

[19] 中华人民共和国国家知识产权局



[12] 发明专利说明书

专利号 ZL 02826113.5

[51] Int. Cl.

B60W 10/00 (2006.01)

B60W 30/00 (2006.01)

B60W 40/00 (2006.01)

G05D 1/00 (2006.01)

B60R 16/02 (2006.01)

G06F 15/76 (2006.01)

[45] 授权公告日 2008 年 9 月 10 日

[11] 授权公告号 CN 100417560C

[22] 申请日 2002.12.22 [21] 申请号 02826113.5

[30] 优先权

[32] 2001.12.27 [33] JP [31] 395871/2001

[86] 国际申请 PCT/IB2002/005569 2002.12.22

[87] 国际公布 WO2003/059680 英 2003.7.24

[85] 进入国家阶段日期 2004.6.25

[73] 专利权人 丰田自动车株式会社

地址 日本爱知县

[72] 发明人 鲤渊健 宫后升一

[56] 参考文献

US - 5408411A 1995.4.18

DE - 10025493A1 2001.12.6

US - 6154688A 2000.11.28

CN - 1218355A 1999.6.2

DE - 19838336A1 2000.3.2

US - 6092006A 2000.7.18

US - 5351776A 1994.10.4

A SIMPLIFIED SERIAL COMMUNICATION NETWORK WITHIN A VEHICLE. HARATA Y ET AL. VEHICULAR TECHNOLOGY CONFERENCE, NEW YORK, IEEE, Vol. 1 No. 39. 1989

审查员 郭晓立

[74] 专利代理机构 北京市中咨律师事务所

代理人 马江立 吴 鹏

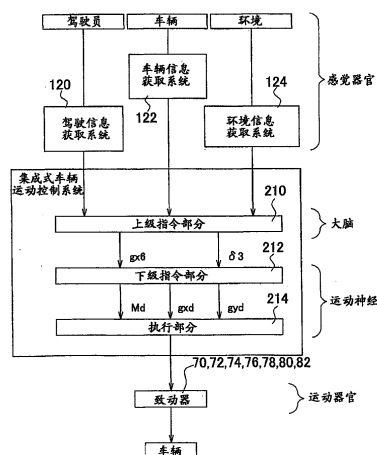
权利要求书 6 页 说明书 63 页 附图 26 页

[54] 发明名称

集成式车辆运动控制系统

[57] 摘要

本发明提供一种集成式车辆运动控制系统，其中软件配置以分级结构形式形成，并且包括 (a) 适于基于驾驶相关信息确定目标车辆状态量的指令部分，(b) 适于接收作为来自该指令部分的指令的目标车辆状态量并利用多个致动器执行该指令的执行部分。所述指令部分包括适于基于驾驶相关信息在不考虑车辆动态特性的情况下确定第一目标车辆状态量的上级指令部分和适于在考虑车辆动态特性的情况下确定第二目标车辆状态量的下级指令部分。



1. 一种集成式车辆运动控制系统，所述集成式车辆运动控制系统基于与驾驶员驾驶车辆相关的驾驶相关信息通过利用计算机以集成方式控制多个致动器，以便在车辆中执行多种车辆运动控制，其中：

在所述集成式车辆运动控制系统的硬件配置和软件配置中，至少所述软件配置包括以在从驾驶员到所述多个致动器的方向上具有多个等级的分级结构形式布置的多个部分；

所述多个部分包括（a）处于作为所述等级之一的第一等级的指令部分，所述指令部分适于基于所述驾驶相关信息确定目标车辆状态量，（b）处于比所述第一等级低的第二等级的执行部分，所述执行部分适于接收作为来自于所述指令部分的指令的所述目标车辆状态量，并通过所述多个致动器的至少之一执行接收的指令；

所述指令部分包括都适于产生用于以集成方式控制所述多个致动器的指令的上级指令部分和下级指令部分，所述上级指令部分基于所述驾驶相关信息在不考虑车辆动态特性的情况下确定第一目标车辆状态量，并将确定的第一目标车辆状态量提供给所述下级指令部分，所述下级指令部分基于从所述上级指令部分接收的所述第一目标车辆状态量在考虑车辆动态特性的情况下确定第二目标车辆状态量，并将确定的第二目标车辆状态量提供给所述执行部分；以及

所述上级指令部分、所述下级指令部分以及所述执行部分通过使计算机运行在所述软件配置上相互独立的多个模块执行分配给所述各个部分的特定功能。

2. 根据权利要求1所述的集成式车辆运动控制系统，其特征在于，所述驾驶相关信息包括（a）与驾驶员进行驾驶操作相关的

驾驶信息；和（b）与车辆的状态量相关的车辆信息和与会影响车辆运动的车辆周围环境相关的环境信息的至少之一。

3. 根据权利要求1或2所述的集成式车辆运动控制系统，其特征在于：

所述车辆包括：（a）适于获取与驾驶员进行驾驶操作相关的驾驶信息的驾驶信息获取系统；和（b）适于获取与车辆的状态量相关的车辆信息的车辆信息获取系统和适于获取与会影响车辆运动的车辆周围环境相关的环境信息的环境信息获取系统的至少之一；以及

所述上级指令部分基于（c）获取的驾驶信息，和（d）获取的车辆信息和获取的环境信息的至少之一确定所述第一目标车辆状态量。

4. 根据权利要求3所述的集成式车辆运动控制系统，其特征在于，所述上级指令部分基于（a）获取的驾驶信息和（b）获取的车辆信息和获取的环境信息的至少之一确定与要确定的所述第一目标车辆状态量相关的多个候选值，并根据一组预定规则基于确定的多个候选值确定所述第一目标车辆状态量。

5. 根据权利要求4所述的集成式车辆运动控制系统，其特征在于：

所述第一目标车辆状态量与车辆的纵向加速度相关；并且

所述多个候选值包括（a）基于获取的驾驶信息确定的第一目标纵向加速度，和（b）基于获取的车辆信息和获取的环境信息的至少之一确定的第二目标纵向加速度。

6. 根据权利要求4所述的集成式车辆运动控制系统，其特征在于：

所述第一目标车辆状态量与车辆的转向角相关；并且

所述多个候选值包括（a）基于获取的驾驶信息确定的第一目标转向角，和（b）基于获取的车辆信息和获取的环境信息的至少

之一确定的第二目标转向角。

7. 根据权利要求 1 或 2 所述的集成式车辆运动控制系统，其特征在于，所述第一目标车辆状态量包括与车辆的纵向加速度相关的目标车辆状态量和与车辆的转向角相关的目标车辆状态量。

8. 根据权利要求 1 或 2 所述的集成式车辆运动控制系统，其特征在于：

所述上级指令部分将使在车辆行驶的路线上的车辆的位置和其速度之间的车辆位置-速度关系的最佳化优先于车辆性能稳定性的目标车辆状态量确定为所述第一目标车辆状态量；以及

所述下级指令部分基于确定的所述第一目标车辆状态量将使车辆性能稳定性优先于所述车辆位置-速度关系的最佳化的目标车辆状态量确定为所述第二目标车辆状态量。

9. 根据权利要求 1 或 2 所述的集成式车辆运动控制系统，其特征在于：

所述上级指令部分将所述第一目标车辆状态量确定为可在一允许范围内变化的目标车辆状态量；以及

所述下级指令部分将所述第二目标车辆状态量确定为从所述第一目标车辆状态量的所述允许范围内选择的一个目标车辆状态量。

10. 根据权利要求 9 所述的集成式车辆运动控制系统，其特征在于：

所述第一目标车辆状态量包括与车辆的纵向加速度相关的目标车辆状态量和与车辆的转向角相关的目标车辆状态量；并且

所述上级指令部分将与车辆的纵向加速度相关的所述目标车辆状态量确定为可在一允许范围内变化的目标车辆状态量，并将与车辆的转向角相关的所述目标车辆状态量确定为不具有一允许范围的目标车辆状态量。

11. 根据权利要求 9 所述的集成式车辆运动控制系统，其特征

在于，所述上级指令部分基于驾驶员的意图和会影响车辆运动的车辆周围环境的至少之一改变所述允许范围的宽度。

12. 根据权利要求 1 或 2 所述的集成式车辆运动控制系统，其特征在于：

所述上级指令部分基于输入信息通过利用不涉及车辆动态特性而说明车辆运动的车辆模型确定所述第一目标车辆状态量；以及

所述下级指令部分基于输入信息通过利用比所述车辆模型更精确地说明车辆运动以反映车辆动态特性的更精确车辆模型确定所述第二目标车辆状态量。

13. 根据权利要求 12 所述的集成式车辆运动控制系统，其特征在于，所述执行部分基于输入信息通过利用说明与作用在车轮上的纵向作用力、横向作用力和垂直作用力中的至少所述纵向作用力和所述横向作用力相关的车辆车轮运动的车辆模型确定通过其可使所述多个致动器被控制以实现所述第二目标车辆状态量的控制变量。

14. 根据权利要求 1 或 2 所述的集成式车辆运动控制系统，其特征在于，所述上级指令部分、所述下级指令部分和所述执行部分的至少之一的每一个部分都基于从等级比所述每一个部分高的部分接收的信息通过利用说明车辆运动和车辆车轮运动的至少之一的模型确定要传送到等级比所述每一个部分低的部分的信息，并基于要传送到等级比所述每一个部分低的部分的信息中的误差校正所述模型。

15. 根据权利要求 1 或 2 所述的集成式车辆运动控制系统，其特征在于：

所述执行部分包括以在从所述下级指令部分到所述多个致动器的方向上具有多个等级的分级结构形式布置的多个单元；

所述多个单元包括 (a) 处于作为所述等级之一的第一等级的

分配单元，所述分配单元适于将通过其可使所述多个致动器被控制以实现从所述下级指令部分提供的所述第二目标车辆状态量的控制变量分配给所述多个致动器，以及（b）处于比所述第一等级低的第二等级的控制单元，所述控制单元适于控制所述多个致动器以便实现从所述分配单元提供的所述控制变量；

所述分配单元包括（c）相对于所有所述多个致动器设置的上级分配单元，它用于以集成方式将通过其可使所述多个致动器被控制以实现从所述下级指令部分提供的所述第二目标车辆状态量的控制变量分配给所有所述多个致动器，（d）相对于所述多个致动器中的一部分设置的下级分配单元，它用于将从所述上级分配单元提供的所述控制变量分配给所述多个致动器中的一部分；

所述控制单元包括多个单个控制单元，第一组单个控制单元被设置在从属于关于所述多个致动器中的一部分的所述下级分配单元的等级，第二组单个控制单元被设置在从属于关于其余致动器的所述上级分配单元的等级；以及

所述上级分配单元、所述下级分配单元和所述控制单元通过使计算机运行在所述软件配置上相互独立的多个模块执行分配给所述各个单元的特定功能。

16. 根据权利要求 15 所述的集成式车辆运动控制系统，其特征在于：

所述多个致动器被根据由每一个致动器作用在车辆的每一个部件上的物理量的类型分成多个组；并且

所述下级分配单元被相对于所述多组致动器中的至少一组设置，其中每组致动器包含两个或者更多个致动器。

17. 根据权利要求 15 所述的集成式车辆运动控制系统，其特征在于：

所述多个致动器包括控制车辆车轮的纵向作用力、横向作用力和垂直作用力中的至少所述纵向作用力和所述横向作用力的多

个车轮相关致动器；并且

所述上级分配单元将所述控制变量分配给所述多个车轮相关致动器，以使所述控制变量包括与所述纵向作用力相关的纵向作用力分量、与所述横向作用力相关的横向作用力分量和与所述垂直作用力相关的垂直作用力分量中的至少所述纵向作用力分量和所述横向作用力分量。

集成式车辆运动控制系统

技术领域

本发明涉及一种用于以集成（综合）方式控制多个致动器以便在车辆上执行多种车辆运动控制的技术。

背景技术

近年来，在同一车辆上安装多种类型用于控制车辆运动的运动控制装置的趋势增加。但是，不同类型的运动控制装置所达到的效果不一定相互独立地显现在车辆中，而是可能相互干扰。因此，当车辆的开发包括将多种类型的运动控制装置安装在车辆上时，重要的是，确保这些运动控制装置充分合作（或共同作用）和协作。

例如，当多种类型的运动控制装置在车辆的某一开发阶段需要被安装在同一车辆中时，在各个控制装置被相互独立地开发后可以一种辅助或附加的方式使运动控制装置相互关联或者协作。

但是，开发具有上述不同类型的运动控制装置的车辆需要进行大量的工作和较长的时间以达到运动控制装置之间的关联和协作。

作为一个示例，多种不同类型的运动控制装置被安装在车辆上以使这些运动控制装置共享一个或多个致动器。对于这种布置，如果运动控制装置需要在同一时间操作相同的致动器，那么会在不同的运动控制装置的控制之间出现冲突问题。

如果如上所述在各个运动控制装置被相互独立地开发后以一种辅助或者附加方式建立运动控制装置的关联/协作，那么难以理想地解决上述问题。在一些实际情况中，通过选择一个或多个被设定为优先于其它控制装

置的运动控制装置并使所选运动控制装置排他地控制相应致动器来解决这个问题。

同时，美国专利US 5351776公开一种用于以集成方式控制车辆运动的技术的已知示例，以便能够在整体上缩短车辆的开发时间，和提高车辆的可靠性和适用性以及易于维护车辆。

在该已知的示例中，包括驾驶员和车辆的整个系统是由采用在驾驶员和致动器之间具有多个等级（层次）的分级（分层）结构的形式布置的多个部件构成的。当驾驶员的请求或者意图被转换为车辆的相应的操作性能时，下级部件所需的来自于上级部件的性能从上级部件传送到下级部件。

在该已知的示例中，尽管上述系统是根据硬件配置的部件关系以分级结构的形式构成的，但是适于执行多种运动控制的软件配置不一定具有适合的分级布置。下面将对这种情况进行详细说明。

如根据美国专利US 5351776理解的，控制功能尤其是协作部件12、18和24的控制功能以主控制器100的程序结构的形式实现。即，这些部件的控制功能是通过运行主控制器100中的程序来实现的。协作部件12用于将驾驶员的请求转换成目标值，协作部件18将从协作部件12接收的目标值转换成车辆车轮转矩。这样，协作部件12、18形成一个分级结构。

另一方面，协作部件24将用于实现由上一级部件22接收的发动机转矩的信号传送到用于控制发动机的进气量的致动器部件28、用于控制发动机的燃料喷射量的致动器部件30和用于控制发动机的点火正时的致动器部件32。由于协作部件24仅从属于上一级部件22，而不从属于上述协作部件12和18，因此协作部件24以及协作部件12、18不形成一个分级结构。

为了使软件配置真正形成一个分级结构，软件配置中的多个处理单元必需是相互独立的。“独立”在本文中指的是，每一个处理单元的程序可不依赖于其它处理单元的程序而由计算机运行。即，在每一个处理单元中由计算机运行的程序必需是它本身即模块完成的自完成程序。

上述美国专利没有公开上述软件结构的分级结构、独立处理单元和模块化。

参见美国专利US 5351776的图1,在该专利中提出仅根据多个系统的部件的所属或者从属关系以分级形式对该部件分类和布置,而没有说明部件是硬件部件或者软件部件。但是,上述美国专利没有提出以分级形式适当地布置系统的软件配置的技术。

为了以分级形式适当地布置软件配置,需要对必需的处理内容细分,从而在整体上提高软件配置的执行效率。

总之,在上述已知示例中,在用于以集成方式在同一车辆中执行多种运动控制的软件配置中还有改进的空间。对于软件配置方面的这种改进,将建立用于以集成方式控制多个控制车辆运动的致动器的技术,以用在实际应用中。

因此,本发明的一个目的在于,适当地建立一种以集成方式控制用于在车辆中执行多种运动控制的多个致动器的系统软件配置分级结构,并且使该分级结构在适用性方面达到最佳。

发明内容

为了实现上述目的,根据本发明的一个方面,提供一种集成式车辆运动控制系统,所述集成式车辆运动控制系统基于关于驾驶员驾驶车辆的驾驶相关信息利用计算机以集成方式控制多个致动器,以在车辆中实现多种车辆运动控制,其中(1)在所述集成式车辆运动控制系统的硬件配置和软件配置中的至少一个软件配置包括以分级结构形式布置的多个部分,所述分级结构在从驾驶员到多个致动器的方向上具有多个等级;(2)所述多个部分包括(a)处于作为该分级之一的第一等级的指令部分,所述指令部分适于基于驾驶相关信息确定目标车辆状态量,(b)处于比第一等级低的第二等级的执行部分,所述执行部分适于接收作为来自于指令部分的指令的目标车辆状态量并利用所述多个致动器中的至少一个来执行接收的指令;

(3)所述指令部分包括上级指令部分和下级指令部分,这些指令部分都适于产生用于以集成方式控制多个致动器的指令,所述上级指令部分基于驾驶相关信息在不考虑车辆动态特性的情况下确定第一目标车辆状态量,并且将确定的第一目标车辆状态量提供给下级指令部分,所述下级指令部分

基于从上级指令部分接收的第一目标车辆状态量在考虑车辆动态特性的情况下确定第二目标车辆状态量，并将确定的第二目标车辆状态量提供给执行部分；以及（4）通过使计算机运行在软件配置上相互独立的多个模块而使上级指令部分、下级指令部分和执行部分执行由各个部分分配的特定功能。

在上述系统中，在硬件和软件配置中的至少软件配置以分级结构形式布置，该软件配置包括（a）在从驾驶员到多个致动器的方向看去，处于较高等级的指令部分，所述指令部分适于基于驾驶相关信息确定目标车辆状态量；（b）处于比指令部分低的等级的执行部分，所述执行部分适于接收作为来自于指令部分的指令的目标车辆状态量并利用所述多个致动器中的至少一个来执行接收的指令。

即，在上述系统中，至少其软件配置被分成相互独立的指令部分和执行部分，以提供一个分级结构。

由于指令部分和执行部分相互独立地设置在软件配置上，因此，可在不影响其它部分的情况下进行在这些部分的每一个上执行的开发、设计、设计改变、调试和其它操作，从而能够相互并行地在两个部分上执行这些操作。该布置能够容易地减少在整个软件配置上工作所需的时间。

另外，在上述系统中，所述指令部分包括上级指令部分和下级指令部分，这些指令部分都适于产生用于以集成方式控制多个致动器的指令。

所述上级指令部分适于基于驾驶相关信息在不考虑车辆动态特性的情况下确定第一目标车辆状态量，并且将确定的第一目标车辆状态量提供给下级指令部分。

另一方面，所述下级指令部分适于基于从上级指令部分接收的第一目标车辆状态量在考虑车辆动态特性的情况下确定第二目标车辆状态量，并将确定的第二目标车辆状态量提供给执行部分。

这样，在根据本发明上述方面的系统中，指令部分被分成在不考虑车辆动态特性的情况下简单确定目标车辆状态量的上级指令部分和在考虑车

辆动态特性的情况下精确确定目标车辆状态量的下级指令部分，并且上级指令部分和下级指令部分是按照这个顺序连续布置的。

由于上级指令部分和下级指令部分相互独立地设置在软件配置上，因此，可在不影响其它部分的情况下进行在这些部分的每一个上执行的开发、设计、设计改变、调试和其它操作，从而能够相互并行地在两个部分上执行这些操作。该布置能够容易地减少在所述系统的指令部分的软件配置上工作所需的时间。

这里将详细说明“第一目标车辆状态量”和“第二目标车辆状态量”之间的关系。如上所述，第一目标车辆状态量是在不考虑车辆动态特性的情况下确定的，而第二目标车辆状态量是基于确定的第一目标车辆状态量在考虑车辆动态特性的情况下确定的。

上述提到的“车辆动态特性”例如指的是需要较复杂的用于获得表示运动的特定值的计算的瞬态或者非线性车辆运动。这个概念与仅需要较简单的用于获得表示运动的特定值的计算的恒定或者线性车辆运动的概念是相对的。

因此，当在考虑车辆动态特性的情况下不适于控制多个致动器以达到当前的第一目标车辆状态量（即，不改变第一目标车辆状态量）时，校正第一目标车辆状态量，从而确定第二目标车辆状态量。

根据第一目标车辆状态量和第二目标车辆状态量之间的关系判断上级指令部分和下级指令部分之间的关系，上级指令部分和下级指令部分不是处于下级指令部分完全依赖于或者从属于上级指令部分的从属关系。而是，上级指令部分和下级指令部分处于下级指令部分被授权以根据需要校正上级指令部分所产生的指令的不完全但独立的关系。

上述“从属关系”例如可被解释为完全分级关系或者密切关系，而上述“不完全但独立的关系”例如可被解释为部分并行关系或者疏远关系。

另外，在根据本发明上述方面的系统中，通过多个阶段或者步骤确定目标车辆状态量。更具体地说，在不考虑车辆动态特性的情况下，在第一阶段确定目标车辆状态量，接着在考虑车辆动态特性的情况下，在下一阶

段确定目标车辆状态量。即，这样在多个阶段确定的目标车辆状态量相对于要被提供最终目标车辆状态量的执行部分来说，不是处于并行关系而是处于串行关系。

因此，在上述系统中，执行部分不需要如在确定的目标量相互之间处于并行关系的情况下选择在多个阶段确定的目标车辆状态量之一。

另外，由于由上级指令部分确定的第一目标车辆状态量不考虑车辆动态特性，因此，已经相对于某一种类型的车辆开发或者设计的上级指令部分无需大的设计改变即可被安装在另一种类型的具有不同动态操作特性的车辆上。这样，上述系统确保提高上级指令部分的适用性，这样容易使上级指令部分广泛地用于不同类型的车辆中。

在根据本发明上述方面的系统中，通过使计算机运行在软件配置上相互独立的多个模块使上级指令部分、下级指令部分和执行部分执行分配各个部分的特定功能。

即，在上述系统中，上级指令部分、下级指令部分和执行部分使计算机运行与其它模块相互独立的每一个部分的模块。

另外，根据本发明上述方面的系统可构造成使硬件配置以及软件配置被设计成各个单元或者装置相互独立的分级结构形式。

在这种情况下，在本发明上述方面的系统的一个实施例中，对于硬件配置的每一个单元安装有专用处理单元（可被构造成具有至少一个CPU），并且利用每一个处理单元运行每一个模块。在该实施例中，如果处理单元的数量被计数为计算机的数量，例如安装在整个系统上的计算机的数量是多个，这是由于安装专用处理单元的单元的数量是多个。

上述表达形式“硬件配置被设计成各个单元或者装置相互独立的分级结构形式”本质上不是指各个单元在表面上相互独立（即，单元之间相互分离），而是如果在每一个单元中被指定进行处理的处理单元与其它单元的处理单元相互独立即可。

上述“驾驶相关信息”可被定义为包括（a）与驾驶员进行驾驶操作相关的驾驶信息；（b）与车辆状态量（或者表示车辆各种状况的量）相关的

车辆信息；和(c)与会影响车辆运动的车辆周围环境相关的环境信息中的至少一个。

这里，“驾驶信息”可被定义为包括与驾驶车辆的驾驶操作（诸如加速操作或者减速操作）、为车辆施加制动的制动操作、使车辆转向的转向操作、各种电子部件的开关装置等相关的信息中的至少一个。

上述“车辆信息”可被定义为包括与例如车速、转向角、车辆车身横摆率、车辆的纵向加速度、横向加速度和垂直加速度、表示轮胎状况的量诸如轮胎充气压力、表示悬架状态的量、表示发动机状态的量诸如发动机速度和发动机负荷、表示变速器状态的量诸如变速器速比（齿轮齿数比）、表示在包括混合车辆的电动车辆的驾驶或者再生制动过程中的电动机状态的量、表示车辆动力源诸如电池状态的量等相关的信息中的至少一个。

上述“环境信息”可被定义为包括与例如车辆行驶道路状况（诸如路面状况、几何特性和地理特性）相关的信息、与车辆导航相关的信息、与存在于车辆前方的障碍物相关的信息、与从外部无线（即，通过无线电波）接收的关于车辆运动的信息以及其它类型信息中的至少一种。

当致动器在车辆中被启动时，无论其启动是针对车辆运动控制或者驾驶员舒适度控制（诸如车厢内的空调控制、照明控制或者音频控制）都会消耗电力。由于车辆中的电力不是无限的，因此希望尽可能地抑制浪费能耗并且以集成方式管理整个车辆中的能量提供和需求之间的平衡。

基于上述研究结果，根据本发明上述方面的系统的上级指令部分可适于确定第一目标车辆状态量，以便使车辆整体消耗的能源（诸如电力或者燃料）的消耗降至最小。

如上所述，在根据本发明上述方面的系统中，上级指令部分和下级指令部分都确定目标车辆状态量。由于上级指令部分和下级指令部分的模块是相互独立的，因此发生在上级指令部分和下级指令部分的一个中的模块故障不会诱使或者导致另一个模块出现故障。

基于上述研究结果，根据本发明上述方面的系统的下级指令部分可适于基于被传送到下级指令部分的驾驶相关信息确定第二目标车辆状态量同时在上级指令部分出现故障时绕过该上级指令部分。

另外，根据本发明上述方面的上级指令部分、下级指令部分和执行部分可被构造成仅每一个部分的一个模块由计算机运行，或者每一个部分的两个或者多个模块由计算机运行。

在根据本发明上述方面的集成式车辆运动控制系统的第一实施例中，驾驶相关信息包括（a）与驾驶员进行驾驶操作相关的驾驶信息；和（b）与车辆状态量相关的车辆信息和会影响车辆运动的车辆周围环境相关的环境信息中的至少一个。

在上述系统中，驾驶相关信息不仅包括与驾驶员进行驾驶操作相关的驾驶信息，而且还包括其它类型信息。因此，该系统能够进行车辆运动控制，以便弥补驾驶员的驾驶技术不足，使车辆运动与驾驶员不容易识别或者无法识别的车辆状况或者车辆周围环境的变化相匹配。这样，利用该系统能够容易地提高车辆的安全性。

在本发明上述方面的第二实施例中，车辆包括：（a）适于获取与驾驶员进行驾驶操作相关的驾驶信息的驾驶信息获取系统；（b）适于获取与车辆状态量相关的车辆信息的车辆信息获取系统和适于获取会影响车辆运动的车辆周围环境相关的环境信息的环境信息获取系统中的至少一个。另外，上级指令部分基于（c）获取的驾驶信息以及（d）获取的车辆信息和获取的环境信息中的至少一个来确定第一目标车辆状态量。

在上面刚刚说明的系统中，上级指令部分在不仅考虑驾驶信息而且还考虑其它类型信息的情况下来确定第一目标车辆状态量。这样，使用该系统容易地提高车辆的安全性，其原因基本与在第一实施例系统情况下的原因相同。

在本发明上述方面的第三实施例中，上级指令部分基于（a）获取的驾驶信息和（b）获取的车辆信息以及获取的环境信息中的至少一种来确定与

要确定的第一目标车辆状态量相关的多个候选值，并且根据一组预定规则基于确定的多个候选值确定第一目标车辆状态量。

在上述系统中，基于与要确定的第一目标车辆状态量相关的多个候选值根据该组预定规则确定第一目标车辆状态量，其中候选值是在考虑驾驶信息和其它类型信息的情况下确定的。

这样，驾驶信息和其它类型信息与要基于这些信息确定的第一目标状态量之间的关系是由上述的一组规则唯一确定的，这能够提高该关系的内容的清晰性和透明度。

因此，对于上述系统，上级指令部分的软件配置可被容易设计，从而能够减少设计该软件配置所需的时间。

另外，仅通过改变所述的一组规则即可改变上述驾驶信息和其它类型信息与第一目标车辆状态量之间的关系，从而容易对上级指令部分的软件配置进行调整。也可容易地减少将为某一种类型车辆开发的上级指令部分安装到另一种类型车辆中所需的设计改变。

在上述系统的一个示例性形式中，上级指令部分根据一组预定选择规则选择预定的候选值中一个，从而确定第一目标车辆状态量。

在本发明上述方面的第四实施例中，第一目标车辆状态量与车辆的纵向加速度相关，并且所述多个候选值包括(a)基于获取的驾驶信息确定的第一目标纵向加速度，和(b)基于获取的车辆信息和获取的环境信息中的至少一种确定的第二目标纵向加速度。

