



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 108205263 B

(45) 授权公告日 2022.07.15

(21) 申请号 201711343357.X

(22) 申请日 2017.12.15

(65) 同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 108205263 A

(43) 申请公布日 2018.06.26

(30) 优先权数据
102016124623.9 2016.12.16 DE

(73) 专利权人 德斯拜思有限公司
地址 德国帕德博恩

(72) 发明人 A·皮雷凯特

(74) 专利代理机构 中国贸促会专利商标事务所
有限公司 11038
专利代理师 刘盈

(51) Int.Cl.
G05B 17/02 (2006.01)

(56) 对比文件
EP 3001313 A1,2016.03.30
EP 2801872 A1,2014.11.12
US 2015082289 A1,2015.03.19
CN 104794258 A,2015.07.22
CN 105159188 A,2015.12.16

CN 102331777 A,2012.01.25
CN 103488098 A,2014.01.01
KR 100686359 B1,2007.02.26
EP 1806636 A1,2007.07.11

周荣宽.电动汽车电驱动系统建模仿真及硬件在环测试.《中国优秀博硕士学位论文全文数据库(硕士)工程科技II辑》.2016,(第3期),
Peperhowe Michael,等.Lab-Based Testing of ADAS Applications for Commercial Vehicles.《SAE International Journal of Commercial Vehicles》.2015,第8卷(第2期),
王金珠.基于ECU硬件在环的车辆半主动悬架系统应用研究.《中国优秀博硕士学位论文全文数据库(硕士)工程科技II辑》.2014,(第10期),
J.Chalupa.Design of configurable DC motor power-hardware-in-the-loop emulator for electronic-control-unit testing.《2015 21st International Conference on Automation and Computing (ICAC)》.2015,

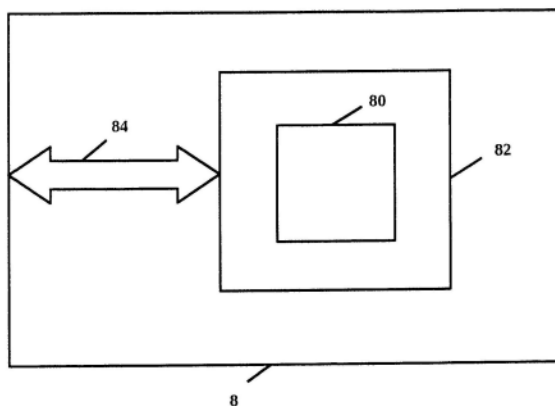
审查员 张艺

权利要求书2页 说明书8页 附图2页

(54) 发明名称
用于创建与仿真装置兼容的模型的方法

(57) 摘要
提出一种用于创建技术系统的与仿真装置(2)兼容的模型(8)的方法,其中,仿真装置是设置用于控制装置研发的仿真装置并且兼容的模型(8)可在仿真装置上执行。该方法具有如下步骤:(a)提供技术系统的与仿真装置(2)不兼容的模型(80);(b)提供虚拟执行环境(82),在所述虚拟执行环境中技术系统的与仿真装置(2)不兼容的模型(80)可在虚拟执行环境(82)中执行;以及(c)将技术系统的与仿真装置(2)不兼容的模型(80)和虚拟执行环境(82)封装到兼容的容器单元中,该容器单元形成技术系统的兼容的模型

(8),其中技术系统的不兼容的模型(80)通过兼容的容器单元和虚拟执行环境(82)在仿真装置(2)上是可访问的。



1. 用于创建技术系统的与仿真装置 (2) 兼容的模型 (8) 的方法, 其中, 仿真装置 (2) 是设置用于控制装置研发的仿真装置并且兼容的模型 (8) 能在仿真装置 (2) 上执行, 其中该方法具有如下步骤:

(a) 提供技术系统的与仿真装置不兼容的模型 (80);

(b) 提供虚拟执行环境 (82), 在所述虚拟执行环境中技术系统的与仿真装置不兼容的模型 (80) 能在虚拟执行环境 (82) 中执行; 以及

(c) 将技术系统的与仿真装置不兼容的模型 (80) 和虚拟执行环境 (82) 封装到兼容的容器单元中, 该容器单元形成技术系统的兼容的模型 (8), 其中技术系统的不兼容的模型 (80) 通过兼容的容器单元和虚拟执行环境 (82) 在仿真装置 (2) 上是可访问的。

