

(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101681531 B

(45) 授权公告日 2012. 10. 10

(21) 申请号 200880015939. 8

(22) 申请日 2008. 05. 12

(30) 优先权数据

PCT/SE2007/000466 2007. 05. 14 SE

(85) PCT申请进入国家阶段日

2009. 11. 13

(86) PCT申请的申请数据

PCT/SE2008/000327 2008. 05. 12

(87) PCT申请的公布数据

W02008/140381 EN 2008. 11. 20

(73) 专利权人 沃尔沃技术公司

地址 瑞典哥德堡

(72) 发明人 约根·汉松 马格努斯·斯文松

索尔斯泰恩·罗尼瓦尔德松

斯特凡·比特纳

(74) 专利代理机构 中原信达知识产权代理有限

责任公司 11219

代理人 张焕生 谢丽娜

(51) Int. Cl.

G07C 5/08 (2006. 01)

G01M 17/00 (2006. 01)

G06Q 90/00 (2006. 01)

G06F 17/50 (2006. 01)

(56) 对比文件

US 5737215 A, 1998. 04. 07, 全文.

CN 1858808 A, 2006. 11. 08, 全文.

CN 1826514 A, 2006. 08. 30, 全文.

US 6766232 B1, 2004. 07. 20, 全文.

W0 0131448 A1, 2001. 05. 03, 全文.

US 5809437 A, 1998. 09. 15, 全文.

审查员 孟祥龙

权利要求书 2 页 说明书 7 页 附图 1 页

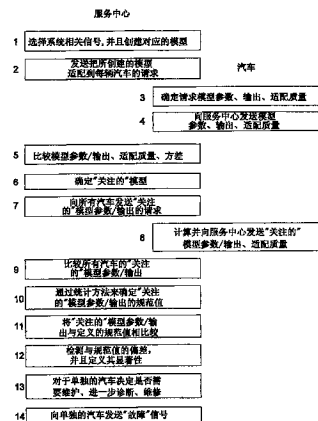
(54) 发明名称

远程诊断建模

(57) 摘要

本发明公开了用于多个系统、尤其是用于多个汽车的诊断和维护方法、诊断和维护组件以及诊断和维护的计算机程序,所述诊断和维护组件包括中心服务器和系统,其中,每个系统提供至少一个系统相关信号,所述至少一个系统相关信号提供系统的(用于系统的)诊断和/或维护的基础,由此通过下述方式来确定诊断和/或维护的基础:对于每个系统在系统相关信号之间确定至少一个关系,比较兼容的确定的关系,对于多个系统基于比较结果来确定哪些关系是显著关系,并且基于所确定的显著关系来提供诊断和/或维护决策。

CN 101681531 B



1. 一种对多个系统提供诊断和 / 或维护的方法, 每个系统提供至少一个系统相关信号, 所述方法的特征在于以下步骤:

对于每个系统, 确定所述系统相关信号之间的至少一个关系;

比较兼容的所确定的关系;

基于所比较的结果来确定哪些关系是显著关系;

基于所确定的显著关系来提供诊断和 / 或维护决策。

2. 根据权利要求 1 的方法, 其中,

对于每个系统, 确定所述至少一个关系的步骤在 (1) 不同时间点的相同的系统相关信号之间、和 / 或 (2) 相同时间点和 / 或不同时间点的不同的系统相关信号之间执行。

3. 根据权利要求 1 的方法, 其中, 所述关系是线性或非线性相关的, 和 / 或通过做直方图或者利用或不利用拓扑信息做聚类来表达所述关系。

4. 根据权利要求 1 的方法, 还包括下述附加步骤的至少一个:

为所确定的显著关系定义规范的步骤, 通过针对所述多个系统比较所述显著关系来为所确定的显著关系定义规范,

检测与所述规范的偏差的步骤, 和

确定与所述规范的偏差的显著性的步骤,

其中, 通过统计分类方法来执行定义规范和检测偏差的所述步骤, 其中, 通过统计置信度测试来执行确定所述偏差的显著性的步骤。

5. 根据权利要求 1 的方法, 其中, 对于所述多个系统的个别系统提供诊断和 / 或维护决策, 其中, 基于所检测的所述显著关系与其规范的偏差来提供所述诊断和 / 或维护决策。