通常，车辆的基本运动是行驶、停止和转向。因此，在驾驶车辆时，驾驶员进行驾驶操作以便实现或者完成车辆的基本运动。

车辆的行驶和停止运动可由被称为车辆的纵向加速度的物理量来说明。

基于上述研究结果，在根据第四实施例的系统中，第一目标车辆状态量与车辆的纵向加速度相关，并且所述多个候选值包括(a)基于驾驶信息确定的第一目标纵向加速度，和(b)基于车辆信息和环境信息中的至少一种确定的第二目标纵向加速度。

这样，上面刚刚说明的系统能够适当地控制车辆的驾驶和制动，不会使驾驶员感到不舒适。

应该理解的是，在本说明书中所用的“加速度”在没有特别指明的情况下指的是正加速度（即，狭义上的加速度）和负加速度（即，狭义上的减速度）。

在本发明上述方面的第五实施例中，第一目标车辆状态量与车辆的转向角相关，并且所述多个候选值包括（a）基于获取的驾驶信息确定的第一目标转向角，和（b）基于获取的车辆信息和获取的环境信息的至少之一确定的第二目标转向角。

如上所述，车辆的基本运动包括转向以及行驶和停止。车辆的转向运动可由被称为车辆的转向角的物理量来说明。

基于上述研究结果，在根据第五实施例的系统中，第一目标车辆状态量与车辆的转向角相关，并且所述多个候选值包括（a）基于获取的驾驶信息确定的第一目标转向角，和（b）基于获取的车辆信息和获取的环境信息的至少之一确定的第二目标转向角。

这样，上面刚刚说明的系统能够适当地控制车辆的转向，不会使驾驶员感到不舒适。

“转向角”总体上被表示为前轮的取向或者方向（即，前轮转向角）。但是，应该理解的是，转向角也可利用转向盘的转角（下文中称为“转向盘转角”）来表示，这是由于转向角是对应于由驾驶员操纵的转向盘的转角的物理量。

在本发明上述方面的第六实施例中，第一目标车辆状态量包括与车辆的纵向加速度相关的目标车辆状态量和与车辆的转向角相关的目标车辆状态量。

如上所述，车辆的基本运动是行驶、停止和转向。车辆的行驶运动和停止运动可由被称为车辆的纵向加速度的物理量来说明。车辆的转向运动可由被称为车辆的转向角的物理量来说明。

通常，驾驶员预测驾驶员当前驾驶的车辆近期从目前点行驶的行驶路线，并在假设沿预期行驶路线改变的车辆位置-速度(车速和车辆位置之间)关系的同时驾驶车辆。

即，通常，驾驶员驾驶车辆，以在假设车辆行驶路线上根据需要实现在车速和车辆位置之间的预期的车辆位置-速度关系。为此，驾驶员进行驾驶操作以尽可能精确地实现车辆位置-速度关系。

在不依赖于车辆动态特性的范围内讨论车辆位置-速度关系，并且车辆位置-速度关系可被认为是具有不同动态操作特性的多种类型的车辆共同建立的行驶参数。

说明车辆位置-速度关系的最少所需的物理量可例如是车辆的纵向加速度和转向角。

基于上述研究结果，在根据第六实施例的系统中，第一目标车辆状态量包括与纵向加速度相关的目标车辆状态量和与转向角相关的目标车辆状态量。

这样，上述系统能够容易地使车辆位置-速度关系最优化并且不会牺牲上级指令部分的广泛适用性。

在本说明书中使用的“车辆位置-速度关系”例如可被理解为车辆沿假设车辆行驶路线行驶的位置随时间改变的车辆位置-时间关系。如果车辆位置和速度是已知的，那么它们之间的关系可被等量转换成车辆位置和时间(通过时间)之间的关系。

在本发明上述方面的第七实施例中，上级指令部分确定使在车辆行驶路线上的车辆的位置和其速度之间的车辆位置-速度关系最佳化优先于车辆性能稳定性的目标车辆状态量作为第一目标车辆状态量。另外，下级指令部分基于确定的第一目标车辆状态量确定使车辆性能稳定性优先于车辆位置-速度关系最佳化的目标车辆状态量作为第二目标车辆状态量。

基于下列不同概念中的一个概念确定控制车辆运动时要建立的目标车辆状态量，所述不同概念包括使上述车辆位置-速度关系最佳化优先的第一概念，以及使车辆性能稳定性优先的第二概念。基本上，如果使用第一概

念，则无需考虑车辆动态特性，当使用第二概念时，需要考虑车辆动态特性。

因此，基于第一概念确定的目标车辆状态量广泛地用于不同类型的车辆中，而基于第二概念确定的目标车辆状态量很可能仅用于一种类型的车辆。

基于上述研究结果，在根据第七实施例的系统中，上级指令部分确定使在车辆行驶路线上的车辆的位置和其速度之间的车辆位置-速度关系最佳化优先于车辆性能稳定性的目标车辆状态量作为第一目标车辆状态量。另外，下级指令部分基于确定的第一目标车辆状态量确定使车辆性能稳定性优先于车辆位置-速度关系最佳化的目标车辆状态量作为第二目标车辆状态量。

在本发明上述方面的第八实施例中，上级指令部分确定第一目标车辆状态量作为可在允许范围内变化的目标车辆状态量，并且下级指令部分确定第二目标车辆状态量作为从第一目标车辆状态量的允许范围内选择的一个目标车辆状态量。

在上述系统中，上级指令部分确定第一目标车辆状态量同时使在车辆行驶路线上的车辆的位置和其速度之间的车辆位置-速度关系最佳化优先于车辆性能稳定性。因此，如果考虑到车辆的安全性，使车辆性能稳定是重要的，例如当车辆很不稳定时，下级指令部分用于确定第二目标车辆状态量以使车辆性能稳定。

根据上述情况进行判断，应该理解的是，上级指令部分和下级指令部分不是处于下级指令部分完全依赖于或者从属于上级指令部分的从属关系。而是，上级指令部分和下级指令部分处于下级指令部分被授权以根据需要校正上级指令部分产生的指令的不完全但独立的关系。

但是，如果上级指令部分确定第一目标车辆状态量作为一个固定值而不是一个范围并且将其提供给下级指令部分，那么下级指令部分对于上级指令部分的依赖程度大于在上级指令部分确定第一目标车辆状态量作为一个范围而不是一个固定值并且将其提供给下级指令部分的情况。

另一方面，如果例如由于驾驶员的驾驶技术不足或者判断车辆环境的能力不足而使得车辆性能稳定性被大大降低，那么强烈需要下级指令部分而不是上级指令部分在校正驾驶员的驾驶操作的方面主动确定目标车辆状态量，从而以集成方式通过执行部分控制多个致动器。

基于上述研究结果，在根据第八实施例的系统中，上级指令部分确定第一目标车辆状态量作为可在允许范围内变化的目标车辆状态量，并且下级指令部分确定第二目标车辆状态量作为从该允许范围内选择的一个目标车辆状态量。

对于这种布置，相对于为上级指令部分提供的权限，可容易地增大下级指令部分在确定目标车辆状态量方面被提供的权限。

因此，使用该系统能够提高车辆性能稳定性，最终提高车辆的安全性，即使驾驶员的驾驶技术或者判断车辆环境的能力不足。

在本发明上述方面的第九实施例中，第一目标车辆状态量包括与车辆的纵向加速度相关的目标车辆状态量和与车辆的转向角相关的目标车辆状态量，并且上级指令部分确定与车辆的纵向加速度相关的目标车辆状态量作为可在允许范围内变化的目标车辆状态量，并确定与车辆的转向角相关的目标车辆状态量作为不具有允许范围的目标车辆状态量。

如上所述，在根据第八实施例的系统中，相对于为上级指令部分提供的权限，可容易地增大下级指令部分在确定目标车辆状态量方面被提供的权限。

在根据第八实施例的系统中，第一目标车辆状态量包括与车辆的纵向加速度相关的目标车辆状态量和与车辆的转向角相关的目标车辆状态量。另外，在第八实施例中，能够为下级指令部分提供与车辆的纵向加速度相关的目标车辆状态量和与车辆的转向角相关的目标车辆状态量，这些目标车辆状态量都可在各自允许范围内变化。

但是，为下级指令部分提供能够在某一允许范围内变化的目标车辆状态量意味着车辆的实际运动很可能偏离驾驶员的驾驶操作（即，驾驶员的意愿或者请求）。在一些情况下，在提高车辆的安全性方面，这种趋势是

希望的。但是，在其它情况下，驾驶员可能对于车辆的实际运动而感到不舒适或者困窘。

和与车辆的纵向加速度相关的目标车辆状态量被给定在一定范围或者宽度的情况相比较，在与车辆的转向角相关的目标车辆状态量被给定在一定范围或者宽度的情况下，驾驶员可能对于车辆实际运动而感到不舒适或者困窘的情况出现的可能性较高。

基于上述研究结果，在根据第九实施例的系统中，第一目标车辆状态量包括与车辆的纵向加速度相关的目标车辆状态量和与车辆的转向角相关的目标车辆状态量，并且上级指令部分确定与车辆的纵向加速度相关的目标车辆状态量作为可在允许范围内变化的目标车辆状态量，并且确定与车辆的转向角相关的目标车辆状态量作为不具有允许范围的目标车辆状态量。

对于这种布置，相对于为上级指令部分提供的权限，可容易地增大下级指令部分在确定目标车辆状态量方面被提供的权限，同时不会使驾驶员感到不舒适。

在上述实施例的一个示例性形式中，如果目标车辆状态量表示车辆的加速度，那么上级指令部分确定可在允许范围内变化的与车辆的纵向加速度相关的目标车辆状态量，而如果目标车辆状态量表示车辆的减速度，那么确定目标车辆状态量作为不具有允许范围的单一数值。

对于上述布置，与目标加速度可在允许范围内变化的情况相比，当车辆需要减速时，目标纵向加速度的大小更有可能由下级指令部分和执行部分准确或者符合实际地实现，从而容易提高车辆的安全性。

在本发明上述方面的第十实施例中，上级指令部分基于驾驶员的意图和会影响车辆运动的车辆周围环境中的至少一种改变该允许范围的宽度。

对于上述系统，可基于驾驶员的意图或者请求（可能反映驾驶员的偏好）和会影响车辆运动的车辆周围环境（诸如车辆行驶道路的路面状况或者弯曲状况例如弯曲程度或者频率）中的至少一种改变由上级指令部分确定的第一目标车辆状态量的允许范围的宽度。

在允许范围的宽度随驾驶员的意图或者请求以及车辆周围环境中的至少一种的变化而改变的上述系统中，可容易地建立与驾驶员的意图和车辆周围环境中的至少一种有关的第一目标车辆状态量的最佳化，这不同于允许范围的宽度是固定的情况。

在本发明的第十一实施例中，上级指令部分基于输入信息利用不涉及车辆动态特性简单说明车辆运动的简单车辆模型确定第一目标车辆状态量，下级指令部分基于输入信息利用比所述简单车辆模型更精确地说明车辆运动以反映车辆动态特性的更精确的车辆模型确定第二目标车辆状态量。

在上述系统中，最终目标车辆状态量是利用说明车辆运动的两种车辆模型最终确定的。

因此，在上述系统中，与从开始到结束仅利用一种车辆模型确定目标车辆状态量的情况相比，每一种类型的车辆模型的结构可被容易简化。

另外，在上述系统中，在不依赖于模型所用于的车辆动态特性的情况下限定简单车辆模型。因此，可容易提高该简单车辆模型对于多种类型的车辆的应用性能。

另外，如果“模型”表示在计算机上利用任何方法表示的车辆运动（例如包括，车轮运动），则在本说明书中使用的“模型”满足其要求。因此，“模型”不一定是通过在几何结构上简化和再现（重建）车辆结构模拟车辆运动的类型，但可是利用简单数学表达式或者表格说明车辆运动的类型或者利用根据车辆所处状况建立的至少一种状况说明车辆运动的类型。

在本发明的第十二实施例中，执行部分基于输入信息利用说明与作用在车轮上的纵向作用力、横向作用力和垂直作用力中的至少纵向作用力和横向作用力相关的车辆车轮运动的车辆模型确定控制变量，利用所述控制变量可使多个致动器被控制以实现第二目标车辆状态量。

在上级指令部分和下级指令部分中，目标车辆状态量的确定仅需要对车辆的运动的整体观察。另一方面，执行部分直接控制多个致动器和间接控制施加在每一个车辆车轮上的作用力，从而控制车辆的运动。因此认为，

当执行部分确定控制变量时,执行部分使用说明车轮运动的车辆车轮模型,利用所述控制变量可使多个致动器被控制以实现从下级指令部分提供的第二目标车辆状态量。

通常,为了便于观察,施加在车辆车轮上的作用力被分解成纵向作用力、横向作用力和垂直作用力。尽管车辆车轮模型相对于车轮的纵向作用力、横向作用力和垂直作用力说明车轮的运动看起来是必要的,但是不管车辆所处的工作状态,考虑到致动器的实际控制性能,在技术上难以通过一个或多个致动器显著改变车轮的垂直作用力。

基于上述研究结果,在根据第十二实施例的系统中,执行部分基于输入信息利用说明与作用在车轮上的纵向作用力、横向作用力和垂直作用力中的至少纵向作用力和横向作用力相关的车辆车轮运动的车辆模型确定控制变量,利用所述控制变量可使多个致动器被控制以实现第二目标车辆状态量。

对于上述布置,多个致动器的控制变量可通过在致动器的控制性能方面高效(或者减少浪费)限定车辆车轮模型来确定。

在本发明上述方面的第十三实施例中,上级指令部分、下级指令部分和执行部分中的至少一个都基于从等级比所述每一个部分高的部分接收的信息利用说明车辆运动和车辆车轮运动中至少一个的模型确定要传送到等级比所述每一个部分都低的的部分的信息,并基于传送到等级比所述每一个部分都低的的部分的信息中的误差校正所述模型。

在上级指令部分、下级指令部分和执行部分的每一个中,用于必要地确定信息的特定模型可被定义为固定或者不可变模型。但是,在一些情况下,在由模型说明的对象即车辆运动或者车轮运动中可发生变化,或者在利用模型和车辆运动或者车轮运动确定的信息之间的媒介中可发生变化。如果不管这种变化,该模型被定义为固定模型,那么该模型不能精确再现由模型和该媒介的实际状态说明的对象。

这里,“媒介中的变化”例如包括作为媒介的致动器的性能方面的变化和作为媒介的由致动器驱动的对象的性能方面的变化。被驱动的对象

一个示例是制动器，在该示例中，制动器的摩擦材料的摩擦系数可能经受变化。被驱动的对象的一个示例是发动机，在该示例中，发动机的输出特性可随环境参数诸如周围温度和大气压力改变。

根据上述情况，在根据第十三实施例的系统中，上级指令部分、下级指令部分和执行部分中的至少一个都基于从等级比所述每一个部分高的部分接收的信息利用说明车辆运动和车辆车轮运动中至少一种的模型确定要传送到等级比所述每一个部分都低的的部分的信息，并且基于传送到等级比所述每一个部分都低的的部分的信息中的误差校正所述模型。

对于这种布置，始终能够符合实际地再现由模型说明的对象或者根据该模型的媒介，而不管该对象或者媒介中的序时变化。

如果该系统另外设有校正模型的功能，可更容易地提高利用模型产生的信息的准确性，并且最终提高车辆运动控制的准确性。

在本发明上述方面的第十四实施例中，执行部分包括以分级结构形式布置的多个单元，所述分级结构在从下级指令部分到多个致动器的方向上具有多个等级，并且所述多个单元包括(a)处于作为等级之一的第一等级的分配单元，所述分配单元适于将控制变量分配给所述多个致动器，利用所述控制变量可使多个致动器被控制以实现从下级指令部分提供的第二目标车辆状态量，以及(b)处于比第一等级低的第二等级的控制单元，所述控制单元适于控制多个致动器以实现从所述分配单元提供的控制变量。另外，所述分配单元包括(c)相对于所有多个致动器设置的上级分配单元，所述上级分配单元用于以集成方式将控制变量分配给所有多个致动器，利用所述控制变量可使多个致动器被控制以实现从下级指令部分提供的第二目标车辆状态量；(d)相对于多个致动器中的一部分设置的下级分配单元，所述下级分配单元用于将从上级分配单元提供的控制变量分配给所述多个致动器中的一部分。在该系统中，控制单元包括多个单个控制单元，第一组单个控制单元被设置在从属于关于多个致动器中的一部分的下级分配单元的等级，第二组单个控制单元被设置在从属于关于其余致动器的上级分配单元的等级，并且通过使计算机运行在软件配置上相互独立的多个模块

使得上级分配单元、下级分配单元和控制单元执行被分配各个单元的特定功能。

多个致动器可能必须被控制以实现一种目标车辆状态量。在这种情况下，要由所有多个致动器建立以便实现目标车辆状态量的控制变量（下文中称为“总控制变量”）必须被分配在多个致动器中。

根据上述情况，在第十四实施例的系统中，执行部分包括以分级结构形式布置的多个单元，所述分级结构在从下级指令部分到多个致动器的方向上具有多个等级。

另外，所述多个单元包括（a）处于作为等级之一的第一等级的分配单元，所述分配单元适于将控制变量分配给所述多个致动器，利用所述控制变量可使多个致动器被控制以实现从下级指令部分提供的第二目标车辆状态量，以及（b）处于比第一等级低的第二等级的控制单元，所述控制单元适于控制多个致动器以实现从所述分配单元提供的控制变量。

对于上述系统，执行部分的软件配置以分级结构形成以使其分配单元和控制单元彼此分开。由于分配单元和控制单元在软件配置上是相互独立设置的，因此可在不影响其它单元的情况下进行在这些单元的每一个上执行的开发、设计、设计改变、调试和其它操作，从而能够相互并行地在两个单元上执行这些操作。

通常，上述总控制变量中的一些可在一个步骤中被分配给位于控制系统终端处的多个致动器，而其它的控制变量可在多个步骤（或者利用多个阶段）被分配给致动器。在后一种情况下，总控制变量不是从开始被分成最终的单个控制变量（它们分别对应于多种类型的致动器）。相反，在初始阶段，总控制变量被分成中间控制变量，中间控制变量接着被分成最终的单个控制变量。

根据上述情况，在根据第十四实施例的系统中，所述分配单元包括（c）相对于所有多个致动器设置的上级分配单元，所述上级分配单元用于以集成方式将控制变量分配给所有多个致动器，利用所述控制变量可使多个致动器被控制以实现从下级指令部分提供的第二目标车辆状态量；（d）相对

于多个致动器中的一部分设置的下级分配单元，所述下级分配单元用于将从上级分配单元提供的控制变量分配给所述多个致动器中的一部分。

对于上述系统，分配单元的软件配置以分级结构形成以使其上级分配单元和下级分配单元彼此分开。由于上级分配单元和下级分配单元在软件配置上是相互独立设置的，因此可在不影响其它单元的情况下进行在这些单元的每一个上执行的开发、设计、设计改变、调试和其它操作，从而能够相互并行地在两个单元上执行这些操作。

另外，在根据第十四实施例的系统中，控制单元包括多个单个控制单元，第一组单个控制单元被设置在从属于关于多个致动器中的一部分的下级分配单元的等级，第二组单个控制单元被设置在从属于关于其余致动器的上级分配单元的等级。

从上述内容中可以明显地看出，所述集成式车辆运动控制系统至少在其软件配置方面被布置成在从驾驶员到多个致动器的方向上具有多个等级的分级结构形式，使得上级指令部分、下级指令部分、上级分配单元、下级分配单元和控制单元在软件配置上相互独立地连续布置。

因此，在上述系统中，至少整个系统的软件配置以一种更高级的分级结构布置形成，因此处理内容可被相互分离地执行，并且每一个处理单元的独立性可被加强。

这里，“上级分配单元”、“下级分配单元”和“控制单元”可被构造使每一个单元的仅一个模块是由计算机运行的，或者使每一个单元的多个模块是由计算机运行的。

在本发明上述方面的第十五实施例中，多个致动器被根据由每一个致动器作用在车辆每一个部件上的物理量的类型分成多个组，并且相对于多组致动器中的至少一组设置下级分配单元，其中每一组致动器包含两个或者更多个致动器。

在本发明上述方面的第十六实施例中，多个致动器包括多个车轮相关致动器，所述多个车轮相关致动器控制车辆车轮的纵向作用力、横向作用力和垂直作用力中的至少纵向作用力和横向作用力，并且上级分配单元将

控制变量分配给多个车轮相关致动器以使控制变量包括在与纵向作用力相关的纵向作用力分量、与横向作用力相关的横向作用力分量和与垂直作用力相关的垂直作用力分量中的至少纵向作用力分量和横向作用力分量。

在上面刚刚说明的系统中，根据应用于车辆车轮上的力学，分配给多个车轮相关致动器的上述控制变量包括在与纵向作用力相关的纵向作用力分量、与横向作用力相关的横向作用力分量和与垂直作用力相关的垂直作用力分量中的至少纵向作用力分量和横向作用力分量。

这样，在上述系统中，根据应用于车辆车轮上的力学实现控制变量在多个车轮相关致动器中的分配，这能够提高要由每一个车轮相关致动器实现的单个控制变量的精度以及提高车辆运动控制精度。

附图说明

从下面参照附图对一个示例性实施例的说明中可以明显地看出本发明的上述和/或其它目的、特征和优点，在附图中利用相同的附图标记表示相同的部件，在附图中：

图1是示出安装本发明一个示例性实施例所涉及的集成式车辆运动控制系统的车辆的平面图；

图2是示意性地示出图1的集成式车辆运动控制系统的硬件配置的框图；

图3是示意性地示出图1系统的ROM的构造的框图；

图4是用于说明由图1的集成式车辆运动控制系统实现的功能和该系统的软件配置的框图；

图5是示意性地示出图4中所示驾驶信息获取系统的框图；

图6是示意性地示出图4中所示车辆信息获取系统的框图；

图7是示意性地示出图4中所示环境信息获取系统的框图；

图8是详细示出图4中所示上级指令部分210的框图；

图9是示意性地示出图8中所示信号处理单元242的框图；

图10是示意性地示出图8中所示信号处理单元244的框图；

图11是示出加速行程与目标纵向加速度 $gx1$ 之间的关系的一个图表,其中该关系是由图8中所示 $gx1$ 计算单元260使用的;

图12是示出制动力与目标纵向加速度 $gx1$ 之间的关系的另一图表,其中该关系是由图8中所示 $gx1$ 计算单元260使用的;

图13是示意性地示出图8中所示驾驶辅助控制单元264的框图;

图14是示意性地示出图8中所示驾驶辅助控制单元268的框图;

图15是示意性地示出图3中所示上级指令模块的内容的流程图;

图16是详细示出图4中所示下级指令部分212的框图;

图17是详细示出图16中所示目标车辆状态量计算单元302的框图;

图18是详细示出图16中所示控制变量计算单元304的框图;

图19是说明由图18中所示目标纵向加速度计算单元324执行的一种控制的内容的框图;

图20是说明由图18中所示目标纵向加速度计算单元324执行的另一种控制的内容的框图;

图21是说明由图18中所示目标纵向加速度计算单元324执行的又一种控制的内容的框图;

图22是示意性示出图3中所示下级指令模块的内容的流程图;

图23是详细示出图4中所示执行部分214和致动器的框图;

图24是详细示出图23所示上级分配单元340、下级分配单元342和控制单元344的框图;

图25是示意性地示出由图24中所示目标轮胎纵向作用力计算单元370执行的控制流的流程图;

图26是示意性地示出图3中所示上级分配模块的内容的流程图;

图27是示意性地示出图3中所示下级分配模块的内容的流程图;

图28是示意性地示出图3中所示动力传动系控制模块的内容的流程图;

图29是示出用于图28的流程图的步骤S131中的速比与估算的变矩比之间关系的表;

图30是示意性地示出图3中所示转向控制模块的内容的流程图; 以及

图31是示意性地示出图1中所示集成式车辆运动控制系统的备用系统的框图。

具体实施方式

下面将参照附图详细说明本发明的示例性实施例。

图1是示意性地示出其上安装有本发明一个典型实施例所涉及的集成式车辆运动控制系统的机动车辆的平面图。在下文中，所述集成式车辆运动控制系统将被简称为“运动控制系统”。

图1的车辆包括前左、前右、后左和后右轮10。在图1中，“fl”表示前左轮、“fr”表示前右轮、“rl”表示后左轮，以及“rr”表示后右轮。该车辆还包括用作驱动动力源的发动机（内燃机）14。根据车辆驾驶员操纵加速器踏板（作为加速器操作部件的一个示例）20的量或程度（加速器开度）电力地控制发动机14的工作状态。根据需要，发动机14的工作状态还可自动控制，而不管驾驶员在加速器踏板20上执行的操作（在下文中称为“驾驶操作”或“加速操作”）。

可通过例如电力地控制安装在发动机14的进气歧管中的节气门的开启角（即，节气门开度）或者通过电力地控制喷射入发动机14的燃烧室中的燃料量执行发动机14的电动控制。

在车辆为电动车辆的情况下，驱动动力源主要包括电动机。在车辆为混合动力型车辆的情况下，驱动动力源主要包括发动机和电动机的组合。

图1的车辆是右前轮和左前轮为从动轮而右后轮和左后轮为驱动轮的后轮驱动车辆。通过液力变矩器22、变速器24、传动轴26、差速器单元28以及随每个后轮转动的驱动轴30将发动机14与每个后轮相连接，其中液力变矩器22、变速器24、传动轴26、差速器单元28以及驱动轴30是按说明的顺序布置的。液力变矩器22、变速器24、传动轴26和差速器单元28是由右后轮和左后轮共用或共享的动力传输部件。

变速器24包括自动变速器（未示出）。所述自动变速器适于电力地控制发动机14的转速被转变为变速器24的输出轴的转速的齿轮齿数比或速比。

图1的车辆还包括适于由驾驶员使之转向的转向盘44。转向反作用力施加装置48适于向转向盘44电力地施加转向反作用力。所述转向反作用力是与驾驶员所实施的转向操作（在下文中称之为“转向”）相对应的反作用力。

称为“前轮转向角”的右前轮和左前轮的方向由前转向单元50电力地改变。前转向单元50适于基于由驾驶员使转向盘44所转过的角度或转向盘转角控制前轮转向角，并且还适于根据需要自动控制前轮转向角，而不管驾驶员的转向操作。应该注意的是，在本实施例中，转向盘44与右前轮和左前轮未被机械地相互连接。与前轮转向角相似，称为“后轮转向角”的右后轮和左后轮的方向由后转向单元52电力地改变。

每个车轮10都装有被操纵用以限制其转动的制动器总成56。根据驾驶员对制动器踏板（作为制动器操作部件的一个示例）58的操纵量（踏下量）电力地控制制动器总成56。根据需要，用于每个车轮10的制动器总成56也可自动控制。

在图1的车辆中，车辆车身（未示出）被悬挂或由相对于每个车轮10设置的悬架62支承。各个悬架62的悬挂特性可被相互独立地通过电动控制。

如上所述的车辆的组成部件装有适于被操纵以便于电力地操纵相应部件的致动器。图23示出如下所示的致动器的一些示例：

- （1）用于电力地控制发动机14的致动器70
- （2）用于电力地控制变速器24的致动器72
- （3）用于电力地控制转向反作用力施加装置48的致动器74
- （4）用于电力地控制前转向单元50的致动器76
- （5）用于电力地控制后转向单元52的致动器78

(6)都与每个制动器总成56相连以便电力地控制由制动器总成56施加于相应一个车轮10上的制动转矩的多个致动器80(在图23中只是代表性地示出其中一个),

(7)都与每个悬架62相连以便电力地控制相应悬架62的悬挂特性的多个致动器82(在图23中只是代表性地示出了其中一个)

如图1所示,与如上所述多个致动器70至82相连接的运动控制系统被安装在车辆上。使用从未示出的电池(作为车辆动力源的一个示例)提供的电力驱动所述运动控制系统。

图2是示意性地示出本实施例的集成式车辆运动控制系统的硬件配置的框图。运动控制系统包括作为其主要部件的计算机90。如本领域中所公知的,计算机90包括通过总线98互相连接的处理单元(在下文中称为“PU”)92、ROM(作为存储器的一个示例)94以及RAM(作为存储器的另一个示例)96。

