括(一个或多个)内部音频和视觉发射器以与车辆302的乘员通信。作为示例而非限制,(一个或多个)内部发射器可以包括扬声器、灯、指示牌、显示屏、触摸屏、(一个或多个)触觉发射器(例如,震动和/或力反馈)、机械

致动器(例如,安全带张紧器、座椅定位器、头枕定位器等)等。在该示例中的(一个或多个)发射器308也可以包括(一个或多个)外部发射器。作为示例而非限制,在该示例中的(一个或多个)外部发射器包括用于发出行进方向信号的灯或者车辆动作的其他指示器(例如,指示灯、指示牌、灯阵列等),以及用于与行人或其他附近车辆进行听觉通信的一个或多个音频发射器(例如,扬声器、扬声器阵列、喇叭等),其中的一个或多个包括声束控制技术。

[0079] 车辆302也可以包括使得在车辆302与一个或多个其他本地或远程计算设备之间能够通信的(一个或多个)通信连接310。例如,(一个或多个)通信连接310可以促进与在车辆302和/或(一个或多个)驱动系统314上的(一个或多个)其他本地计算设备的通信。同样地,(一个或多个)通信连接310可以另外地或替代地允许车辆302与其他附近的(一个或多个)计算设备(例如,其他附近的车辆、交通信号灯等)通信。(一个或多个)通信连接310可以另外地或替代地使得车辆302能够与计算设备316通信。

[0080] (一个或多个)车辆计算设备304能够包括一个或多个处理器318以及与一个或多个处理器318通信地耦合的存储器320。在所图示的示例中,(一个或多个)车辆计算设备304的存储器318存储感知部件322、一个或多个系统控制器324以及碰撞检测系统326,碰撞检测系统326包括高能量碰撞检测系统328和低能量冲击力碰撞检测系统330。尽管图3中出于说明性目的而将感知部件322、一个或多个系统控制器324以及碰撞检测系统326描绘为驻留在存储器320中,但是可以设想到,感知部件322、一个或多个系统控制器324以及碰撞检测系统326可以额外地或替代地被车辆302访问(例如,远程存储)。

[0081] 在一些情况下,感知部件322能够包括执行对象检测、分割和/或分类的功能。在一些示例中,感知部件322能够提供经处理的传感器数据,其指示接近车辆302的实体的存在和/或实体的分类作为实体类型(例如,汽车、行人、骑自行车的人、动物、建筑物、树木、路面、路缘、人行道、未知等)。在额外或替代示例中,感知部件322能够提供经处理的传感器数据,其指示与检测到的实体(例如,所跟踪的对象)和/或该实体所定位的环境相关联的一个或多个特征。在一些示例中,与实体相关联的特征可以包括,但不限于:x位置(全局和/或局部位置)、y位置(全局和/或局部位置)、z位置(全局和/或局部位置)、方向(例如,翻滚角、俯仰角、偏航角)、实体类型(例如,分类)、实体的速度、实体的加速度、实体的范围(大小)等。与环境相关联的特征可以包括,但不限于:在环境中另一实体的存在、在环境中另一实体的状态、一天中的时间、一周中的一天、季节、天气状况、黑暗/光明的指示等。

[0082] 在至少一个示例中,(一个或多个)车辆计算设备304能够包括一个或多个系统控制器324,其能够被配置为控制车辆302的转向、推进、制动、安全、发射器、通信和其他系统。(一个或多个)系统控制器324能够与(一个或多个)驱动系统314的对应系统和/或车辆302的其他部件通信和/或控制它们。

[0083] (一个或多个)系统控制器324可以被通信地耦合到(一个或多个)车辆传感器系统306的一个或多个传感器。作为非限制性示例,传感器可以检测在车辆的环境中对象的存在和/或确定这些对象的属性。当确定应当启动安全系统时,(一个或多个)系统控制器324也可以引起对车辆302的安全系统的激活。例如,系统控制器324可以指示安全气囊控制单元展开一个或多个安全气囊,或者可以向被布置成调节一个或多个安全装置的拉紧的拉紧器发送信号。其他安全系统是已知的并且可以被激活。在其他实施例中,系统控制器324可以指示对多个安全系统的激活。在一些实施例中,安全系统控制器324的一些或全部功能可以

远离车辆302执行,例如,在与车辆302的派遣或总部相关联的远程服务器处或者在云中执行。在其他实现中,(一个或多个)系统控制器324的一些或全部功能可以在车辆302处执行,以最小化可能由在现场之间的数据的传输导致的任何延迟。

[0084] (一个或多个)驱动系统314可以包括许多车辆系统,包括高压电池、用于推进车辆的马达、用于将来自电池的直流电转换成交流电以供其他车辆系统使用的逆变器、包括转向电机和转向齿条(可以是电动的)的转向系统、包括液压或电动执行器的制动系统、包括液压和/或气动部件的悬架系统、用于分配制动力以减轻牵引力的损失并维持控制的稳定性控制系统、HVAC系统、照明(例如,诸如头灯/尾灯的照明以照亮车辆的外部周围环境)、以及一个或多个其他系统(例如,冷却系统、安全系统、车载充电系统、诸如DC/DC转换器、高压接头、高压电缆、充电系统、充电端口等的其他电气部件)。另外,(一个或多个)驱动系统314可以包括驱动系统控制器,其可以接收并且预处理来自(一个或多个)传感器的数据并且控制各种车辆系统的操作。在一些情况下,驱动系统控制器可以包括一个或多个处理器以及与所述一个或多个处理器通信地耦合的存储器。存储器可以存储一个或多个模块以执行(一个或多个)驱动系统314的各种功能。此外,(一个或多个)驱动系统314也可以包括一个或多个通信连接,其使得各自的驱动系统能够与一个或多个其他本地或远程计算设备进行通信。

