



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 118170570 A

(43) 申请公布日 2024. 06. 11

(21) 申请号 202311644697.1

(22) 申请日 2023.12.04

(30) 优先权数据

18/063,455 2022.12.08 US

(71) 申请人 福特全球技术公司

地址 美国密歇根州迪尔伯恩市

(72) 发明人 H·辛格 D·M·伍达德

(74) 专利代理机构 北京连和连知识产权代理有限公司 11278

专利代理师 刘小峰 杨帆

(51) Int. Cl.

G06F 11/07 (2006.01)

G06F 9/54 (2006.01)

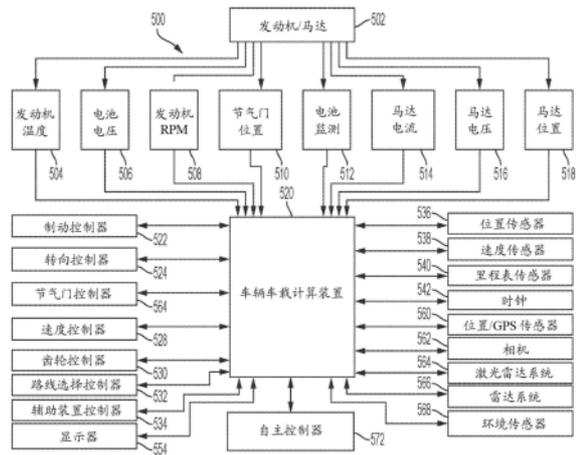
权利要求书3页 说明书15页 附图7页

(54) 发明名称

用于检测计算系统内的消息延时和故障的方法和系统

(57) 摘要

本公开提供“用于检测计算系统内的消息延时和故障的方法和系统”。本文档公开了用于检测诸如自主车辆的计算系统的计算系统中的故障或延时的系统、方法和计算机程序产品实施例。在计算系统中,从车辆的作为发布者的子系统接收消息并且沿着通信路径将消息传送到车辆的作为订阅者的子系统。所述方法包括:针对沿着通信路径传输的一组消息中的每个消息,从沿着通信路径的多个检查点接收消息ID和指示所述检查点何时接收到消息、发布消息或发布从消息导出的结果的时间戳。所述方法还包括使用消息ID和时间戳来测量在所述消息到达其对应的订阅者之前在通信路径中发生的延时量。当测量的延时不满足阈值时,车辆可以采取补救动作。



1. 一种检测计算系统的部件之间的通信的故障或延时的方法,所述方法包括:  
在从车辆的作为发布者的子系统接收消息并且沿着通信路径将消息传送到所述车辆的作为订阅者的子系统所经由的计算系统中:  
针对沿着所述通信路径传输的一组消息中的每个消息,从沿着所述通信路径的多个检查点接收消息ID和指示所述检查点何时接收到所述消息、发布所述消息或发布从所述消息导出的结果的时间戳;  
使用所述消息ID和所述时间戳来测量在所述消息到达其对应的订阅者之前在所述通信路径中发生的延时量;以及  
在确定所测量的延时不满足阈值时,向所述车辆的系统发送信号以采取补救动作。
2. 如权利要求1所述的方法,其中:  
测量所述延时量包括确定第一检查点发布第一消息的时间与所述第一检查点发布后续消息的时间之间的差值;并且  
确定所测量的延时不满足所述阈值包括确定所述差值超过最大连续采样延时阈值。
3. 如权利要求1所述的方法,其中:  
测量所述延时量包括测量通过第一检查点的消息的采样率;并且  
确定所测量的延时不满足所述阈值包括确定所述采样率低于最小预期采样率。
4. 如权利要求3所述的方法,其还包括根据在先前时间窗口内通过所述第一检查点的消息的采样率来确定所述最小预期采样率。
5. 如权利要求1所述的方法,其中:  
测量所述延时量包括针对所述检查点中的两个,将输入延时确定为第一消息在所述两个检查点之间行进所花费的时间之间的差值;并且  
确定所测量的延时不满足所述阈值包括确定所述输入延时超过最大可接受的输入延时。
6. 如权利要求1所述的方法,其中:  
测量所述延时量包括针对所述检查点中的两个,将输入延时确定为第一消息在所述两个检查点之间行进所花费的时间和第二消息在所述两个检查点之间行进所花费的时间之间的差值;并且  
确定所测量的延时不满足所述阈值包括确定所述输入延时超过最大可接受的输入延时。
7. 如权利要求1所述的方法,其中测量所述延时量包括:  
将处理延时确定为第一检查点接收到第一消息时的时间与所述第一检查点发布所述第一消息或所述第一检查点从所述第一消息导出的结果时的时间之间的差值;并且  
确定所测量的延时不满足所述阈值包括确定所述处理延时超过最大处理延时。
8. 如权利要求1所述的方法,其中针对所述检查点中的至少一者,向所述车辆的所述系统发送所述信号以采取补救动作包括仅在确定在某个时间窗口内所述检查点处的多个消息的所测量的延时不满足阈值之后才这样做。
9. 如权利要求1所述的方法,其还包括由所述车辆的接收所述信号的所述系统响应于接收到所述信号而执行以下一者或多者:  
启动自动诊断功能;

命令轨迹生成系统生成将致使所述车辆靠边停车并停止的轨迹;或  
命令所述车辆的操作系统从自主模式切换到需要所述车辆中的乘客来驾驶所述车辆的手动模式。

10. 一种用于监测车辆中的通信的系统,所述系统包括:

监测系统,所述监测系统包括车载的处理器和具有编程指令的存储器,所述编程指令被配置为致使所述处理器:

针对沿着所述车辆的作为发布者的一个或多个子系统与所述车辆的作为订阅者的一个或多个子系统之间的通信路径传输的一组消息中的每个消息,从沿着所述通信路径的多个检查点接收消息ID和指示所述检查点何时接收到所述消息、发布所述消息或发布从所述消息导出的结果的时间戳;

使用所述消息ID和所述时间戳来测量在所述消息到达其对应的订阅者之前在所述通信路径中发生的延时量;以及

在确定所测量的延时不满足阈值时,向所述车辆的系统发送信号以采取补救动作。

11. 如权利要求10所述的系统,其中:

用于测量所述延时量的指令包括用于确定第一检查点发布第一消息的时间与所述第一检查点发布后续消息的时间之间的差值的指令;并且

用于确定所测量的延时不满足所述阈值的指令包括用于确定所述差值超过最大连续采样延时阈值的指令。

12. 如权利要求10所述的系统,其中:

用于测量所述延时量的指令包括用于测量通过第一检查点的消息的采样率的指令;并且

用于确定所测量的延时不满足所述阈值的指令包括用于确定所述采样率低于最小预期采样率的指令。

13. 如权利要求12所述的系统,其还包括用于根据在先前时间窗口内通过所述第一检查点的消息的采样率来确定所述最小预期采样率的指令。

14. 如权利要求10所述的系统,其中:

用于测量所述延时量的指令包括用于针对所述检查点中的两个将输入延时确定为第一消息在所述两个检查点之间行进所花费的时间之间的差值的指令;并且

所述指令将致使所述处理器在所述输入延时超过最大可接受的输入延时时确定所测量的延时不满足所述阈值。

15. 一种计算机程序产品,其包括存储器和编程指令,所述编程指令被配置为致使处理器在从作为发布者的子系统接收消息并沿着通信路径将消息传送到作为订阅者的子系统所经由的计算系统中通过以下操作来监测通信:

针对沿着作为发布者的所述子系统中的一个或多个与作为订阅者的所述子系统中的一个或多个之间的通信路径传输的一组消息中的每个消息,从沿着所述通信路径的多个检查点接收消息ID和指示所述检查点何时接收到所述消息、发布所述消息或发布从所述消息导出的结果的时间戳;

使用所述消息ID和所述时间戳来测量在所述消息到达其对应的订阅者之前在所述通信路径中发生的延时量;以及

在确定所测量的延时不满足阈值时,致使所述计算系统采取补救动作。

## 用于检测计算系统内的消息延时和故障的方法和系统

### 技术领域

[0001] 本公开涉及使用系统和方法来检测车辆的系统中的故障或延时。

### 背景技术

[0002] 高性能计算系统(诸如自主车辆(AV)中使用的那些计算系统)必须在多个子系统之间分配数据,因为一个子系统可能需要另一个子系统的数据来做出决策,反之亦然。AV的许多子系统会发布数据,并且其他系统将订阅该数据。例如,AV的运动规划系统必须接收并分析由AV的感知系统捕获的数据以规划车辆的轨迹。AV的运动控制系统将根据从AV的运动规划系统接收的数据起作用。

[0003] 在典型的车辆运行中,AV将以不同的速率从各种传感器接收数千个不同的操作参数。发布这些参数的子系统的订阅者必须能够以非常低的延时实时地收集该数据并根据该数据行动,以不仅确定要采取什么动作,而且还识别故障并对故障作出反应。

[0004] 传统系统通过在传输期间向每个消息添加概要来寻找消息故障,订阅者在接收到概要时对概要进行检查。传统系统还仅通过计算消息的传输与接收之间的时间差值,或者通过在最大时间段内未接收到消息的情况下确定存在延时,来测量消息的延时。由于高性能计算系统(诸如AV中的那些计算系统)的复杂性,这种测量延时的简单的点对点方法是不够的,并且它是尾随指示符,因为它只能在传递消息之后检测延时。它也没有考虑消息的序列化和反序列化的时序方面。

[0005] 本文档描述了解决上述问题和/或其他问题的方法和系统。

### 发明内容

[0006] 与现有解决方案相关联的问题中的至少一些将被示出为通过包括在本文档中的独立权利要求的主题来解决。在从属权利要求中讨论了另外的有利方面。

[0007] 在各种实施例,本公开描述了一种检测计算系统中的故障或延时的方法,以及用于实施所述方法的系统和计算机程序产品。所述方法包括:在从车辆的作为发布者的子系统接收消息并且沿着通信路径将消息传送到车辆的作为订阅者的子系统所经由的计算系统中:(i) 针对沿着通信路径传输的一组消息中的每个消息,从沿着通信路径的多个检查点接收消息ID和指示检查点何时接收到消息、发布消息或发布从消息导出的结果的时间戳;(ii) 使用消息ID和时间戳来测量在所述消息到达其对应的订阅者之前在通信路径中发生的延时量;以及(iii) 在确定所测量的延时不满足阈值时,向车辆的系统发送信号以采取补救动作。