6. 根据权利要求 1 的方法, 其中, 通过将模型适配到信号来执行所述关系的确定, 由此定义模型、相关联的模型参数、模型输出和适配质量。

7. 根据权利要求 6 的方法, 还包括下述附加步骤的至少一个:

对所适配的模型执行交叉验证;

在所述多个系统内确定所适配的模型的方差, 其中, 所述显著关系的确定考虑所述模型的适配质量和 / 或所述模型的方差。

8. 根据权利要求 6 或 7 的方法, 其中, 定义所述规范的步骤包括:

对所述模型参数和 / 或所述模型输出定义规范值,

其中, 根据所有系统的模型参数和 / 或模型输出确定所述规范值。

9. 根据权利要求 8 的方法, 其中, 通过计算平均值  $\bar{M}$  和 / 或所有系统的模型参数 / 输出的协方差矩阵来定义所述模型参数和 / 或模型输出的规范值, 其中,  $M = [a \ b \ c]$ , 并且  $a, b, c =$  模型参数 / 输出, 并且其中, 如果所述模型参数和 / 或输出在由正态概率密度模型定义的允许范围之外, 则定义与所述规范的显著偏差。

10. 根据权利要求 4 的方法, 其中, 监控所述显著关系以检测与所述规范的偏差, 其中, 通过下述方式来执行所述监控: 持续地适配不同的模型, 从所适配的模型选择适当的模型, 并且将适当的适配模型的模型参数与规范值相比较。

11. 根据权利要求 6 的方法, 其中通过每个系统自身来执行所述关系的确定和 / 或所述模型的适配, 并且由服务中心来执行其他步骤, 其中, 所述服务中心向每个系统发送确定所述关系的请求, 通过无线通信向每个系统发送确定所述关系的请求。

12. 根据权利要求 1 的方法,其中,随机地或者确定地选择被确定了关系的所述至少一个系统相关信号。

13. 根据权利要求 1 的方法,其中,所述系统是汽车或者建筑设备、通信网络和 / 或传感器网络。

14. 一种用于执行根据权利要求 1 的诊断和维护方法的组件,其特征在于,所述组件包括:

至少两个系统,对所述至少两个系统执行诊断和 / 或维护,其中,每个系统提供至少一个系统相关信号,并且每个系统适合于确定所述系统相关信号之间的至少一个关系,

中央服务器,其包括:

比较单元,用于比较兼容的确定的关系;

确定单元,用于基于比较结果确定哪些关系是显著关系;和

诊断 / 维护单元,用于基于所确定的显著关系来提供诊断和 / 或维护决策。

15. 根据权利要求 14 的组件,其中,所述中央服务器和每个系统还各自包括通信装置,所述通信装置包括无线通信单元,其中,所述中央服务器的通信装置适合于向每个系统发送对系统相关信号之间的至少一个关系的请求,每个系统的所述通信装置适合于接收所述请求,并且发送被请求的关系,所述中央服务器的所述通信装置还适合于接收所发送的被请求的关系。

16. 根据权利要求 14 或 15 的组件,其中,每个系统适合于确定在不同时间点的相同的系统相关信号之间和 / 或在相同和 / 或不同时间点的不同的系统相关信号之间的至少一个关系。

17. 根据权利要求 14 或 15 的组件,其中,每个系统还适合于执行将模型适配到信号,由此定义模型、相关联的模型参数、模型输出和适配质量。

18. 根据权利要求 14 或 15 的组件,其中,所述中央服务器还适合于执行根据权利要求 3-12 的任何一个的步骤,其中,所述中央服务器和 / 或所述系统的至少一个适合于执行被确定了关系的所述系统相关信号的选择,其中,通过使用随机或者确定的查找方法来执行所述选择。

19. 一种中央服务器,其适合于作为根据权利要求 14-18 的任何一个的组件的一部分,并且执行根据权利要求 1 和 3-12 的任何一个的相应方法步骤。

20. 一种用于提供至少一个系统相关信号的系统,所述系统适合于作为根据权利要求 14-18 的任何一个的组件的一部分,并且执行根据权利要求 1、2、6 或 11 的对应方法步骤,其中,所述系统是汽车或者建筑设备、通信网络和 / 或传感器网络。