[0085] 碰撞检测系统326包括高能量碰撞检测系统328,其被配置为使用来自(一个或多个)传感器系统306的一个或多个传感器的输入来检测相对较高的冲击力碰撞。例如,来自被放置在车辆的前部接近的加速计的输入可以指示与对象的正面碰撞。来自高能量碰撞检测系统328的碰撞指示使得(一个或多个)系统控制器324展开车辆安全系统,例如,一个或多个安全气囊、气帘、安全装置系统等。

[0086] 低能量冲击力碰撞检测系统330可以对应于图1的低能量冲击力碰撞检测系统118,并且其部件332和334可以分别对应于撞击位置估计部件124和事件检测部件126。低能量冲击力碰撞检测系统330被配置为检测低能量冲击力碰撞,并且与系统控制器324可操作地耦合。

[0087] 作为非限制性示例,响应于来自低能量冲击力碰撞检测系统330的碰撞事件指示,(一个或多个)系统控制器324可以采取以下动作中的一个或多个动作。(一个或多个)系统控制器324可以接合(一个或多个)驱动系统314以使车辆302停止。(一个或多个)系统控制器324可以通过网络336打开在车辆302的通信单元与远程操作员之间的(一个或多个)通信连接310。该连接可以实现在远程操作员与位于车辆302内及其周围的(一个或多个)人之间的双向通信。(一个或多个)系统控制器324也可以存储车辆操作数据,诸如车辆速度、方向、转向角,以及来自(一个或多个)传感器系统306的低能量冲击力碰撞事件之前和之后的时间的间隔的数据。所述操作数据可以被本地存储在车辆302的车载存储器320中,或者经由(一个或多个)网络336传输到(一个或多个)外部计算设备316以存储在外部存储器342中。当接收到低能量冲击力碰撞指示时,(一个或多个)系统控制器324也可以接合在车辆302上的(一个或多个)发射器308以指示危险状况。例如,音频发射器可以作响喇叭,或者在车辆302的内部中发出通知。在车辆302的外部的视觉发射器(诸如危险灯)也可以被激活。在车辆302的内部中的照明也可以指示撞击事件。

[0088] 在一些示例中,车辆302能够经由(一个或多个)网络336向一个或多个计算设备

316发送操作数据,包括来自(一个或多个)传感器系统306的原始或经处理的传感器数据。能够响应于由碰撞检测系统328检测到的碰撞事件来发送操作数据。在其他示例中,车辆302能够在经过预先确定的时间段之后、在近乎实时地等以特定的频率向(一个或多个)计算设备316发送经处理的操作数据和/或操作数据的表示。在一些情况下,车辆302能够将原始或经处理的操作数据作为一个或多个日志文件发送到计算设备316。

[0089] 在一些情况下,在本文中所讨论的一些或所有部件的各方面可以包括任何模型、算法和/或机器学习算法。例如,在存储器320、342中的(一个或多个)部件可以被实现为神经网络。如在本公开的上下文中能够理解的,神经网络能够利用机器学习,机器学习可以指代一大类这样的算法,其中,基于所学习的参数来生成输出。

[0090] 图4和图5图示了根据本公开的实施例的示例过程。这些过程被图示为逻辑流程图,其中的每个操作表示能够在硬件、软件或者其组合中实现的一系列的操作。在软件的上下文中,操作表示被存储在一个或多个计算机可读存储介质上的计算机可执行指令,当由一个或多个处理器执行时,执行所列举的操作。一般而言,计算机可执行指令包括执行特定的功能或者实现特定的抽象数据类型的例程序、程序、对象、组成部分、数据结构等。描述操作的顺序并不旨在被解释为限制,以及任意数量的所描述的操作可以以任何顺序和/或并行组合以实现过程。

[0091] 应当意识到,在本文中所提出的主题可以被实现为计算机过程、计算机控制装置、计算系统或制品,诸如计算机可读存储介质。尽管关于过程400和过程500描述的主题是在可以在一个或多个计算设备上和/或利用一个或多个计算设备执行的操作的一般上下文中呈现的,但是本领域技术人员将认识到可以结合各种程序/控制器模块来执行其他实现。一般而言,这样的模块包括执行特定的任务或实现特定的抽象数据类型的例程序、程序、组成部分、数据结构和其他类型的结构。

[0092] 本领域技术人员还将意识到,关于过程400和过程500所描述的主题的各方面可以在除本文描述的那些之外的其他计算机系统配置上或者结合其他计算机系统配置来实践,包括多处理器系统、基于微处理器的或可编程的消费类电子产品、小型机、大型机、掌上电脑、移动电话设备、平板计算设备、专用硬件设备、网络电器用具等。

[0093] 图4是图示用于基于确认事件来控制车辆(诸如车辆100、200、302的其中之一)的示例过程400的流程图。在一些示例中,过程400可以由本公开的低能量冲击力碰撞检测系统118、330和由(一个或多个)系统控制器120、324控制的车辆来执行。

[0094] 更具体而言,示例过程400包括在操作402处从被设置在车辆的车身上的(一个或多个)机电传感器接收传感器数据。例如,传感器数据可以从在本文中所描述的机电传感器110、210、212、214、406中的一个或多个接收。机电传感器可以与车辆的外表面(例如,车辆的车身面板)相关联。机电传感器响应于与车辆的撞击而生成信号。在一些实现中,传感器数据可以是由撞击传感器检测到的信号值。

[0095] 在操作404处,过程400也包括确定撞击的第一估计位置。在示例中,操作404能够包括比较与来自多个机电传感器的感测到的撞击相对应的信号,以及基于那些信号来估计位置。根据上文所描述的功能,操作404可以由撞击位置估计部件124、332来实现。在一些示例中,第一估计位置可以是图2的第二估计位置222。

[0096] 过程400也可以包括在操作406处从一个或多个声学传感器接收传感器数据。例

如,传感器数据可以从被设置在车辆200上的声学传感器216接收。在示例中,(一个或多个)声学传感器能够包括围绕车辆的外围设置的多个传感器。声学传感器被配置为响应于检测到声音(例如,与车辆的撞击相关联的声音)而生成音频信号。例如,音频信号的强度或值可以对应于在车辆上的撞击的严重性。