[0008] 下面描述了另外的变型和实施例。

[0009] 上述方法可以体现在包括处理器和存储器的系统中,存储器包含编程指令,所述编程指令在被执行时将致使处理器实施上述动作。各种实施例还包括包含此类编程指令的计算机程序产品,以及包含计算机程序产品的存储器。

## 附图说明

- [0010] 附图并入本文档中并形成说明书的一部分。
- [0011] 图1示出了如在计算系统的上下文中使用的消息监测系统的示例性元件。
- [0012] 图2示出了涉及从计算系统中的多个发布者到订阅者的数据的示例性执行流程。
- [0013] 图3示出了自主车辆中的示例性通信路径,其中各种车辆子系统充当发布者、订阅者或两者。
- [0014] 图4是示出系统可以测量通信的延时或故障的示例性过程的流程图。
- [0015] 图5示出了根据本公开的各方面的车辆的示例性架构。
- [0016] 图6是用于实施各种实施例的示例性计算机系统。
- [0017] 图7是示出自主车辆的示例性子系统的框图。
- [0018] 在附图中,相同的附图标记一般指示相同或类似的元件。另外,一般地,附图标记最左边的数字标识附图标记首次出现在的附图。

## 具体实施方式

- [0019] 本文档描述了系统、设备、装置、方法和/或计算机程序产品实施例,和/或上述任何项的组合和子组合。
- [0020] 如本文档中所使用的,除非上下文另外明确指明,否则单数形式“一个”、“一种”和“所述”包括多个指示物。除非另有定义,否则本文档中使用的所有技术和科学术语具有与本领域普通技术人员通常理解相同含义。如本文档中所使用的,术语“包括”意指“包括但不限于”。
- [0021] 在本文档中,术语“车辆”是指能够运载一个或多个人类乘员和/或货物并且由任何形式的能量提供动力的任何移动形式的交通工具。术语“车辆”包括但不限于小汽车、卡车、货车、火车、自主车辆、飞行器、空中无人机等。“自主车辆”(或“AV”)是具有处理器、编程指令和传动系部件的车辆,所述传动系部件可由处理器控制而无需人类操作员。自主车辆可以是完全自主的,其中它对于大多数或所有驾驶条件和功能不需要人类操作员,或者它可以是半自主的,其中在某些条件下或对于某些操作可能需要人类操作员,或者人类操作员可以超驰车辆的自主系统并且可以控制车辆。
- [0022] 与本文档相关的附加术语的定义包括在本具体实施方式的末尾。
- [0023] 在AV系统中监测消息故障并测量消息延时是具有挑战性的。传统的消息故障检测和延时测量系统是不够的,因为它们仅监测发布点和接收点。然而,由于自主相关系统的复杂架构和此类系统中涉及的端点的数量,可能会引入延时,并且可能在系统内的许多点处发生故障。
- [0024] 为了解决这个问题,本文档中描述的解决方案引入了根据接口类型放置的检查点,以测量系统中的发布者与订阅者之间的消息的延时。在高级别下,延时被测量为 $T_{\text{发布者}}$ (消息传输时间)与 $T_{\text{订阅者}}$ (消息接收时间)之间的差值。检查点沿途监测多个传输和接收实例,并且它们可以用于改善消息延时的测量。如果消息在各个检查点处的大小大于或小于基于其在发布时的大小所预期的大小,则检查点还可以帮助及早识别故障。
- [0025] 值得注意的是,本文档在AV的背景下描述了本解决方案。然而,本解决方案不限于AV应用。本解决方案可以用于其他应用,诸如其他机器人应用、雷达系统应用、度量应用和/

或系统性能应用。

[0026] 用于计算系统的监测系统是通信地和/或电连接到计算系统的各种部件(诸如传感器、子系统或其他元件)以从那些部件收集状态或操作参数值的一组硬件。如图1所示,用于计算系统的监测系统101可以包括处理器104和具有编程指令的存储器106。监测系统101还可以包括用于将命令和/或数据传输到外部电子装置和/或远程服务器的传输器。在各种实施例中,监测系统101可以嵌入计算系统的其他部件或与计算系统的其他部件成一体,或者其可以是与一个或多个其他本地子系统通信的单独装置,例如诸如在AV的背景下为车载诊断系统。

[0027] 监测系统101可以包括或连接到数据记录装置102,所述数据记录装置包括数据输入端109(诸如无线接收器),所述数据输入端被配置为直接或间接地从计算系统的传感器111和其他部件110接收装置操作数据。监测系统101还可以直接或间接地从外部数据源112接收信息。下文将在图5的上下文中讨论AV的示例性部件,并且所述示例性部件包括诸如相机系统、激光雷达系统和自主车辆操作系统等部件。示例性外部数据源包括交通基础设施系统、远程操作和引导系统、全球定位系统(GPS)等。在一些配置中,如果AV的部件是与监测系统101分开(但与之通信)的车辆子系统的一部分,则所述部件可以被认为是外部数据源112。

[0028] 图2示出了可以如何对由计算系统中的各种发布者发布给订阅者的数据实施执行流程的示例,所述执行流程可以应用于从那些元件接收的数据。使用AV作为示例,车辆的轨迹生成系统221可以从各种发布者(诸如相机201、通信系统202和激光雷达系统203)以及从车辆的其他部件订阅数据。由发布者发送的数据可以通过任何数量的其他部件211。例如,图2示出了由相机201发布的数据将在其到达订阅者221之前通过部件211A、211B和211C。每个这样的部件可以对数据执行执行流程的一个或多个功能。如果监测系统监测部件211中的任一者,则此类部件可以被认为是发布者与订阅者之间的通信路径中的检查点。另外,在一些配置中,诸如检查点A231或检查点B233的独立检查点可以沿着通信路径中的一个或多个定位,以提供独立于任何系统部件的监测位置。当监测系统从任何检查点接收到数据时,系统将更新其数据日志以包括该数据的标识符和时间戳。任选地,监测系统可以将数据日志传递到执行流程中的一个或多个检查点。然后,每个后续检查点可以更新数据日志并在保留或不保留数据日志的副本的情况下将数据日志传递到下一个检查点,直到数据日志到达通信地连接到监测系统的检查点。

[0029] 在监测计算系统中的数据的现有系统中,监测系统将仅监测起点(发布者)和端点(订阅者),因此直到执行流程结束才获知延时或故障。在本解决方案中,检查点中的一个或多个将主动地将数据日志发送到监测系统,而无需等待监测系统对其进行轮询。这种主动监测进一步减少了延时或故障的发生与系统检测到该状况之间的滞后。

[0030] 图3示出了各种AV系统之间的通信路径以及沿着该路径的检查点的附加示例。在图3中,各种车辆子系统321是到其他系统的数据的发布者、从其他系统接收的数据的订阅者或发布者和订阅者两者。

[0031] 例如,如图所示,车辆的轨迹生成系统307订阅由车辆的定位系统305发布的数据。如本领域中已知的,定位系统305是从各种传感器和系统接收数据并使用该数据来识别车辆的当前位置(通常参考高清晰度(HD)地图)的系统。例如,图3示出了作为订阅者的定位系

统305在其能力范围内从一个或多个外部数据源301(诸如车辆的车载传感器302(诸如相机)中的一者或多者或其对应的传感器驱动器303中的任一者)接收数据。来自一个源或子系统的一些数据可以在到达订阅者之前通过各种其他源或子系统。例如,如图所示,车辆的传感器302数据在到达定位系统305之前通过传感器驱动器303中的一个或多个以及一个或多个通信子系统304。其他数据可以从发布者直接到达。

[0032] 定位系统305可以处理该数据以确定AV的位置。然后,作为发布者,定位系统305可以任选地经由通信子系统306将所得数据(其可以包括从外部数据源301中的任一者接收的数据和/或定位系统处理该数据的结果)传递到轨迹生成系统307。

[0033] 图3还示出了监测系统在确定是否正在发生通信的延时或故障时可以考虑的各种时间间隔。在图3的示例中,标签T\_数据-样本是指与传感器302相关联的检查点发布信息的时刻。标签T\_数据-接收是指与定位系统305相关联的检查点接收到该信息的时刻。标签T\_数据-发布是指与定位系统305相关联的检查点指示定位系统305发布其结果的时刻。标签T\_接收是指与轨迹生成系统307相关联的检查点接收由定位系统305发布的信息的时刻。

[0034] 图4示出了当在诸如图2和图3所示的系统的系统中发生延时和故障时监测系统识别延时和故障将通过的过程。通过系统的每个消息将具有消息标识符(ID),所述消息标识符相对于系统中的其他消息唯一地标识该消息。当消息通过任何检查点时(无论是在接收时还是在发布时),在401处,检查点向监测系统传输通知,所述通知包括消息ID和指示消息何时在检查点处的时间戳。时间戳可以指示检查点接收到消息、发布消息或发布从处理消息导出的结果的时间。

[0035] 在402处,监测系统接收这些通知中的每一个并对其进行处理以测量是否有任何消息未能到达预期目的地,或者消息的传递是否落后于系统的预期(即,系统是否未能满足阈值并且因此在传递消息时表现出延时)。

[0036] 例如,当处理通知时,系统可以确定连续样本延时(404),所述连续样本延时表示发布者发布第一消息的时间与来自同一发布者的后续消息的发布时间之间的时间差值。例如,参考图3,由操作系统302发布的消息的连续样本延时将是 $T^N$ \_数据-样本与 $T^{N+1}$ \_数据-样本之间的差值,而由定位系统305发布的消息的连续样本延时将是 $T^N$ \_数据-发布与 $T^{N+1}$ \_数据-发布之间的差值。如果所测量的连续样本延时超过阈值最大量(404:是),则监测系统可以通知另一个系统采取动作(420),其示例将在下面进行描述。