PU92包括分别分派给上级指令部分210、下级指令部分212和执行部分214的总共三个CPU(未示出),如图4所示。三个CPU共享一个ROM94和一个RAM96。因此,在本实施例中,上级指令部分210、下级指令部分212和执行部分214相对于PU92被相互独立地构造。

在另一个实施例中,每个CPU都装有专用的ROM94和RAM96。在这种情况下,上级指令部分210、下级指令部分212和执行部分214相对于ROM94和RAM96以及PU92被相互独立地构造。

在另一个实施例中,PU92包括一个CPU,并且这个CPU由上级指令部分210、下级指令部分212和执行部分214共用。

还可为上级指令部分210、下级指令部分212和执行部分214中的至少一个的每一个分配多个CPU,严格地说,以使得每个部分的CPU可执行并行处理。

运动控制系统还包括分别与总线98连接的输入接口100和输出接口102。运动控制系统通过输入接口100与各个传感器以及稍后说明的其它外部装置相连接,并且还通过输出接口102与如上所述的各个致动器相连接。

图3示意性地示出ROM94的结构，稍后将对其进行说明。

图4是示意性地示出本实施例的集成式车辆运动控制系统的软件配置的框图。图4还示出连接于所述运动控制系统的各种系统、单元或装置。

如图4所示，运动控制系统在其输入侧或主流信息的上游侧与驾驶员、由驾驶员操纵的车辆以及车辆的环境有关。

驾驶信息获取系统120用于获取驾驶员所执行的操作方面的信息，并且将所述信息传送到运动控制系统。车辆信息获取系统122用于获取稍后说明的车辆状态量方面的车辆信息，并且将所述车辆信息传送到运动控制系统。环境信息获取系统124用于获取车辆的环境方面的环境信息，并且将所述环境信息传送到运动控制系统。

运动控制系统可根据需要在任何时候从驾驶信息获取系统120、车辆信息获取系统122以及环境信息获取系统124中检索所需的信息。另外，运动控制系统可使得多个处理部分（即，上级指令部分210、下级指令部分212和执行部分214）中的一个使用由另一个处理部分所检索的信息。

图5示出构成驾驶信息获取系统120的各种传感器和各种开关。所述传感器和开关如下所列。

（1）与驾驶操作相关的传感器

加速行程传感器130：用于测量驾驶员所操纵（例如，压下）的加速器踏板20的行程（所述行程可由转动角或加速器位置表示）的传感器

（2）与制动操作相关的传感器

制动力传感器134：用于测量由驾驶员施加到制动器踏板58上的力的传感器

制动行程传感器136：用于测量由驾驶员所操纵的制动器踏板58的行程的传感器

（3）与转向操作相关的传感器

转向盘转角传感器140：用于测量由驾驶员所操纵的转向盘44的转动角（即，转向盘转角）的传感器

转向转矩传感器142: 用于测量由驾驶员施加到转向盘44的转向转矩的传感器

(4) 各种开关

车辆-速度·车辆间-距离控制开关146: 由驾驶员操纵用于允许稍后所述的车辆-速度·车辆间-距离控制的开关

车道保持开关148: 由驾驶员操纵用于允许稍后所述的车道保持控制的开关

推荐车辆-速度引导开关150: 由驾驶员操纵用于允许稍后所述的推荐车辆-速度引导控制的开关

图6示出如下列出的各种装置, 所述装置构成车辆信息获取系统122。

(1) 与加速度相关的传感器

纵向加速度传感器160: 用于测量车辆的纵向加速度的传感器

横向加速度传感器162: 用于测量车辆的横向加速度的传感器, 所述横向加速度是主要作用在车辆重心上的横向加速度

竖直加速度传感器164: 用于测量每个车轮10与车辆车身之间的相对竖直加速度的传感器

(2) 与速度相关的传感器

车速传感器168: 用于测量车速的传感器, 所述车速是车辆的行驶速度

轮速传感器170: 用于测量轮速的传感器, 所述轮速是每个车轮10的转速

横摆率传感器172: 用于测量车辆车身关于车辆重心的横摆率的传感器

(3) 与动力传动系相关的传感器

发动机速度传感器176: 用于测量发动机14的回转速度(转数)的传感器

输出轴速度传感器177: 用于测量液力变矩器22的输出轴的转速的传感器

(4) 其它传感装置:

轮胎充气压力传感器178: 用于测量每个车轮10的轮胎充气压力的传感器

道路倾斜估算装置180: 用于估算车辆在其上行驶的道路的倾斜角度(尤其是车辆横向上的倾斜角度)的装置

道路倾斜估算装置180能够基于例如来自于包含于车辆信息获取系统122中的一部分传感器诸如横向加速度传感器162、轮速传感器170、横摆率传感器172的信号估算倾斜角度。

图7示出以下列示的各种装置, 所述装置构成环境信息获取系统124。

(1) 前部监控雷达装置190

该装置适于通过雷达监控存在于车辆前面的目标(诸如前方的车辆或障碍物)相对于所述车辆的距离、位置等。

(2) 前部监控摄像装置192

该装置适于通过摄像头俘获所述车辆前面的图像(例如包括道路、前方的车辆、障碍物等)

(3) 导航系统194

该系统用于在地球仪或地图上确认或确定车辆的当前位置, 并沿在地图上选定的道路引导车辆。

(4) 通信系统196

该系统适于通过无线电接收与车辆目前在其上行驶或将要行驶的道路的路面状况(诸如道路 μ)或几何特征(诸如道路形状)相关的环境信息、或接收依照道路交通法或其它关于道路的规章确定的环境信息诸如速度限制和停车位置。

还可将通信系统196设计成具有将由主体车辆估算的各类信息传送到外部诸如另一车辆或信息管理中心的功能。由主体车辆估算的各种信息可限定为包括与主体车辆已驶过或目前正在其上行驶的道路的摩擦系数 μ 相关的信息、以及与建议主体车辆在其上行驶的行驶路线或路径相关的信息。

如图4所示, 集成式车辆运动控制系统的软件配置是以包含多个等级的分级结构形式构成的, 即, 使得上级指令部分210、下级指令部分212和执

行部分214以这种顺序沿从驾驶信息获取系统120、车辆信息获取系统122以及环境信息获取系统124朝向致动器70至82的方向被连续地布置。

如图3所示,ROM94储存与上级指令部分210相关的上级指令模块。而且,ROM94还储存与下级指令部分212相关的下级指令模块和与执行部分214相关的执行模块,稍后将进行说明。

同时,可将一个模块构造成只包括限定一个控制流的一个程序单元,或可将其构造成包括多个程序单元。例如,可将上级指令模块构造成包括多个程序单元,所述程序单元分别用于执行目标纵向加速度的计算、目标转向角的计算以及最终目标值的选定,如稍后说明的。

在本实施例中,由PU92相对于上级指令部分210、下级指令部分212和执行部分214以彼此独立的方式执行各个模块。

这里,可比照人类的职能示意性地说明运动控制系统和相关的获取系统120、122、124以及致动器70至82的功能。如图4所示,获取系统120、122、124执行与人类的感觉器官相似的功能,并且上级指令部分210执行与大脑相似的功能、而下级指令部分212和执行部分214执行与人类运动神经相似的功能。致动器70至82执行与人类运动器官相似的功能。

图8是示出根据功能组织的上级指令部分210的软件配置的框图。

上级指令部分210可包括以下单元:

(1) 目标纵向加速度计算单元220: 与目标纵向加速度计算模块(如图3所示的上级指令模块)相对应的单元,并且适于计算多个目标纵向加速度 $gx1$ 到 $gx5$,从所述目标纵向加速度 $gx1$ 到 $gx5$ 中选定一个目标纵向加速度用于车辆

(2) 目标转向角计算单元222: 与目标转向角计算模块(如图3所示的上级指令模块)相对应的单元,并且适于计算多个目标转向角 $\delta1$ 和 $\delta2$,从所述目标转向角 $\delta1$ 和 $\delta2$ 中选定一个转向角用于车辆

(3) 选择单元224: 与两个选定模块中的一个模块(如图3所示的上级指令模块)相对应的单元,并且适于从上述多个目标纵向加速度中选定一个作为目标纵向加速度 $gx6$

(4) 选择单元226: 与两个选定模块中的另一个模块(图3)相对应的单元, 并且适于从上述多个目标转向角中选定一个作为目标转向角 δ_3

目标纵向加速度计算单元220包括三个信号处理单元240、242和244。

(1) 信号处理单元240

该单元240用于将来自于驾驶信息获取系统120的信号转换成可由计算机90处理的相应信号。

(2) 信号处理单元242

该单元242用于将来自于车辆信息获取系统122的信号转换成可由计算机90处理的相应信号。

如图9所示, 信号处理单元242包括轮胎状况确定单元250。该单元250适于基于来自于轮胎充气压力传感器178、轮速传感器170等的信号确定每个车轮10的轮胎的状态(例如, 包括充气压力、表面特性等)是否异常。

如图9所示, 信号处理单元242还包括前进行驶、后退行驶和停止确定单元252。该单元252适于基于来自于轮速传感器170的信号确定车辆当前是沿前进方向行驶、还是沿后退方向行驶、或是处于停止状态。

例如, 前进行驶、后退行驶和停止确定单元252在所有四个车轮的轮速都等于零时确定车辆处于停止状态; 在四个车轮中至少一个车轮的轮速为正值时, 确定车辆正沿前进方向行驶。所述确定单元252还在四个车轮中至少一个车轮的轮速为负值时确定车辆正沿后退方向行驶。

如图9所示, 信号处理单元242还包括转向确定单元254。该单元254适于基于来自于转向盘转角传感器140、横摆率传感器172等的信号确定车辆当前是否正在转向。

例如, 当转向盘转角的绝对值大于一不等于零的设定值(例如, 30度)时, 或者当横摆率的绝对值大于一不等于零的设定值时, 转向确定单元254确定车辆当前正在转向。在其它情况下确定单元254确定车辆未在转向。

(3) 信号处理单元244

该单元244用于将来自于环境信息获取系统124的信号转换成可由计算机90处理的相应的信号, 如图8所示。

如图10所示, 信号处理单元244包括推荐行驶路线计算单元256。该单元256适于计算建议车辆在直到一设定时间 T_0 秒过去的行驶期间沿其从每个局部点行驶的推荐行驶路线。

例如, 设定时间 T_0 可被计算为当车辆的行驶速度从当前车速在预定减速度(例如 -2.0m/s^2)下减小时车辆停止所花费的时间。也可通过稍后说明的计算方法将设定时间 T_0 计算为当车辆在随时间改变的目标减速度下减速时车辆停止所花费的时间。

在推荐行驶路线计算单元256中, 可基于例如由前部监控摄像装置192取得的车辆前方图像、由导航系统194获取的当前位置以及车辆当前在其上行驶的一部分道路的几何形状(例如直路或弯路)计算推荐行驶路线, 所述部分是指当从每个局部点行驶设定时间 T_0 时设定车辆要通过的部分。推荐行驶路线被限定为车辆当前在其上行驶的道路的车道中心线。

如图10所示, 信号处理单元244还包括参考(基准)停止距离计算单元257。该单元257适于计算当只要车辆的减速度不超过一设定值(例如, -3.0m/s^2)而使得车辆减速时车辆停止所需的距离, 将其作为参考停止距离。还可通过稍后说明的计算方法从当车辆在随时间改变的目标减速度下减速时车辆停止所需的距离中计算参考停止距离。

参考停止距离计算单元257从例如通信系统196、车辆状态量估算单元(稍后将说明)等中检索车辆当前行驶于其上或将要在其上行驶的道路的道路 μ 信息。道路 μ 信息可包括摩擦系数, 以及关于所述道路是否为干沥青路、湿沥青路、雪路、受压雪路、冰封路(或冻结路)以及碎石路中任何一种道路的信息。

参考停止距离计算单元257还从例如通信系统196、导航系统194、前部监控摄像装置192等中检索与车辆当前行驶于其上或将要在其上行驶的道路的每一点的曲率半径有关的信息。

参考停止距离计算单元257依照以下计算方法, 基于例如如上所述检索的道路 μ 信息和曲率半径信息计算当从当前车速下减速时车辆停止所需的

距离，将其作为参考停止距离。该计算方法与以上说明中两次提及的方法相同。

(1) 当前车辆状态的计算

根据车辆当前行驶于其上的道路的道路 μ （由上述道路 μ 信息表示）以及当前车速 V 计算车辆的当前横向加速度 GY 和目标纵向加速度 GX 。

当前横向加速度 GY 可通过将当前车速 V 的平方除以车辆的当前转弯半径 R （可从曲率半径信息或转向盘转角中获得）获得，或者可作为横向加速度传感器162的检测值获得。

如果如此计算的横向加速度 GY 超过道路 μ （在考虑道路 μ 信息中的误差的情况下被设定得低于道路 μ 的一设定值的一个示例）或一极限值（例如， 3.0 m/s^2 ）的一半，则当前目标纵向加速度 GX 被设定为最小值（ $\sqrt{((0.8 \times \mu \times 9.8)^2 - GY^2)}$ ， 3.0 ）。否则，将当前目标纵向加速度 GX 设定为零。

如果平方根中的值为负的话，就无法进行计算，因此使得当前目标纵向加速度 GX 等于设定的减速度（例如， -1.0 m/s^2 ）。

(2) 5毫秒后（作为计算周期的一个示例）建立的车辆状态的计算依照以下等式估算在当前时间点5毫秒之后建立的车速 $V5$ 。

$$V5 = V + GX \times 0.005$$

依照以下等式计算沿行驶方向从当前位置到当前时间点5毫秒之后到达的位置的车辆的距离 $L5$ 。

$$L5 = V \times 0.005$$

依照以下等式估算5毫秒之后建立的横向加速度 $GY5$ ，其中 $R5$ 表示沿行驶方向在与车辆当前位置分开距离 $L5$ 的一点处的道路的曲率半径。

$$GY5 = V5^2 / R5$$

如上述情况(1)中那样，根据估算的横向加速度 $GY5$ ，确定5毫秒之后建立的目标纵向加速度 $GX5$ 。

(3) 10毫秒之后建立的车辆状态的计算

依照以下等式估算当前时间10毫秒之后建立的车速 $V10$ 。

$$V10 = V5 + GX5 \times 0.005$$

依照以下等式计算沿行驶方向从当前位置到10毫秒之后到达的位置的车辆的距离 L_{10} 。

$$L_{10} = L_5 + V_5 \times 0.005$$

依照以下等式估算10毫秒之后建立的横向加速度 GY_{10} ，其中 R_{10} 表示沿行驶方向在与车辆当前位置分开距离 L_{10} 的一点处的道路的曲率半径。

$$GY_{10} = V_{10}^2 / R_{10}$$

如上述情况(1)中那样，根据估算的横向加速度 GY_{10} ，确定5毫秒之后建立的目标纵向加速度 GX_{10} 。

(4) $5 \times n$ (毫秒) (其中 n : 计算周期 ≥ 3) 之后建立的车辆状态的计算

依照以下等式估算当前时间 $5 \times n$ (毫秒) 之后建立的车速 $V(5 \times n)$ 。

$$V(5 \times n) = V(5 \times (n-1)) + GX(5 \times (n-1)) \times 0.005$$

依照以下等式计算沿行驶方向从当前位置到 $5 \times n$ (毫秒) 之后到达的位置的车辆的距离 $L(5 \times n)$ 。

$$L(5 \times n) = L(5 \times (n-1)) + V(5 \times (n-1)) \times 0.005$$

依照以下等式估算 $5 \times n$ (毫秒) 之后建立的横向加速度 $GY(5 \times n)$ ，其中 $R(5 \times n)$ 表示沿行驶方向在与车辆当前位置分开距离 $L(5 \times n)$ 的一点处的道路的曲率半径。

$$GY(5 \times n) = V(5 \times n)^2 / R(5 \times n)$$

如上述情况(1)中那样，根据估算的横向加速度 $GY(5 \times n)$ ，确定5毫秒之后建立的目标纵向加速度 $GX(5 \times n)$ 。

(5) 重复上述计算周期，直到车速 $V(5 \times n)$ 等于零，也就是说，直到车辆停止。将此时的距离 $L(5 \times n)$ 确定为参考停止距离。

除以上所述的以外，考虑到道路 μ 不会频繁改变这个事实，每个计算周期中所使用的道路 μ 可从每个计算周期之外获得，但是也可从例如比计算周期长的设定时间的间隔(例如1分钟或几分钟)之外获得。

根据如上所述计算方法，预先估算出在每点直到车辆停止的一点处的车速、沿行驶方向测量的距离、纵向加速度和横向加速度。如此估算出的

车辆状态不仅可用于计算参考停止距离，而且还可用于其它目的。例如，在没有超过由例如道路 μ 物理地确定的车辆极限的情况下，估算的车辆状态量可容易地用于预先精确地预测当前在车辆上执行的控制操作，以使得车辆将在将来某一点处满足某种需要，并根据所述预测控制而控制车速。

如图10所示，信号处理单元244还包括推荐车速获取单元258。该单元258用于基于通信系统196通过无线电从车辆外部接收的信号获取通过关于车辆目前在其上行驶或将要行驶的道路的规章确定的交通信息（诸如速度限制和停止位置），并且基于如此获取的交通信息计算推荐车速，其中建议实际车速不要超过该推荐车速，以使得驾驶员遵守交通规则。

如图8所示，目标纵向加速度计算单元220包括gx1计算单元260、gx2计算单元262以及驾驶辅助控制单元264，这些单元用于计算上述多个目标纵向加速度。

gx1计算单元260通过选择性地使用由驾驶信息获取系统120获取的加速行程和制动力（即，施加于制动器踏板的力）计算目标纵向加速度gx1。

更具体地说，例如当加速行程大于零并且制动力等于零（即，当检测驾驶员的驱动性能）时，gx1计算单元260依照图11表中所示关系，根据加速行程acc，计算目标纵向加速度gx1。另一方面，当制动力大于零（即，当施加制动时），gx1计算单元260依照图12的表所示关系，根据制动力br，计算目标纵向加速度gx1。

gx2计算单元262根据推荐行驶路线和道路 μ 信息计算目标纵向加速度gx2。更具体地说，gx2计算单元262通过与计算用于获得参考停止距离的纵向加速度的上述方法相同的方法，将建议车辆在相对于与参考停止距离相对应的推荐行驶路线一部分的每一点处行驶的纵向加速度确定为目标纵向加速度gx2。

为了通过代替驾驶员执行原来应由驾驶员执行的驾驶操作或通过补偿驾驶员的驾驶技术、判断力和注意力的不足而提高车辆的安全性，驾驶辅助控制单元264选择上述致动器70至82中适合的一个或多个并自动地控制选择的致动器。

图13是示出由驾驶辅助控制单元264实现的功能的框图,所述功能如以下列示。

(a) 车辆-速度·车辆间-距离控制系统270

该系统270适于控制实际车速以使其等于由驾驶员选定的设定车速,并且计算车速的控制所需的纵向加速度,将其作为目标纵向加速度 $gx4$ 。

车辆-速度·车辆间-距离控制系统270还执行车辆之间距离控制(即,随后的行驶控制)。更具体地说,系统270基于来自于前部监控雷达装置190的信号,通过根据前面车辆的速度降低主体车辆的速度、或根据前面车辆的速度增加主体车辆的速度(只要该速度不超过预定车速)、或在前面车辆停止时停止所述车辆,而控制车辆之间距离。

下面将说明车辆-速度·车辆间-距离控制系统270计算目标纵向加速度 $gx4$ 所依据的原理的一个示例。

车辆-速度·车辆间-距离控制系统270确定在与参考停止距离相对应的推荐行驶路线的一部分上是否存在前面的车辆或障碍物。如果存在前面的车辆或障碍物的话,系统270假定主体车辆的速度从当前车速下降低,以使得在建议主体车辆到达前面的车辆或障碍物的当前位置时,主体车辆的实际车速与前面的车辆或障碍物的速度一致。如果障碍物被固定在地面等上的话,例如,将主体车辆的实际车速降至零。

在假定主体车辆的减速期间,车辆-速度·车辆间-距离控制系统270使用与计算用于获得参考停止距离的纵向加速度的上述方法相同的方法,将当前时点到建议主体车辆到达前面的车辆或障碍物的当前位置的时间之间的设定时间间隔(例如,5毫秒)下的每个局部点的车辆的纵向加速度确定为目标纵向加速度 $gx4$ 。换句话说,目标纵向加速度 $gx4$ 被确定为避免主体车辆与前面的车辆或障碍物相撞所需的纵向加速度。

(b) 推荐车速引导系统272

该系统272适于控制致动器以使得实际车速不会大大偏离推荐车速。这样,系统272计算实现该功能所需的纵向加速度,将其作为目标纵向加速度 $gx3$ 。

如果当前车速高于推荐车速的话,例如,推荐车速引导系统272将减速侧设定值(例如, -2.0 m/s^2)确定为目标纵向加速度 $gx3$ 。如果当前车速基本等于推荐车速的话,将目标纵向加速度 $gx3$ 设定为 0 m/s^2 。如果当前车速低于推荐车速的话,将目标纵向加速度 $gx3$ 设定为加速侧设定值(例如, 2.0 m/s^2)。

(c) 自动应急制动系统274

该系统274适于基于来自于前部监控雷达装置190、前部监控摄像装置192、通信系统196等的信号确定车辆是否必须紧急停止。如果车辆必须紧急停止的话,系统274控制致动器以便于停止车辆。这样,自动应急制动系统274计算实现该功能(即,迅速停止车辆)所需的纵向加速度,将其作为目标纵向加速度 $gx5$ 。

例如,如果自动应急制动系统274确定车辆必须紧急停止的话,将目标纵向加速度 $gx5$ 设定为减速侧设定值(例如, -12.0 m/s^2)。另一方面,如果不需要紧急停止车辆的话,将目标纵向加速度 $gx5$ 设定为一等于或大于零的预定值(例如, 2.0 m/s^2)。

如图8所示,目标转向角计算单元222包括 $\delta 1$ 计算单元280和驾驶辅助控制单元282。

(1) $\delta 1$ 计算单元280

该单元280适于基于转向盘转角 θ 计算目标转向角(即,前轮转向角的目标值) $\delta 1$ 。可通过用作为固定值的转向齿轮齿数比除转向盘转角 θ 而计算出目标转向角 $\delta 1$,或者通过用作为易受诸如车速等车辆状态量的影响的变量的转向齿轮齿数比除转向盘转角 θ 而计算出目标转向角 $\delta 1$ 。

应该理解的是,在本实施例中,不存在用于将右前轮和左前轮机械地与转向盘44相连接的转向齿轮,但是前轮转向角 δ 与转向盘转角 θ 之间的关系(比值)是基于转向齿轮实际存在的假定而说明的。

(2) 驾驶辅助控制单元282

该单元282适于控制上述多个致动器以便于代替驾驶员执行原来应由驾驶员执行的驾驶操作。

如图14所示，驾驶辅助控制单元282包括车道保持系统286。车道保持系统286适于计算车辆在目标纵向加速度 g_{x4} 下在参考停止距离的长度上追踪或沿袭推荐行驶路线所需的目标转向角 δ_2 。

下面将说明车道保持系统286计算目标转向角 δ_2 所依据的原理的一个示例。

在车辆追踪推荐行驶路线期间每个时点下的目标车速 V_d 由以下等式表示，其中在 t_0 的间隔下计算 V_d ，并且 V_0 表示当前车速。

$$V_d(n) = V(n-1) + g_{x4} \times t_0$$

在上述表达式中，“(n)”表示计算次数数量，并且“n”每次增加1，并且车辆在参考停止距离的长度上行驶。

在其原点为 (X_0, Y_0) 的直角坐标系上，每个时点下车辆的位置 X, Y 由以下表达式表示。

$$X(t) = X_0 + V \times \int \cos(\beta + y_a) dt$$

$$Y(t) = Y_0 + V \times \int \sin(\beta + y_a) dt$$

其中，

X : 平行于车辆的横向方向的 X 轴上的座标值

Y : 平行于车辆的纵向方向的 Y 轴上的座标值

β : 车辆车身侧偏角

y_a : 车辆的横摆角(可关于时间积分横摆率获得)

假定车辆车身侧偏角 β 基本等于零，每个时间 n 下的车辆的位置 $X(n), Y(n)$ 由以下表达式表示。

$$X(n) = X(n-1) + V(n) \times \cos(y_a) \times t_0$$

$$Y(n) = Y(n-1) + V(n) \times \sin(y_a) \times t_0$$

这些表达式表示如上所述的车辆位置与速度之间关系的一个示例。

每个时间 n 下的车辆的横摆角 $y_a(n)$ 由以下表达式表示。

$$y_a(n) = y_a(n-1) + t_0 \times V(n) \times \delta(n) / L \times (1 + K_h \times V(n)^2)$$

其中

δ : 车辆转向角或前轮转向角

Kh: 稳定性系数 (已知)

L: 轴距 (已知)

因此, 考虑到道路倾斜估算装置180估算的道路倾斜角度 s_a , 当车辆在参考停止距离的长度上行驶时每个时间 n 下的目标转向角 δ_2 由以下表达式表示。

$$\delta_2 = (y_a(n) - y_a(n-1)) \times (1 + Kh \times V(n)^2) \times L / (t_0 \times V(n)) - L \times Kh \times s_a$$

该表达式表示稳定线性地说明车辆性能的双轮车模式。也就是说, 双轮车模式说明车辆的静态性能而非动态性能。

如果将车辆在其上行驶的车道保持在推荐行驶路线上所需的转向角 δ 大至例如90度的话, 与其依赖车道保持系统286, 不如让驾驶员操纵车辆以保持车道更为合适。

然而, 当发现将车道保持在下一瞬间所需的转向角 δ 明显大于车辆行驶期间的正常值时, 如果突然取消车道保持系统286的车道保持控制, 则驾驶员可能感到不舒适。

考虑到上述情况, 在略微较长的范围内预测车辆将来的行驶路线, 并警告驾驶员, 将来, 在发现将来在某一点车道保持将需要大转向角 δ 的时点下, 也就是, 恰好在实际需要大转向角 δ 的时间之前, 取消车道保持控制的可能性。如果以这种方式警告驾驶员, 驾驶员将驾驶车辆同时觉察这种可能性, 因此当实际取消车道保持控制时驾驶员将不会感到不适或不安。

如图8所示, 如上所述计算的这五个目标纵向加速度 g_{x1} 到 g_{x5} 被提供到选择单元224。依照预定选择规则, 选择单元224将这五个目标纵向加速度 g_{x1} 到 g_{x5} 中合适的一个选作目标纵向加速度 g_{x6} 。

设定选择规则所使用的基本概念如下所述:

(1) 在车辆-速度·车辆间-距离控制开关146由驾驶员操纵以使得驾驶员可执行车辆-速度·车辆间-距离控制的情况下, 不管是驾驶车辆的驾驶操作还是制动车辆的制动操作, 都在驾驶员操作优先的前提下选择目标纵向加速度。

(2)在推荐车辆-速度引导开关150由驾驶员操纵以使得驾驶员可执行推荐车辆-速度引导控制的情况下,根据驾驶员的操作是驾驶车辆的驾驶操作还是制动车辆的制动操作,所述选择的根据是不同的。

a. 在驾驶操作期间

如果实际车速等于或低于推荐车辆-速度的话,在驾驶员操作优先的前提下选择目标纵向加速度。如果实际车速高于推荐车辆-速度的话,将目标纵向加速度选择得达到推荐车辆-速度。

b. 在制动操作期间

与实际车速是否等于或低于推荐车辆-速度无关,在驾驶员操作优先的前提下选择目标纵向加速度。

(3)在自动应急制动系统274确定车辆必须紧急停止的情况下,即使在驾驶员执行驾驶操作,也将目标纵向加速度选择得实现车辆的紧急停止。如果驾驶员在执行制动操作的话,从反映驾驶员的制动操作的减速度与自动应急制动系统274计算的目标纵向加速度 $gx5$ (表示狭义的减速度)中选择出具有大绝对值的那个作为目标纵向加速度 $gx6$ 。