[0097] 在操作408处,过程400包括确定撞击的第二估计位置。在示例中,操作408能够包括将在操作406处接收到的音频信号与多个声学传感器进行比较,并且基于那些信号来估计第二位置。根据上文所描述的功能,操作408可以由撞击位置估计部件124、332来实现。在一些示例中,第二估计位置可以是图2的第一估计位置220。

[0098] 所述过程也包括在操作410处确定撞击的第一估计位置是否对应于撞击的第二估计位置。例如,操作410可以比较第一估计位置和第二估计位置,并且确定所述位置是否在彼此的阈值距离内。操作410可以由本公开的低能量冲击力碰撞检测系统118、330的事件检测部件126、334来实现。

[0099] 如果在操作410处确定撞击的第一估计位置对应于撞击的第二估计位置,则在操作412处过程400确定撞击事件。例如,当第一传感器数据和第二传感器数据都确认接近撞击时,过程400确定撞击。在至少一些示例中,可以至少部分地基于对撞击的确定来应用一些控制,诸如但不限于,存储与检测之前和/或之后的设定时间量相关联的传感器数据、减少速度、向远程操作员系统传输一个或多个信息或者确认的请求等。

[0100] 替代地,如果在操作410处确定撞击的第一估计位置不对应于撞击的第二估计位置,则在过程400的操作414处确定无撞击事件。具体而言,如果传感器已经确定彼此不相关联的位置的撞击,或者仅传感器模式的其中之一已经生成与撞击相关联的数据,则过程400确定没有发生与车辆的撞击。例如,当未确定事件时,可以不采取与撞击相关联的动作。

[0101] 在可选操作416处,过程400可以可选地接收感知数据。例如,感知数据可以是来自感知系统132的感知数据134。如在本文中所描述的,车辆的感知系统可以例如使用来自被设置在车辆上的一个或多个传感器的传感器数据来生成关于在车辆的环境中的对象的数据。在示例中,感知数据可以从除了在上文所讨论的操作402、406处接收到的传感器数据之外的数据中确定。

[0102] 在操作418处,在过程400包括接收感知数据的情况下,过程400包括确定感知数据是否确认撞击事件。例如,操作418能够包括确定感知数据是否指示在第一和第二估计位置附近接近车辆的对象。例如,如果在感知数据中的对象在车辆的阈值距离(例如,1米)内,和/或在操作412处确定的撞击事件的车辆上的估计位置的阈值距离内,例如,基于撞击的第一估计位置和/或撞击的第二估计位置,操作418可以确定感知数据确认撞击事件。操作418也可以由本公开的低能量冲击力碰撞检测系统118、330的事件检测部件126、334来实现。

[0103] 如果,在操作418处,确定感知数据确认撞击事件,则过程400包括基于撞击事件来控制车辆。如在本文中进一步详细描述,操作420能够包括控制车辆停止、控制车辆向乘员、官方和/或附近的人请求援助、控制车辆生成事故报告、控制车辆请求来自远程操作员的帮助,通过基于来自较少传感器等的数据仅在第二方向上向前行驶来以减少的功能(例如较低的最大速度)控制车辆,或者以其他方式控制车辆。如上所述,操作416、418可以是可选的,以及当所述过程不包括那些操作时,过程400可以直接从操作412进行到操作

420,例如,以基于所确定的撞击事件来控制车辆。

[0104] 在一些示例中,操作416、418可以充当对在第一估计位置处检测到的撞击和/或在第二估计位置处检测到的撞击的进一步检查或确认。除了感知数据之外的数据也可以或者替代地结合过程400来接收和/或考虑。例如,所述过程也能够或者替代地包括从主碰撞检测系统接收输入,该输入指示是否已经发生相对较高冲击力碰撞。例如,当车辆已经被卷入更严重事故时,可以根据针对较高冲击力碰撞的协议来控制车辆。本公开的各方面可以涉及例如在操作420处响应于低冲击力碰撞来控制车辆,而在较高冲击力碰撞的情况下该功能可以由另一处理系统取代。因此,在一些示例中,如果没有相对较高冲击力碰撞的指示,则可以在操作412处确定与低能量冲击力碰撞事件相对应的撞击事件。

[0105] 也如在图4中所示的,如果在操作418处确定感知数据未确认撞击事件,则过程400可进行到操作414,在操作414处未确定撞击,如上文所讨论的。亦即,即使在操作410处第一位置被确定为对应于第二位置,可选感知数据也可以否决撞击事件。在其他示例中,可以响应于感知数据与第一位置和第二位置的不一致而采取其他动作。例如,撞击位置的区域可以被标记,并且例如使用除(一个或多个)机电传感器和/或(一个或多个)声学传感器之外的传感器来更密切地监视。此外,可以从除了(一个或多个)机电传感器和/或(一个或多个)声学传感器之外的传感器请求关于撞击位置的额外数据。

[0106] 图5是图示了用于基于确认事件来控制车辆100、200、302的示例过程500的流程图。在一些示例中,过程500可以由本公开的(一个或多个)低能量冲击力碰撞检测系统118、330来执行,并且车辆可以由(一个或多个)系统控制器120、324来控制,如上文所讨论的。

[0107] 更具体而言,在操作502处,过程500包括接收感知数据。例如,感知数据可以是来自车辆100的感知系统132的感知数据134。如在本文中所描述的,车辆的感知系统可以例如使用来自被设置在车辆上的一个或多个传感器的传感器数据来生成关于在车辆的环境中的对象的数据。在示例中,感知数据可以从除了在上文所讨论的操作402、406处接收到的传感器数据之外的数据中确定。

[0108] 在操作504处,过程500包括从感知数据中识别接近车辆的对象。例如,感知数据可以包括在车辆的环境中感测的位置处的对象的表示。在至少一些示例中,操作504能够包括识别在车辆的阈值距离(例如,10厘米、0.5米、一米等)内的对象。