[0037] 当处理通知时,系统还可以确定采样率(406),所述采样率表示消息在时间窗口内通过检查点并由检查点输出的速率。例如,可以预期惯性测量单元(IMU)或车辆姿态计算子系统在一段时间内发布至少最小数量的消息。如果不满足阈值,则这可能指示关于数据源(IMU或姿态确定)或系统在数据源与监测系统之间的其他部分的操作存在技术问题。所述系统还可以通过将最小数量的预期消息阈值设置为等于在一个或多个先前时间窗口内接收的消息的数量或者设置为在一个或多个先前时间窗口内接收的消息的数量的函数来寻找采样率的降低。函数可以是平均值、均值或百分比,诸如90%。如果在一段时间内未接收到最小阈值数量的预期消息(即,如果采样率低于阈值)(406:否),则监测系统可以通知另一个系统采取补救动作(420),其示例将在下面进行描述。

[0038] 当处理通知时,系统还可以确定输入延时(408),所述输入延时表示第一检查点接收到消息时与第二检查点接收到消息(或相关消息)时之间的时间。例如,参考图3,由操作

系统302发布的消息的输入延时将是T\_数据-样本与T\_数据-接收之间的差值。如果所测量的输入延时超过认为是可接受的阈值最大延时(408:是),则监测系统可以通知另一个系统采取补救动作(420),其示例将在下面进行描述。

[0039] 当处理通知时,系统还可以确定处理延时(410),所述处理延时表示检查点接收到消息时与该检查点处理消息时之间的时间。例如,参考图3,针对每个消息,定位系统305的处理延时将为T\_数据\_接收与T\_数据\_发布之间的差值。如果所测量的输入延时超过阈值(410:是),则监测系统可以通知另一个系统采取补救动作(420),其示例将在下面进行描述。

[0040] 当处理通知时,系统还可以测量多个其他数据延时参数中的任一个(412)。例如,系统可以确定完成单个功能的时间,或任何两个功能之间的时间。作为示例,在AV中,系统可以测量姿态估计器接收到激光雷达扫描的时间与姿态估计器输出新姿态测量值的时间之间的时间。如果所测量的延时超过阈值(412:是),则监测系统可以通知另一个系统采取补救动作(420),其示例将在下面进行描述。

[0041] 如果没有测量触发补救动作,则系统可能未经历故障或不可接受的延时,并且可能不需要补救动作(418)。

[0042] 图4中所示且在上文讨论的示例性测量不需要以所示的顺序执行。序列可以改变以对步骤进行重新排序。另外,一些或所有测量可以同时发生,特别是在监测系统使用能够并行处理的多核处理器的情况下。另外,在各种配置中,可以确定少于所示的所有测量,和/或可以确定附加的测量。

[0043] 另外,上述决策框可以或可以不基于单个消息触发补救动作。在一些实施例中,对于至少一些受监测的检查点,仅当最小数量的消息在该检查点处的指定时间段内表现出延时或故障时,系统才可以确定需要补救动作。

[0044] 上述任何或所有延时或故障都可以在420处触发各种补救动作中的任一者。例如,延时或故障可以向车载诊断系统发送信号,所述信号触发自动诊断功能的激活和/或警报的显示或传输。延时或故障可能会触发对车辆的轨迹生成系统的命令,所述命令指示车辆靠边停车并停在合适的停车位置。延时或故障可以触发对车辆的自主车辆操作系统的命令以从自主模式切换到手动模式,手动模式需要车辆中的乘客担任车辆的操作员(即,驾驶员)的角色。在各种实施例中可以发生其他补救动作。所述系统可以被编程有规则以根据特定延时或故障的类型、持续时间或幅度来引导系统对特定补救动作的选择。

[0045] 图5示出了根据本公开的各方面的车辆的示例性系统架构500。如图5所示,车辆的系统架构500包括发动机或马达502以及用于测量车辆的各种参数的各种传感器504至518。在具有燃料动力发动机的汽油动力或混合动力车辆中,传感器可以包括例如发动机温度传感器504、电池电压传感器506、发动机每分钟转数(“RPM”)传感器508和节气门位置传感器510。如果车辆是电动或混合动力车辆,则车辆可以具有电动马达,并且相应地包括传感器,诸如电池监测系统512(用于测量电池的电流、电压和/或温度)、马达电流传感器514和电压传感器516以及马达位置传感器518(诸如旋转变压器和编码器)。

[0046] 两种类型的车辆共有的操作参数传感器包括例如:位置传感器536,诸如加速度计、陀螺仪和/或惯性测量单元;速度传感器538;以及里程表传感器540。车辆还可以具有时钟542,系统使用所述时钟来确定操作期间的车辆时间。时钟542可以被编码到车辆车载计

算装置中,它可以是单独的装置,或者多个时钟可以是可用的。

[0047] 车辆还可以包括各种传感器,所述传感器操作以收集关于车辆正在行驶的环境的信息。这些传感器可以包括例如:位置传感器560(诸如全球定位系统(“GPS”)装置);对象检测传感器,诸如一个或多个相机562;激光雷达系统564;和/或雷达和/或声呐系统566。传感器还可以包括环境传感器568,诸如降水传感器和/或环境温度传感器。对象检测传感器可以使得车辆能够检测在车辆在任何方向上的给定距离范围内的对象,而环境传感器收集关于车辆的行驶区域内的环境状况的数据。

[0048] 在操作期间,信息从传感器传送到车辆车载计算装置520。车载计算装置520可以使用诸如图6所示的计算机系统来实施。车辆车载计算装置520分析由传感器捕获的数据,并且任选地基于分析结果来控制车辆的操作。例如,车辆车载计算装置520可以:经由制动控制器522来控制制动;经由转向控制器524来控制方向;经由节气门控制器526(在汽油动力车辆中)或马达转速控制器528(诸如电动车辆中的电流电平控制器)来控制速度和加速度;经由差速齿轮控制器530(在具有变速器的车辆中)进行控制;和/或经由其他控制器进行控制。辅助装置控制器534可以被配置为控制一个或多个辅助装置,诸如测试系统、辅助传感器、由车辆运输的移动装置等。

[0049] 地理位置信息可以从位置传感器560传送到车载计算装置520,所述车载计算装置然后可以访问与位置信息相对应的环境地图以确定环境的已知固定特征,诸如街道、建筑物、停车标志和/或停止/行进信号。来自相机562的所捕获图像和/或从诸如激光雷达系统564的传感器捕获的对象检测信息从那些传感器传送到车载计算装置520。对象检测信息和/或所捕获图像由车载计算装置520处理以检测车辆附近的对象。用于基于传感器数据和/或所捕获图像进行对象检测的任何已知或即将获知的技术都可以用于本文档中公开的实施例中。

[0050] 激光雷达信息从激光雷达系统564传送到车载计算装置520。另外,所捕获图像从相机562传送到车辆车载计算装置520。激光雷达信息和/或所捕获图像由车辆车载计算装置520处理以检测车辆附近的对象。车辆车载计算装置520进行对象检测的方式包括本公开中详述的此类能力。

[0051] 另外,系统架构500可以包括车载显示装置554,所述车载显示装置可以生成并输出界面,在所述界面上向车辆的乘员显示传感器数据、车辆状态信息或由本文档中描述的过程生成的输出。显示装置可以包括以音频格式呈现此类信息的音频扬声器,或者单独的装置可以是以音频格式呈现此类信息的音频扬声器。

[0052] 车载计算装置520可以包括路线选择控制器532和/或可以与所述路线选择控制器通信,所述路线选择控制器为自主车辆生成从起始位置到目的地位置的导航路线。路线选择控制器532可以访问地图数据存储库以识别车辆可以在其上行驶以从起始位置到达目的地位置的可能路线和路段。路线选择控制器532可以对可能的路线进行评分并识别到达目的地的优选路线。例如,路线选择控制器532可以生成使欧几里德行驶距离或在路线期间的其他成本函数最小化的导航路线,并且可以进一步访问交通信息和/或估计,所述交通信息和/或估计可能影响在特定路线上行驶所花费的时间量。取决于实施方式,路线选择控制器532可以使用各种路线选择方法(诸如Dijkstra算法、Bellman-Ford算法或其他算法)来生成一条或多条路线。路线选择控制器532还可以使用交通信息来生成反映路线的预期状况

(例如,当前周中此日或当前当日时间等)的导航路线,使得针对高峰时段期间的行驶而生成的路线可能与针对深夜行驶生成的路线不同。路线选择控制器532还可以生成到目的地的多于一条导航路线,并且将这些导航路线中的多于一条导航路线发送给用户以供用户从各种可能的路线中进行选择。

[0053] 在各种实施例中,车载计算装置520可以确定车辆的周围环境的感知信息。基于由一个或多个传感器提供的传感器数据和所获得的位置信息,车载计算装置520可以确定车辆的周围环境的感知信息。感知信息可以表示普通驾驶员在车辆的周围环境中将感知到的内容。感知数据可以包括与车辆的环境中的一个或多个对象有关的信息。例如,车载计算装置520可以处理传感器数据(例如,激光雷达或雷达数据、相机图像等),以便识别车辆的环境中的对象和/或特征。对象可以包括交通信号灯、道路边界、其他车辆、行人和/或障碍物等。车载计算装置520可以使用任何现在或以后获知的对象识别算法、视频跟踪算法和计算机视觉算法(例如,在多个时间段内迭代地逐帧跟踪对象)以确定感知。

[0054] 在一些实施例中,车载计算装置520还可以针对环境中的一个或多个识别的对象确定对象的当前状态。对于每个对象,状态信息可以包括但不限于:当前位置;当前速度和/或加速度、当前航向;当前姿态;当前形状、大小或覆盖区;类型(例如,车辆、行人、自行车、静态对象或障碍物);和/或其他状态信息。

[0055] 车载计算装置520可以执行一个或多个预测和/或预报操作。例如,车载计算装置520可以预测一个或多个对象的未来位置、轨迹和/或动作。例如,车载计算装置520可以至少部分地基于感知信息(例如,每个对象的状态数据,包括如下文所讨论确定的所估计的形状和姿态)、位置信息、传感器数据和/或描述对象、车辆、周围环境和/或它们的关系的过去和/或当前状态的任何其他数据来预测对象的未来位置、轨迹和/或动作。例如,如果对象是车辆并且当前驾驶环境包括十字路口,则车载计算装置520可以预测对象是将可能笔直向前移动还是转弯。如果感知数据指示十字路口没有交通信号灯,则车载计算装置520还可以预测车辆在进入十字路口之前是否可能必须完全停止。