## 远程诊断建模

### 技术领域

[0001] 本发明涉及对于多个系统、特别是多个汽车的诊断和维护方法、包括中央服务器和系统的诊断和维护组件以及故障检测的计算机程序,其中,每个系统提供了至少一个系统相关信号,作为所述系统的(用于所述系统的)诊断和/或维护的基础。

### 背景技术

[0002] 尽管下面通过本发明在汽车上的应用更详细地描述了本发明,但本发明也可用于任何其他的机电或电子系统。所述详细描述仅涉及一个优选实施例,并且不应被理解为是限制本发明的范围。

[0003] 其他机电或电子系统例如是电梯、机器人、提款机、自动扶梯、飞机、船舶和它们的子系统。一种重要的子系统例如是传感器网络。而且,本发明可用于数据网络或电信以监控和检测在诸如路由器的不同子系统异常。另外,本发明的方法使得可进行汽车的不同驱动方案的不同使用的分类,用于改善服务规划和正常运行时间。

[0004] 从现有技术看,存在许多已知的诊断和维护方法,这些现有技术允许监控单个或多个汽车,其中,从汽车向提供诊断和维护的服务中心发送汽车状态、服务需求、维护记录和操作特性。把所收集的数据与对于每个汽车预先定义的标准数据相比较。基于所检测的与标准数据的偏差,服务中心确定是否需要维修、服务或者维护。服务中心也因此能够发送更新内容或者修改汽车的维护安排。

[0005] 例如,过去通过一定的天数或者特定的里程来定义像诸如机油、滤油器、煞车片或者挡风玻璃刮水片等磨损的零件的更换的服务需求。在期满后,汽车被要求到维修店来进行所定义的必要维护。即使磨损的零件仍然可用,也执行这种维护。这导致汽车频繁地停在维修店,这也意味着汽车在那个时段不可使用,因而导致由于强制的空闲时期而提高成本,特别是如果关系到做商业运营的汽车。

[0006] 另一方面,为了确保汽车的可用性,汽车的服务间隔必须短,使得在故障或者毛病发生之前就检测到它们。另外,如果汽车事实上发生了故障,由于众多不同的机械和电子部件,将花费大量时间来查找故障。为了减少诊断和随后的维修时间,需要通过若干个传感器来持续监控汽车,并且向服务中心发送对应的多个信号。即使借助于无线通信,从单个汽车到服务中心的大量数据也妨碍了这种可能。因此,大多数方法使用有限的一组参数,所述有限的一组参数被预先确定来监控汽车的状态并且对应于汽车的预先选择的子系统。如果一个参数偏离这个参数的预定标准,则要求汽车到维修店来维修、维护或者诊断。但是如果在未被监控的子系统发生故障,则需要对于所有的汽车系统查找所述故障的起因,这是非常耗时的。

[0007] 现有技术已知的方法的另一个缺点是所监控参数的标准值被定义为理想值,所述理想值可能不反映实际情况,并且在汽车的使用寿命期间多数时间不适用,因不能考虑到老化效应。

## 发明内容

[0008] 因此,本发明的目的是提供一种改进的诊断和维护方法和组件,使得能够在短时间内检测和预测多个系统中的故障,并且允许优化的维护。

[0009] 通过根据权利要求 1 的方法、根据权利要求 14 的组件、根据权利要求 19 的中央服务器、根据权利要求 20 的系统、根据权利要求 21 的计算机程序和根据权利要求 22 的计算机可读介质来实现这个目的。

[0010] 本发明的思想基于下述事实:由每个系统提供的描述系统状态的系统相关信号能够示出或者不示出在这些系统相关信号之间的显著关系。可以通过比较系统之间的兼容关系来执行关系是否显著的判定。对于这种比较,优选地使用适当的度量。如果检测到显著的关系,则可以在系统之间比较这个显著关系,或者对于单个系统在时间上比较这个显著关系,并且这个显著关系被用作有必要向单独的系统提供维护和 / 或维修的决策基础。所提出的方法也可以随时间更新,因此适于例如磨损,并且能够监控初始设计阶段未考虑的系统。另外,所述显著关系也把故障与子系统相关联,由此可以减少查找故障的时间。