[0109] 在操作506处,过程500包括接收传感器数据。例如,传感器数据可以由(一个或多个)第一传感器110生成的传感器数据122,以及如上文结合图1所讨论的,用于确定与车辆的低能量冲击力碰撞。同样地,在示例中,传感器数据可以对应于在操作404处接收的传感器数据和/或在操作408处接收的传感器数据,如上文所讨论的。在没有限制的情况下,传感器数据可以来自单种模态,例如,(一个或多个)机电传感器、(一个或多个)声学传感器等,或者来自多个模态。

[0110] 在操作508处,过程500包括从传感器数据中确定撞击的估计位置。例如,操作508可以对应于上文所讨论的过程400的操作404和/或操作408。例如,操作508能够包括基于由第一传感器模态生成的数据确定第一估计位置和/或基于由第二传感器模态生成的数据确定第二估计位置。在其他情况下,估计位置可以基于来自一个或多个传感器模态的传感器数据。

[0111] 在操作510处,过程500包括确定估计位置是否对应于对象位置。例如,操作510能

够包括确定对象位置是否在估计位置的阈值距离内。在其他示例中,操作510能够包括确定估计位置是在车身面板上还是在对象接近的区域中。

[0112] 如果,在操作510处,确定估计位置对应于对象位置,则在操作512处,所述过程确定撞击事件。例如,操作512可以对应于上文所讨论的操作412。尽管在图5中没有图示出,但是过程500也能够包括基于撞击事件来控制车辆,例如,如在上文所讨论的操作420中。

[0113] 替代地,如果在操作510处确定估计位置不对应于对象位置,则在操作514处,过程500包括确定没有撞击事件。例如,操作514可以对应于上文所讨论的操作414。

[0114] 基于前述内容,应当意识到,尽管本文提出的主题已经以特定于示例车辆系统100、200、402的结构部件、方法行为、计算机可读介质和/或可操作地连接到系统控制器120、424的其他结构部件的语言进行了描述,但应当理解,在所附的权利要求中限定的本发明不一定限于在本文中所描述的特定的特征、行为或媒介。相反,具体的特征、行为和媒介被公开作为实现在权利要求中叙述的主题的示例形式。

[0115] 示例条款

[0116] A:一种示例自动驾驶车辆,包括:机电传感器;声学传感器;一个或多个处理器;以及一个或多个计算机可读介质,其存储指令,所述指令当被运行时,使得所述一个或多个处理器执行包括以下的操作:从所述机电传感器接收指示与所述自动驾驶车辆相关联的第一撞击的机电传感器数据;至少部分地基于所述机电传感器数据来确定所述第一撞击的第一位置;从所述声学传感器接收指示与所述自动驾驶车辆相关联的第二撞击的声学传感器数据;至少部分地基于所述声学传感器数据来确定第二撞击的第二位置;至少部分地基于与所述第二位置相对应的所述第一位置来确定与所述自动驾驶车辆相关联的撞击事件;以及至少部分地基于所述撞击事件来控制所述自动驾驶车辆。

[0117] B:示例A的自动驾驶车辆,其中:所述机电传感器包括被耦合到所述自动驾驶车辆的车身面板的撞击传感器,所述撞击传感器被配置为生成与撞击的幅度相对应的信号;以及确定所述第一位置是至少部分地基于幅度大于或等于阈值的所述信号的。

[0118] C:示例A或示例B的自动驾驶车辆,其中:所述声学传感器包括被耦合到所述自动驾驶车辆的第一麦克风和被耦合到所述自动驾驶车辆并且与所述第一麦克风间隔开的第二麦克风;以及确定所述第二位置是至少部分地基于分析与在所述第一麦克风处接收到的声音相对应的第一音频信号和与在所述第二麦克风处接收到的声音相对应的第二音频信号的。

[0119] D:示例A至示例C中的任一项的自动驾驶车辆,还包括:感知系统,其被配置为生成与在所述自动驾驶车辆的环境中的对象相关联的感知数据,所述操作还包括:至少部分地基于所述感知数据来检测接近所述第一位置或所述第二位置中的至少一项的对象,其中,确定所述事件是至少部分地基于检测到所述对象的。

[0120] E:示例A至示例D中的任一项的自动驾驶车辆,所述操作还包括:至少部分地基于所述撞击事件来控制所述自动驾驶车辆,控制所述自动驾驶车辆包括以下中的至少一项:控制所述自动驾驶车辆停下来;与计算设备进行通信,所述计算设备和与所述自动驾驶车辆相关联的远程操作员或乘员中的至少一项相关联;取回与第一估计位置或第二估计位置中的至少一项相关联的额外传感器数据;或者生成撞击事件数据。

[0121] F:一种示例方法,包括:从与车辆相关联的第一系统接收第一数据;从与所述车辆

相关联的第二系统接收第二数据;至少部分地基于所述第一数据来确定撞击的第一估计位置;至少部分地基于所述第二数据来确定撞击的第二估计位置;以及至少部分地基于与第二估计位置相对应的所述第一估计位置来确定与所述车辆相关联的撞击事件。

[0122] G: 示例F的方法,其中,以下中的至少一项:接收所述第一数据包括从多个机电传感器接收第一传感器数据;或者,接收所述第二数据包括从多个声学传感器接收第二传感器数据。

[0123] H: 示例F或示例G的方法,其中,所述多个机电传感器包括以下的一项或多项:被耦合到所述车辆的车身面板的撞击传感器;被嵌入所述车辆中的薄膜传感器;或者与所述车辆的仪表板相关联的导电元件。

[0124] I: 示例F至示例H中的任一项的方法,其中,所述多个机械传感器被设置在所述车辆周围,确定所述第一估计位置包括:接收由所述多个撞击传感器中的第一撞击传感器生成的第一撞击传感器数据;接收由所述多个撞击传感器中的第二撞击传感器生成的第二撞击传感器数据;以及基于所述第一撞击传感器数据、所述第二撞击传感器数据、所述第一撞击传感器在所述阵列中的第一位置和第二撞击传感器在所述阵列中的第二位置来确定所述第一估计位置。