2. 根据权利要求1所述的方法, 其中, 所述兼容的容器单元按照接口标准构成。

3. 根据权利要求1或2所述的方法, 其中, 封装到兼容的容器单元中包括所述兼容的容器单元与所述虚拟执行环境 (82) 借助于接口桥 (84) 的耦合。

4. 根据权利要求1或2所述的方法, 其中, 所述虚拟执行环境 (82) 包括操作系统, 在该操作系统上能执行技术系统的与仿真装置不兼容的模型 (80)。

5. 根据权利要求1或2所述的方法, 其中, 所述技术系统的不兼容的模型 (80) 具有技术系统的预编译模型, 该预编译模型嵌入初始容器单元中。

6. 根据权利要求5所述的方法, 其中, 所述初始容器单元按照接口规范构成。

7. 根据权利要求1或2所述的方法, 其中, 所述技术系统的不兼容的模型 (80) 是用于控制装置 (10) 的环境模型。

8. 根据权利要求2所述的方法, 其中, 所述兼容的容器单元按照功能模型接口 (FMI) 标准构成。

9. 根据权利要求4所述的方法, 其中, 所述虚拟执行环境还具有用于执行不兼容的模型所需要的但是在仿真装置上不存在的硬件组件和/或软件组件。

10. 根据权利要求9所述的方法, 其中, 所述硬件组件和/或软件组件包括处理器和/或存储介质和/或许可证机制和/或仿真环境和/或数据库。

11. 根据权利要求6所述的方法, 其中, 所述初始容器单元按照功能模型接口 (FMI) 规范构成。

12. 根据权利要求7所述的方法, 其中, 所述技术系统的不兼容的模型 (80) 是要控制的技术系统的模型。

13. 用于借助于仿真装置 (2) 测试控制装置 (10) 或控制装置模型的方法, 其中, 控制装置 (10) 或控制装置模型与技术系统的在仿真装置 (2) 上存在的兼容的模型 (8) 交互, 其中该方法具有如下步骤:

(a) 在仿真装置 (2) 上执行兼容的模型 (8), 其中所述兼容的模型 (8) 是兼容的容器单元, 技术系统的与仿真装置不兼容的模型 (80) 和虚拟执行环境 (82) 嵌入该兼容的容器单元中;

(b) 通过控制装置 (10) 或控制装置模型借助于指向兼容的容器单元的接口调用 (88) 访问兼容的模型 (8); 以及

(c) 将接口调用 (88) 转换为经调整的接口调用 (86), 其中所述虚拟执行环境 (82) 借助于所述经调整的接口调用 (86) 访问技术系统的不兼容的模型 (80)。

14. 根据权利要求13所述的方法,其中,步骤(c)包括:借助于在兼容的容器单元与虚拟执行环境(82)之间的接口桥(84)将接口调用(88)转换为经调整的接口调用(86)。

15. 根据权利要求13或14所述的方法,还具有如下步骤:

(d) 通过不兼容的模型(80)借助于指向虚拟执行环境(82)的第二接口调用访问控制装置(10)或控制装置模型;以及

(e) 将所述第二接口调用转换为经调整的第二接口调用,其中所述兼容的容器单元借助于所述经调整的第二接口调用访问控制装置(10)或控制装置模型。

16. 根据权利要求15所述的方法,其中,步骤(e)包括:借助于在所述虚拟执行环境与所述兼容的容器单元之间的接口桥将所述第二接口调用转换为所述经调整的第二接口调用。