[0011] 所述关系能够出现在不同时间点的相同系统相关信号之间,这使得可检测系统的老化特性,或者,所述关系可以出现在相同时间点的不同系统相关信号之间,这可以由对应的系统相关信号表征的系统或者系统部件之间的交互的指示。另外,也可能确定在不同时间点的不同系统相关信号之间的关系,这能够指示在系统或者系统部件之间的交互的老化特性。

[0012] 在优选实施例中,通过线性或者非线性相关性来定义关系,其中,也可以考虑自相关。例如,可以通过相关矩阵的特征向量来表示线性或者非线性相关性。另一个优选实施例是被观察值的被观察联合分布,其优选地可以通过做直方图或者做聚类来表达,其中,后者可以利用或者不利用拓扑信息。

[0013] 另外,优选地,定义所检测的显著关系的规范 (norm),其中,有益的是,通过比较多个系统的显著关系来定义所述规范。而且,优选地检测与这个所定义的规范的偏差。是否需要维护和 / 或维修的判定可以因此基于与所检测的与规范的偏差的存在和 / 或所检测的偏差是否显著。

[0014] 通过比较所有系统的显著关系来定义规范的优点是可以考虑实际情况。通过实际工作条件下的系统自身,而不是通过例如在实验室或者试验台条件下确定的理想化的值,来确定所定义的规范。另外,因为未事先定义要检查哪个系统,而是确定在系统相关信号之间的显著关系的出现,因此可以检查任何系统,只要存在受系统的操作影响的可用的系统相关信号。

[0015] 优选地,通过统计方法,特别是通过统计分类方法来执行规范的定义和 / 或与规范的偏差的检测,其中,可以通过统计置信度测试来量化所述偏差的显著性。

[0016] 在一个优选实施例中,通过把模型适配到信号来执行在系统相关信号之间的关系的确定,由此定义所述模型、相关联的模型参数、模型输出和适配质量。所述模型捕获在系统相关信号之间的关系,因此表达了减少的数据表示量,因为例如仅需要考虑模型参数或者模型输出以获得关于系统的信息。可以然后通过考虑适配质量和在多个系统中的模型方差来确定所述关系是否显著。另外,可以执行模型的交叉验证。

[0017] 分析在适配的模型中的改变使得能够例如检测系统中的故障,并且改善 / 适配现

有的模型提供将模型适合于系统的老化效应的可能性。

[0018] 在优选实施例中,通过系统自身来适配模型,其中,另外,所述系统也进行选择监控哪些传感器和系统相关信号,随后执行在所适配的模型之间的比较。根据比较结果,可以定义最佳的模型或者规范模型,作为用于确定是否需要维护或者维修的基础。

[0019] 另外,通过定义模型参数和 / 或模型输出的规范值来定义规范是有益的,其中,对于规范值的确定,考虑所有系统的模型参数 / 输出。

[0020] 在优选实施例中,通过统计方法来执行模型参数和 / 或模型输出的规范值的定义。一种简单但又充足的可能是计算模型参数和 / 或输出的平均值。然后通过下述方式来确定是否出现与规范的偏差:检测被考察的模型参数 / 输出是否在由所述平均值周围的适当参数化分布所定义的范围之外,例如通过高斯概率密度模型来给出在所述平均值周围的适当参数化的分布。

[0021] 在另一个优选实施例中,特别是通过下述方式来监控所述显著关系:通过持续地确定显著关系的模型参数和 / 或输出,并且将所述模型参数和 / 或输出与对应的规范值相比较,由此可以检测与规范值的偏差。另外,优选地继续适配所述模型以反映例如由于老化效应导致的改变。这通过重复地适配不同的模型并且选择适当的模型来执行。这种方式具有优点,可以检测这样的系统间的交互,其仅出现在某种使用之后,或者仅出现在特定环境中的使用期间。例如,在诸如沙漠的干热环境中的汽车的磨损与在潮湿环境中的汽车的磨损不同。因此,所述显著关系和它们的规范不仅从开始不同而且在汽车的操作期间也不同。