[0056] 在各种实施例中,车载计算装置520可以确定自主车辆的运动计划。例如,车载计算装置520可以基于感知数据和/或预测数据来确定自主车辆的运动计划。具体地,鉴于关于邻近对象的未来位置的预测和其他感知数据,车载计算装置520可以确定AV的相对于在其未来位置处的对象最佳地导航自主车辆的运动计划。

[0057] 在一些实施例中,车载计算装置520可以接收预测并做出关于如何处理车辆的环境中的对象和/或行动者的决定。例如,对于特定行动者(例如,具有给定速度、方向、转弯角度等的车辆),车载计算装置520基于例如交通状况、地图数据、自主车辆的状态等决定是否超车、让路、停止和/或经过。此外,车载计算装置520还规划使车辆在给定路线上行驶的路径,以及驾驶参数(例如,距离、速度和/或转向角度)。也就是说,对于给定的对象,车载计算装置520决定对对象做什么并确定怎么做。例如,对于给定的对象,车载计算装置520可以决定经过对象并且可以确定是在对象的左侧还是右侧经过(包括运动参数,诸如速度)。车载计算装置520还可以评估检测到的对象与车辆之间的碰撞风险。如果风险超过可接受的阈值,则可以确定在自主车辆遵循定义的车辆轨迹和/或实施在一定时间段(例如,N毫秒)内执行一个或多个动态生成的紧急操纵的情况下是否可以避免碰撞。如果可以避免碰撞,则车载计算装置520可以执行一个或多个控制指令以执行谨慎的操纵(例如,轻度减速、加速、

变道或突然转向)。相比之下,如果不能避免碰撞,则车载计算装置520可以执行用于执行紧急操纵(例如,制动和/或改变行驶方向)的一个或多个控制指令。

[0058] 上述任何或所有自主功能可以由自主控制器572执行,所述自主控制器是与车载计算装置520集成或通信的处理器和存储器,所述自主控制器包括用于执行路线选择、运动规划、预测、运动控制和上述其他自主相关功能的计算机程序指令。

[0059] 如上面所讨论的,生成关于自主车辆的移动的规划和控制数据以供执行。例如,车载计算装置520可以:经由制动控制器来控制制动;经由转向控制器来控制方向;经由节气门控制器(在汽油动力车辆中)或马达转速控制器(诸如电动车辆中的电流电平控制器)来控制速度和加速度;经由差速齿轮控制器(在具有变速器的车辆中)进行控制;和/或经由其他控制器进行控制。

[0060] 例如,可以使用一个或多个计算机系统(诸如图6所示的计算机系统600)来实施各种实施例。计算机系统600可以是能够执行本文档中描述的功能的任何计算机。例如,如上所述,计算机系统600可以用作车辆的监测系统、定位系统、轨迹生成系统和/或车辆的任何其他子系统。

[0061] 计算机系统600包括一个或多个处理器(也称为中央处理单元或CPU),诸如处理器604。处理器604连接到通信基础设施或总线602。任选地,处理器604中的一个或多个可以各自是图形处理单元(GPU)。在实施例中,GPU是处理器,所述处理器是被设计用于处理数学密集型应用的专用电子电路。GPU可以具有并行结构,所述并行结构对于大数据块(诸如计算机图形应用程序、图像、视频等共有的数学密集型数据)的并行处理是有效的。

[0062] 计算机系统600还包括通过用户输入/输出接口608与通信基础设施602通信的用户输入/输出装置616,诸如监测器、键盘、定点装置等。

[0063] 计算机系统600还包括主存储器或主要存储器606,诸如随机存取存储器(RAM)。主存储器606可以包括一个或多个级别的高速缓存。主存储器606在其中存储有控制逻辑(即,计算机软件)和/或数据。

[0064] 计算机系统600还可以包括一个或多个辅助存储装置或存储器610。辅助存储器610可以包括例如硬盘驱动器612和/或可移除存储装置或驱动器614。可移除存储驱动器614可以是外部硬盘驱动器、通用串行总线(USB)驱动器、存储卡(诸如紧凑型快闪卡或安全数字存储器)、软盘驱动器、磁带驱动器、光盘驱动器、光学存储装置、磁带备份装置和/或任何其他存储装置/驱动器。

[0065] 可移除存储驱动器614可以与可移除存储单元618交互。可移除存储单元618包括其上存储有计算机软件(控制逻辑)和/或数据的计算机可用或可读存储装置。可移除存储单元618可以是外部硬盘驱动器、通用串行总线(USB)驱动器、存储卡(诸如紧凑型快闪卡或安全数字存储器)、软盘、磁带、光盘、DVD、光学存储盘、和/或任何其他计算机数据存储装置。可移除存储驱动器614以众所周知的方式从可移除存储单元618进行读取和/或对其进行写入。

[0066] 根据示例性实施例,辅助存储器610可以包括用于允许计算机系统600访问计算机程序和/或其他指令和/或数据的其他装置、工具或其他方法。此类装置、工具或其他方法可以包括例如可移除存储单元622和接口620。可移除存储单元622和接口620的示例可以包括程序盒和盒接口(诸如在视频游戏装置中发现的接口)、可移除存储器芯片(诸如EPROM或

PROM) 和相关联的插口、记忆棒和USB端口、存储卡和相关联的存储卡槽,和/或任何其他可移除存储单元和相关联的接口。

[0067] 计算机系统600还可以包括通信或网络接口624。通信接口624使得计算机系统600能够与远程装置、远程网络、远程实体等的任何组合(单独地和共同地由附图标记628引用)进行通信和交互。例如,通信接口624可以允许计算机系统600通过通信路径626与远程装置628通信,所述通信路径可以是有线和/或无线的,并且可以包括LAN、WAN、互联网等的任何组合。控制逻辑和/或数据可以经由通信路径626传输到计算机系统600和从所述计算机系统传输。

[0068] 在一些实施例中,包括其上存储有控制逻辑(软件)的有形非暂时性计算机可用或可读介质的有形非暂时性设备或制品在本文档中也称为计算机程序产品或程序存储装置。这包括但不限于计算机系统600、主存储器606、辅助存储器610以及可移除存储单元618和622,以及体现前述各者的任何组合的有形制品。此类控制逻辑在由一个或多个数据处理装置(诸如计算机系统600)执行时使此类数据处理装置如本文档中所述进行操作。

[0069] 基于本公开中所包含的教导,相关领域的技术人员将明白如何使用除图6中所示之外的数据处理装置、计算机系统 and/或计算机架构来制作和使用本公开的实施例。具体地,各种实施例可以利用除本文档中描述的那些之外的软件、硬件和/或操作系统实施方式来操作。

[0070] 图7示出了可能与以上讨论相关的车辆子系统的高级概述。在本文档中的图5的讨论中描述了此类系统内的特定部件。子系统的某些部件可以体现在作为车辆车载计算机系统701的一部分的处理器硬件和计算机可读编程指令中。

[0071] 子系统可以包括感知系统702,所述感知系统包括捕获关于存在于车辆的紧邻环境中的移动行动者和其他对象的信息的传感器。示例性传感器包括相机、激光雷达传感器和雷达传感器。由此类传感器捕获的数据(诸如数字图像、激光雷达点云数据或雷达数据)被称为感知数据。感知数据可以包括表示环境中的一个或多个对象的数据。感知系统可以包括一个或多个处理器以及具有编程指令和/或经训练的人工智能模型的计算机可读存储器,所述编程指令和/或经训练的人工智能模型在车辆的运行期间将处理感知数据以识别对象并向在场景中检测到的每个对象分配类别标签和唯一标识符。分类标签可以包括诸如车辆、骑自行车的人、行人、建筑物等的类别。识别对象并向对象分配类别标签的方法在本领域中是众所周知的,并且可以使用任何合适的分类过程,诸如对场景中检测到的对象进行边界框预测并使用卷积神经网络或其他计算机视觉模型的那些过程。一些这样的过程在以下文献中进行了描述:“Yurtsever等人,A Survey of Autonomous Driving: Common Practices and Emerging Technologies”(arXiv,2020年4月2日)。

[0072] 如果车辆是AV,则车辆的感知系统702可以将感知数据传递到车辆的预测系统703。预测系统(其也可以被称为预报系统)将包括处理器和计算机可读编程指令,所述处理器和计算机可读编程指令被配置为处理从感知系统接收的数据并预测感知系统检测到的其他行动者的动作。

[0073] 在AV中,车辆的感知系统以及车辆的预测系统会将数据和信息传递到车辆的运动规划系统704和运动控制系统705,使得接收系统可以评估此类数据并发起对这类数据的任何数量的反应性运动。运动规划系统704和运动控制系统705包括和/或共享一个或多个处

理器和计算机可读编程指令,所述一个或多个处理器和计算机可读编程指令被配置为处理从其他系统接收的数据,确定车辆的轨迹,并且向车辆硬件输出命令以根据确定的轨迹移动车辆。此类命令可以使车辆硬件采取的示例性动作包括使车辆的制动控制系统致动、使车辆的加速控制子系统增加车辆的速度,或者使车辆的转向控制子系统使车辆转弯。各种运动规划技术是众所周知的,例如如在以下文献中所描述的:Gonzalez等人,“A Review of Motion Planning Techniques for Automated Vehicles”,发布于IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems,第17卷,第4期(2016年4月)。

[0074] 在非AV实施例中,诸如对于由人类操作员驾驶的的车辆,运动规划系统704可以体现在处理器硬件和计算机可读硬件中,所述处理器硬件和计算机可读硬件是包含在车辆中的电子装置(诸如操作员的仪表盘导航系统或移动电子装置)的一部分。在此类情况下,电子装置可以经由显示器、音频扬声器或两者输出由运动规划系统规划的轨迹。另外,感知系统702的一些部分可以包括经由无线通信从远程服务器接收某些感知数据(诸如天气数据)的电子装置的收发器。

[0075] 车辆的车载计算系统701将与远程服务器706通信。远程服务器706是外部电子装置,其在车辆转弯时经由无线连接,或者在车辆停放在对接设施或服务设施处时经由有线或无线连接,来与车辆的车载计算系统701通信。远程服务器706可以接收车辆在其运行期间收集的数据,诸如感知数据和操作数据。远程服务器706还可以将数据或其他信息(诸如软件更新、高清晰度(HD)地图更新、机器学习模型更新和其他信息)传送到车辆。