17. 根据权利要求13或14所述的方法,其中,所述兼容的容器单元按照接口标准构成。

18. 根据权利要求17所述的方法,其中,所述兼容的容器单元按照功能模型接口(FMI)标准构成。

19. 根据权利要求13或14所述的方法,其中,所述技术系统的不兼容的模型(80)具有技术系统的预编译模型,该预编译模型嵌入初始容器单元中。

20. 根据权利要求13或14所述的方法,其中,所述技术系统的兼容的模型(8)是用于控制装置(10)的环境模型。

21. 根据权利要求20所述的方法,其中,所述技术系统的兼容的模型(8)是要控制的技术系统的模型。

22. 与仿真装置(2)兼容的容器单元,其中,仿真装置是设置用于控制装置研发的仿真装置(2),并且其中所述兼容的容器单元形成技术系统的兼容的模型(8),所述兼容的模型能在仿真装置(2)上执行,其中所述兼容的容器单元包含:

技术系统的与仿真装置不兼容的模型(80);以及

虚拟执行环境(82),在所述虚拟执行环境中能执行技术系统的不兼容的模型(80);

其中技术系统的不兼容的模型(80)通过兼容的容器单元和虚拟执行环境(82)在仿真装置(2)上是可访问的。

用于创建与仿真装置兼容的模型的方法

技术领域

[0001] 本发明涉及控制装置的研发,所述控制装置例如在汽车工业或航空工业中用于控制技术系统、例如电机或制动器。本发明特别是涉及仿真装置,其用于控制装置的研发过程中。

背景技术

[0002] 控制装置的研发已经成为一个高度复杂的过程。因此,应尽可能早地在研发过程中测试新的控制装置或新的控制功能,以便检查一般性功能以及预定进一步研发方向。临近研发过程结束时重要的是,尽可能全面测试已经很大程度上研发了的控制装置,以便基于测试结果在控制装置投入使用或量产之前进行必要的修改,从而控制装置在随后的运行中在任何情况下如期望那样运行。研发过程的三个示例性步骤如下所述。

[0003] 在研发过程的相当晚期的阶段,应用所谓的硬件在环仿真器(HIL仿真器)。这样的HIL仿真器包含要控制的技术系统的模型,其中该模型以软件存在。HIL仿真器此外还包含输入/输出接口,已经很大程度上研发了的已经以硬件具体存在的控制装置(也称为控制装置的按照装置方式的实现)可以连接到所述输入/输出接口上。现在,在不同的仿真过程中可以测试控制装置的功能,其中要控制的技术系统的模型对控制装置的信号的响应以及控制装置对由要控制的技术系统的模型所预定的事件的响应是可观测的。在此,不仅正常的运行而且在要控制的技术系统中的故障以及在控制装置中的故障以及在控制装置与要控制的系统之间的通信(例如电缆桥)中的故障以及在供电中的故障如例如短路都是可以仿真的。HIL仿真器是设置用于控制装置研发的仿真装置的一个例子。

[0004] 相比之下,所谓的快速控制原型(RCP)是一个研发步骤,其更多地存在于研发过程的开始。在RCP中仿真装置使用于控制装置方面。所述仿真装置包含控制装置的测试模型。基于早期的研发阶段,控制装置的测试模型相比于后来的最终控制装置还是相当不完整的。而且通常还不存在控制装置的硬件实现,更确切地说,在仿真装置中存在的控制装置的测试模型是软件模型。仿真装置可以经由输入/输出接口与要控制的技术系统自身或与目前存在的用于要控制的技术系统的控制装置连接。在第一种情况下,在以软件模型形式的要测试的控制装置与具体存在的要控制的技术系统之间存在直接连接。在第二种情况下,目前存在的控制装置是通过RCP仿真装置要控制的技术系统。对所述目前存在的控制装置的控制引起对所述目前存在的控制装置的控制方法的修改,由此借助于由外部连接的RCP仿真装置可以测试新的控制功能。该过程也可以称为“Bypassing”。RCP仿真装置是设置用于控制装置研发的仿真装置的另一例子。

[0005] 在控制装置研发的还更早的阶段中,可以纯计算机辅助地评估控制和调节方法的基本功能。出于该目的,在软件中创建控制装置的基础测试模型,所述基础测试模型可以在没有物理连接到要控制的技术系统的情况下得到测试。所述测试可以在该阶段中如此实施,使得基础测试模型的行为表现本身、亦即作为基础测试模型的内部状态被观测和评估,或者基础测试模型的行为表现与控制装置的随后的环境的计算机辅助的模型相互作用地