上面已经笼统地说明选择规则,下面将具体说明选择规则。

(1)在车辆-速度·车辆间-距离控制开关146被操纵,而且推荐车辆-速度引导开关150也被操纵的情况下

a. 当制动力(即,施加于制动器踏板的力)大于零时,如下所述选择目标纵向加速度 $gx6$ 。

$$gx6 = \min(gx1, gx2, gx3, gx4, gx5)$$

b. 当制动力等于零,并且加速行程大于零时,如下所述选择目标纵向加速度 $gx6$ 。

$$gx6 = \min(\max(gx1, gx2, gx4), gx3, gx5)$$

c. 当制动力和加速行程都等于零时,如下所述选择目标纵向加速度 $gx6$ 。

$$gx6 = \min(gx2, gx3, gx4, gx5)$$

(2) 在车辆-速度·车辆间-距离控制开关146被操纵, 而推荐车辆-速度引导开关150未被操纵的情况下

a. 当制动力大于零时, 如下所述选择目标纵向加速度 $gx6$ 。

$$gx6 = \min(gx1, gx2, gx4, gx5)$$

b. 当制动力等于零, 并且加速行程大于零时, 如下所述选择目标纵向加速度 $gx6$ 。

$$gx6 = \min(\max(gx1, gx2, gx4), gx5)$$

c. 当制动力和加速行程都等于零时, 如下所述选择目标纵向加速度 $gx6$ 。

$$gx6 = \min(gx2, gx4, gx5)$$

其中,

$\min(、)$: 从圆括号内的多个数值中选择出来的最小值

$\max(、)$: 从圆括号内的多个数值中选择出来的最大值

(3) 在车辆-速度·车辆间-距离控制开关146未被操纵, 而推荐车辆-速度引导开关150被操纵的情况下

a. 当制动力大于零时, 如下所述选择目标纵向加速度 $gx6$ 。

$$gx6 = \min(gx1, gx3, gx5)$$

b. 当制动力等于零, 并且加速行程大于零时, 如下所述选择目标纵向加速度 $gx6$ 。

$$gx6 = \min(gx1, gx3, gx5)$$

c. 当制动力和加速行程都等于零时, 如下所述选择目标纵向加速度 $gx6$ 。

$$gx6 = \min(gx3, gx5)$$

(4) 在车辆-速度·车辆间-距离控制开关146和推荐车辆-速度引导开关150都未被操纵情况下

$$gx6 = \min(gx1, gx5)$$

如图8所示,如上所述计算的这两个目标转向角 δ_1 和 δ_2 被提供到选择单元226。依照预定选择规则,选择单元226将这两个目标转向角 δ_1 和 δ_2 中合适的一个选作目标转向角 δ_3 。

选择规则的内容如下所述。

(1) 当车道保持开关148被驾驶员操纵并且驾驶员表示出不想由他(她)自己执行转向控制时,由车道保持系统286计算的目标转向角 δ_2 被选作目标转向角 δ_3 。

(2) 当车道保持开关148未被驾驶员操纵,或者即使当车道保持开关148被驾驶员操纵但是驾驶员表示出想由他(她)自己执行转向控制时,由驾驶员直接反映转向性能的目标转向角 δ_1 被选作目标转向角 δ_3 。

选择单元226基于来自于如上所述转向确定单元254的信息确定驾驶员是否表示出想由他(她)自己执行转向控制。

以上已经说明上级指令部分210的功能。图15是示意性地示出图3的上级指令模块的内容的流程图。

在上级指令模块中,首先执行步骤S1以处理来自于获取系统120、122和124的信号。该步骤S1构成三个信号处理单元240、242和244。

在步骤S2,计算出上述目标纵向加速度 gx_1 。该步骤S2构成 gx_1 计算单元260。接着,在步骤S3,计算出上述目标纵向加速度 gx_2 。该步骤S3构成 gx_2 计算单元262。在接下来的步骤S4中,计算出上述目标纵向加速度 gx_3 、 gx_4 和 gx_5 。该步骤S4构成驾驶辅助控制单元264。在步骤S5,将五个目标纵向加速度 gx_1 到 gx_5 中的一个选作目标纵向加速度 gx_6 。该步骤S5构成选择单元224。

随后,在步骤S6中计算上述目标转向角 δ_1 。该步骤S6构成 δ_1 计算单元280。在接下来的步骤S7中,计算出目标转向角 δ_2 。该步骤S7构成驾驶辅助控制单元282。在接下来的步骤S8中,将这两个目标转向角 δ_1 和 δ_2 中的一个选作目标转向角 δ_3 。该步骤S8构成选择单元226。

以这种方式,执行上级指令模块的一个周期。

图16是示出根据功能组织的下级指令部分212的软件配置的框图。

下级指令部分212被构造成包括以下单元。

(1) 车辆状态量估算单元300

该单元300适于依照已知原理，基于来自于驾驶信息获取系统120、车辆信息获取系统122以及环境信息获取系统124的信号估算车辆状态量。

车辆状态量估算单元300基于每个车轮10的轮速、车辆的横向加速度、横摆率、以及其它参数估算车速 V 、车辆在其上行驶的道路的道路 μ 、车辆车身侧偏角 β 、前轮侧偏角 α_f 、后轮侧偏角 α_r 以及其它车辆状态量。当需要时上级指令部分210也可参考如此估算的一个或多个车辆状态量。

在车辆状态量估算单元300中，例如，如本领域所公知的，基于四个车轮10的轮速中最高的那个基本与实际车速一致这个事实，估算车速 V 。

在车辆状态量估算单元300中，例如，基于当作为从目标横摆率偏差实际横摆率的偏差的横摆率超过一设定值时测得的车辆的实际纵向加速度和实际横向加速度，估算道路 μ 。

通常认为在轮胎转向特性从线性区域改变为非线性区域时的时点处轮胎与道路之间的摩擦系数达到其峰值，并且认为该峰值反映道路 μ 。

如果根据线性双轮车模式计算目标横摆率的话，则横摆率偏差超过该设定值意味着轮胎转向特性从线性区域改变为非线性区域。

基于如上所述的研究结果，本实施例的车辆状态量估算单元300基于横摆率偏差超过设定值时测得的车辆的实际纵向加速度和实际横向加速度，估算道路 μ 。更具体地说，将道路 μ 计算为横摆率偏差超过设定值时的实际纵向加速度的平方与实际横向加速度的平方的和的平方根。

在车辆状态量估算单元300中，基于横向加速度、车速、横摆率以及其它参数，如日本专利No. 2962025中所述，利用表示包括横摆和侧滑的平面运动的车辆模式估算车辆车身侧偏角 β 。该车辆模式是说明车辆动态性能的一个示例。

(2) 目标车辆状态量计算单元302

该单元302适于基于驾驶信息、实际车辆状态量等等计算作为目标车辆状态量的车辆的目标横摆率 y_{rd} 和目标车辆车身侧偏角 β_d 。为此，如图17

所示，目标车辆状态量计算单元302包括目标横摆率计算单元310和目标车辆车身侧偏角计算单元312。

例如，目标横摆率计算单元310基于估算的车速 V 和目标转向角 δ_3 ，依照下面的表达式，计算目标横摆率 y_{rd} 。

$$y_{rd} = V \times \delta_3 / ((1 + K_h \times V^2) \times L)$$

另一方面，目标车辆车身侧偏角计算单元312基于估算的车速 V 和目标转向角 δ_3 ，依照下面的表达式，计算目标车辆车身侧偏角 β_d 。

$$\beta_d = (1 - ((m \times L_f \times V^2) / (2 \times L \times L_r \times K_r))) \times L_r \times \delta_3 / ((1 + K_h \times V^2) \times L)$$

其中：

m ：车辆重量（已知）

L_f ：从前轮轴到车辆重心的距离（已知）

L_r ：从后轮轴到车辆重心的距离（已知）

K_r ：后轮的侧偏刚度（已知）

（3）控制变量计算单元304

该单元304适于计算多个需要被控制以获得由目标车辆状态量计算单元302计算的车辆状态量的致动器70至82中合适的一个的控制变量，以使得车辆性能的稳定性不会降低。

控制变量计算单元304基于车辆的实际状态量、目标状态量等，计算作为控制变量的施加于车辆车身的目标横摆力矩 M_d 和最终目标纵向加速度 g_{xd} 和目标横向加速度 g_{yd} 。为此，如图18所示，控制变量计算单元304包括目标横摆力矩计算单元320、目标纵向加速度计算单元324、以及目标横向加速度计算单元326。

（a）目标横摆力矩计算单元320

目标横摆力矩计算单元320例如基于实际车辆车身侧偏角 β 、目标车辆车身侧偏角 β_d 、实际横摆率 y_r 以及目标横摆率 y_{rd} ，依照以下表达式计算附加地施加于车辆车身的目标横摆力矩 M_d （所述值为相对值，不是绝对值）。

$$M_d = a \times (\beta - \beta_d) + b \times (y_r - y_{rd})$$

其中,

a: 固定值或随车速 V 和道路 μ 变化的变量, a 的符号为正。

b: 固定值或随车速 V 和道路 μ 变化的变量, b 的符号为负。

(b) 目标纵向加速度计算单元324

目标纵向加速度计算单元324校正从上级指令部分210提供的目标纵向加速度 $gx6$, 以使得当车辆性能不稳定时, 使得车辆的加速趋势减小或被抑制(即, 加速度减小, 或者加速模式被切换成减速模式, 或者减速度增大)。然后计算单元324通过根据需要校正目标纵向加速度 $gx6$ 计算最终目标纵向加速度 gxd 。

目标纵向加速度计算单元324确定用于校正目标纵向加速度 $gx6$ 的校正量 $gPlus$ 。在本实施例中, 通过用校正量 $gPlus$ 加 $gx6$ 校正目标纵向加速度 $gx6$ 。当目标纵向加速度 $gx6$ 被减小以使得车辆减速时, 校正量 $gPlus$ 取负值, 当目标纵向加速度 $gx6$ 被增加以使得车辆加速时, 校正量 $gPlus$ 取正值。

更具体地说, 在本实施例中, 根据实际横摆率 yr 与目标横摆率 yr_d 的横摆率偏差 Δyr 的绝对值确定校正量 $gPlus$ 的暂定值 $gPlus_0$ 。例如, 暂定值 $gPlus_0$ 可定义为其绝对值随横摆率偏差 Δyr (度/秒)的绝对值的增加而增加的负值。

目标纵向加速度计算单元324还确定暂定值 $gPlus_0$ 与之相乘以便于校正的增量 $Vgain$ 。例如, 增量 $Vgain$ 可定义为随车速 V 增加而增加到1(最大值)的数值。

目标纵向加速度计算单元324通过用如上所述确定的暂定值 $gPlus_0$ 乘以如上所述确定的增量 $Vgain$ 计算最终校正量 $gPlus$ 。

目标纵向加速度计算单元324通过将所获得的校正量 $gPlus$ 加上目标纵向加速度 $gx6$ 而计算最终目标纵向加速度 gxd 。然而, 在本实施例中, 如图20所示, 只要车辆在加速, 目标纵向加速度 $gx6$ 就以可变减小速率 gk (%)减小。而且, 目标纵向加速度 gxd 被限制或被监控以便于不会超过与道路 μ 相对应的纵向加速度。该限制控制相当于用于在车辆驱动期间抑制驱动轮的自转趋向的增加的牵引力控制。

在本实施例中，根据目标横摆力矩 M_d 和横摆率偏差 Δy_r 计算上述减小速率 g_k （%），更具体地说，在考虑了目标横摆力矩 M_d 并且没有考虑横摆率偏差 Δy_r 的情况下确定的暂定减小速率 g_k （%）和在考虑了横摆率偏差 Δy_r 并且没有考虑目标横摆力矩 M_d 的情况下确定的暂定减小速率 g_k （%）中较大的一个被确定为最终减小速率 g_k （%）。

在目标纵向加速度 g_{x6} 被减小以提供目标纵向加速度 g_{xd} 并且车辆被减速以获得目标纵向加速度 g_{xd} 时，目标纵向加速度 g_{xd} 可能需要恢复到目标纵向加速度 g_{x6} 。在这样的情况中，如果再次使得目标纵向加速度 g_{xd} 立刻等于目标纵向加速度 g_{x6} 的话，在车辆性能中可能出现快速改变。

因此，在本发明中，目标纵向加速度 g_{xd} 恢复到目标纵向加速度 g_{x6} 的改变速率（即，斜率）被限制。也就是说，当在将其设定为非零值之后将减小速率 g_k （%）修正为等于零时，速率 g_k （%）在某一时期（例如，1秒）内逐渐或缓慢地被修正或改变为零。

参照图21更详细地说明，在本实施例中，减小速率 g_k （%）被确定得根据目标横摆力矩 M_d 而增加，并且与道路 μ 和车速 V 相关确定增量 V_{gain} 。用如上所述确定的减小速率 g_k 乘以如上所述的增量 V_{gain} ，从而计算出与目标横摆力矩 M_d 相对应的暂定减小速率 g_k 。

另外，在本实施例中，如图21所示，减小速率 g_k 被确定得随横摆率偏差 Δy_r 而增加，从而计算出与横摆率偏差 Δy_r 相对应的暂定减小速率 g_k 。

在本实施例中，如图21所示，选定如上所述计算的两个暂定减小速率 g_k 中较大的一个。随后，使得所述减小速率 g_k 经受上述限制控制以便于将 g_{xd} 缓慢地恢复到 g_{x6} ，从而计算出最终减小速率 g_k 。

（b）目标横向加速度计算单元326

该目标横向加速度计算单元326根据目标横摆率 y_{rd} 和车速 V 计算目标横向加速度 g_{yd} 。

例如，目标横向加速度计算单元326根据以下表达式计算目标横向加速度 g_{yd} 。

$$g_{yd} = y_{rd} \times V$$

以上已说明了下级指令部分212的功能。图22是示意性地示出图3的下级指令模块的内容的流程图。

在下级指令模块中,首先执行步骤S31以估算上述车辆状态量。该步骤S31构成车辆状态量估算单元300。

在接下来的步骤S32,计算如上所述的目标横摆率 y_{rd} 。该步骤S32构成目标横摆率计算单元310。在步骤S33,计算目标车辆车身侧偏角 β_d 。该步骤S33构成目标车辆车身侧偏角计算单元312。

随后,在步骤S34计算如上所述的目标横摆力矩 M_d 。该步骤S34构成目标横摆力矩计算单元320。在随后的步骤S35中,计算如上所述的目标纵向加速度 g_{xd} 。该步骤S35构成目标纵向加速度计算单元324。接着,在步骤S36计算如上所述的目标横向加速度 g_{yd} 。该步骤S36构成目标横向加速度计算单元326。

以这种方式,执行下级指令模块的一个周期。

图23是示出如图4所示执行部分214的软件配置的框图,该软件配置是根据功能编制的。

执行部分214包括下列单元。

A. 上级分配单元340

上级分配单元340是相对于所有致动器70至82设置的,并且适于以集成方式将控制变量分配给致动器70至82,应该利用控制变量控制所有致动器70至82以实现从下级指令部分212提供的目标车辆状态量 M_d 、 g_{xd} 、 g_{yd} 。

在上级分配单元340中,用于所有致动器70至82的控制变量(下文中称为“总控制变量”)以三种分配量被分配。

(1) 与纵向作用力相关的分配量

总控制变量的量被分配给用于控制每一个车轮10的纵向作用力的一个或多个部件,即,分配给包括发动机14和变速器24的动力传动系和制动器总成56的组合。

(2) 与垂直作用力相关的分配量

总控制变量的量被分配给用于控制每一个车轮10的垂直作用力的一个部件,即,分配给悬架62。

(3) 与横向作用力相关的分配量

总控制变量的量被分配给用于控制每一个车轮10的横向作用力的一个部件,即,分配给包括前部转向装置50和后部转向装置52的转向系统。

B. 下级分配单元342

下级分配单元342是相对于多个致动器70至82的一部分设置的,并且适于将从上级分配单元340提供的控制变量分配给这部分致动器。

在本实施例中,下级分配单元342是相对于动力传动系和制动器总成56的组合设置的。下级分配单元342确定与动力传动系相关的分配量和与制动器的分配量,利用与动力传动系的分配量使得从上级分配单元340提供的与纵向作用力相关的分配量被分配给动力传动系,利用与制动器相关的分配量使得与纵向作用力相关的分配量被分配给制动器总成56。

C. 控制单元344

控制单元344适于控制多个致动器70至82以实现从上级分配单元340或者下级分配单元342提供的控制变量。

通过使计算机90运行在软件配置上相互独立的多个模块使得上述上级分配单元340、下级分配单元342和控制单元344实现各自的特定功能。为此,如图3中所示,ROM94相互独立地存储上级分配模块、下级分配模块和控制模块。

尽管上面已经示意性地说明上级分配单元340、下级分配单元342和控制单元344的软件配置,但下面将详细说明这些单元340、342、344。

(1) 上级分配单元340

如图24中所示,上级分配单元340包括目标轮胎纵向作用力计算单元370、目标转向控制变量计算单元372和目标悬架控制变量计算单元374。

在目标轮胎纵向作用力计算单元370中,计算目标单个纵向作用力 f_x 作为目标轮胎纵向作用力(即,上述与纵向作用力相关的分配量)。

图25是示意性地示出利用目标轮胎纵向作用力计算单元370执行的内容的流程图。

起初，执行步骤S51计算由所有四个车轮10实现的目标总纵向作用力 F_x 。例如根据下列公式计算作用力 F_x 。

$$F_x = g \cdot x_d \times m$$

其中“ m ”表示车辆的质量

接着执行步骤S52计算暂定目标单个纵向作用力，暂定目标单个纵向作用力应该建立在每一个车轮10上以使计算的目标总纵向作用力 F_x 被分配给各个车轮10上。

暂定目标单个纵向作用力可被计算以使目标总纵向作用力 F_x 以与车轮10的摩擦圆的尺寸成比例的量被分配给每一个车轮10，假设目标总纵向作用力 F_x 相等地或者均匀地被分配给四个车轮10以使每一个车轮10支承基本相同的负荷。

左前轮、右前轮、左后轮和右后轮的摩擦圆的尺寸可由 $\mu_{fl} \cdot f_{zf1}$ 、 $\mu_{fr} \cdot f_{zfr}$ 、 $\mu_{rl} \cdot f_{zrl}$ 和 $\mu_{rr} \cdot f_{zrr}$ 表示，其中左前轮、右前轮、左后轮和右后轮的垂直作用力用 f_{zf1} 、 f_{zfr} 、 f_{zrl} 和 f_{zrr} 表示。

在这种情况下，左前轮、右前轮、左后轮和右后轮的暂定目标单个纵向作用力 f_{xf10} 、 f_{xfr0} 、 f_{xrl0} 和 f_{xrr0} 分别根据下列公式来获得。

$$f_{xf10} = F_x \cdot (\mu_{fl} \cdot f_{zf1}) / (m \cdot B)$$

$$f_{xfr0} = F_x \cdot (\mu_{fr} \cdot f_{zfr}) / (m \cdot B)$$

$$f_{xrl0} = F_x \cdot (\mu_{rl} \cdot f_{zrl}) / (m \cdot B)$$

$$f_{xrr0} = F_x \cdot (\mu_{rr} \cdot f_{zrr}) / (m \cdot B)$$

其中，

m : 车辆的质量

g : 重力加速度

B : $\mu_{fl} \cdot f_{zf1} + \mu_{fr} \cdot f_{zfr} + \mu_{rl} \cdot f_{zrl} + \mu_{rr} \cdot f_{zrr}$

计算上述暂定目标单个纵向作用力 f_{xf10} 、 f_{xfr0} 、 f_{xr10} 和 f_{xrr0} 所需的项，即，左前轮、右前轮、左后轮和右后轮的垂直作用力 f_{zf1} 、 f_{zfr} 、 f_{zr1} 和 f_{zrr} 例如可根据下列公式计算。

$$f_{zf1} = f_{zf0} + m \cdot (-g_x \cdot H / L / 2 - g_y \cdot H \cdot f_{roll} / T)$$

$$f_{zfr} = f_{zf0} + m \cdot (-g_x \cdot H / L / 2 + g_y \cdot H \cdot f_{roll} / T)$$

$$f_{zr1} = f_{zr0} + m \cdot (g_x \cdot H / L / 2 - g_y \cdot H \cdot (1 - f_{roll}) / T)$$

$$f_{zrr} = f_{zr0} + m \cdot (g_x \cdot H / L / 2 + g_y \cdot H \cdot (1 - f_{roll}) / T)$$

其中，

m : 车辆质量 (已知)

H : 重心的高度

L : 车辆的轴距 ($=L_f + L_r$)

f_{roll} : 在0至1的范围内取值的前部侧倾刚度 (如后面所述的由目标悬挂控制量计算单元374获取)

T : 车辆的轮距 (已知)

f_{zf0} : 每一个前轮上车辆负荷的静态分布 ($=m \cdot L_r / L / 2$)

f_{zr0} : 每一个后轮上车辆负荷的静态分布 ($=m \cdot L_f / L / 2$)

L_f : 前轮轴与车辆的重心之间的距离

L_r : 后轮轴与车辆的重心之间的距离

同时，可基于横向加速度 g_y 、横摆角加速度 d_{yr} (可通过使横摆率相对于时间微分来获得)、每一个车轮10的垂直作用力 f_{zf1} 、 f_{zfr} 、 f_{zr1} 和 f_{zrr} 等，根据下列公式计算左前轮、右前轮、左后轮和右后轮的横向作用力 f_{yf1} 、 f_{yfr} 、 f_{yr1} 、 f_{yrr} 。

$$f_{yf1} = (m \cdot g_y \cdot L_r + I \cdot d_{yr}) \cdot f_{zf1} / (L \cdot (f_{zf1} + f_{zfr}))$$

$$f_{yfr} = (m \cdot g_y \cdot L_r + I \cdot d_{yr}) \cdot f_{zfr} / (L \cdot (f_{zf1} + f_{zfr}))$$

$$f_{yr1} = (m \cdot g_y \cdot L_f - I \cdot d_{yr}) \cdot f_{zr1} / (L \cdot (f_{zr1} + f_{zrr}))$$

$$f_{yrr} = (m \cdot g_y \cdot L_f - I \cdot d_{yr}) \cdot f_{zrr} / (L \cdot (f_{zr1} + f_{zrr}))$$

其中“ I ”表示车辆的横摆惯性力矩。

接着,执行图25的步骤S53以计算横摆力矩,当上述计算的暂定目标单个纵向作用力 f_{x0} 显现在车辆上时假设横摆力矩被附加地施加在车辆上。这样获得的横摆力矩下文中称为“横摆力矩变化量”。

现将说明一种计算横摆力矩变化量的方法,相对于被实现在车辆上的暂定目标单个纵向作用力 f_{x0} 是制动力。这里,不再相对于暂定目标单个纵向作用力是驱动力的情况进行说明,这是因为这与它是制动力的情况类似。

对于每一个车轮10的制动力和横向作用力的合力没有达到半径随车轮10的垂直作用力变化的摩擦圆上的情况以及合力达到摩擦圆上的情况下,分别计算施加在左前轮、右前轮、左后轮和右后轮上的制动力所产生的横摆力矩变化量 M_{fl} 、 M_{fr} 、 M_{rl} 、 M_{rr} 。

作为一个示例,下面将对合力达到摩擦圆上的情况说明计算方法。

由于每一个车轮10的制动力产生的横摆力矩变化量 M_{fl} 、 M_{fr} 、 M_{rl} 、 M_{rr} 等于(a)由于制动力引起的直接力矩产生的横摆力矩变化量 M_{xf1} 、 M_{xfr} 、 M_{xr1} 、 M_{xrr} ; (b)由于每一个车轮10的横向作用力的减小产生的横摆力矩变化量 M_{yf1} 、 M_{yfr} 、 M_{yr1} 、 M_{yrr} ; 以及(c)由于摩擦圆半径变化而导致的每一个车轮10的横向作用力变化产生的横摆力矩变化量 M_{zf1} 、 M_{zfr} 、 M_{zr1} 、 M_{zrr} 的总和。

这里,横摆力矩变化量 M_{zf1} 、 M_{zfr} 、 M_{zr1} 、 M_{zrr} 反映这样一种现象,如果负荷在车辆中偏移,每一个车轮10的摩擦圆的半径改变,这又导致每一个车轮10的横向作用力中的变化,从而导致横摆力矩变化量中的变化。

更具体地说,例如根据下列公式计算横摆力矩变化量 M_{xf1} 、 M_{xfr} 、 M_{xr1} 、 M_{xrr} 。

由制动力产生的直接力矩表示如下:

$$M_{xf1}=T \cdot f_{xf1}/2$$

$$M_{xfr}=T \cdot f_{xfr}/2$$

$$M_{xr1}=T \cdot f_{xr1}/2$$

$$M_{xrr}=T \cdot f_{xrr}/2$$

例如根据下列公式计算由每一个车轮10的制动力所引起的横向作用力的减小产生的横摆力矩变化量 $Myf1$ 、 $Myfr$ 、 $Myr1$ 、 $Myrr$ 。

$$Myf1 = -Lf \cdot (\mu \cdot Af1 - \sqrt{(\mu^2 \cdot Af1^2 - fxf1^2)})$$

$$Myfr = -Lf \cdot (\mu \cdot Afr - \sqrt{(\mu^2 \cdot Afr^2 - fxfr^2)})$$

$$Myr1 = Lr \cdot (\mu \cdot Ar1 - \sqrt{(\mu^2 \cdot Ar1^2 - fxr1^2)})$$

$$Myrr = -Lr \cdot (\mu \cdot Arr - \sqrt{(\mu^2 \cdot Arr^2 - fxrr^2)})$$

其中，

$$Af1: fzf1 + H \cdot fxf1 / (2 \cdot L)$$

$$Afr: fzfr + H \cdot fxfr / (2 \cdot L)$$

$$Ar1: fzr1 + H \cdot fxr1 / (2 \cdot L)$$

$$Arr: fzrr + H \cdot fxrr / (2 \cdot L)$$

例如根据下列公式计算在施加制动力后由于纵向负荷偏移而引起的摩擦圆半径改变的横摆力矩变化量 $Mzf1$ 、 $Mzfr$ 、 $Mzr1$ 、 $Mzrr$ 。

$$Mzf1 = Lf \cdot \mu \cdot H \cdot fxf1 / (2 \cdot L)$$

$$Mzfr = Lf \cdot \mu \cdot H \cdot fxfr / (2 \cdot L)$$

$$Mzr1 = Lr \cdot \mu \cdot H \cdot fxr1 / (2 \cdot L)$$

$$Mzrr = Lr \cdot \mu \cdot H \cdot fxrr / (2 \cdot L)$$

作为总值的横摆力矩变化量 $Mf1$ 、 Mfr 、 $Mr1$ 、 Mrr 由下列公式表示。

$$Mf1 = Mxf1 + Myf1 + Mzf1$$

$$Mfr = Mxfr + Myfr + Mzfr$$

$$Mr1 = Mxr1 + Myr1 + Mzr1$$

$$Mrr = Mxrr + Myrr + Mzrr$$

接着，执行图25的步骤S54，基于上面得到的横摆力矩变化量和目标横摆力矩 Md 之间的大小对比，通过根据需要校正暂定目标单个纵向作用力 $fx0$ ，计算用于每一个车轮10的最终目标单个纵向作用力 fx 。

在本实施例中，当目标横摆力矩 Md 的绝对值不超过一设定值（例如，300Nm）时，目标横摆力矩 Md 基本是由每一个车轮10的转动角控制来实现的（例如，通过控制车轮转向参数，诸如前束角和前轮外倾角）。如果目标

横摆力矩 M_d 的绝对值超过设定值,横摆力矩 M_d 中不超过设定值的一部分是由每一个车轮10的转动角控制来实现的,横摆力矩 M_d 中超过设定值的一部分是通过控制每一个车轮10的纵向作用力来实现的(例如,通过控制由制动器总成56产生的制动力、通过发动机制动器产生的制动力以及由动力传动系产生的驱动力)。