[0125] J: 示例F至示例I中的任一项的方法,其中,接收所述第二传感器数据包括从被耦合到所述车辆的多个声学传感器接收所述第二传感器数据。

[0126] K: 根据示例F至示例J中的任一项所述的方法,其中,确定所述第二估计位置包括:接收由所述多个声学传感器中的第一声学传感器生成的第一声学数据;接收由所述多个声学传感器中的第二声学传感器生成的第二声学数据;以及基于所述第一声学数据和所述第二声学数据来确定所述第一估计位置。

[0127] L: 示例F至示例K中的任一项的方法,其中,接收所述第一数据包括:从与所述车辆相关联的感知系统接收感知数据,所述感知数据包括关于接近所述车辆的对象的信息。

[0128] M: 示例F至示例L中的任一项的方法,其中,确定撞击的所述第一估计位置距所述第二估计位置小于或等于阈值距离。

[0129] N: 示例F至示例M中的任一项的方法,其中,所述第一数据包括多个信号值以及确定所述第一估计位置包括:使用k均值聚类来确定与具有较高平均值的所述第一系统相关联的传感器聚类;以及将所述第一估计位置确定为所述传感器聚类的空间中心。

[0130] O: 一种示例车辆,包括:与所述车辆相关联并且被配置为生成与所述车辆相关联的第一数据的第一系统;与所述车辆相关联并且被配置为生成与所述车辆相关联的传感器数据的第二系统;一个或多个处理器;以及存储指令的一个或多个计算机可读介质,所述指令当被运行时,使得所述一个或多个处理器执行包括以下的操作:接收所述第一数据;至少部分地基于所述第一数据来确定撞击的第一估计位置;接收所述第二数据;至少部分地基于所述第二传感器数据来确定撞击的第二估计位置;至少部分地基于与所述第二估计位置相对应的所述第一估计位置来确定与所述车辆相关联的撞击事件;以及至少部分地基于所述撞击事件来控制所述车辆。

[0131] P: 示例O的车辆,其中,以下中的至少一项:接收所述第一数据包括接收来自传感器的传感器数据;或者,接收所述第一数据包括接收来自感知系统的感知数据。

[0132] Q: 示例O或示例P的车辆,其中:确定所述第一估计位置包括:接收由所述多个撞击

传感器中的第一撞击传感器生成的第一撞击传感器数据作为所述第一数据;接收由所述多个撞击传感器中的第二撞击传感器生成的第二撞击传感器数据;以及基于所述第一撞击传感器数据、所述第二撞击传感器数据、所述第一撞击传感器在所述阵列中的第一位置和所述第二撞击传感器在所述阵列中的第二位置,来确定所述第一估计位置。

[0133] R: 示例0至示例Q中的任一项的车辆,其中:所述一个或多个传感器包括最接近所述车辆的表面布置成阵列的多个声学传感器;以及确定所述估计位置包括:接收由所述多个声学传感器中的第一声学传感器生成的第一声学数据;接收由所述多个声学传感器中的第二声学传感器生成的第二声学数据;以及基于所述第一声学数据、所述第二声学数据、所述第一声学传感器在所述阵列中的第一位置和所述第二声学传感器在所述阵列中的第二位置,来确定所述第一估计位置。

[0134] S: 示例0至示例R中的任一项的车辆,其中:所述一个或多个传感器包括多个机电传感器和多个声学传感器,并且所述估计位置是至少部分地基于在所述车辆上的所述多个机电传感器和所述多个声学传感器的位置的。

[0135] T: 示例0至示例S中的任一项的车辆,其中,控制所述车辆包括以下中的至少一项:停止所述车辆、传输操作数据或者实现在远程操作员和与所述车辆相关联的通信单元之间的双向通信。

[0136] 上述主题仅以说明的方式提供以及不应被解释为限制。此外,所要求保护的主体不限于解决在本公开的任何部分中指出的任何或所有缺点的实现。在不遵循所示出和描述的示例和应用的情况下,并且不脱离在所附权利要求中阐述的本发明的精神和范围的情况下,可以对在本文中所描述的主题进行各种修改和改变。