被观测和评估。为了创建控制装置的基础测试模型和控制装置环境的所述模型存在计算机辅助的研发环境、例如 **Simulink**®。这样的研发环境也允许在模型化的环境中对基础测试模型的测试。对于基础测试模型在模型化环境中的详细测试又存在专门的产品、例如 **VEOS**®。配备这样的研发环境的计算机是设置用于控制装置研发的仿真装置的另外的例子。控制装置的所述基础测试模型也称为虚拟控制装置、所谓的“Virtual Electronic Control Units”(V-ECUs),特别是在汽车工业中控制装置研发的领域中。除了在控制装置研发的早期阶段中控制和调节方法的基本功能的测试之外,基础测试模型也可以用于:将HIL仿真的一定量的测试前移并且如此将在HIL测试阶段期间的测试范围保持很小。

[0006] 在所述仿真装置中,要控制的技术系统的模型与控制装置连接或者控制装置的模型(例如也可以是基础测试模型)与要控制的技术系统连接或者控制装置的模型与要控制的技术系统的模型(也称为环境模型)连接。这意味着对于仿真的准备而言通常极大的配置耗费。此外通过如下方式提高配置耗费,即在多次仿真中不仅所述分别两个装置/模型相互连接,而且还接入另外的模型。一个例子是电机控制装置的测试,该电机控制装置连接到HIL仿真器上,在该HIL仿真器上执行电机的模型,电机控制装置与所述电机的模型相互作用。此外,在HIL仿真器上可以执行技术系统的一个或多个另外的模型、例如传动装置的模型,其中与一个或多个另外的模型的交互引入到仿真中。除了用于配置的耗费,由于经常期望考虑多个模型而提高如下危险,即一些模型与仿真装置不兼容并且因此可能不可以接入。

发明内容

[0007] 因此,值得期望的是,扩展用于接入技术系统的模型的可能性并且能实现在仿真期间有效地访问技术系统的模型。

[0008] 本发明的示例性的实施方式包括一种用于创建技术系统的与仿真装置兼容的模型的方法,其中,仿真装置是设置用于控制装置研发的仿真装置并且兼容的模型可在仿真装置上执行,其中该方法具有如下步骤:(a)提供技术系统的与仿真装置不兼容的模型;(b)提供虚拟执行环境,在所述虚拟执行环境中技术系统的与仿真装置不兼容的模型可在虚拟执行环境中执行;以及(c)将技术系统的与仿真装置不兼容的模型和虚拟执行环境封装到兼容的容器单元中,该容器单元形成技术系统的兼容的模型,其中技术系统的不兼容的模型通过兼容的容器单元和虚拟执行环境在仿真装置上是可访问的。

[0009] 按照本发明的方法能实现,如此调整或处理技术系统的与确定的仿真装置不兼容的模型(所述不兼容的模型例如应作为环境模型接入仿真中),使得所述不兼容的模型与仿真装置兼容并且可以成为在控制装置研发中仿真的一部分。通过这种方式,技术系统的(供确定的仿真使用的)模型的基础不再局限于固有兼容的模型。技术系统的可接入的模型的数量扩展出存在的但以其初始形式并不兼容的模型。

[0010] 技术系统的模型可能出于各种各样的原因与确定的仿真装置不兼容。例如一个模型可能以预编译的形式存在并且因此仅仅在确定的操作系统上或者在确定类型的操作系统上是可执行的。那么如果仿真装置不具有这样的操作系统,该模型则与仿真装置不兼容。类似地也可以适用于如下模型,所述模型为了执行需要确定的处理器或确定类型的处理器和/或确定的存储器或确定类型的存储器。通过提供虚拟执行环境以及将不兼容的模型和

虚拟执行环境封装到兼容的容器单元中,使得所述初始不兼容的模型在仿真装置上是可执行和可访问的。技术系统的兼容的模型与仿真装置的给定条件如例如操作系统、处理器和存储器是兼容的。