[0022] 在优选实施例中,系统执行确定关系和 / 或模型自身的适配的步骤。这导致减少了为决策是否需要执行维护或者维修而被发送到中央服务器、特别是服务中心的数据量。优选地由中央服务器执行剩余的步骤,诸如比较关系、确定显著关系、检测偏差和决定所检测的偏差对于维护或者维修的需要是否是显著的,所述中央服务器可以考虑多个系统的关系。但是,也可能中央服务器执行所有的步骤,并且各系统仅向中央服务器提供系统关系的信号,或者反之亦然,系统执行所有的步骤,或者向系统 / 中央服务器的步骤分配不同。

[0023] 根据另一个优选实施例,在中央服务器和系统之间提供了无线通信单元来用于通信。

[0024] 为了进一步减少数据量,发送用于在预定的系统相关信号之间确定关系的请求是有益的,其中,可以通过使用随机和 / 或确定的搜索方法来执行在哪些系统相关信号之间应当确定关系的选择。

[0025] 在权利要求、说明书和附图中限定了其他的优点和优选实施例。

[0026] 通过下面的描述,本发明对于本领域内的技术人员是容易理解的,其中,将参照图示本发明优选实施例的附图。

## 附图说明

[0027] 图 1 是根据本发明的方法的优选实施例的流程图。

## 具体实施方式

[0028] 在下面的说明中,针对汽车聚群(多个汽车)来描述本发明,每辆汽车包括应被提供维护和诊断的若干子系统。下面被当作优选实施例的子系统是对其执行诊断和维护的空

气悬架系统 (air suspensionsystem)。所述空气悬架系统仅作为示例性系统。可以考虑包含在汽车中的每个其他子系统或者甚至汽车自身。

[0029] 即使针对汽车聚群来描述本发明,但对于任何机电系统或者电子系统也是适用的,诸如电梯、机器人、提款机、自动扶梯、飞机、船舶和它们的子系统。一种重要的子系统例如是传感器网络。而且,本发明可以用于数据网络或者电信以监控和检测在诸如路由器的不同子系统系统中的异常。另外,本发明的方法使得可进行汽车的不同的驱动情形和不同使用的分类,以改善服务计划和正常运行时间。

[0030] 被当作示例的空气悬架系统提供系统相关信号,诸如在风箱的压力 (P) 和水平 (L) 和储罐压力 ( $P_w$ ),它们由例如在风箱和液罐布置的传感器提供。如果考察空气冷却系统,则也可以考虑系统相关信号,诸如  $V_{fan}$  (风扇速度)、 $\tau$  (发动机扭矩) 和  $T_{cm}$  (冷却介质的温度)。可以由工程师和 / 或专业人员来随机地或者确定地选择系统相关信号。

[0031] 使用本发明的方法,也可能发现发生在全新的汽车中的系统相关信号之间的未知关系,而且也可能发现在汽车的使用寿命期间产生的关系。因此,甚至能够将指示老化效应的关系用于维护和诊断。

[0032] 对于未知关系的发现,随机地选择那些要为之确定关系的系统相关信号。由此,也可能确定第一子系统的系统相关信号和第二子系统的系统相关信号之间的关系,其中,所述子系统是主系统的一部分。例如,也可能发现在汽车 (主系统) 中的煞车片的温度 (用于制动系统、即子系统 1 的系统相关信号) 和在同一汽车 (主系统) 中的空气冷却介质 (空气冷却系统、即子系统 2 的系统相关信号) 的温度之间是否存在关系。

[0033] 不必说,不仅能够检查如上所述的两个子系统或者子系统的两个系统相关信号,而且能够检查多个子系统和 / 或多个系统相关信号。应该理解,有可能考虑单个汽车和汽车中的例如包括至少两个喷油器的发动机,其中,喷油器作为多个系统,并且系统相关信号例如是喷嘴打开程度和喷油器温度。因此,很清楚,可被看作规模化产品的每种产品都可被当作系统。

[0034] 是否存在关系,不是通过被考察单个 (主) 系统确定的,而是通过多个 (主) 系统来确定的,所述多个 (主) 系统为 (主) 系统或者 (主) 系统的子系统相同的所选择系统相关信号确定关系。例如,大多数 (主) 系统显示所选择的系统相关信号之间的、有可能是显著关系的关系。

[0035] 即使没有在全新汽车的系统相关信号之间检测到关系,也可能在汽车的使用寿命期间逐渐产生关系。因此,有可能,甚至是期望在特定时段后重新确定在系统相关信号之间的关系。