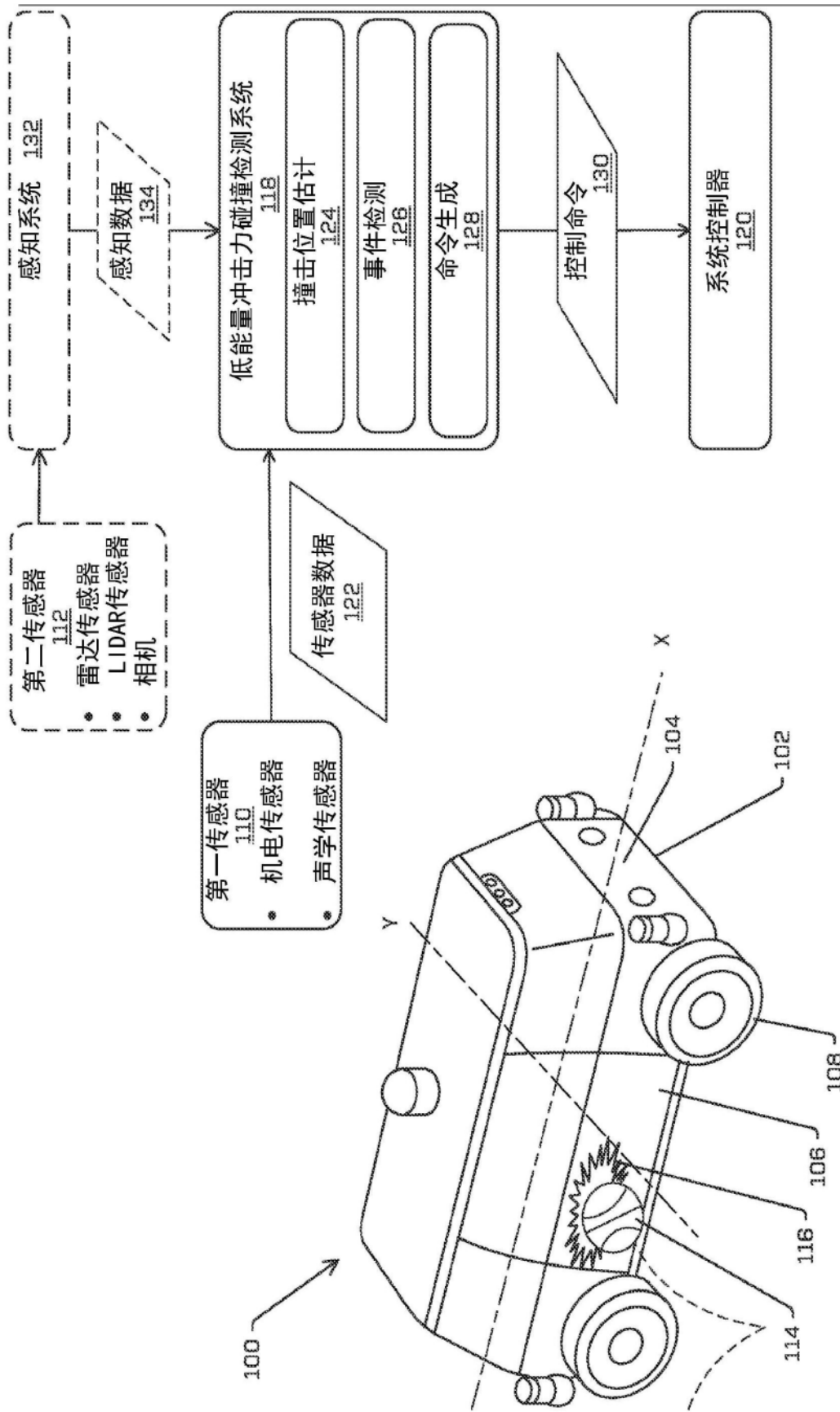


图1

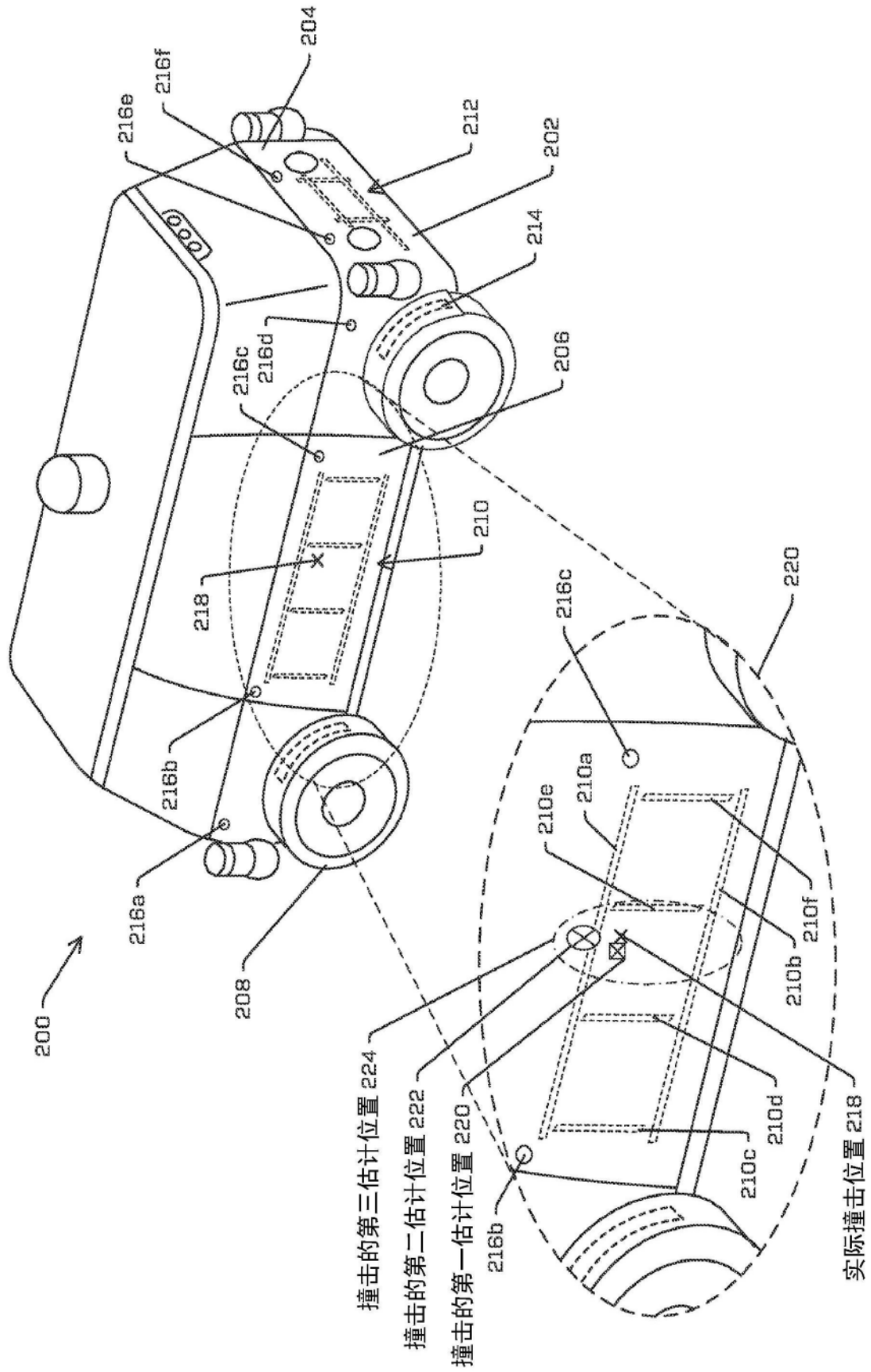