更准确地,在步骤S54中,基于上面计算得到的横摆力矩变化量和目标横摆力矩 M_d 中应该由每一个车轮10的纵向作用力的控制实现的一部分之间的大小对比来校正暂定目标单个纵向作用力 f_{x0} 。为了便于说明,目标横摆力矩 M_d 中应该由于右轮和左轮10之间的纵向作用力的差异而出现的一部分被简单地称为目标横摆力矩 M_d 。应该理解的是,目标横摆力矩 M_d 当沿有助于车辆转向的方向施加时被定义为正的。

更具体地说,在步骤S54中,当上述计算的横摆力矩变化量与目标横摆力矩 M_d 相符,每一个车轮10的暂定目标单个纵向作用力 f_{x0} 被确定为最终目标单个纵向作用力 f_x 。

如果计算的横摆力矩变化量小于目标横摆力矩 M_d ,那么在转向内侧上的用于右后轮和左后轮之一的制动力增加 Δf_x ,而在转向外侧上的用于右前轮和左前轮之一的制动力减小 Δf_x ,以实现目标横摆力矩 M_d 。为此,计算 Δf_x 。

在这种情况下,通过使内侧后轮的暂定目标单个纵向作用力 f_{x0} (当它是正值则表示驱动力,当它是负值则表示制动力)减小 Δf_x 以及使外侧前轮的暂定目标单个纵向作用力 f_{x0} 增加 Δf_x 来计算最终目标单个纵向作用力 f_x 。对于其它轮,每一个车轮的暂定目标单个纵向作用力 f_{x0} 同样被设定最终目标单个纵向作用力 f_x 。

如果计算的横摆力矩变化量大于目标横摆力矩 M_d ,那么在转向外侧上的用于右前轮和左前轮之一的制动力增加 Δf_x ,而在转向内侧上的用于右后轮和左后轮之一的制动力减小 Δf_x ,以实现目标横摆力矩 M_d 。为此,计算 Δf_x 。

在这种情况下，通过使外侧前轮的暂定目标单个纵向作用力 f_{x0} 减小 Δf_x 以及使内侧后轮的暂定目标单个纵向作用力 f_{x0} 增加 Δf_x 来计算最终目标单个纵向作用力 f_x 。对于其它轮，每一个车轮的暂定目标单个纵向作用力 f_{x0} 同样被设定最终目标单个纵向作用力 f_x 。

从上述内容中可以明显地看出，根据本实施例，可建立目标横摆力矩 M_d ，同时保持目标单个纵向作用力的总量，即，目标总纵向作用力。

在图24所示目标转向控制变量计算单元372中，目标前轮侧偏角 α_{fd} 和目标后轮侧偏角 α_{rd} 被计算作为目标转向控制变量（相当于关于横向作用力的分配量）。

这里，目标前轮侧偏角 α_{fd} 和目标后轮侧偏角 α_{rd} 的每一个都表示一个分别表示前轮或者后轮的当前偏角的变化量的相对值。

在目标转向控制变量计算单元372中，例如基于实际横摆率 y_r 和目标横摆率 y_{rd} 之间的差异，计算目标前轮侧偏角 α_{fd} 和目标后轮侧偏角 α_{rd} ，以使在转向控制下被施加在车辆上的横摆力矩不大于目标横摆力矩 M_d 的上述设定值。

在本发明中，根据下列公式计算目标前轮侧偏角 α_{fd} 。

$$\alpha_{fd} = k_f \cdot (y_r - y_{rd})$$

其中，“ k_f ”是正的常数。

在本发明中，根据下列公式计算目标后轮侧偏角 α_{rd} 。

$$\alpha_{rd} = k_r \cdot (y_r - y_{rd})$$

其中，“ k_r ”是负的常数。

在图24所示目标悬架控制变量计算单元374中，相对于每一个前轮和后轮的目标弹簧常数、目标吸震器阻尼系数和目标侧倾刚度被计算作为目标悬架控制变量（相当于上述与垂直作用力相关的分配量）。

例如根据下列公式计算每一个前轮的目标弹簧常数。

$$K_{fb0} + K_{fb1} \cdot \sqrt{(g_{xd}^2 + g_{yd}^2)} - K_{fb2} \cdot DF$$

其中，

K_{fb0} 、 K_{fb1} 、 K_{fb2} ：常数

DF: 偏移参数 (其绝对值随着车辆的横摆运动的异常程度增加而增加的参数, 如果异常类型是外侧滑, 则该参数为正值, 并且如果异常类型是旋转, 则该参数为负值)。

偏移参数可作为实际横摆率 y_r 和目标角速度 y_{rd} 之间的偏差与实际横摆率 y_r 的符号的乘积的形式被计算。

例如根据下列公式计算每一个前轮的目标吸震器阻尼系数。

$$K_{fc0} + K_{fc1} \cdot \sqrt{(g_{xd}^2 + g_{yd}^2)} - K_{fc2} \cdot DF$$

其中,

K_{fc0} 、 K_{fc1} 、 K_{fc2} : 常数

例如根据下列公式计算每一个前轮的目标侧倾刚度。

$$K_{fr0} + K_{fr1} \cdot \sqrt{(g_{xd}^2 + g_{yd}^2)} - K_{fr2} \cdot DF$$

其中,

K_{fr0} 、 K_{fr1} 、 K_{fr2} : 常数

如上所述, 这样计算的目标侧倾刚度 f_{roll} 可被提供给目标轮胎纵向作用力计算单元370, 并且用于计算每一个车轮10的垂直作用力 f_z 。

例如根据下列公式计算每一个后轮的目标弹簧常数。

$$K_{rb0} + K_{rb1} \cdot \sqrt{(g_{xd}^2 + g_{yd}^2)} - K_{rb2} \cdot DF$$

其中,

K_{rb0} 、 K_{rb1} 、 K_{rb2} : 常数

例如根据下列公式计算每一个后轮的目标吸震器阻尼系数。

$$K_{rc0} + K_{rc1} \cdot \sqrt{(g_{xd}^2 + g_{yd}^2)} - K_{rc2} \cdot DF$$

其中,

K_{rc0} 、 K_{rc1} 、 K_{rc2} : 常数

例如根据下列公式计算每一个后轮的目标侧倾刚度。

$$K_{rr0} + K_{rr1} \cdot \sqrt{(g_{xd}^2 + g_{yd}^2)} - K_{rr2} \cdot DF$$

其中,

K_{rr0} 、 K_{rr1} 、 K_{rr2} : 常数

尽管上面已经说明了上级分配单元340的功能，但是用于如图3所示上级分配单元的模块的内容被示意性地示出在图26的流程图中。

在上级分配模块中，最初，执行步骤S71以如上所述计算目标轮胎纵向作用力。该步骤S71构成目标轮胎纵向作用力计算单元370。

在下一个步骤S72中，计算上述目标转向控制变量。该步骤S72构成目标转向控制变量计算单元372。在下面的步骤S73中，计算上述目标悬架控制变量。该步骤S73构成目标悬架控制变量计算单元374。

这样，执行上级分配模块的一个循环。

(2) 下级分配单元342

下级分配单元342适于将控制变量分配给发动机14、变速器24和制动器总成56，以实现由上级分配单元340确定的每一个车轮10的最终目标单个纵向作用力 f_x 。

如图24中所示，下级分配单元342包括目标变速器输出转矩计算单元380、目标制动转矩计算单元382和道路 μ 估算单元384。

a. 目标变速器输出转矩计算单元380

在本实施例中，右前轮和左前轮是从动轮，右后轮和左后轮是驱动轮。当最终单个纵向作用力（下面简称为“目标纵向作用力”） f_x 是车辆加速作用力（即，用于使车辆加速的作用力）时，仅相对于右后轮和左后轮确定作为要传送到从属动力传动系控制单元400的指令的目标变速器输出转矩。

另外，考虑到变速器24的输出转矩通过差动器单元28相等地被分配到右后轮和左后轮并且变速器24的输出转矩可被控制的范围是有限的，确定目标变速器输出转矩。

更具体地说，最初，根据下列公式计算不考虑输出转矩的可控制范围的暂定目标变速器输出转矩 $ttd0$ 。

$$ttd0 = \max(f_{xr1}, f_{xrr}) \cdot 2 \cdot r / \gamma$$

其中，

$\max(f_{xrl}, f_{xrr})$: 后左轮的目标纵向作用力 f_{xrl} 和后右轮的目标纵向作用力 f_{xrr} 中的较大的一个

r : 每一个车轮10的轮胎半径

γ : 差动器单元28的齿轮齿数比

接下来, 确定考虑输出转矩的可控制范围的最终目标变速器输出转矩 ttd 。更具体地说, 如果暂定目标变速器输出转矩 $ttd0$ 大于该可控制的范围的上限值 $LMTup$, 最终变速器输出转矩 ttd 被设定为上限值。如果暂定目标变速器输出转矩 $ttd0$ 小于该可控制的范围的下限值 $LMTlo$, 最终变速器输出转矩 ttd 被设定为下限值。如果暂定目标变速器输出转矩 $ttd0$ 在可控制的范围内, 最终变速器输出转矩 ttd 被设定为暂定目标变速器输出转矩 $ttd0$ 。另外, 输出转矩的可控制的范围的上限值 $LMTup$ 和下限值 $LMTlo$ 从下面说明的动力传动系控制单元400提供(如图24中所示)。

b. 目标制动转矩计算单元382

当右前轮和左前轮的目标纵向作用力 f_{xf1} 、 f_{xfr} 是车辆减速作用力(即, 用于使车辆减速的作用力)时, 目标制动转矩计算单元382输出目标纵向作用力 f_{xf1} 、 f_{xfr} 作为从属于目标制动转矩计算单元382的制动器控制单元402(如图24中所示)的指令信号。

更具体地说, 根据下面的公式分别计算要施加在左前轮和右前轮上的目标制动转矩 $btfl$ 、 $btfr$ 。

$$tbfl = f_{xf1} \cdot r$$

$$tbfr = f_{xfr} \cdot r$$

其中,

r : 每一个车轮10的轮胎半径。

另一方面, 对于右后轮和左后轮, 在考虑变速器24的输出转矩 tt 以及制动转矩存在的情况下确定作为要传送到从属制动器控制单元402的指令信号。

更具体地说, 分别根据下列公式计算要施加在左后轮和右后轮上的目标制动转矩 $btrl$ 、 $btrr$ 。

$$tbrl = fxrl \cdot r + tte / \gamma / 2$$

$$tbrr = fxrr \cdot r + tte / \gamma / 2$$

其中,

tte: 是变速器24的输出转矩的估算值

估算的输出转矩tte也是从动力传动系控制单元400提供的。

c. 道路 μ 估算单元384

道路 μ 估算单元384适于基于从动力传动系控制单元400和从属于下级分配单元342的制动器控制单元402 (如图24中所示) 提供的信息以高精度估算道路 μ 。

在道路 μ 估算单元384中, 基于作为车辆速度V和每一个车轮10的轮速之间的差值的车轮滑动速度的绝对值相继地检测每一个车轮10的滑动。更具体地说, 对于每一个车轮, 判断该车轮滑动速度是否在上一个控制循环中小于一设定值 (例如, 3km/h), 而在当前控制循环中等于或者大于该设定值。如果为是, 则在当前循环中确定车轮滑动刚刚开始。

如果在当前循环中确定车轮滑动已经开始, 对于被确定滑动已经开始的每一个车轮10, 通过使估算的车轮作用力除以估算的垂直作用力估算道路 μ 。估算的车轮作用力是估算的纵向作用力和估算的横向作用力的合力。利用上述公式计算估算的横向作用力和估算的垂直作用力。

基于从动力传动系控制单元400提供到下级分配单元342的变速器24的估算的输出转矩tte以及从制动器控制单元402提供到下级分配单元342的左前轮、右前轮、左后轮和右后轮各自的估算的制动转矩btfle、btfre、btrle、btrre计算估算的纵向作用力。

更具体地说, 利用下列公式分别计算左前轮、右前轮、左后轮和右后轮各自的估算的纵向作用力fxfle、fxfre、fxrle和fxrre。

$$fxfle = btfle / r$$

$$fxfre = btfre / r$$

$$fxrle = btrle / r + tte / \gamma / 2$$

$$fxrre = btrre / r + tte / \gamma / 2$$

接着,通过获得估算的纵向作用力的平方和估算的横向作用力的平方的和的平方根计算用于每一个车轮10的估算的车轮作用力。

这样,以上述的方式高度精确地估算出道路 μ 。如果将高精度道路 μ 提供给等级高于下级分配单元342的部件,例如提供给上级分配单元340,提供的道路 μ 可用于帮助对上级部件使用的数学模型(例如,车辆模型、车辆车轮-转向系统模型、车辆车轮-悬架系统模型)或者数学逻辑校正。

下级分配单元342的功能已经如上所述。图27是示意性地示出图3中所示的下级分配模块的内容的流程图。

在下级分配模块中,最初,执行步骤S101以计算如上所述的目标变速器输出转矩。该步骤S101构成目标变速器输出转矩计算单元380。

接着,在步骤S102中计算上述目标制动转矩。该步骤S102构成目标制动转矩计算单元382。

接着,在步骤S103中以上述方式估算用于每一个车轮10的道路 μ 。该步骤S103构成道路 μ 估算单元384。

以上述的方式执行该下级分配模块的一个循环。

(3) 控制单元344

控制单元344包括下列单元,如图23中所示。

a. 动力传动系控制单元400

动力传动系控制单元400适于基于从下级分配单元342提供的于动力传动系相关的分配量控制用于控制发动机的致动器70(下文中称为“发动机致动器70”)和用于控制变速器的致动器72(下文中称为“变速器致动器72”)。

下面参照示出动力传动系控制模块(如图3中所示)的内容的图28的流程图说明动力传动系控制单元400的功能。

在动力传动系控制模块中,首先执行步骤S131以确定目标变速器档位。更具体地说,当道路 μ 高于一设定值(例如0.6)时,基于车辆速度V和加速行程,根据档位变化总则确定要由变速器24建立的目标档位。当道路 μ 等于

或者小于该设定值时，目标档位被设定为比根据档位变化总则确定的目标档位高一档的档位。

当变速器28需要换低档以建立确定的目标档位时，在步骤S131中还确定是否可通过在允许的范围内（例如在10%的范围内减小目标输出转矩）向下调节目标变速器输出转矩来避免换低档。这样，避免频繁地换低档，从而提高车辆的舒适性。应该注意的是，动力传动系控制单元400被授权在一可允许的范围内校正从等级高于控制单元400的下级分配单元342提供的指令值。

在下一个步骤S132中，计算目标发动机转矩。更具体地说，通过使目标变速器输出转矩除以变速器28的齿轮齿数比并且还使除得的结果除以估算的液力变矩器22的变矩比来计算目标发动机转矩。基于通过使液力变矩器22的输出轴的转速除以发动机14的转速得到的速比估算该估算的变矩比。速比和估算的变矩比之间关系的一个示例示出在图29的表中。

接着，在步骤S133中，将用于实现确定的目标变速器档位和目标发动机转矩的指令值分别传送到变速器致动器72和发动机致动器70。

以上述的一种方式，执行动力传动系控制模块的一个循环。

如上所述且如图24中所示，动力传动系控制单元400被设计成将该可控制范围的上限值LMPup和下限值LMTlo提供给目标变速器输出转矩计算单元380，并且将估算的输出转矩tte提供给目标制动转矩计算单元382和道路 μ 估算单元384。

b. 制动器控制单元402

制动器控制单元402使得计算机90运行如图3中所示的制动器控制模块，以便输出用于获得与各个车轮10相关的制动器致动器80中的目标制动转矩btfl、btfr、btrl、btrr的指令值。

如果制动器总成56是一种摩擦部件在压力作用下压靠在随每一个车轮10转动的转动体上的制动器总成，可根据下列公式计算每一个车轮10的目标制动器压力bpfl、bpfr、bprl、bpr。

$$bpfl=btfl \cdot kbf$$

$$bpfr=btfr \cdot kbf$$

$$bprl=btrl \cdot kbr$$

$$bprrr=btrrr \cdot kbr$$

其中

kbf: 为用于右前轮和左前轮的制动器56设定的制动器换算系数(已知)

kbr: 为用于右后轮和左后轮的制动器56设定的制动器换算系数(已知)

c. 转向控制单元404

转向控制单元404适于基于从上级分配单元340提供的与转向相关的分配量控制用于转向反作用力施加装置的致动器74、用于前部转向装置的致动器76和用于后部转向装置的致动器78。

现将参照示出如图3中所示的转向控制模块的内容的图30的流程图说明转向控制单元404的功能。

在转向控制模块中, 首先执行步骤S151以基于从上级分配单元340提供的目标前轮侧偏角 α_{fd} 和目标后轮侧偏角 α_{rd} 计算目标前轮转向角 δ_{fd} 和目标后轮转向角 δ_{rd} 。

在本实施例中, 根据下列公式计算目标前轮转向角 δ_{fd} 和目标后轮转向角 δ_{rd} 。

$$\delta_{fd} = \beta + L_f \cdot y_r / V - \alpha_{fd}$$

$$\delta_{rd} = \beta - L_r \cdot y_r / V - \alpha_{rd}$$

接下来, 在步骤S152中高度精确地估算道路 μ 。该步骤S152构成如图24中所示的道路 μ 估算单元420。在本实施例中, 基于每一个车轮10的自动对准转矩, 利用可说明车轮动态特性的车辆-转向系统模型估算与右前轮和左前轮相关的道路 μ 。

更具体地说, 如在日本未审定公开专利公开No. 6-221968中所说明的, 利用该自动对准转矩相对于每一个车轮10的转弯方向应力的增大速度(斜率)随道路 μ 不同的现象, 基于转弯方向应力和自动对准转矩之间的关系估算道路 μ 。

这里，例如可基于横向加速度 g_y 和横摆角加速度 $d_y r$ 估算转弯方向应力，如在上述公开文献中所述。如在上述公开文献中所述，例如可通过在前部转向装置50中测量作用在右前轮和左前轮之间的轴向力来估算自动对准转矩。

接着，执行步骤S153以利用转向反作用力施加装置48确定应该表现在转向盘44中的目标转向转矩。例如，基于车辆状态量如转向盘转角 θ 、前轮转向角 δ_f 、角 δ_f 的变化率以及道路 μ ，根据预定规则确定目标转向转矩。

在下面的步骤S154中，将用于实现目标前轮转向角 δ_{fd} 、目标后轮转向角 δ_{rd} 和目标转向转矩的指令值分别传送到前部转向装置50、后部转向装置52和转向反作用力施加装置48。

从而，运行该转向控制模块的一个循环。

d. 悬架控制单元406

悬架控制单元406使得计算机90执行如图3中所示的悬架控制模块，以将用于实现从上级分配单元340提供的各种控制变量的指令值传送到与各个车轮10相关的悬架致动器82。

尽管没有指令从上级分配单元340传送，但悬架控制单元406独立地将用于控制悬挂系统62的指令值输出到悬架致动器82。

在致动器70至82中，现将详细说明发动机致动器70、变速器致动器72和制动器致动器80。

发动机致动器70包括控制单元和驱动单元（例如，电动机）。控制单元适于根据预定规则确定用于实现从动力传动系控制单元400提供的目标发动机转矩。目标控制值可包括发动机14的节气门开度、燃料喷射量、点火正时、配气正时、气门升程量等。

控制单元将与如此确定的目标控制值对应的信号输出至上述驱动单元，并且该驱动单元被依照该信号驱动，以实现目标发动机转矩。

变速器致动器72也包括控制单元和驱动单元（例如，电磁阀）。控制单元适于将用于建立从动力传动系控制单元400提供的目标档位的信号输出到驱动单元，以便使该驱动单元响应于该信号驱动变速器，从而建立目标档位。

制动器致动器80也包括控制单元和驱动单元(例如,电磁阀和电动机)。控制单元适于将用于实现从制动控制单元402提供的目标制动器压力的信号输出到该驱动单元,以便该驱动单元响应于该信号驱动每一个车轮10的制动器总成,从而实现目标制动器压力。

在本实施例中,从上级指令部分210提供到下级指令部分212的目标纵向加速度 $gx6$ 是一个数值而不是一个范围。但是,目标纵向加速度 $gx6$ 可采用覆盖多个值的范围的形式。

在这种情况下,下级指令部分212可在目标纵向加速度 $gx6$ 的范围内选择多个离散数值,利用上述方法相对于各个离散数值计算最终目标纵向加速度 gxd ,并从计算的多个最终目标纵向加速度 gxd 中选择一个。

用于从目标纵向加速度 gxd 中选择一个的条件可包括使要选择的目标纵向加速度 gxd 位于原始目标纵向加速度 $gx6$ 的范围内的条件以及使致动器的能耗达到最小的条件。

当目标纵向加速度 $gx6$ 采用覆盖多个值的范围的形式时,加速度 $gx6$ 的范围例如可根据驾驶员的偏好而改变。

另外,如果目标纵向加速度 $gx6$ 是正的,这意味着车辆需要加速,那么目标纵向加速度 $gx6$ 可采用范围的形式,但如果目标纵向加速度 $gx6$ 是负的,这意味着车辆需要减速,目标纵向加速度 $gx6$ 可是一个数值而不是一个范围。

对于上述布置,当车辆需要减速时,目标纵向加速度 $gx6$ 的大小很可能由下级指令部分212和执行部分214准确或者符合实际地实现,从而可容易地提高车辆的安全性。

在本实施例中,该集成车辆运动控制系统的软件配置以一种具有多个等级的分级结构形式系统地布置,并且由计算机90在每一个等级处运行的模块使用可用于计算机90进行计算的能够反映直接从属于该等级的模块具有的特征和相邻等级的模块相互之间影响的最小模型。另外,每一个等级将通过这种计算得到的指令值提供到直接下级。

在本实施例中，不仅沿从上级到下级的正向传送信息（如图23中具有箭头的实线表示），也可沿从下级到上级的反向传送信息（如图23中具有箭头的虚线表示）。

在两个方向上进行信息传送以使上级检查或者考虑从上级到下级产生的指令值由下级实现的程度，从而使上级优先了解，用以提高上级确定指令值的准确性。

例如，当上级分配单元340或者下级分配单元342利用道路 μ 的估算值确定指令值，并将确定的指令值提供给控制单元344时，道路 μ 的实际值可低于该估算值。在这种情况下，来自于上级分配单元340或者下级分配单元342的指令值可不是由控制单元344以足够高的准确性实现的，这是由于估算道路 μ 的准确性不足。

在上述情况下，控制单元344将表示指令值的实际完成程度的信息返回上级分配单元340或者下级分配单元342。接着，上级分配单元340或者下级分配单元342基于先前产生的指令值的实际完成程度校正用于确定该指令值的数学模型（例如车轮模型或者轮胎模型）。

在本实施例中，该运动控制系统的输入侧和输出侧可通过一种电子路径（electric path）相互连接。例如在电子路径存在故障的情况下，运动控制系统的功能可能不能被保持。

考虑到上述情况，在本实施例中准备了一个用于紧急情况的备用系统。对于提供的备用系统，驾驶信息获取系统120和致动器70至82在紧急情况下直接相互连接，以使致动器70至82能够根据驾驶信息被操作。

图31示出了该备用系统的一个示例。在紧急情况下，备用系统用于将来自于加速行程传感器130的信号提供给发动机致动器70和变速器致动器72，并且将来自于发动机速度传感器176的信号提供给发动机致动器70和变速器致动器72。另外，在紧急情况下，来自于制动力传感器134的信号被提供给制动器致动器80，并且来自于转向盘转角传感器140的信号被提供给用于前部转向装置的致动器76，如图31所示。

在图31的备用系统中，在紧急情况下，根据加速形成传感器130的检测值和发动机速度传感器176的检测值依照预定关系确定目标发动机转矩，并且控制发动机致动器70以实现确定的目标发动机转矩。

另外，在紧急情况下，根据加速行程传感器130的检测值和发动机速度传感器176的检测值依照预定关系确定目标档位，并且控制变速器致动器72以实现确定的目标档位。

另外，在紧急情况下，根据制动力传感器134的检测值依照预定关系确定目标制动力（例如，在制动器总成56是压力型的情况下的目标制动器压力，或者在制动器总成56是电动型的情况下的目标电动机功率信号），并且控制制动器致动器80以实现目标制动力。

另外，在紧急情况下，根据转向盘转角传感器140的检测值依照预定关系确定目标前轮转向角，并控制用于前部转向装置的致动器82以实现确定的目标前轮转向角。目标前轮转向角例如可通过使转向角度传感器140的检测值除以固定的或者可变的转向齿轮齿数比确定。

尽管已经参照其示例性实施例对本发明进行了详细说明，但应该理解的是，本发明不限于该示例性实施例或者构造的细节，可在不脱离本发明的保护范围的情况下进行各种改进、修改或者变型。