[0076] 与本公开相关的术语包括:

[0077] 术语“存储器”、“存储器装置”、“数据存储库”、“数据存储设施”等各自是指其上存储计算机可读数据、编程指令或两者的非暂时性装置。除非另有具体说明,否则术语“存储器”、“存储器装置”、“数据存储库”、“数据存储设施”等意图包括单个装置实施例、其中多个存储器装置一起或共同地存储一组数据或指令的实施例以及此类装置内的各个扇区。计算机程序产品是其上存储有编程指令的存储器装置。

[0078] 术语“处理器”和“处理装置”是指被配置为执行编程指令的电子装置的硬件部件。除非另有具体说明,否则单数术语“处理器”或“处理装置”意图包括单处理装置实施例和其中多个处理装置(其可以是单个装置的部件或单独装置的部件)一起或共同执行过程的实施例。

[0079] 术语“计算装置”是指包括处理器和存储器的装置。每个装置可以具有其自己的处理器和/或存储器,或者处理器和/或存储器可以与其他装置共享,如在虚拟机或容器布置中。存储器将包含或接收编程指令,所述编程指令在由处理器执行时使电子装置根据编程指令执行一个或多个操作。术语“计算系统”是指包括一个或多个计算装置的系统。

[0080] 术语“车辆”是指能够运载一个或多个人类乘员和/或货物并且由任何形式的能量提供动力的任何移动形式的交通工具。术语“车辆”包括但不限于小汽车、卡车、货车、火车、自主车辆、飞行器、空中无人机等。“自主车辆”(或“AV”)是具有处理器、编程指令和传动系部件的车辆,所述传动系部件可由处理器控制而无需人类操作员。自主车辆可以是完全自主的,其中它对于大多数或所有驾驶条件和功能不需要人类操作员,或者它可以是半自主的,其中在某些条件下或对于某些操作可能需要人类操作员,或者人类操作员可以超驰车辆的自主系统并且可以控制车辆。

[0081] 术语“执行流程”是指要以特定顺序执行的功能序列。功能是指使系统执行一个或多个动作的一个或多个操作指令。在各种实施例中,执行流程可以与自动化装置的操作有关。例如,关于AV,在特定情况下(例如,诸如当车辆在刚刚变绿的红色停车灯处停止时)可以由车辆执行特定执行流程。例如,该执行流程可以包括以下功能:确定灯为绿色;确定在车辆前方或附近是否存在任何障碍物;以及仅在灯为绿色并且不存在障碍物的情况下加速。当自动化装置的子系统未能执行执行流程中的功能时,或者当自动化装置的子系统无序地执行功能时,错误可能指示已经发生了故障或者关于执行流程存在另一个问题。

[0082] 术语“通信路径”意指装置的第一装置子系统向一个或多个其他装置和/或子系统发送通信信号和/或从一个或多个其他装置和/或子系统接收通信信号所经由的有线或无线路径。路径可以是单一类型的单个路径,或者是多种类型的不同路径的集合。如果装置和子系统能够经由通信链路发送和/或接收数据,则它们是“通信地连接的”。“电子通信”是指在两个或更多个电子装置或子系统之间经由一个或多个信号传输数据,无论是通过有线网络还是无线网络,以及无论是直接地还是经由一个或多个中间装置间接地传输。术语“无线通信”是指两个装置或子系统之间的通信,其中通信路径的至少一部分包括无线传输的信号,但是它不一定要求整个通信路径是无线的。

[0083] 在本文档中,当使用诸如“第一”和“第二”的术语来修饰名词时,除非特别说明,否则这种使用仅意图将一个项与另一个项区分开,并且不意图要求顺序次序。

[0084] 应当理解,具体实施方式部分而不是任何其他部分意图用于解释权利要求。其他部分可以阐述如发明人所设想的一个或多个但不是全部的示例性实施例,并且因此不意图以任何方式限制本公开或所附权利要求。

[0085] 虽然本公开描述了示例性领域和应用的示例性实施例,但是应当理解,本公开不限于所公开的示例。其他实施例及其修改是可能的,并且在本公开的范围和精神内。例如,并且在不限本段的一般性的情况下,实施例不限于附图中所示和/或本文档中描述的软件、硬件、固件和/或实体。此外,实施例(无论是否明确描述)对于本文档中描述的示例之外的领域和应用具有重要效用。

[0086] 在本文档中已经借助于示出指定功能和关系的实施方式的功能构建块来描述实施例。为了方便描述,在本文档中任意定义了这些功能构建块的边界。只要适当地执行指定的功能和关系(或其等效物),就可以定义替代边界。而且,替代实施例可以使用与本文档中描述的那些不同的排序来执行功能框、步骤、操作、方法等。

[0087] 来自本文公开的不同实施例的特征可以自由组合。例如,来自方法实施例的一个或多个特征可以与系统或产品实施例中的任一者组合。类似地,来自系统或产品实施例的特征可以与本文公开的任何方法实施例组合。

[0088] 本文档中对“一个实施例”、“实施例”、“示例性实施例”或类似短语的引用指示所描述的实施例可以包括特定特征、结构或特性,但每个实施例可不一定包括特定特征、结构或特性。此外,此类短语不一定是指同一实施例。此外,当结合实施例描述特定特征、结构或特性时,将这种特征、结构或特性结合到其他实施例中将在本领域相关人员的知识范围内,无论在本文档中是否有明确提及或描述。另外,可以使用表达方式“联接/耦合”和“连接”以及它们的派生词来描述一些实施例。这些术语不一定意图作为彼此的同义词。例如,可以使用术语“连接”和/或“联接/耦合”来描述一些实施例,以指示两个或更多个元件彼此

直接物理或电接触。然而,术语“联接/耦合”还可以意指两个或更多个元件彼此不直接接触,但仍然彼此协作或交互。

[0089] 如上所述,本文档公开了用于识别一个或多个计算系统的部件之间的通信的延时和/或故障的系统、方法和计算机程序产品实施例。系统实施例至少包括处理器和计算机可读存储器。在一些实施例中,系统是诸如自主车辆的车辆。计算机程序实施例包括例如存储在存储器中的编程指令,以使处理器执行本文档中描述的数据管理方法。系统实施例还包括处理器,所述处理器被配置为例如经由编程指令执行本文档中描述的方法。更一般地,系统实施例包括一种系统,所述系统包括用于执行本文档中描述的任何方法的步骤的装置。

[0090] 在不排除其他可能的实施例的情况下,以下条款中概述了某些示例性实施例:

[0091] 条款1:一种检测自主车辆中的故障或延时的方法,所述方法包括:在从车辆的作为发布者的子系统接收消息并且沿着通信路径将消息传送到所述车辆的作为订阅者的子系统所经由的计算系统中:(i) 针对沿着所述通信路径传输的一组消息中的每个消息,从沿着所述通信路径的多个检查点接收消息ID和指示所述检查点何时接收到所述消息、发布所述消息或发布从所述消息导出的结果的时间戳;(ii) 使用所述消息ID和所述时间戳来测量在所述消息到达其对应的订阅者之前在所述通信路径中发生的延时量;以及(iii) 在确定所测量的延时不满足阈值时,向所述车辆的系统发送信号以采取补救动作。

[0092] 条款2:如条款1所述的方法,其中:(i) 测量所述延时量包括确定第一检查点发布第一消息的时间与所述第一检查点发布后续消息的时间之间的差值;并且(ii) 确定所测量的延时不满足所述阈值包括确定所述差值超过最大连续采样延时阈值。

[0093] 条款3:如条款1或2所述的方法,其中:(i) 测量所述延时量包括测量通过第一检查点的消息的采样率;并且(ii) 确定所测量的延时不满足所述阈值包括确定所述采样率低于最小预期采样率。

[0094] 条款4:如条款3所述的方法,其还包括根据在先前时间窗口内通过所述第一检查点的消息的采样率来确定所述最小预期采样率。

[0095] 条款5:如条款1至4中任一项所述的方法,其中:(i) 测量所述延时量包括针对所述检查点中的两个,将输入延时确定为第一消息在所述两个检查点之间行进所花费的时间之间的差值;并且(ii) 确定所测量的延时不满足所述阈值包括确定所述输入延时超过最大可接受的输入延时。

[0096] 条款6:如条款1至5中任一项所述的方法,其中:(i) 测量所述延时量包括针对所述检查点中的两个,将输入延时确定为第一消息在所述两个检查点之间行进所花费的时间和第二消息在所述两个检查点之间行进所花费的时间之间的差值;并且(ii) 确定所测量的延时不满足所述阈值包括确定所述输入延时超过最大可接受的输入延时。

[0097] 条款7:如条款1至6中任一项所述的方法,其中测量所述延时量包括将处理延时确定为第一检查点接收到第一消息时的时间与所述第一检查点发布所述第一消息或所述第一检查点从所述第一消息导出的结果时的时间之间的差值;并且确定所测量的延时不满足所述阈值包括确定所述处理延时超过最大处理延时。

[0098] 条款8:如条款1至7中任一项所述的方法,其中针对所述检查点中的至少一者,向所述车辆的所述系统发送所述信号以采取补救动作包括仅在确定在某个时间窗口内所述检查点处的多个消息的所测量的延时不满足阈值之后才这样做。

[0099] 条款9:如条款1至8中任一项所述的方法,其还包括由所述车辆的接收所述信号的所述系统响应于接收到所述信号而执行以下一者或多者:启动自动诊断功能;命令轨迹生成系统生成将致使所述车辆靠边停车并停止的轨迹;或者命令所述车辆的操作系统从自主模式切换到需要所述车辆中的乘客驾驶所述车辆的手动模式。

[0100] 本公开的广度和范围不应受到上述示例性实施例中的任何一个限制,而是应仅根据所附权利要求和其等效物限定。

[0101] 根据本发明,一种检测计算系统的部件之间的通信的故障或延时的方法包括:在从车辆的作为发布者的子系统接收消息并且沿着通信路径将消息传送到车辆的作为订阅者的子系统所经由的计算系统中:针对沿着通信路径传输的一组消息中的每个消息,从沿着通信路径的多个检查点接收消息ID和指示检查点何时接收到消息、发布消息或发布从消息导出的结果的时间戳;使用消息ID和时间戳来测量在所述消息到达其对应的订阅者之前在通信路径中发生的延时量;以及在确定所测量的延时不满足阈值时,向车辆的系统发送信号以采取补救动作。