图2

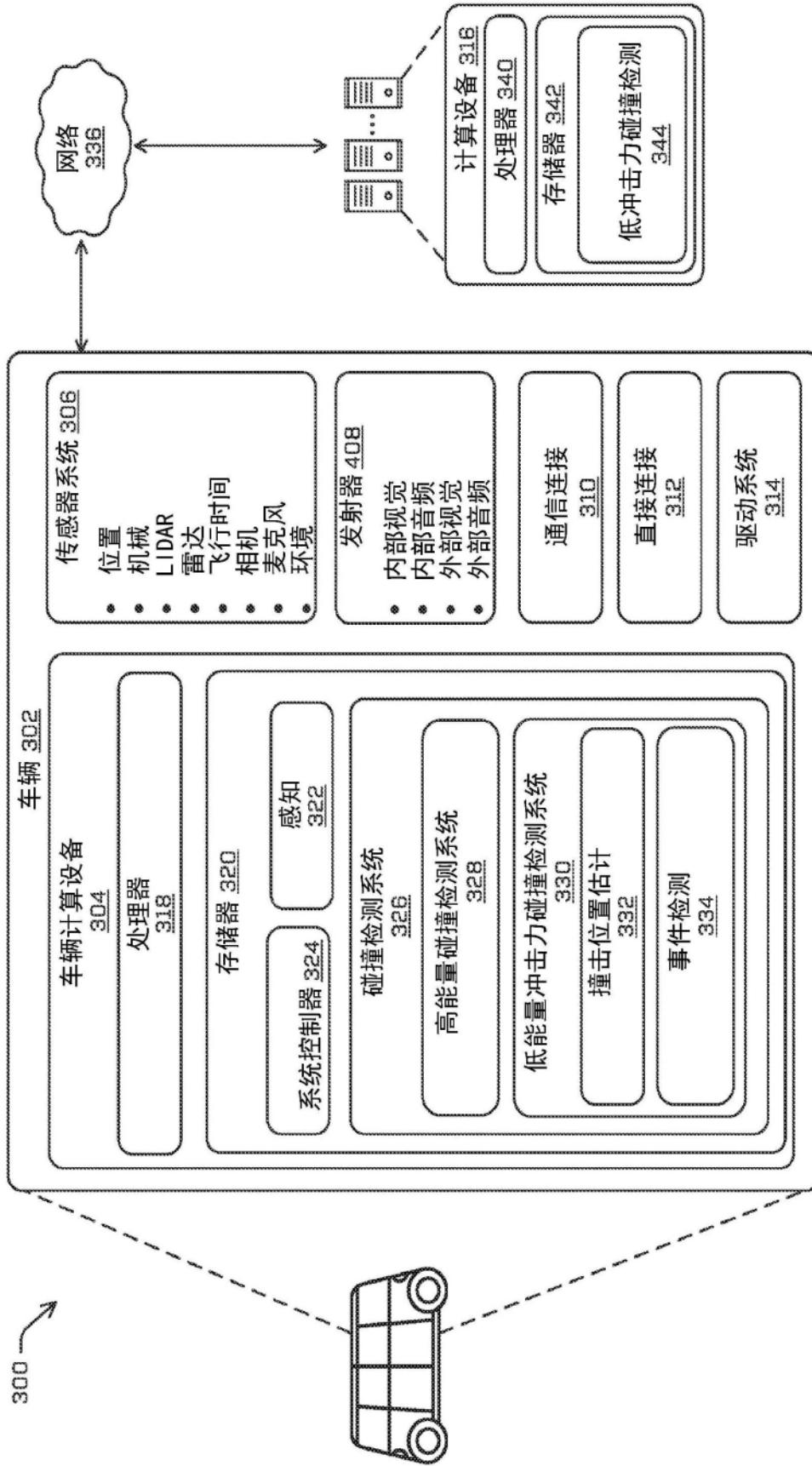


图3