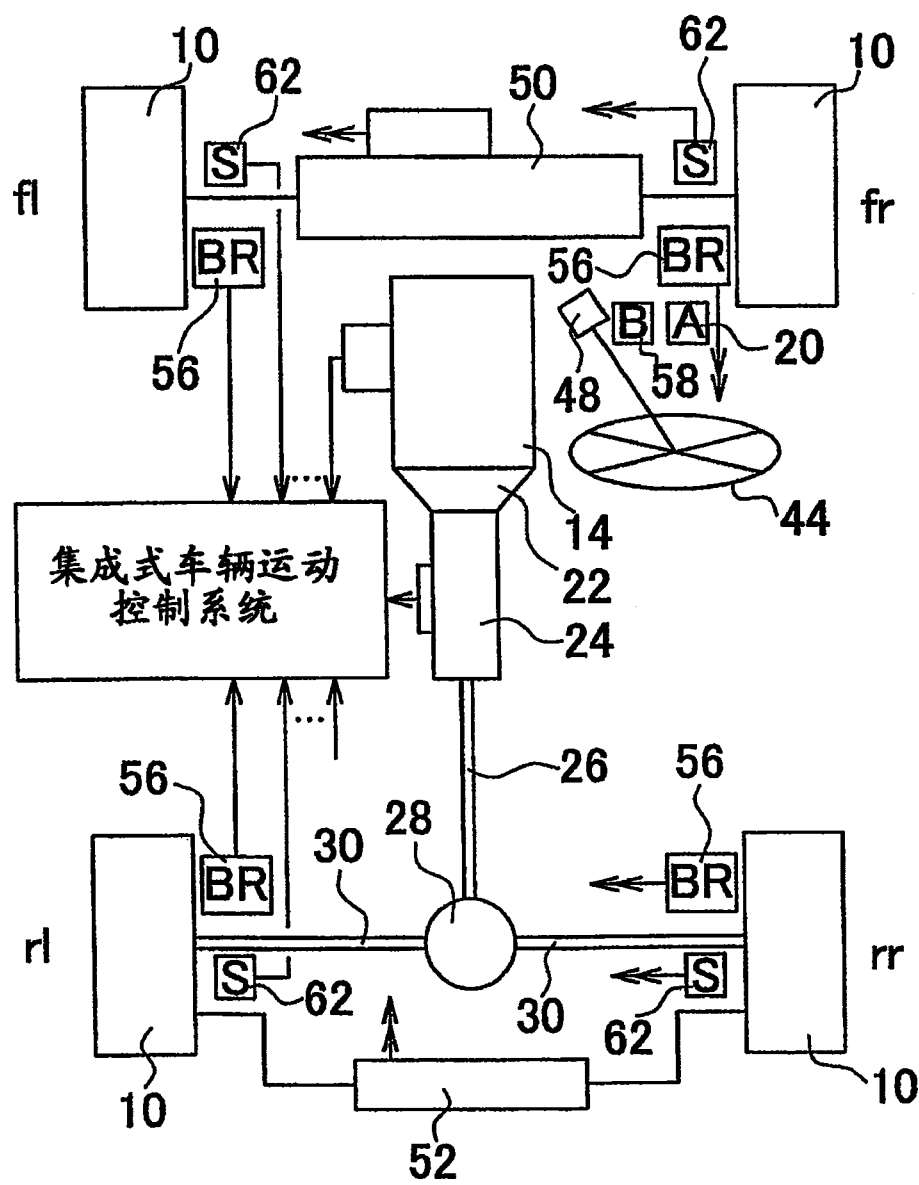


图 1

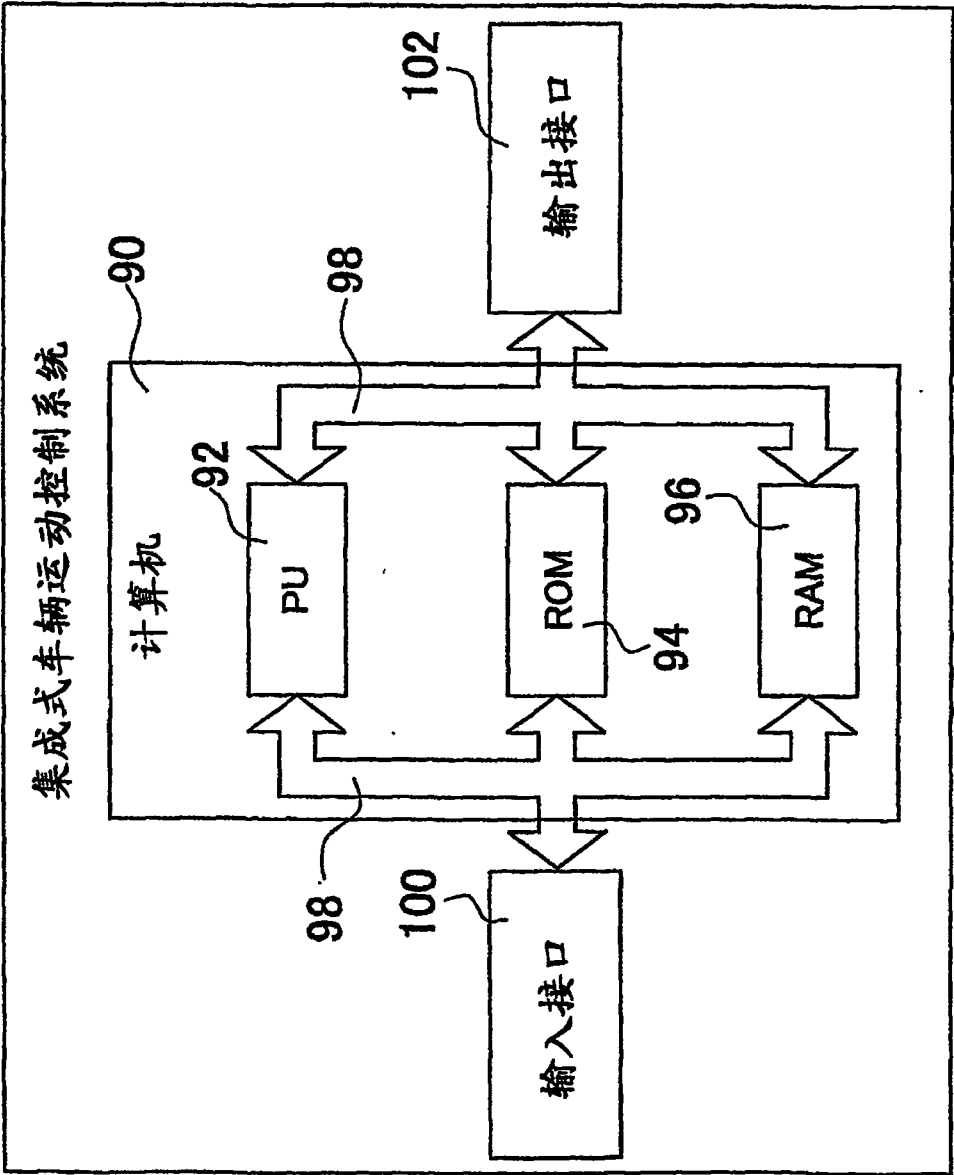


图 2

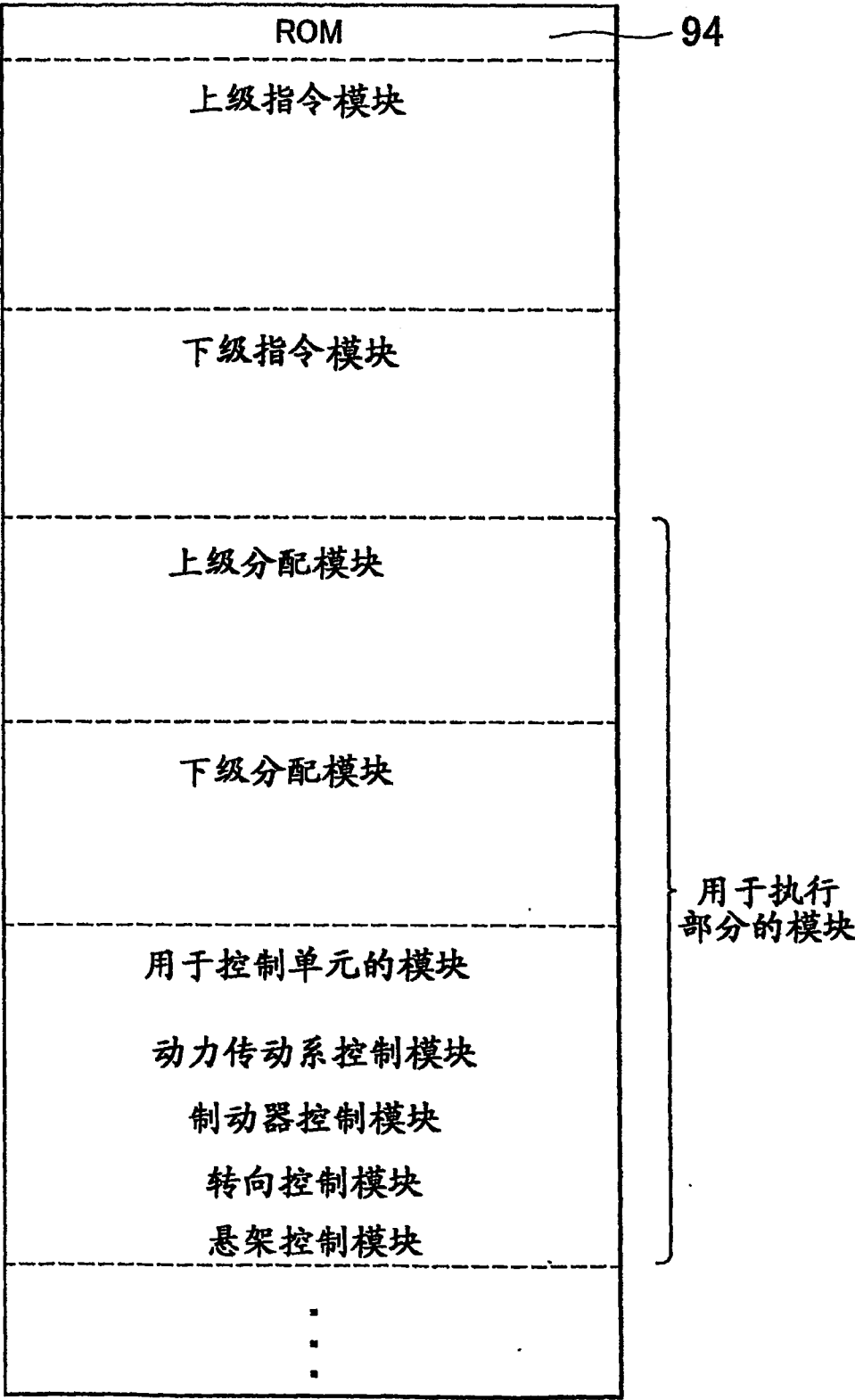


图 3

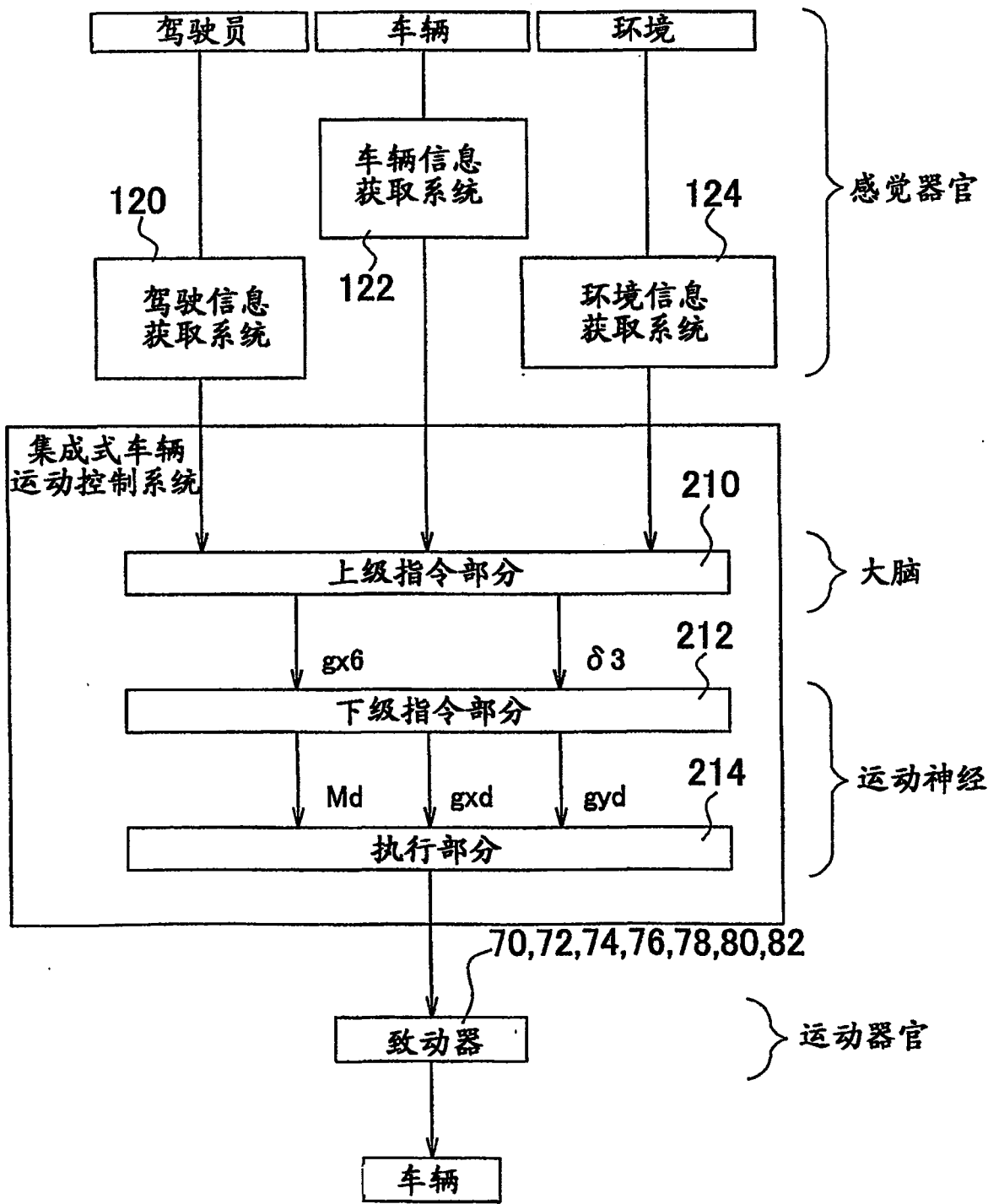


图 4

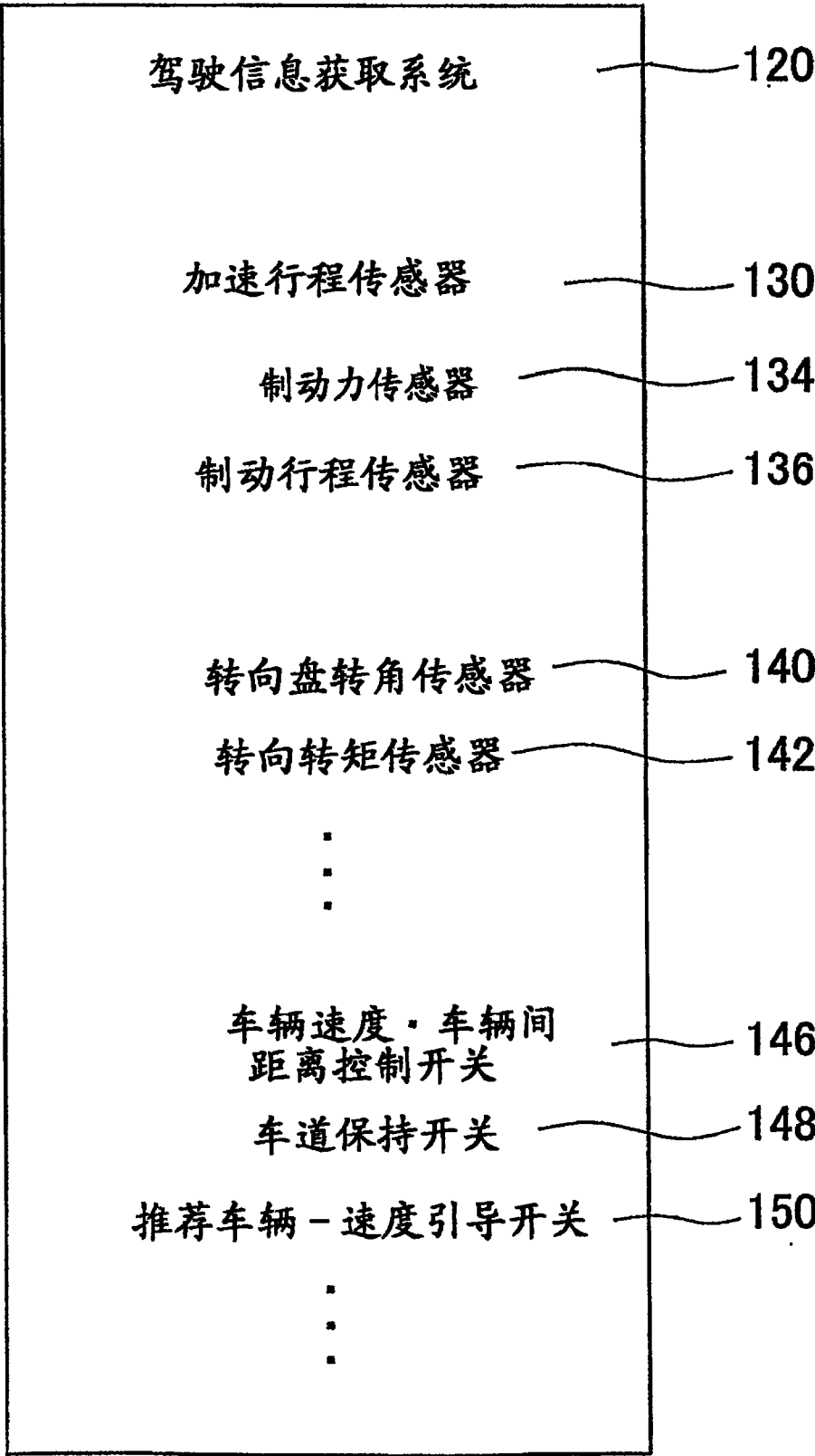


图 5

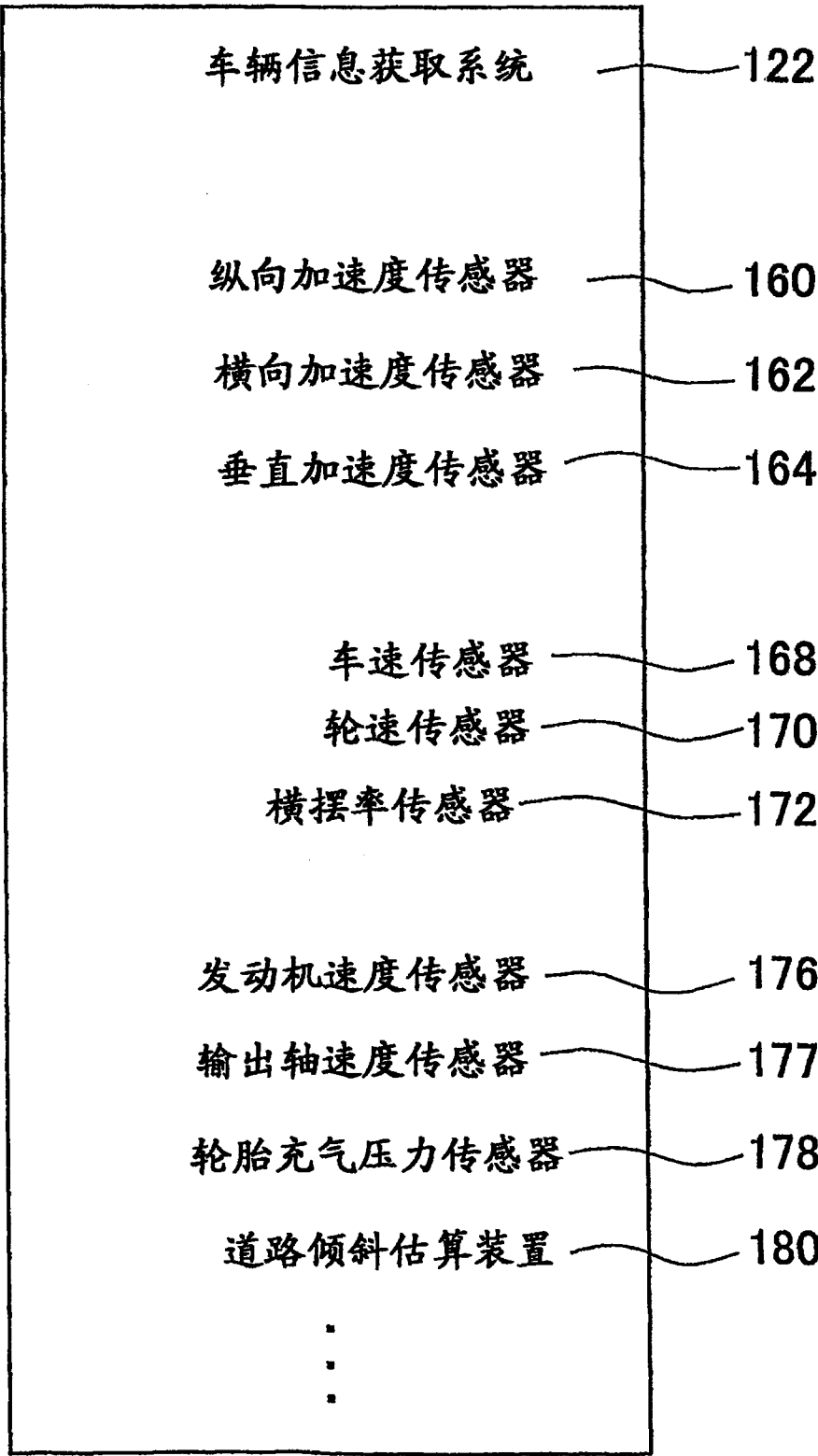


图 6

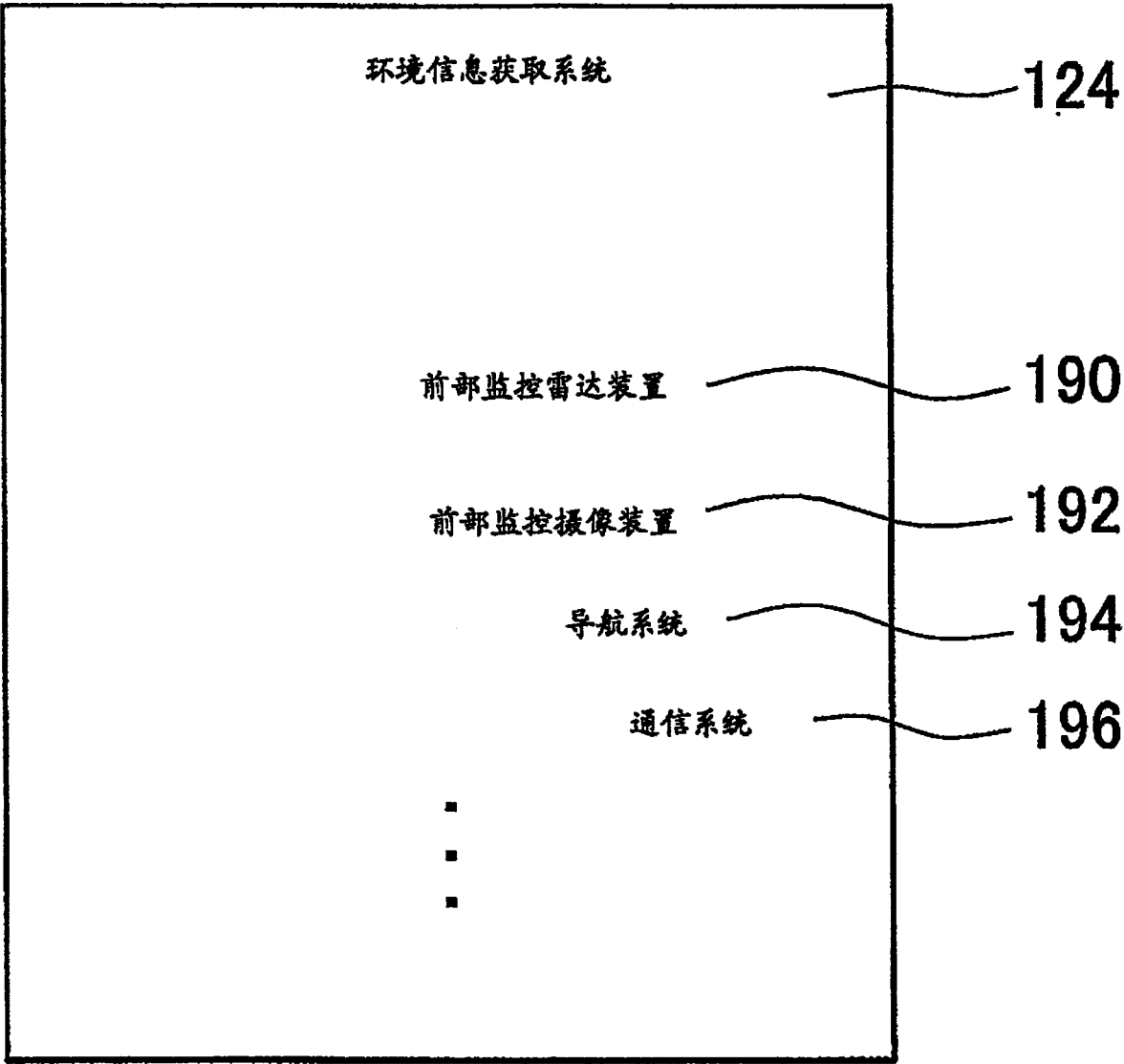
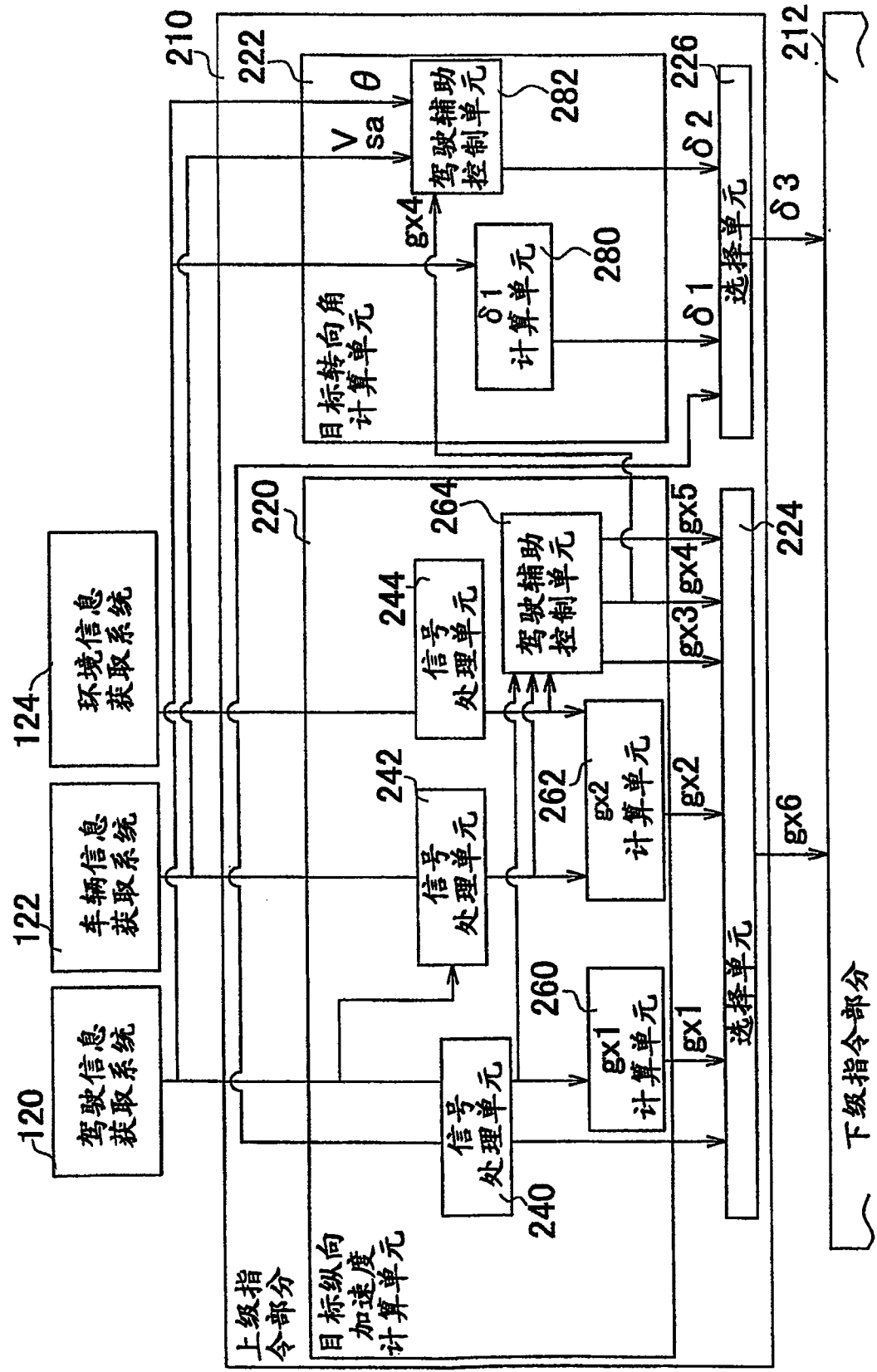