[0036] 在参照图 1 所示的流程图描述的所述优选实施例中,通过将模型适配到要考察的系统相关信号来执行是否存在一个或多个关系的确定,由此可以定义模型、相关联的模型参数、模型输出和适配质量。模型对作为系统一部分的系统相关信号之间的关系进行编码。例如,如上面所定义的,被考察的子系统可以是汽车的空气悬架系统。

[0037] 汽车自身包括确定单元,诸如车载计算机,其适于将模型适配到系统相关信号。可以从汽车中的传感器网络或者单个传感器依次得到系统相关信号,其中,可以通过例如通信总线或者汽车内部的通信网络从传感器向所述确定单元发送信号。

[0038] 图 1 示出了本发明的方法的优选实施例的流程图,其中,在第一步骤 1 中,选择那

些应当为之确定关系的系统相关信号。例如可以由在为汽车聚群提供维护和诊断的服务中心（包括中央服务器）工作的服务工程师或者专家来执行这个选择。也可以例如通过服务中心自身自动地配置所使用的系统相关信号。对于系统相关信号的选择，可以使用随机或者确定的查找方法，其中，所述确定的查找方法可以基于收集的单个汽车的数据。

[0039] 在第二步骤 2 中，服务中心指定系统相关信号的模型结构，其描述要考察的关系，并因此表征系统、子系统或者系统之间的交叉关系。将这个模型规格说明 (model specification) 发送到多个系统，或者在所考虑的特例发送到在聚群中的每辆汽车。也可能向每辆汽车（系统）发出不同的信号配置，并且使得每辆汽车中的优化算法将模型适配到在汽车的操作期间所测量的数据（步骤 3）。模型的适配创建关于模型、模型参数、模型输出和适配质量的数据。

[0040] 例如，所考虑的空气悬架系统包括连续测量的多个系统相关信号，诸如在风箱的压力 (P) 和水平 (L) 以及储罐压力 ( $P_w$ )。这些系统相关信号形成可能关注的信号的列表。

$$[0041] \quad S \in \begin{bmatrix} P(t) \\ P(t_1) \\ M \\ P(t_k) \\ L(t) \\ L(t_1) \\ M \\ L(t_k) \\ P_w(t) \\ P_w(t_1) \\ M \\ P_w(t_k) \end{bmatrix} \quad (\text{公式 1})$$

[0042] 其中，这些信号是在时间  $t_1$  到  $t_k$  测量的。

[0043] 从所述信号列表和模型规格说明，也可能适配模型，例如描述了在这些信号的全部或者其中一些之间的关系的差分方程，由此，服务中心能够控制在列表中的什么信号将是模型的一部分，并且可以适配所有可能的组合。

[0044] 例如：

[0045] 模型 1：

$$[0046] \quad L(t) = a \cdot L(t_1) + b \cdot P(t) + c \quad (\text{公式 2})$$

[0047] 或模型 2：

$$[0048] \quad L(t) = a \cdot L(t_1) + b \cdot P(t) + c \cdot P_w(t) + d \quad (\text{公式 3})$$

[0049] 其中，可以通过应用到单个汽车的测量数据的优化方法（诸如最小二乘方法）来得到模型参数  $M = [a \ b \ c]$ （或者对于后一种情况为  $M = [a \ b \ c \ d]$ ）。可以对汽车进行这种参数适配，并且每辆汽车返回用于描述对该具体汽车所观察到的关系的一组参数。

[0050] 必须特别关注具有常数值的信号。根据模型，例如对于基于 lag 的线性模型，必须明确地排除这些常数值的信号。在其他模型中，不需要进行明确的排除，因为它们被自动丢弃，例如因为它们没有协方差。

[0051] 在又一步骤 4 中，从每辆汽车向服务中心发回由每辆汽车适配的模型参数以及模型输出和适配质量。



[0052] 服务中心在步骤 5 比较不同的汽车对它们的指定模型的适配程度,然后通过比较模型、模型参数、模型输出、适配质量和模型参数在汽车之间如何变化而选择最佳的模型规格说明(步骤 6)。