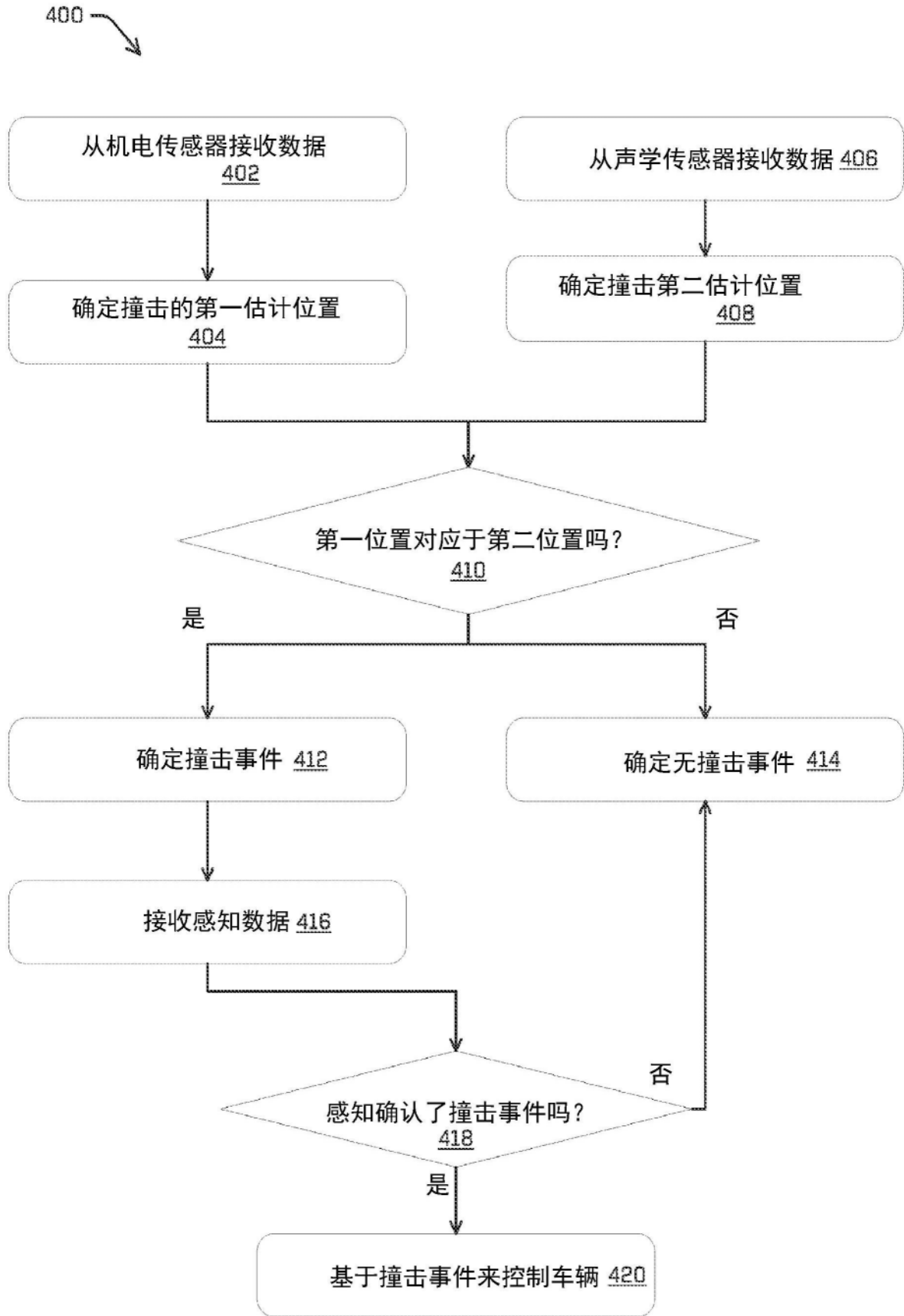


图4

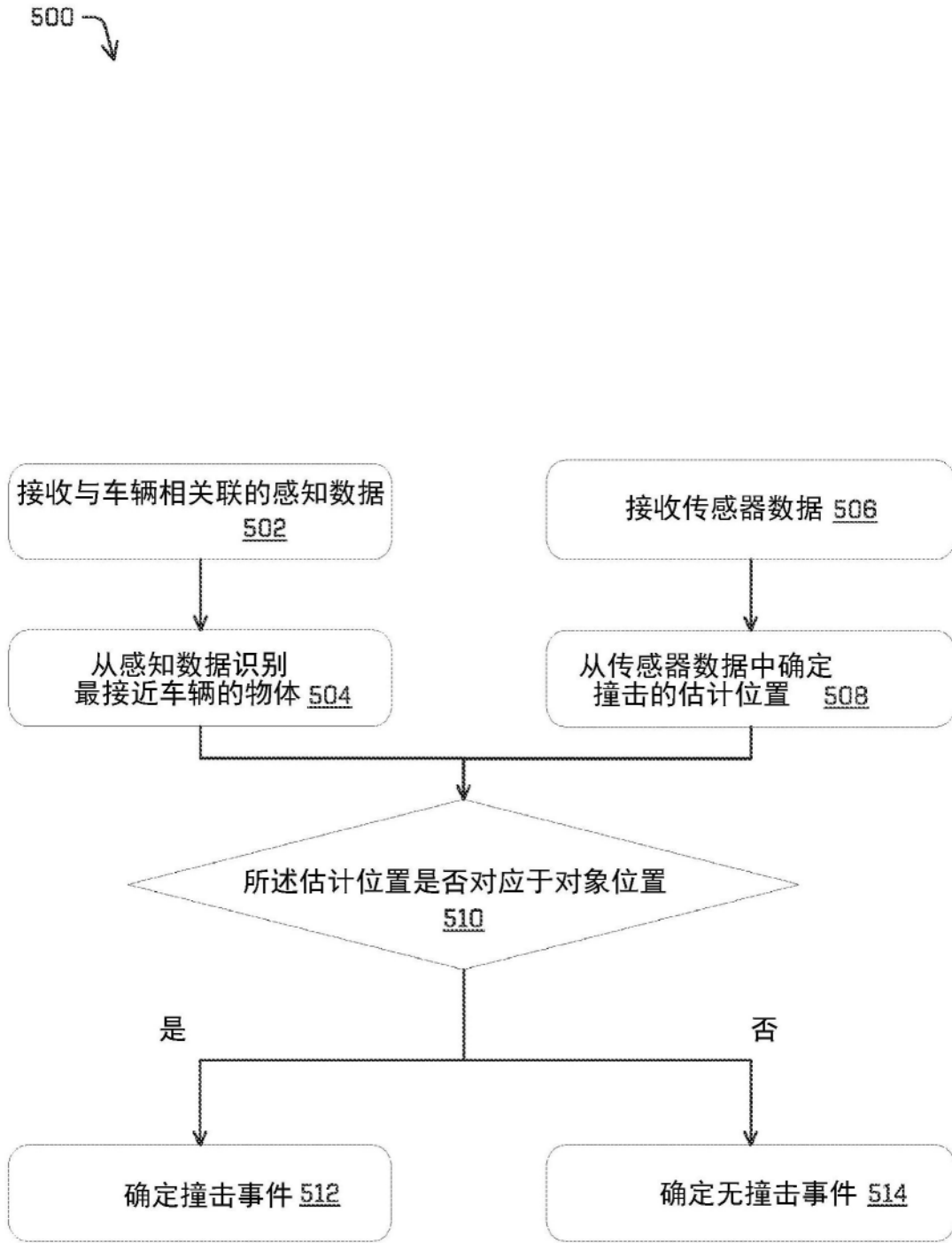


图5