图 7



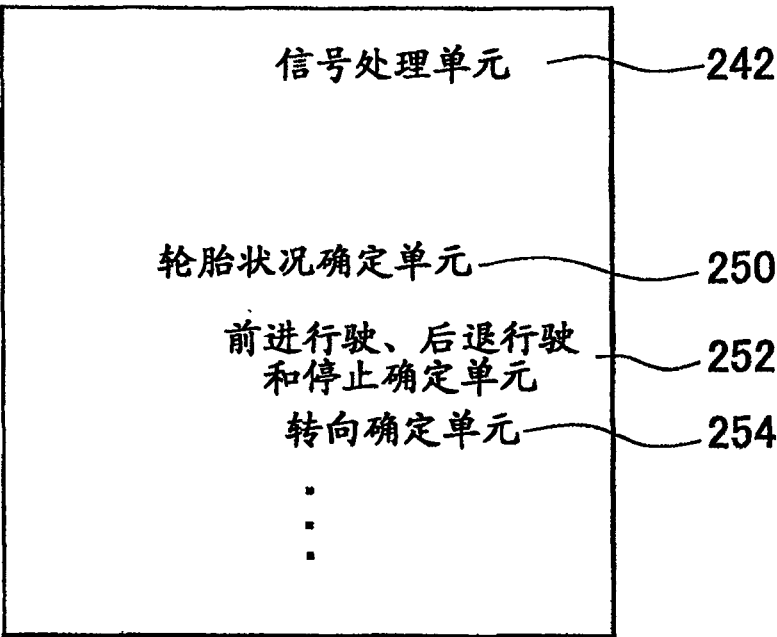


图 9

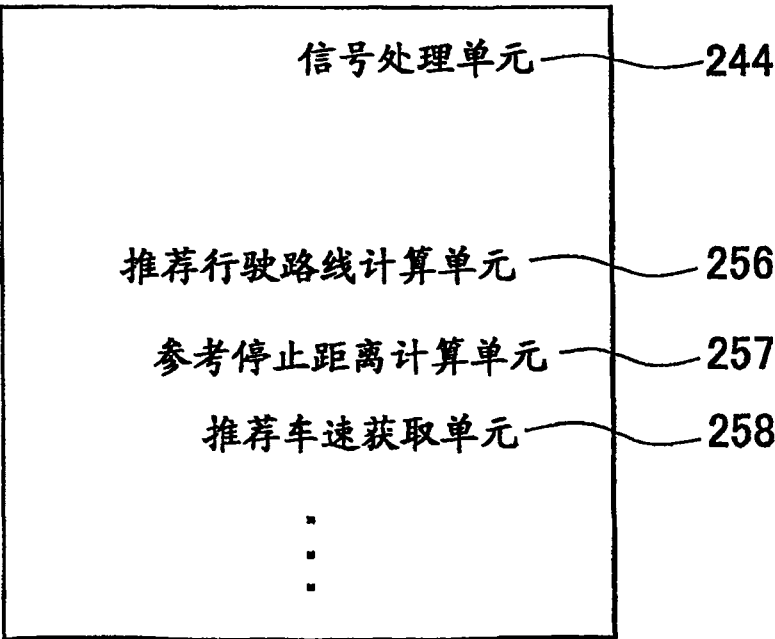


图 10

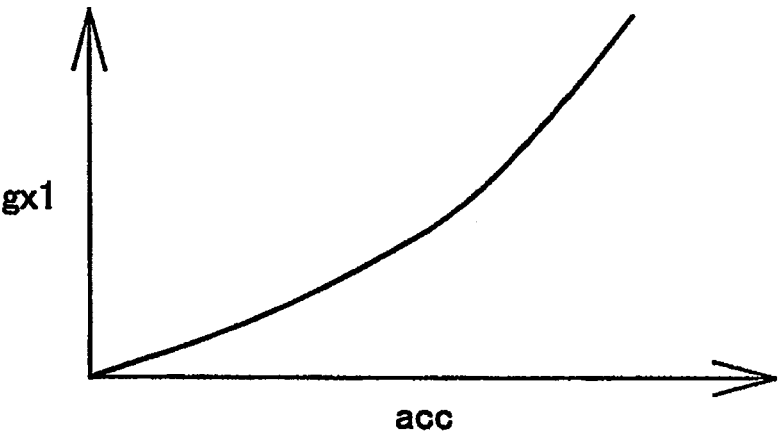


图 11

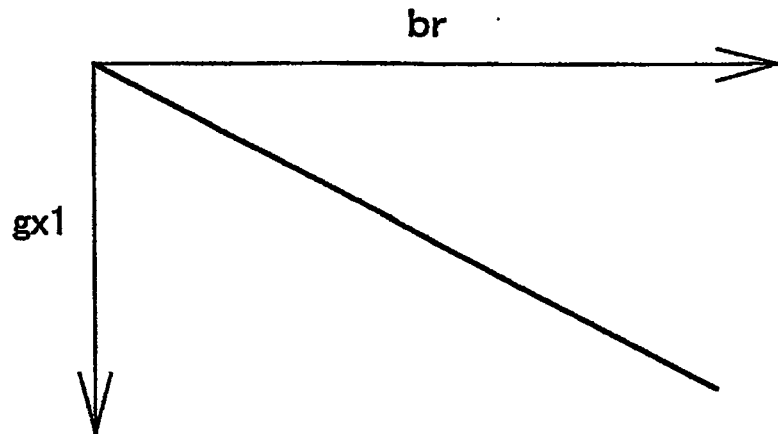


图 12

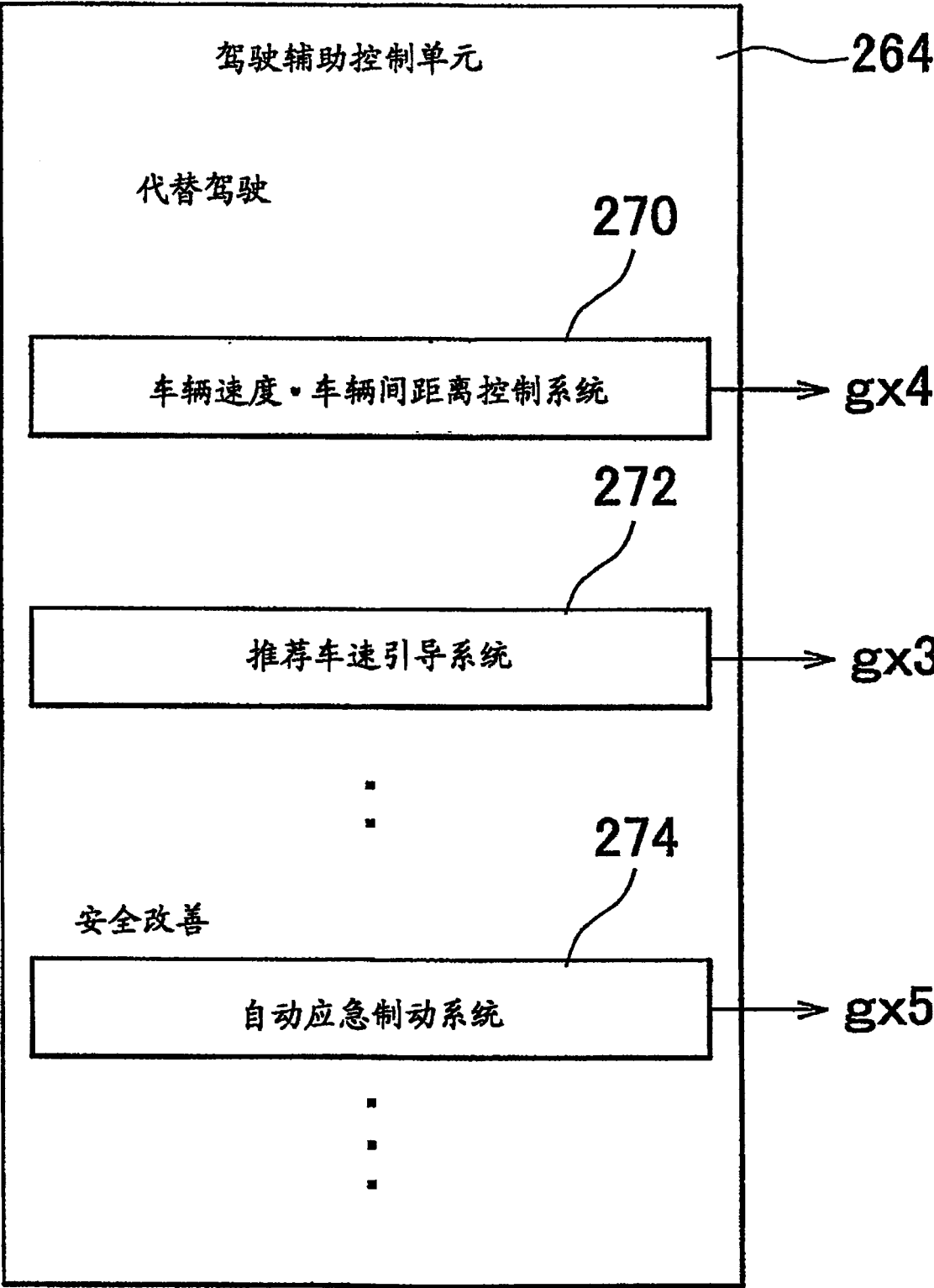


图 13

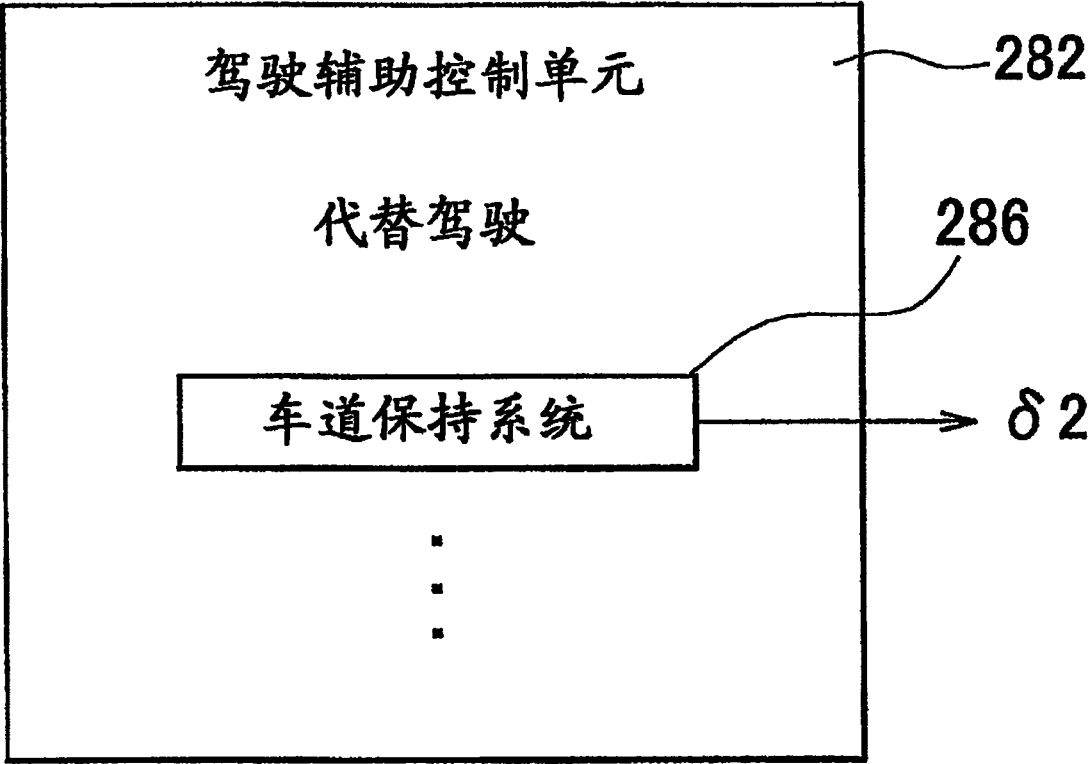


图 14

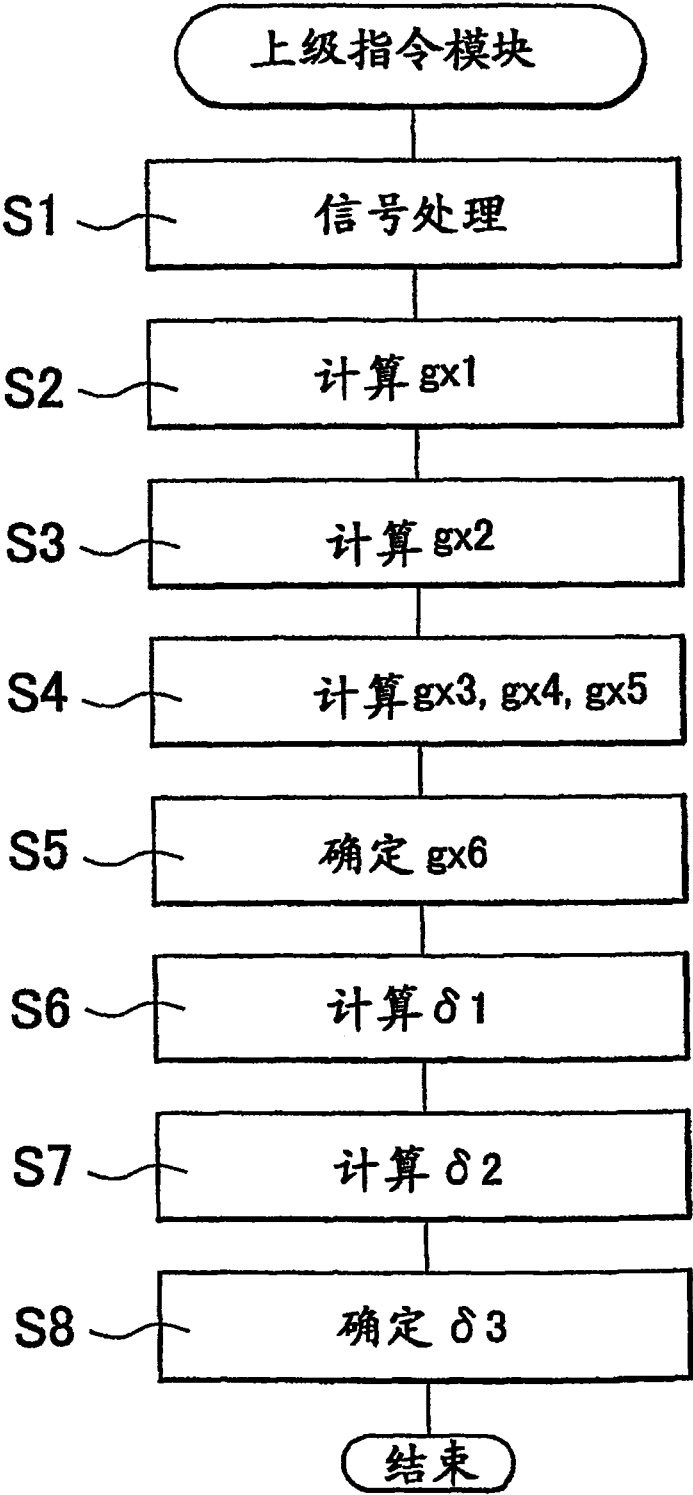


图 15

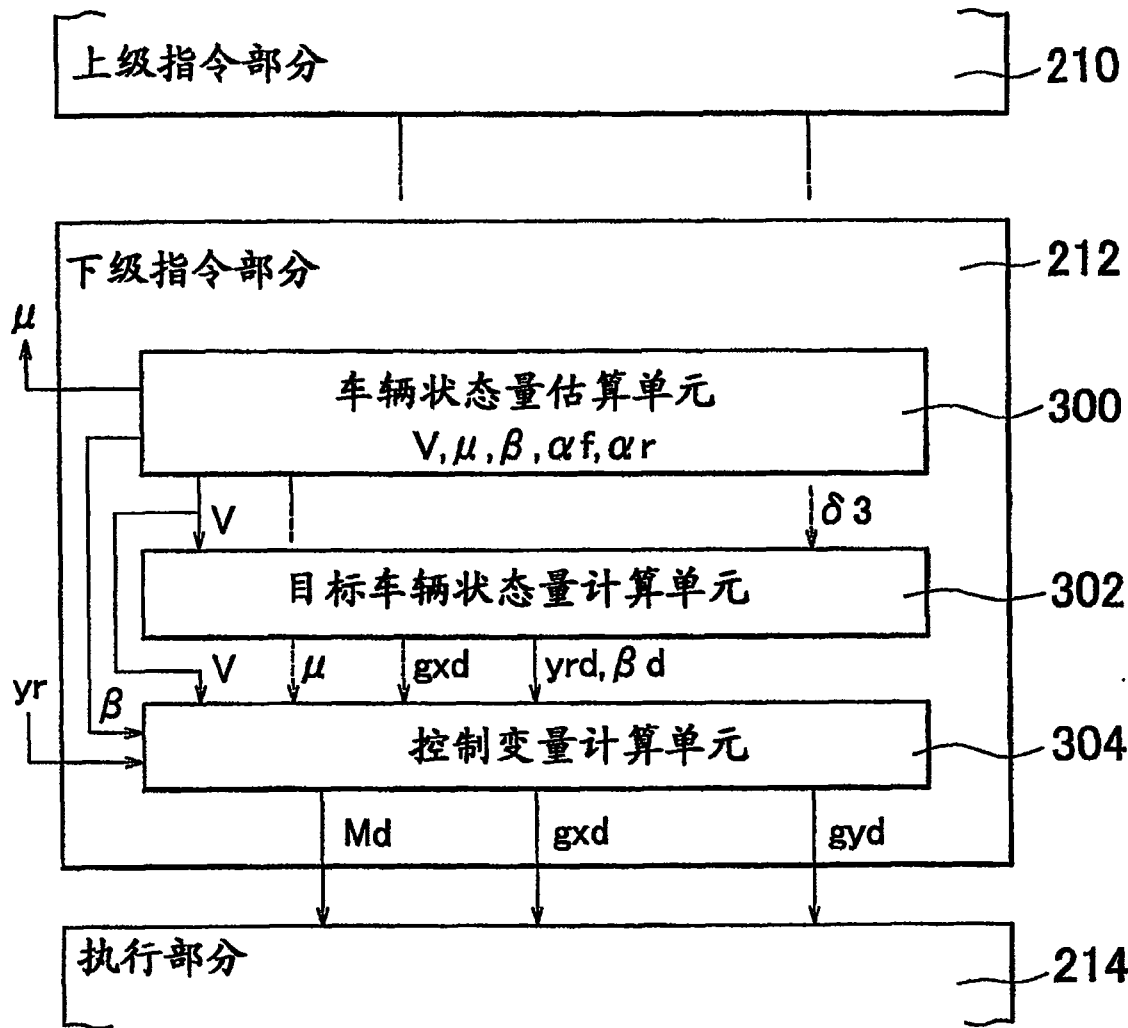


图 16

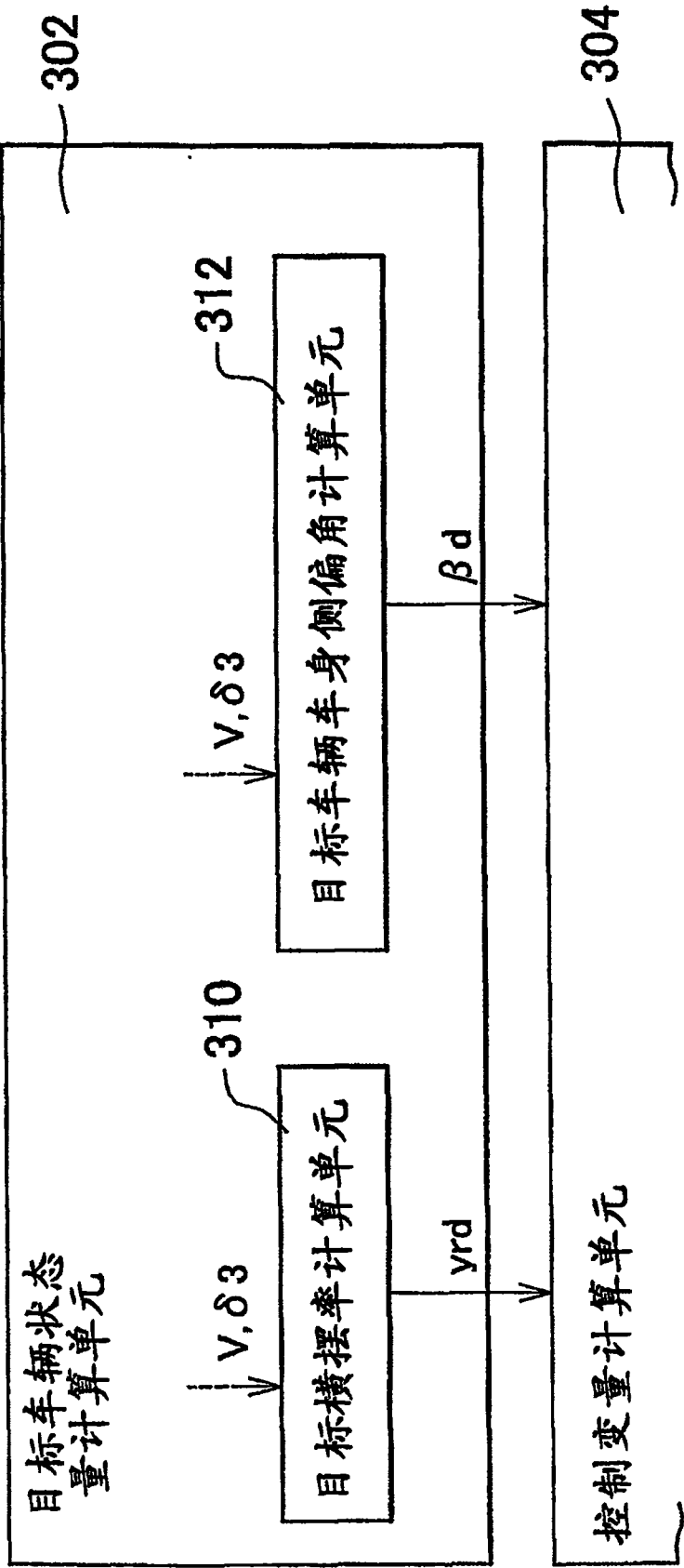


图 17

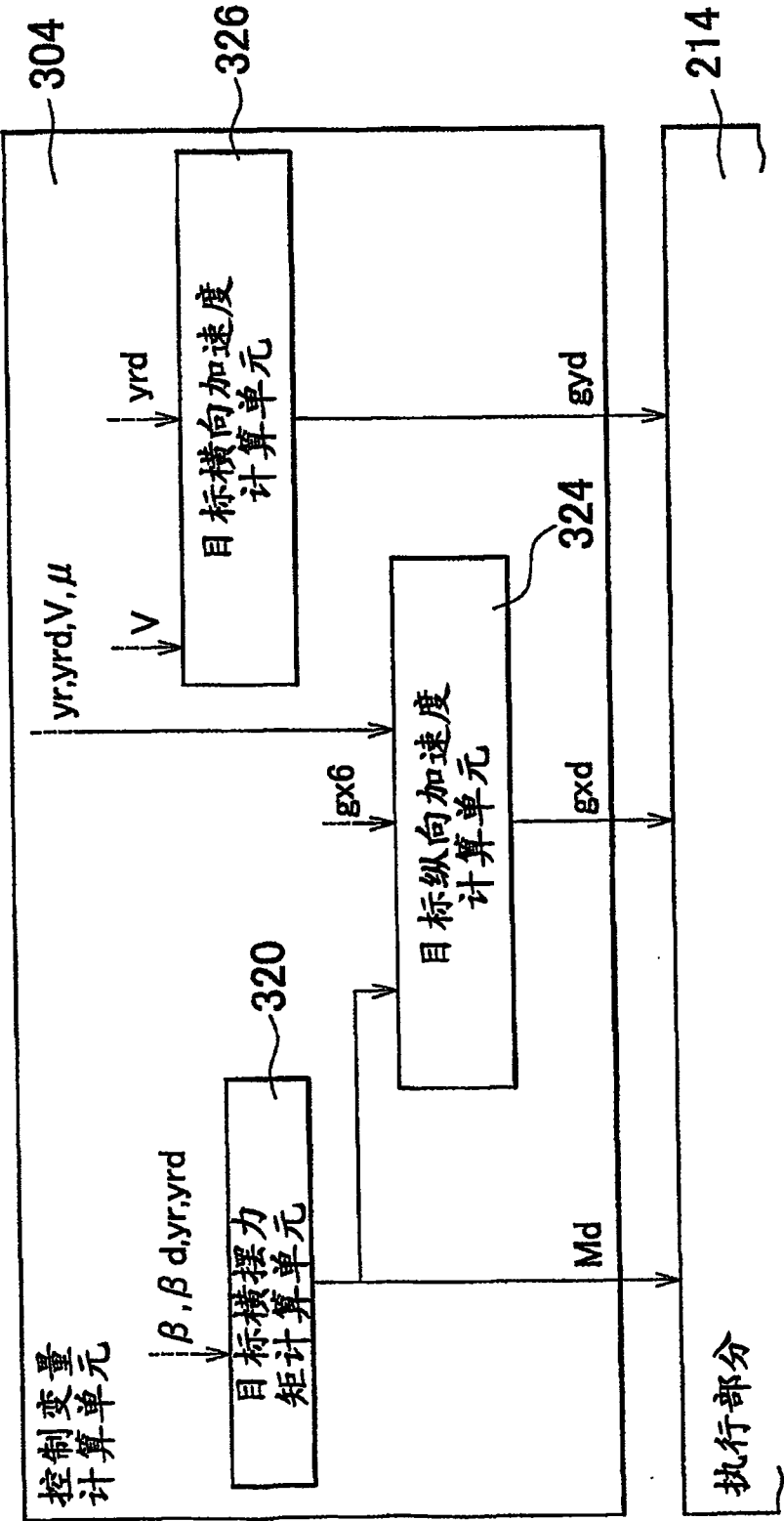


图 18

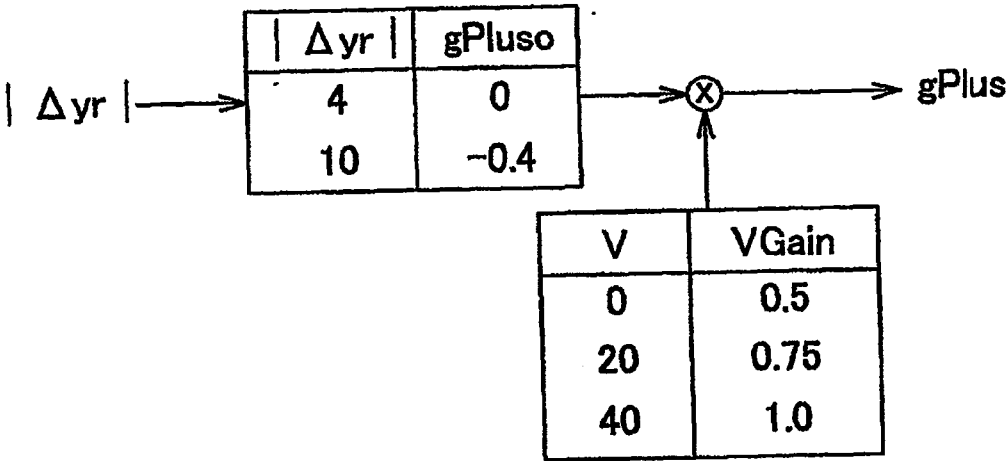


图 19

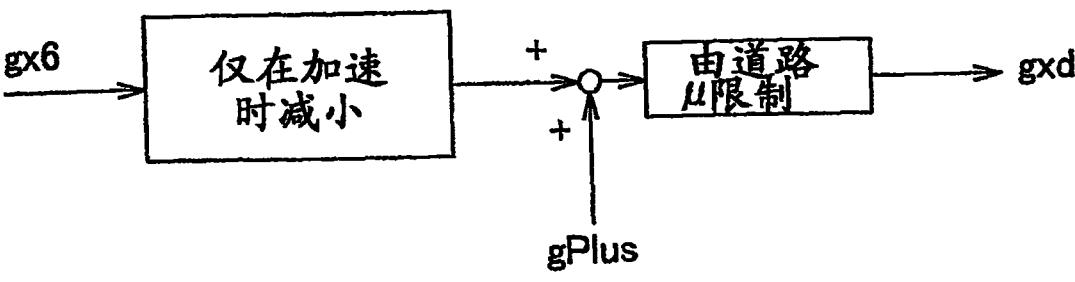