[0053] 在步骤 6 中,服务中心通过下述方式来确定由模型配置描述的关系是否显著:比较适配质量,计算和比较模型的方差,并且执行所有汽车的模型的交叉验证。也可能服务中心通过向在聚群中的所有汽车发送配置来测试不同配置的适配程度,其中,每辆汽车然后仅发回其设法适配的程度(适配质量)。以这种方式,能够发现大多数适当的配置是具有最低适配误差和/或参数的最大扩展的配置。不必说,也可以将这样的配置看作最适合的配置,示出了仅对该单个汽车的合理值,但是示出了非常稳定和高质量(例如低噪声)的关系,因此值得尝试该配置。通过把这样的配置当作最适合的配置,可能例如不考虑环境影响,因为可能在与在聚群中的所有其他汽车完全不同的条件下来操作示出稳定的关系的汽车。

[0054] 如果得到对应于系统相关信号之间的显著关系的配置并且在汽车之间的这些关系中具有显著的扩展,则这种配置被标注为“关注的”配置。如果例如不可能在多个配置之间区分(例如如果适配误差的置信度范围与不同模型的范围重叠),则有可能选择多于一个的配置作为“关注的”配置。

[0055] 在下一个步骤 7 中,将所选择的一个或多个“关注的”模型发送到聚群中的所有汽车,并且由聚群中的所有汽车连续地适应(适配)。随后,每辆汽车持续地发回所计算的模型参数、模型输出和适配质量(步骤 8)。基于这些数据,则有可能提供关于每辆单独的汽车进行维护或者诊断的需求的决策。

[0056] 在一定量的适配时间后或者观察了足够数量的汽车后,足够的模型参数、输出和适配质量已经累积在服务中心,因此服务中心可以通过比较所有汽车的模型参数在步骤 9 和 10 中确定模型参数和/或模型输出的规范,由此可以使用适当的统计方法。例如,有可能简单地计算模型参数的平均值和标准偏差。使用适合于模型类型的距离度量来进行模型比较,所述适合于模型类型的距离度量诸如在参数之间的欧几里德度量、在模型参数之间的 Mahalanobis 度量、向量的 Krzanowski 相似性、在聚类中心之间的距离、在布局表面之间的豪斯道夫度量等。当然,不仅可以用于在优选实施例中描述的线性模型,而且诸如主分量分析、自组织图或者随机采样一致方法的其他统计方法也适用。

[0057] 一旦定义了规范值,则可以从现在开始监控从汽车发送的数据,并且可以持续地将其与对应的规范值相比较(步骤 11)。如果一个(或若干个)模型参数/输出与该规范显著地偏差,则在该汽车所涉及系统中的问题是可能的。因此可以采取必要的行动,诸如开始从服务中心向汽车下载软件以提供对那个系统的更详细的诊断。

[0058] 对于是否存在显著偏差的确定(步骤 12),也优选地使用统计方法。例如,可以使用连续向服务中心发回的模型参数  $M_k$  (其中  $k$  是一组  $K$  辆汽车的标号)的协方差矩阵  $M_{std}$ ,通过交叉验证试验来执行显著偏差的确定。也可能连续地计算模型,但仅在例如检测到模型参数或者输出的变化的情形下或者在特定的预定时段后,才发送模型。

$$[0059] \quad M_{std} = \frac{1}{K-1} \sum_{k=1}^K (M_k - \bar{M})(M_k - \bar{M})^T \quad (\text{公式 4})$$

[0060] 其中,  $M_{std}$  是汽车子集的模型参数的协方差矩阵,  $\bar{M}$  是汽车的相同子集的模型参数

的平均值。然后可以例如通过统计置信度测试来确定显著性。所述统计置信度测试确定一辆汽车的模型的参数是否与在模型（汽车）的子集（群）中的那些显著不同。一种可能的统计测试是在例如多元正态分布的假设下计算在单个汽车和所述子集之间所观察的偏差的概率。

[0061] 如果检测到显著的偏差，则服务中心可以在步骤 13 中设置被检测到偏差的那个系统的“故障”信号，并且向汽车发送例如需要维护、维修或者进一步的诊断的消息（步骤 14）。