[0011] 通过按照本发明的方法使得技术系统的不兼容的模型对于在仿真装置上的执行是兼容的。这对于仿真或测试的准备而言可以意味着耗费或准备时间的显著降低。技术系统的预编译和/或加密的模型广泛流行,所述模型仅仅在选择执行的执行环境中是可执行的。这此外归因于:确定的组件的许多制造商、例如在汽车工业中的供应商仅仅提供其组件的预编译和/或加密的模型以用于仿真目的。通过这种方式,组件的制造商想要保护其产品的细节。通过按照本发明的方法现在不再必要的是:代替不兼容的模型以耗费的方式使得为确定的仿真制造兼容的模型。更确切地说,不兼容的模型可以封装到兼容的容器单元中并且通过虚拟执行环境执行。技术系统的更高级语言模型的重新编译(其经常仅仅可以由组件的制造者承担)可能变得多余。因此可以降低用于准备仿真的耗费和时间范围。

[0012] 设置用于控制装置研发的仿真装置的例子是以上讨论的HIL仿真器、RCP仿真装置和配备相应研发环境的计算机。在所有这些仿真装置中可能产生如下需要:即接入技术系统的不同模型,以便在控制装置研发中实施广泛的测试。因此,在此所述用于创建技术系统的与仿真装置兼容的模型的方法可以在所有这些仿真装置以及其他适合的仿真装置中应用。

[0013] 按照另一实施方式,所述兼容的容器单元按照接口规范构成,该接口规范可以是标准化的。通过提供(标准化的)接口(Interface)可以在仿真装置上便利地访问兼容的容器单元并且在仿真的准备期间便利地配置。兼容的容器单元的比较不复杂的接入是可实现的,该兼容的容器单元形成技术系统的兼容的模型。对于兼容的容器单元可以设有一般专门的或标准化的容器格式,特别是标准化的容器文件格式。按照另一实施方式,所述兼容的单元可以按照功能模型接口(FMI)构成。该接口专门用于仿真软件、特别是软件模型的耦合。该接口的规范可以在以下网址https://svn.modelica.org/fmi/branches/public/specifications/v2.0/FMI_for_ModelExchange_and_CoSimulation_v2.0.pdf读取。按照本发明的实施方式涉及如下接口,该接口按照2014年7月25的版本2.0或者2010年1月26的版本1.0(用于模型交换的FMI:https://svn.modelica.org/fmi/branches/public/specifications/v1.0/FMI_for_ModelExchange_v1.0.pdf)或者2010年10月12日(用于共同仿真的FMI:https://svn.modelica.org/fmi/branches/public/specifications/v1.0/FMI_for_CoSimulation_v1.0.pdf)形成以及涉及所有过去和/或将来的规范版本。

[0014] 按照另一实施方式,封装到兼容的容器单元中包括兼容的容器单元与虚拟执行环境借助于接口桥的耦合。通过这种方式,虚拟执行环境(不兼容的模型与其交互)可以有效地连接到兼容的容器单元上。接口桥可以视为虚拟执行环境的外部接口与兼容的容器单元的内部接口的耦合。因此,可以实现有效的封装连同有效的接入。所述接口桥能够转换在仿真装置的执行环境例如仿真装置的操作系统与虚拟执行环境之间的调用。

[0015] 按照另一实施方式,虚拟执行环境包括如下操作系统,在该操作系统上可执行技术系统的与仿真装置不兼容的模型。技术系统的与仿真装置不兼容的模型是与虚拟执行环境的操作系统兼容的模型。因此通过虚拟执行环境的操作系统可以在不兼容性与兼容性之间跨越。术语虚拟执行环境一般表示软件环境,但该软件环境相对于不兼容的模型就像是

对该模型兼容的硬件并且因此能实现不兼容模型的执行。

[0016] 按照另一实施方式,虚拟执行环境还包括处理器和/或存储介质和/或本地许可证服务器。换言之,虚拟执行环境具有如下组件中的至少一个组件:处理器、存储介质和本地许可证服务器。作为虚拟执行环境的一部分,这些组件也虚拟地亦即以软件的形式存在。但对于技术系统的执行的不兼容的模型,这些组件看起来像是相应的硬件组件并在交互过程中相应地表现。也可能的是,虚拟执行环境在仿真装置上配置有一个或多个处理器或处理器核和/或专用存储模块或存储区域。即使这些组件是仿真装置的硬件的一部分,这些组件通过配置给用于仿真的虚拟执行环境成为虚拟执行环境的一部分。