图 20

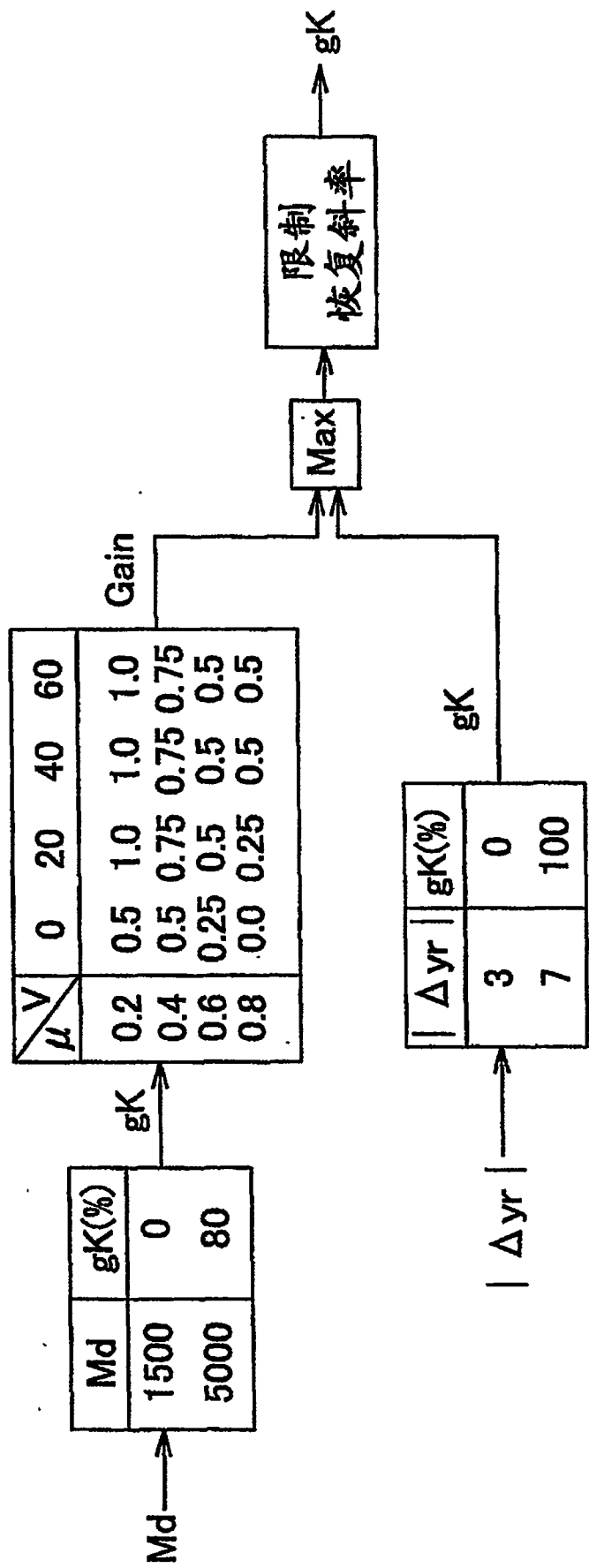


图21

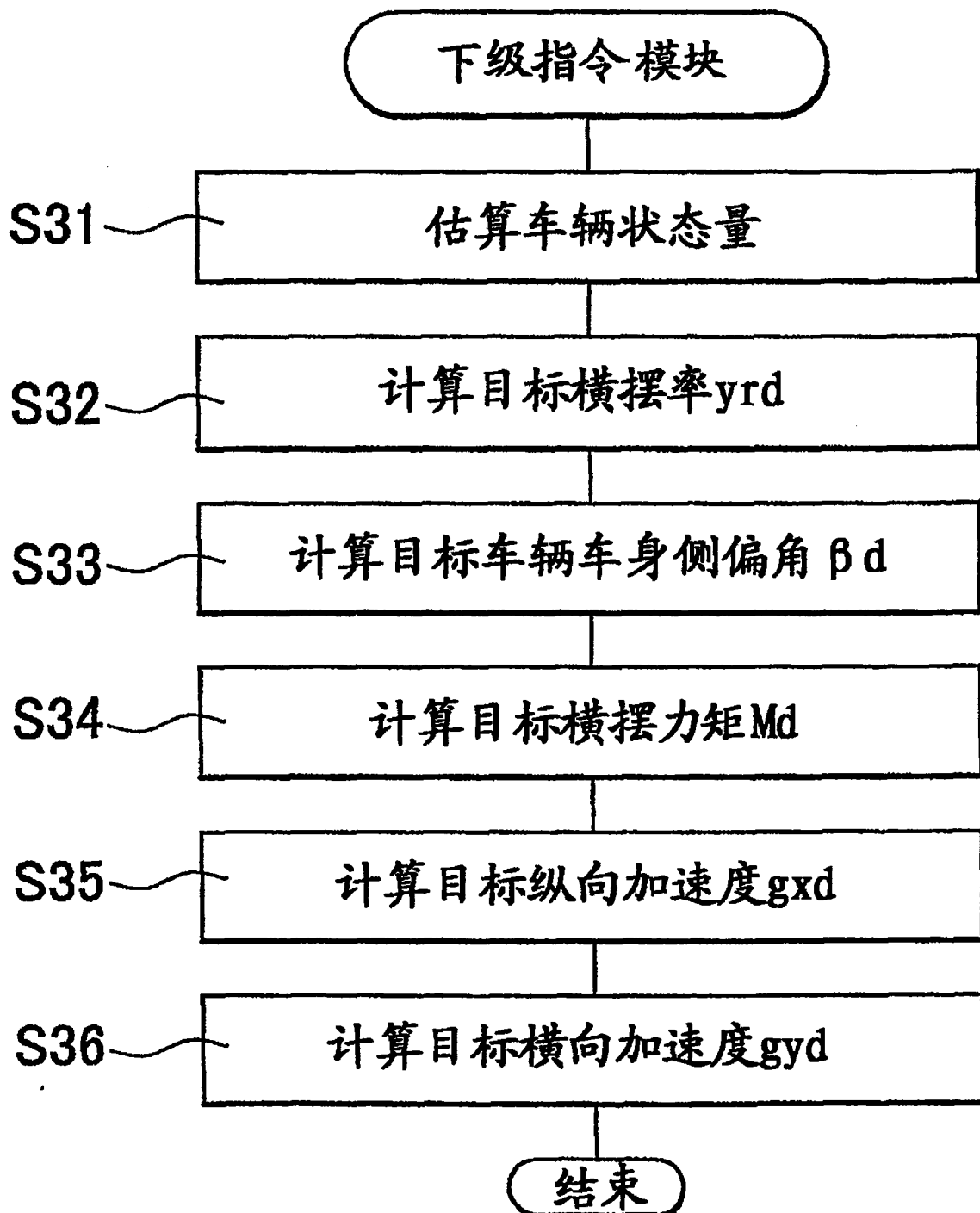


图22

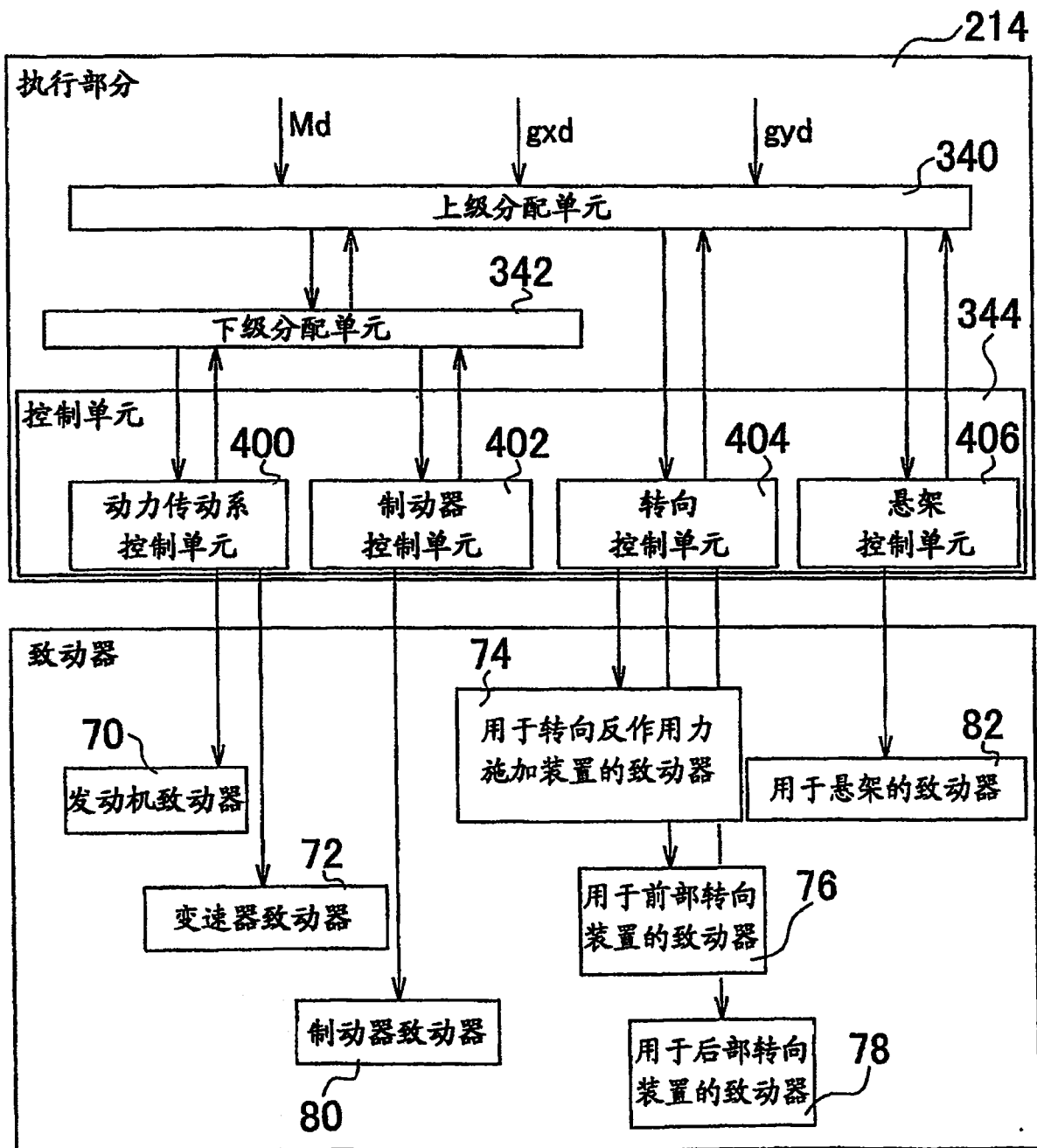


图23

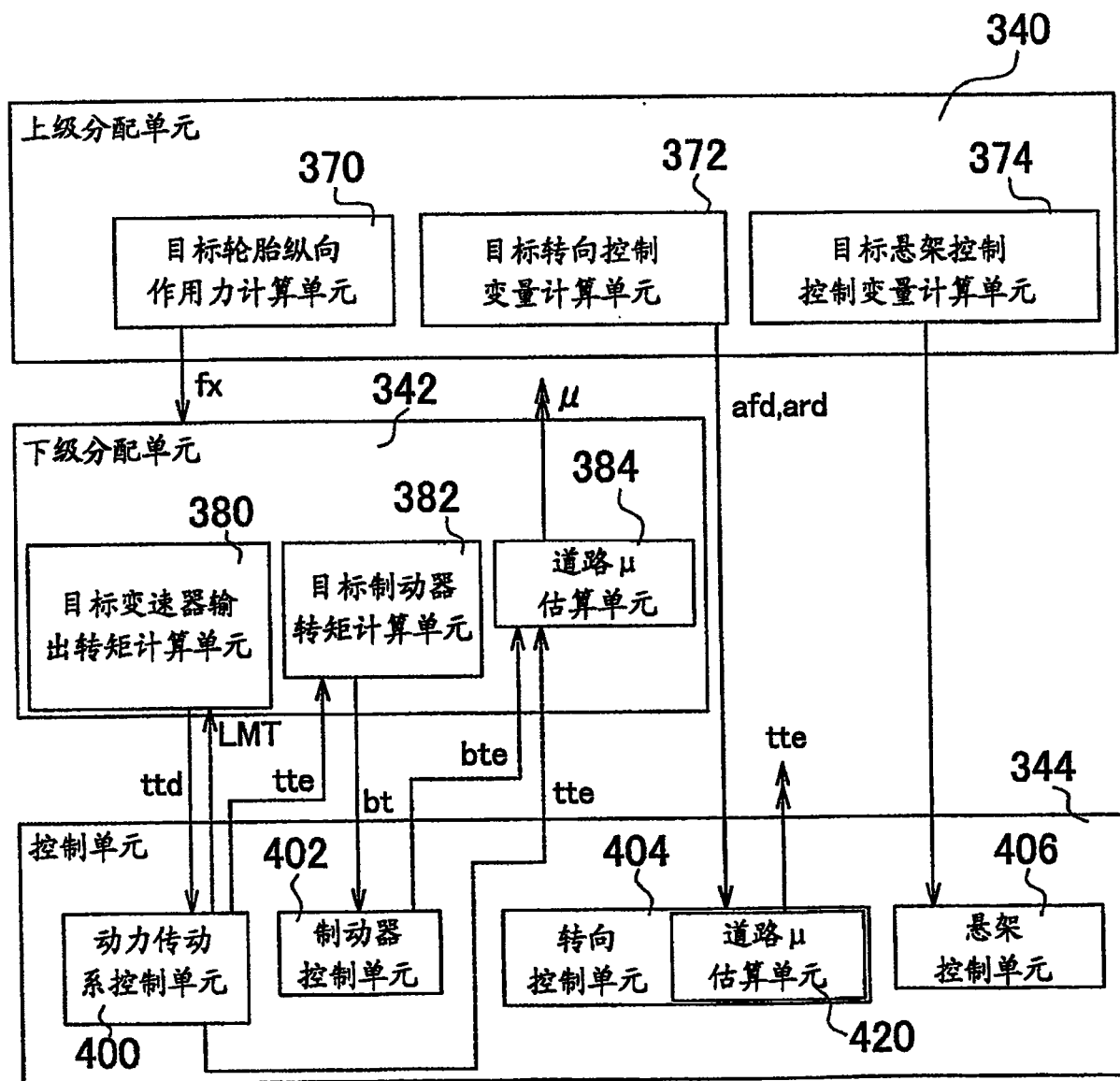


图24

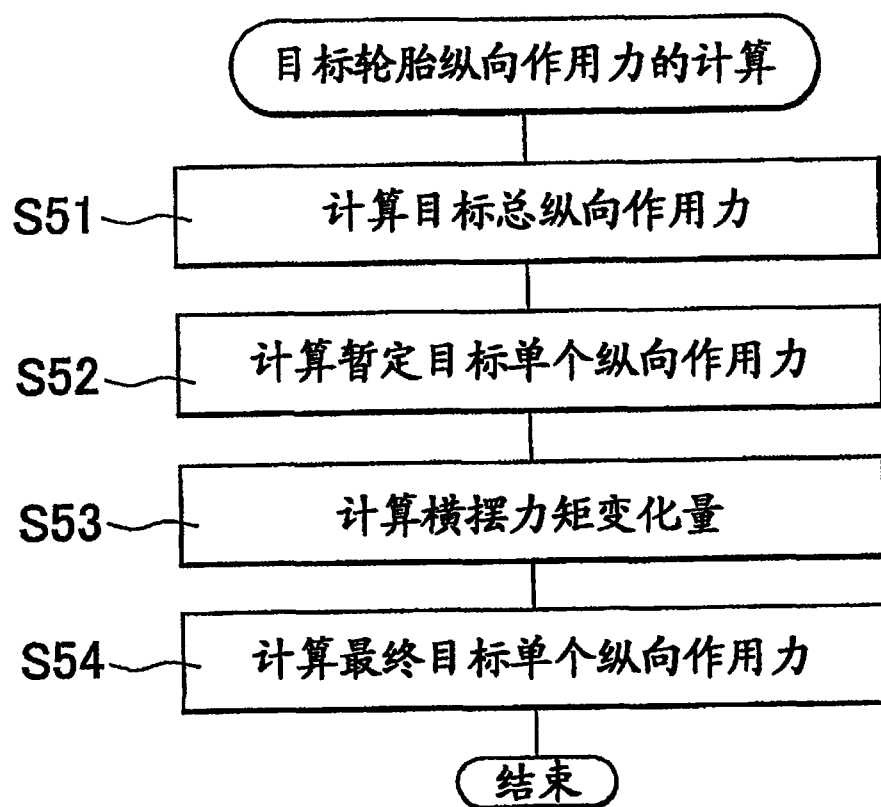


图25

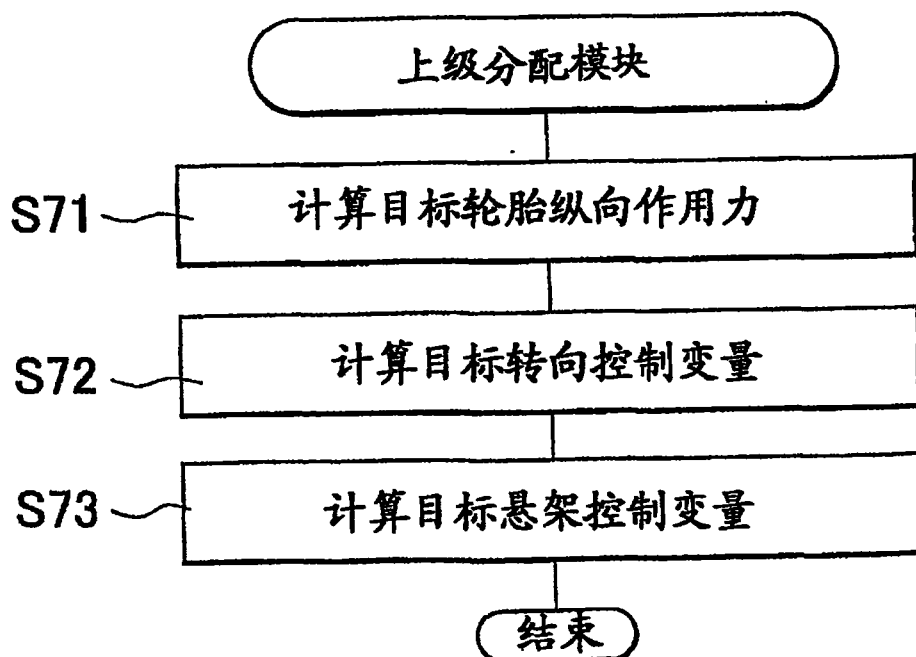


图26

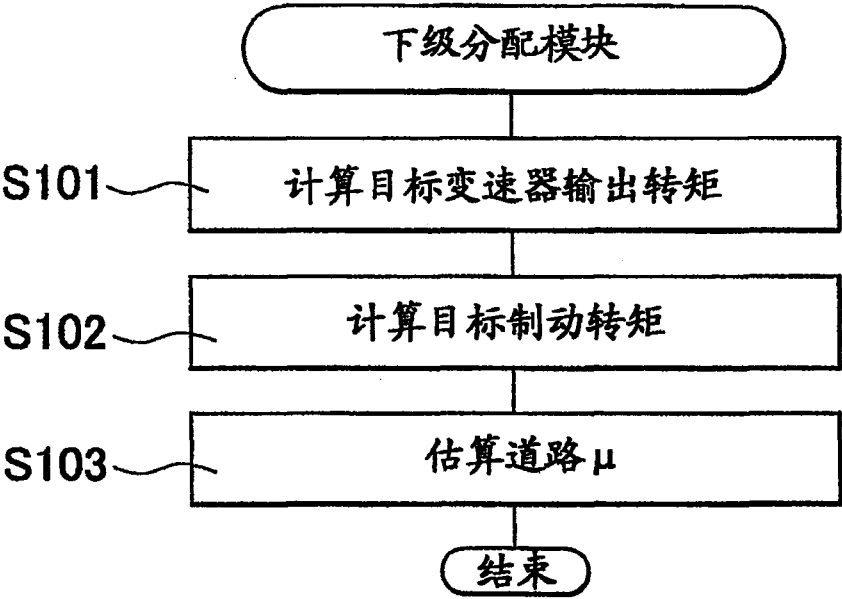


图27

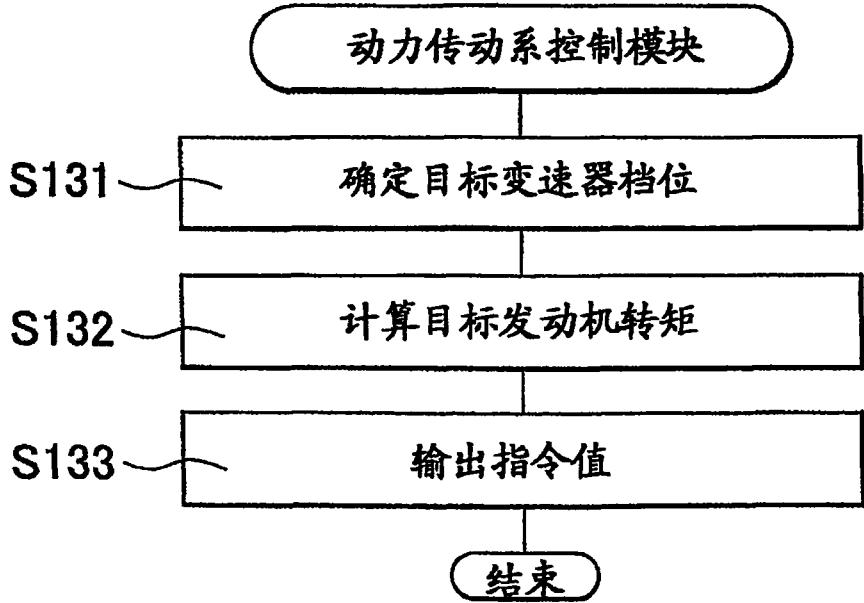


图28

速比	估算的变矩比
0.000	1.846
0.100	1.767
0.200	1.690
0.300	1.608
⋮	⋮
0.941	0.997
0.950	0.997

图 29

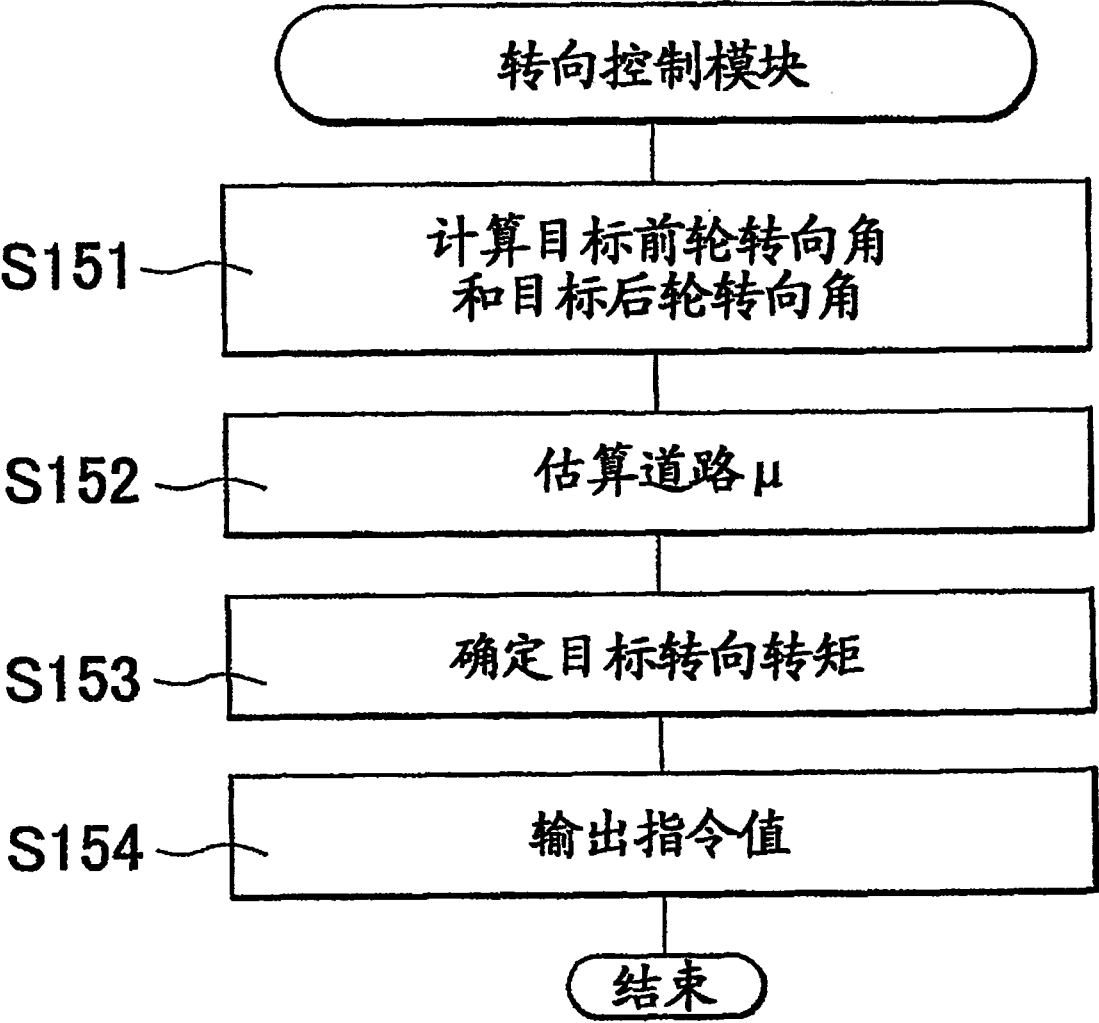


图 30

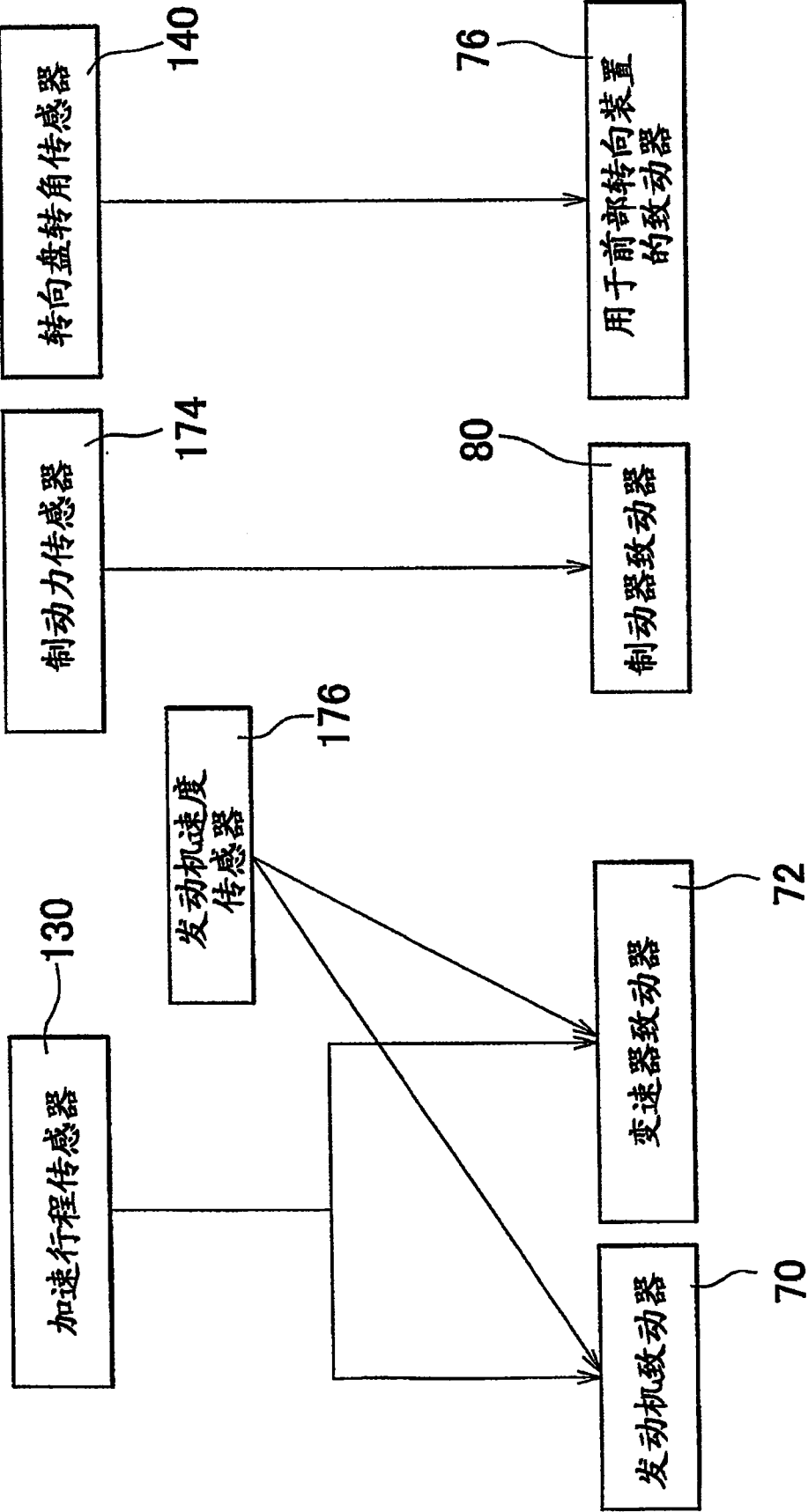


图 31