[0062] 另外，服务中心能够包括一种机制，使得服务中心在确定所述值之前，能够从汽车集群中删除那些较之其他汽车在不同的环境中使用或按不同方式使用的汽车的模型。例如，由于维修或者用户度假，则在较长的时段，汽车是空闲的。或在不同的环境中意外地使用汽车，例如在沙漠中使用汽车，而该汽车通常在适度的气候中使用的。

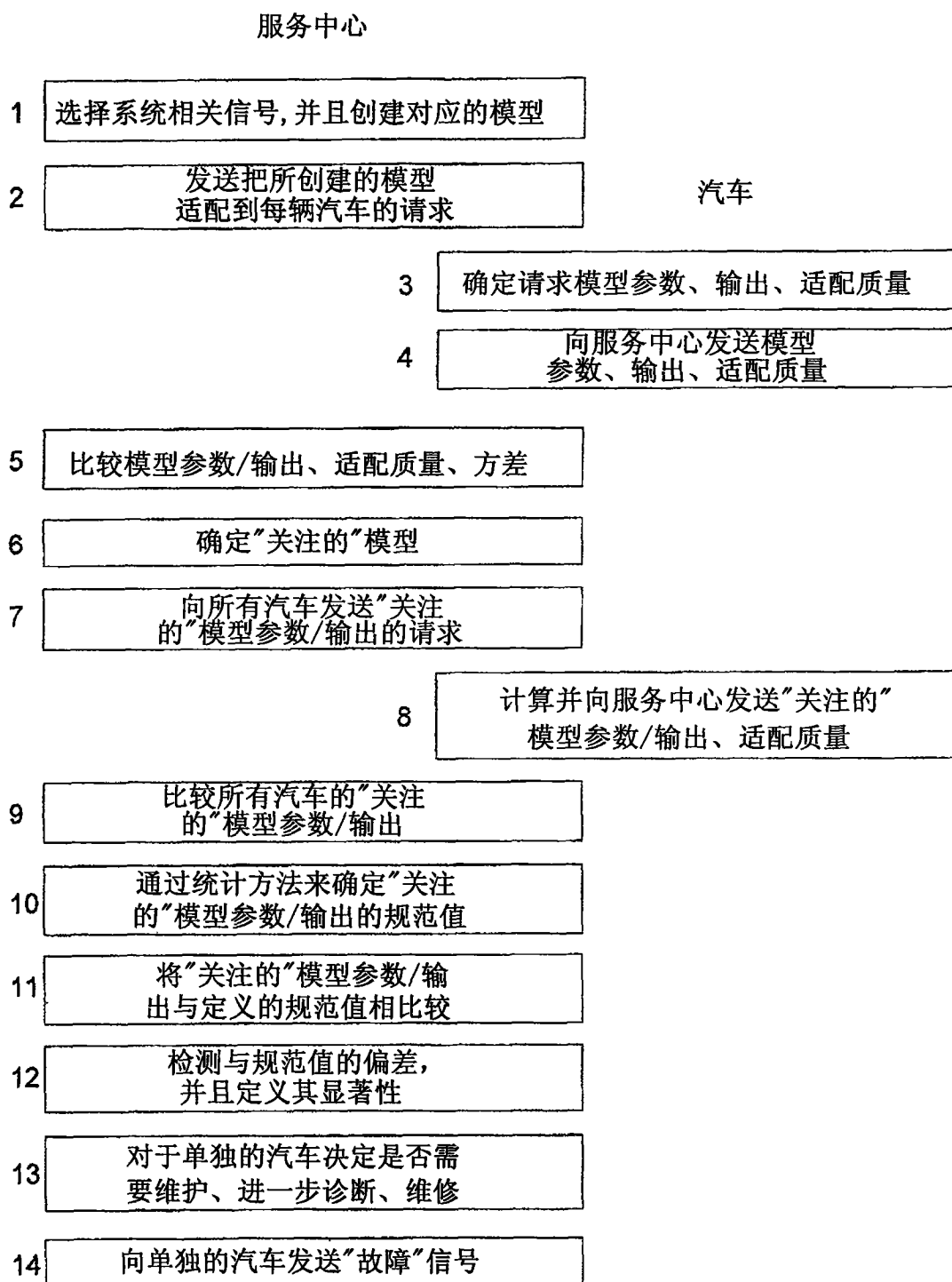


图 1