[0102] 在本发明的一个方面,测量延时量包括确定第一检查点发布第一消息的时间与第一检查点发布后续消息的时间之间的差值;并且确定所测量的延时不满足阈值包括确定差值超过最大连续采样延时阈值。

[0103] 在本发明的一个方面,测量延时量包括测量通过第一检查点的消息的采样率;并且确定所测量的延时不满足阈值包括确定采样率低于最小预期采样率。

[0104] 在本发明的一个方面,所述方法包括根据在先前时间窗口内通过第一检查点的消息的采样率来确定最小预期采样率。

[0105] 在本发明的一个方面,测量延时量包括针对检查点中的两个,将输入延时确定为第一消息在两个检查点之间行进所花费的时间之间的差值;并且确定所测量的延时不满足阈值包括确定输入延时超过最大可接受的输入延时。

[0106] 在本发明的一个方面,测量延时量包括针对检查点中的两个,将输入延时确定为第一消息在两个检查点之间行进所花费的时间和第二消息在两个检查点之间行进所花费的时间之间的差值;并且确定所测量的延时不满足阈值包括确定输入延时超过最大可接受的输入延时。

[0107] 在本发明的一个方面,测量延时量包括将处理延时确定为第一检查点接收到第一消息时的时间与第一检查点发布第一消息或第一检查点从第一消息导出的结果时的时间之间的差值;并且确定所测量的延时不满足阈值包括确定处理延时超过最大处理延时。

[0108] 在本发明的一个方面,针对检查点中的至少一者,向车辆的系统发送信号以采取补救动作包括仅在确定在某个时间窗口内所述检查点处的多个消息的所测量的延时不满足阈值之后才这样做。

[0109] 在本发明的一个方面,所述方法包括由车辆的接收信号的系统响应于接收到信号而执行以下一者或多者:启动自动诊断功能;命令轨迹生成系统生成将致使车辆靠边停车并停止的轨迹;或者命令车辆的操作系统从自主模式切换到需要车辆中的乘客驾驶车辆的手动模式。

[0110] 根据本发明,提供了一种用于监测车辆中的通信的系统,所述系统具有:监测系统,所述监测系统包括车载的处理器和存储器,所述存储器具有编程指令,所述编程指令被

配置为致使处理器:针对沿着车辆的作为发布者的一个或多个子系统与车辆的作为订阅者的一个或多个子系统之间的通信路径传输的一组消息中的每个消息,从沿着所述通信路径的多个检查点接收消息ID和指示检查点何时接收到消息、发布消息或发布从消息导出的结果的时间戳;使用消息ID和时间戳来测量在所述消息到达其对应的订阅者之前在通信路径中发生的延时量;以及在确定所测量的延时不满足阈值时,向车辆的系统发送信号以采取补救动作。

[0111] 根据实施例,用于测量延时量的指令包括用于确定第一检查点发布第一消息的时间与第一检查点发布后续消息的时间之间的差值的指令;并且用于确定所测量的延时不满足阈值的指令包括用于确定差值超过最大连续采样延时阈值的指令。

[0112] 根据实施例,用于测量延时量的指令包括用于测量通过第一检查点的消息的采样率的指令;并且用于确定所测量的延时不满足阈值的指令包括用于确定采样率低于最小预期采样率的指令。

[0113] 根据实施例,本发明的特征还在于用于根据在先前时间窗口内通过第一检查点的消息的采样率来确定最小预期采样率的指令。

[0114] 根据实施例,用于测量延时量的指令包括用于针对检查点中的两个将输入延时确定为第一消息在两个检查点之间行进所花费的时间之间的差值的指令;并且所述指令将致使处理器在输入延时超过最大可接受的输入延时确定所测量的延时不满足阈值。

[0115] 根据实施例,用于测量延时量的指令包括用于针对检查点中的两个将输入延时确定为第一消息在两个检查点之间行进所花费的时间和第二消息在两个检查点之间行进所花费的时间之间的差值的指令;并且所述指令将致使处理器在输入延时超过最大可接受的输入延时确定所测量的延时不满足阈值。

[0116] 根据实施例,用于测量延时量的指令包括用于进行以下操作的指令:将处理延时确定为第一检查点接收到第一消息时的时间与第一检查点发布第一消息或第一检查点从第一消息导出的结果时的时间之间的差值;以及当处理延时超过最大处理延时确定所测量的延时不满足阈值。

[0117] 根据实施例,用于向车辆的系统发送信号以采取补救动作的指令包括针对检查点中的至少一者仅在确定在某个时间窗口内所述检查点处的多个消息的所测量的延时不满足阈值之后才这样做。

[0118] 根据实施例,本发明的特征还在于用于致使车辆的接收信号的系统执行以下各者中的一者或多者的指令:启动自动诊断功能;命令轨迹生成系统生成将致使车辆靠边停车并停止的轨迹;或者命令车辆的操作系统从自主模式切换到需要车辆中的乘客驾驶车辆的手动模式。

[0119] 根据本发明,提供了一种计算机程序产品,所述计算机程序产品具有存储器和编程指令,所述编程指令被配置为致使处理器:在从作为发布者的子系统接收消息并且沿着通信路径将消息传送到作为订阅者的子系统所经由的计算系统中,通过以下操作来监测通信:针对沿着作为发布者的子系统中的一个或多个与作为订阅者的子系统中的一个或多个之间的通信路径传输的一组消息中的每个消息,从沿着所述通信路径的多个检查点接收消息ID和指示检查点何时接收到消息、发布消息或发布从消息导出的结果的时间戳;使用消息ID和时间戳来测量在所述消息到达其对应的订阅者之前在通信路径中发生的延时量;以

及在确定所测量的延时不满足阈值时,致使计算系统采取补救动作。

[0120] 根据实施例,用于测量延时量的指令包括用于执行以下一者或多者的指令:确定第一检查点发布第一消息的时间与第一检查点发布后续消息的时间之间的差值;测量通过第一检查点的消息的采样率;针对检查点中的两个,将输入延时确定为第一消息在两个检查点之间行进所花费的时间之间的差值;或者针对检查点中的两个,将输入延时确定为第一消息在两个检查点之间行进所花费的时间和第二消息在两个检查点之间行进所花费的时间之间的差值。