[0017] 按照另一实施方式,虚拟执行环境还具有用于执行不兼容的模型所需要的但是在仿真装置上不存在的硬件组件和/或软件组件。这些从一开始不存在于仿真装置上的(被模拟的)硬件组件可以是例如处理器(具有专门的指令集)和/或存储介质。从一开始不存在于仿真装置上的软件组件可以是许可证机制和/或另外的仿真环境和/或数据库。许可证机制在此可以提供模型需要的许可证,例如以(本地)许可证服务器的形式。数据库可以提供所述模型为了执行所需要的信息,例如要仿真的技术系统的参数。可以提供另一仿真环境或仿真软件,以便可以仿真如下模型,所述模型需要专门的不存在于仿真装置上的仿真环境以用于执行,因为这些模型以从一开始就不被仿真装置支持的仿真语言或仿真句法存在。

[0018] 按照另一实施方式,技术系统的不兼容的模型具有技术系统的预编译模型,该预编译模型嵌入初始容器单元中。所述初始容器单元也称为初始容器单元,因为其在创建兼容的模型时形成初始格式,其中兼容的容器单元是最终产品,所述最终产品在仿真装置上执行。这样的初始容器单元是一种格式,以该格式可便利地提供模型。技术系统的不兼容的模型可以例如预编译地存在,但可以比编译更容易地处理所述初始容器单元。

[0019] 按照另一实施方式,初始容器单元按照接口标准构成。通过提供标准化的接口可以在虚拟执行环境中便利地访问初始容器单元。初始容器单元具有标准化的接口的事实对于如下情况并不构成矛盾,即,技术系统的预编译模型(其嵌入初始容器单元中)与仿真装置是不兼容的。所述初始容器单元可以是能由外部标准化访问的单元,但其对于技术系统的预编译模型主要是运输工具,所述技术系统的预编译模型从该运输工具加载到执行环境中。根据执行环境,技术系统的预编译模型则可以与执行环境不兼容。按照另一实施方式,初始容器单元可以按照功能模型接口(FMI)标准构成。

[0020] 按照另一实施方式,技术系统的不兼容的模型是用于控制装置的环境模型。不兼容的模型在此可以由控制装置直接访问的技术系统的模型,特别是要控制的技术系统的模型。但是也可能的是,技术系统的不兼容的模型是控制装置的扩展的环境的环境模型。因此不兼容的模型例如可以是技术系统如下模型,控制装置和/或要控制的技术系统与所述模型交互。不兼容的模型也可以是还要进一步远离的技术系统的模型,该模型通过中间连接的技术系统与控制装置和/或要控制的技术系统交互。根据测试的期望的细节深度可以引入环境模型的不同分级。

[0021] 本发明的示例性的实施方式还包括用于借助于仿真装置测试控制装置或控制装置模型的方法,其中控制装置或控制装置模型与技术系统的在仿真装置上存在的兼容的模型交互,其中该方法具有如下步骤:(a)在仿真装置上执行兼容的模型,其中兼容的模型是兼容的容器单元,技术系统的与仿真装置不兼容的模型和虚拟执行环境嵌入该兼容的容器

单元中；(b)通过控制装置或控制装置模型借助于指向兼容的容器单元的接口调用访问兼容的模型；以及(c)将接口调用转换为经调整的接口调用，其中虚拟执行环境借助于经调整的接口调用访问技术系统的不兼容的模型。

[0022] 按照本发明的用于测试控制装置或控制装置模型的方法能实现在仿真期间无缝访问技术系统的初始不兼容的模型。通过将接口调用转换为用于虚拟执行环境的经调整的接口调用，仿真装置可以如此访问初始不兼容的模型，就像其一开始就是兼容的模型。仿真装置可以在没有特别的调整的情况下以通常方式实施测试。在此可能的是，该方法不仅在测试控制装置时、亦即在测试控制装置的以装置方式的实现形式时例如在HIL仿真的范围中而且在测试控制装置模型时、亦即在测试控制的软件模型时例如在RCP测试的范围中得以应用。