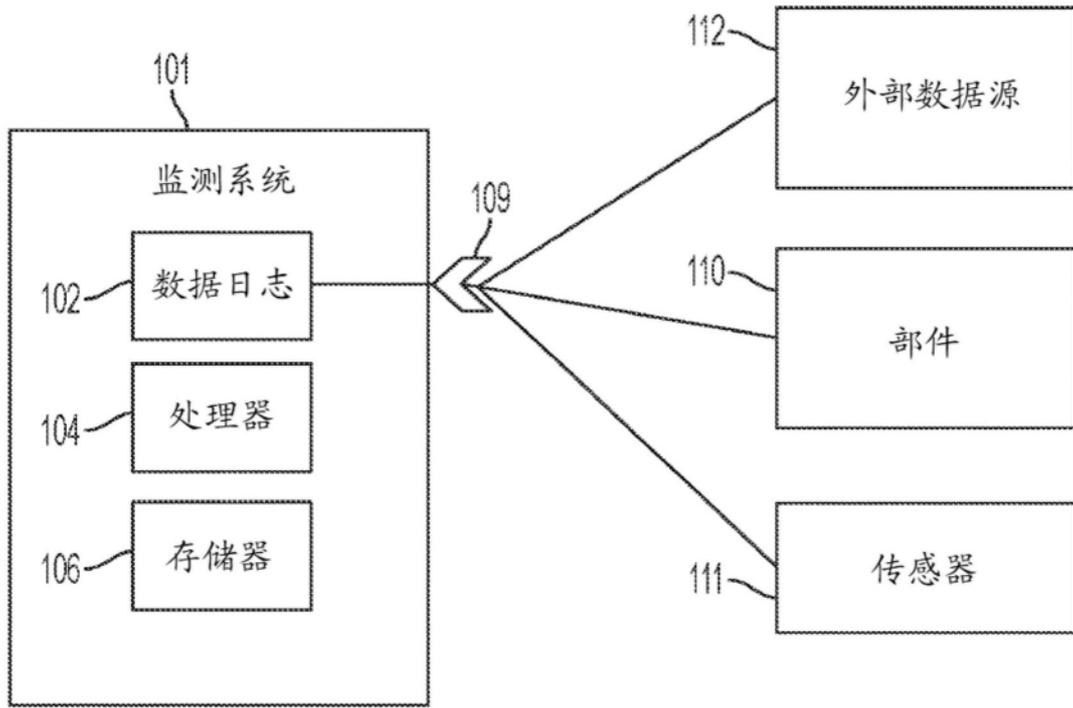


图1

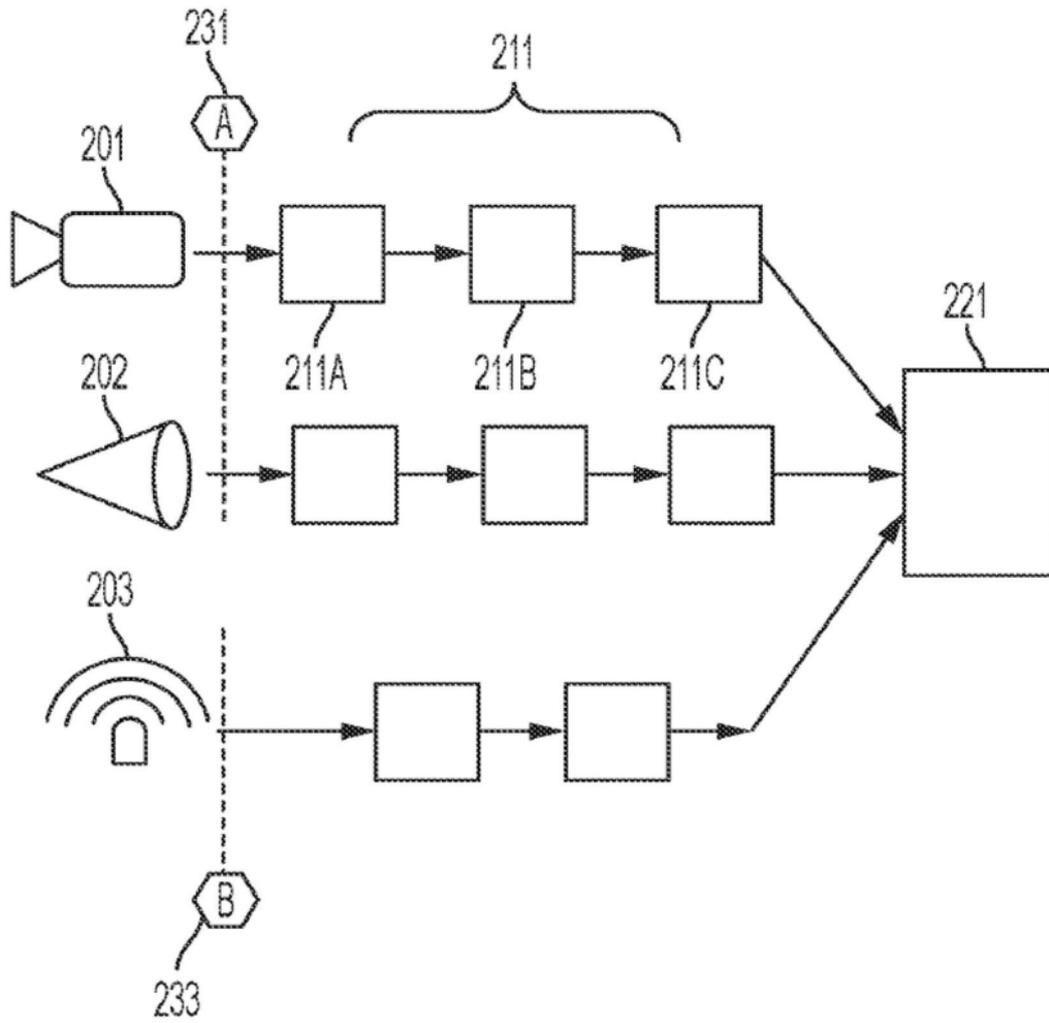


图2

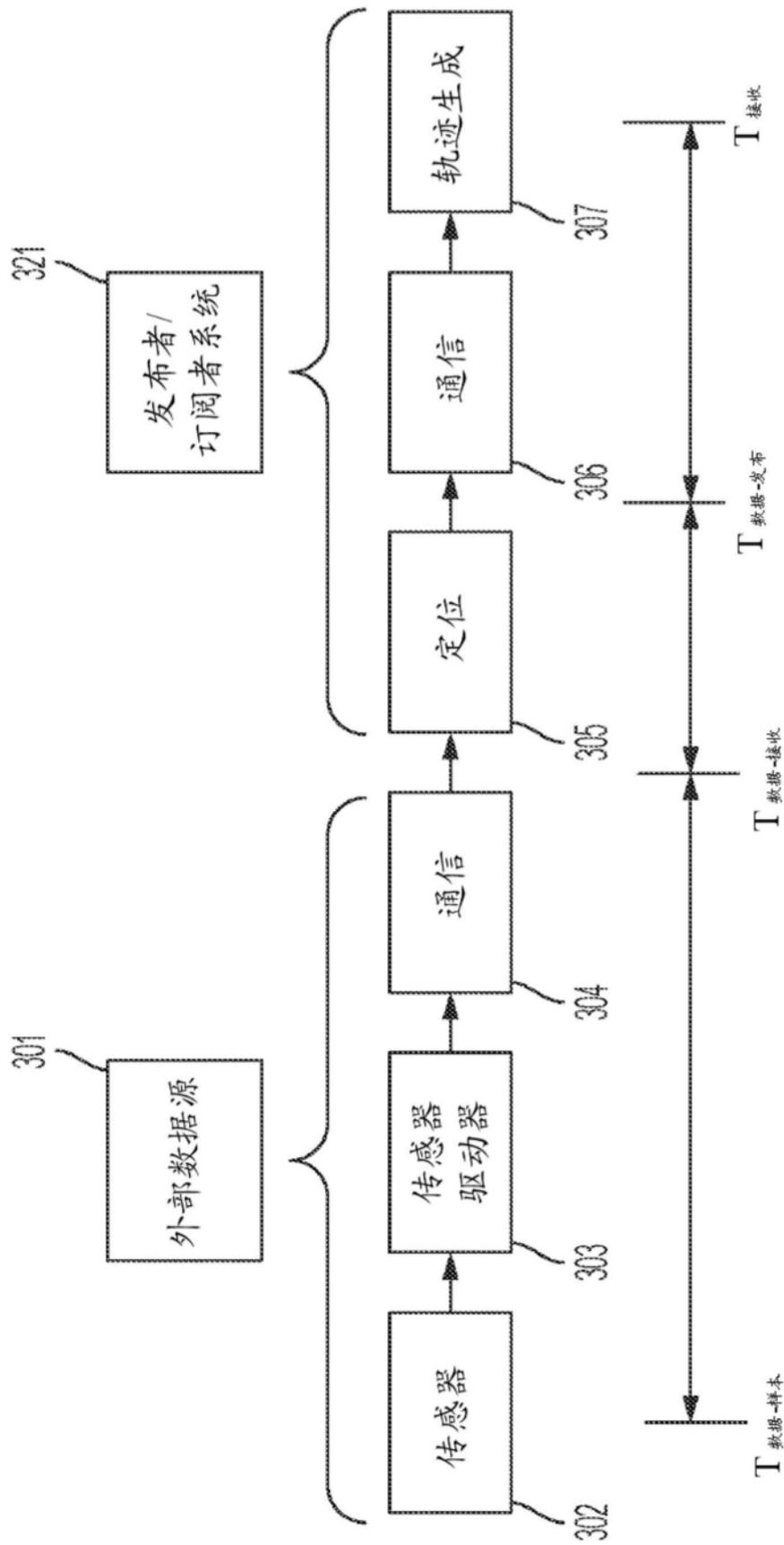


图3

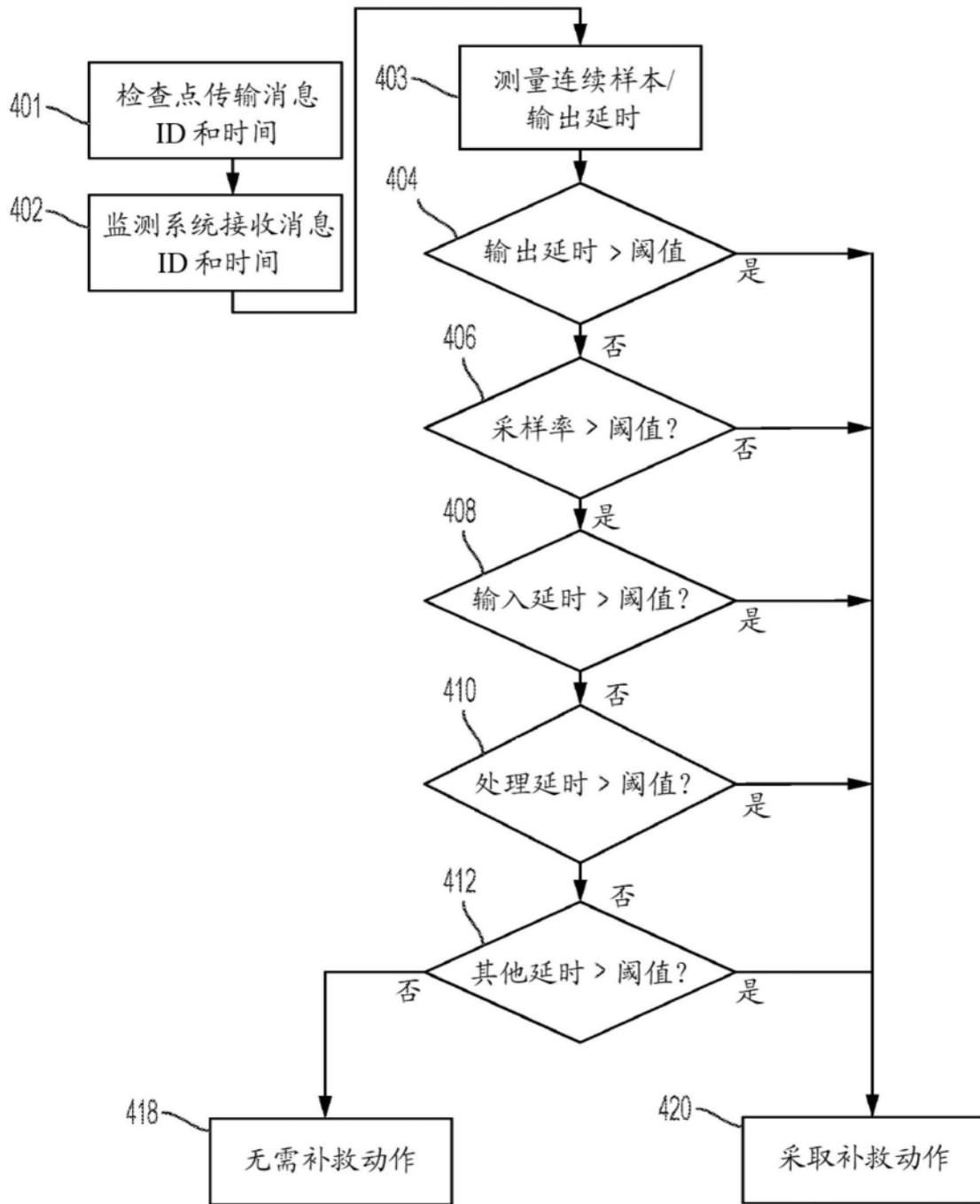


图4

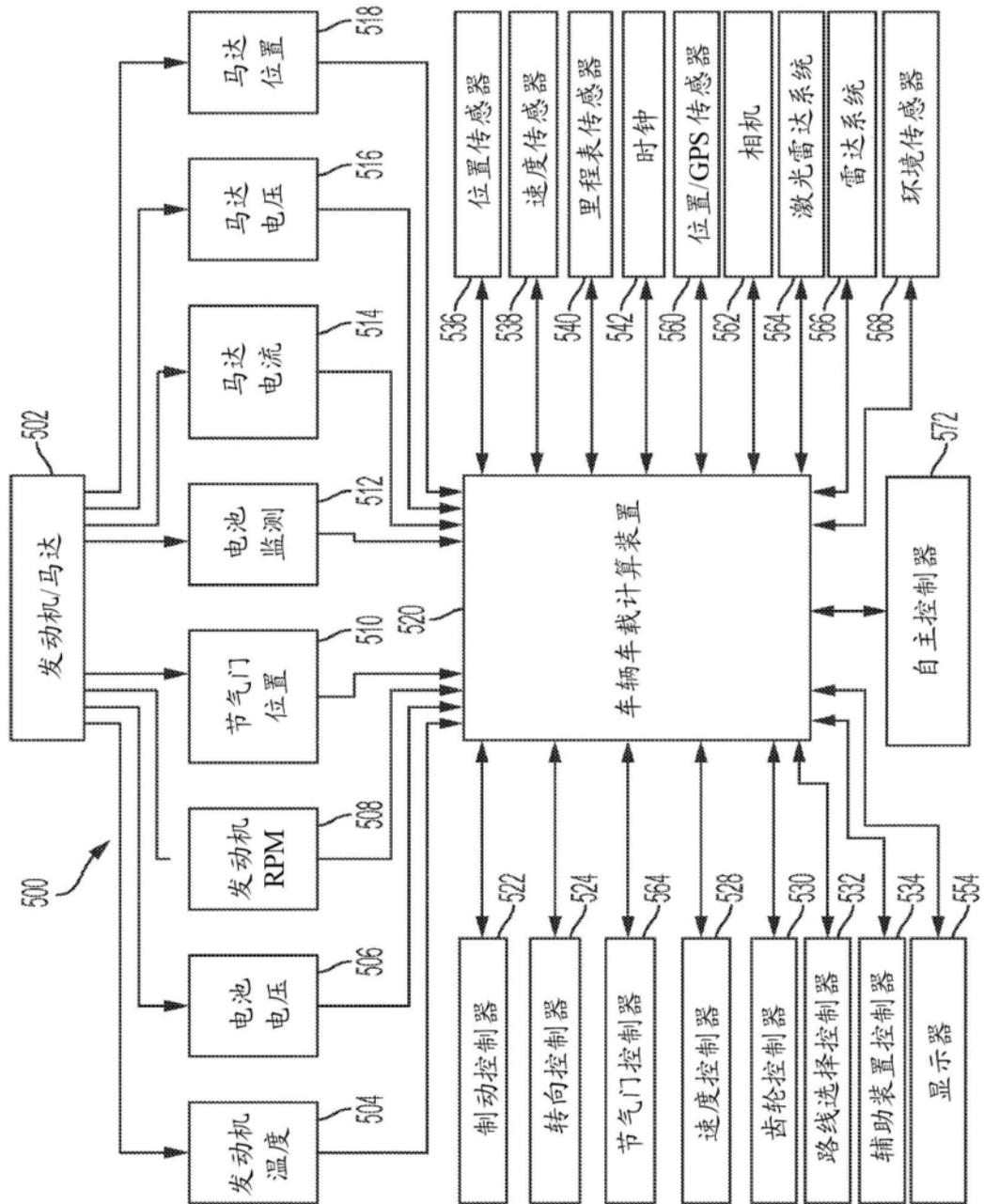


图5

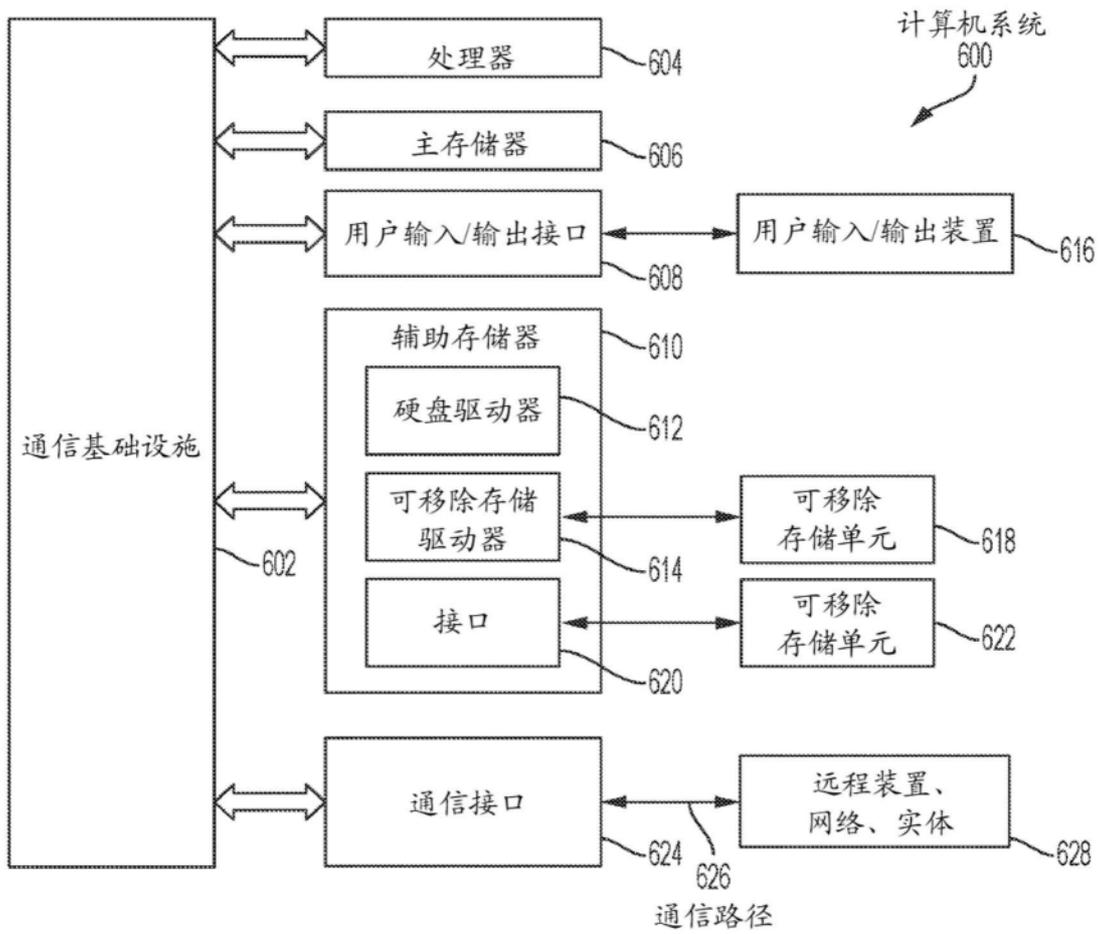


图6

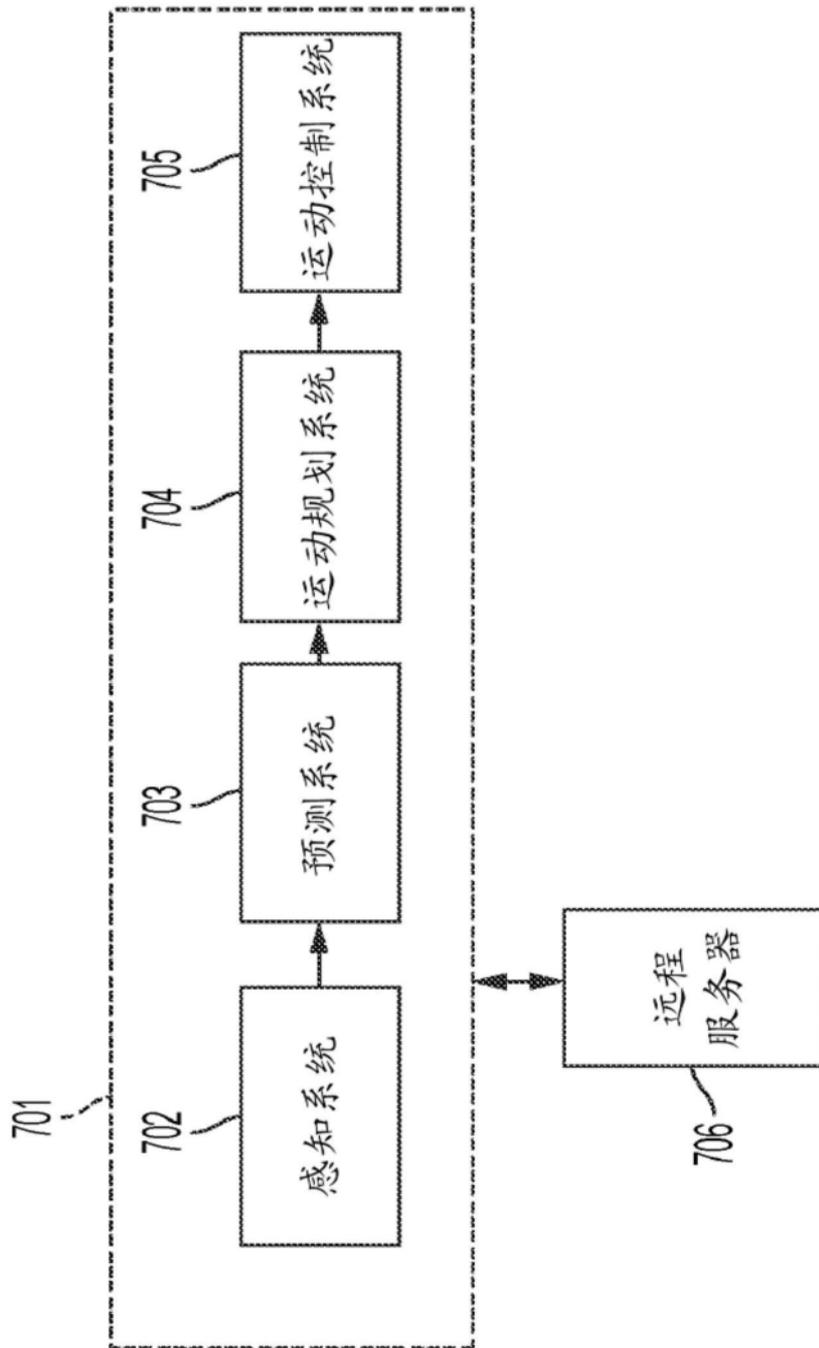


图7