[0023] 按照另一实施方式，步骤(c)包括：借助于在兼容的容器单元与虚拟执行环境之间的接口桥将接口调用转换为经调整的接口调用。通过这种方式可以提供在虚拟执行环境的外部接口与兼容的容器单元的内部接口之间的有效耦合。

[0024] 按照另一实施方式，所述方法还具有步骤：(d)通过不兼容的模型借助于指向虚拟执行环境的第二接口调用访问控制装置或控制装置模型；以及(e)将第二接口调用转换为经调整的第二接口调用，其中兼容的容器单元借助于经调整的第二接口调用来访问控制装置或控制装置模型。通过这种方式，不兼容的模型可以按照对于不兼容的模型固有的方式访问控制装置或控制装置模型，其中与控制装置或控制装置模型的兼容性又通过接口调用的转换提供。经调整的第二接口调用与仿真装置兼容并且如此能实现与在仿真装置上存在的模型以及与连接到仿真装置上的装置、例如控制装置或要控制的技术系统的交互。

[0025] 按照另一实施方式，步骤(e)包括：借助于在虚拟执行环境与兼容的容器单元之间的接口桥将第二接口调用转换为经调整的第二接口调用。在此所述的接口桥可以是附加于上述关于步骤(c)讨论的接口桥的接口桥。也可能的是，涉及相同的接口桥，所述相同的接口桥那么构成为双向的。

[0026] 总体上在此公开：以上关于用于创建技术系统的与仿真装置兼容的模型的方法所描述的附加的特征、改型和效果类似地适用于用于借助于仿真装置测试控制装置或控制装置模型的方法并且可在此上类似地应用。特别是明确阐明用于利用仿真装置测试控制装置或控制装置模型的方法的以下实施方式。

[0027] 按照另一实施方式，兼容的容器单元按照接口标准、特别是按照功能模型接口(FMI)标准构成。

[0028] 按照另一实施方式，技术系统的不兼容的模型具有技术系统的预编译模型，该预编译模型嵌入初始容器单元中。

[0029] 按照另一实施方式，初始容器单元按照接口标准、特别是按照功能模型接口(FMI)标准构成。

[0030] 按照另一实施方式，技术系统的兼容的模型是用于控制装置的环境模型，特别是要控制的技术系统的模型。

[0031] 本发明的示例性的实施方式此外还包括与仿真装置兼容的容器单元，其中仿真装置是设置用于控制装置研发的仿真装置，并且其中兼容的容器单元形成技术系统的兼容的模型，所述兼容的模型可在仿真装置上执行，其中兼容的容器单元包含：技术系统的与仿真

装置不兼容的模型,以及虚拟执行环境,在所述虚拟执行环境中可执行技术系统的不兼容的模型;其中技术系统的不兼容的模型通过兼容的容器单元和虚拟执行环境在仿真装置上是可访问的。以上关于用于创建技术系统的与仿真装置兼容的模型的方法和关于用于借助于仿真装置测试控制装置或控制装置模型的方法描述的附加的特征、改型和效果类似地适用于与仿真装置兼容的容器单元并且可在此上类似地应用。

附图说明

[0032] 参照附图描述其他示例性的实施方式。

[0033] 图1以方框图示出仿真装置,所述仿真装置具有连接在其上的要测试的控制装置,其中仿真装置构成为用于执行按照本发明的示例性的实施方式的用于测试控制装置的方法;

[0034] 图2以方框图示出按照本发明的示例性的实施方式的技术系统的兼容模型,其中兼容的模型是按照本发明的示例性的实施方式的用于创建与仿真装置兼容的模型的方法的结果;

[0035] 图3以方框图阐明在按照本发明的示例性实施方式的技术系统的兼容的模型中的数据流。

具体实施方式

[0036] 图1示出仿真装置2,所述仿真装置在当前情况下是HIL仿真器2。HIL仿真器2具有物理接口4,外部装置通过物理接口可连接到HIL仿真器2上。在图1中,电机控制装置10连接到物理接口4上。HIL仿真器2设置用于测试电机控制装置10。

[0037] HIL仿真器2包含电机的模型6。电机的模型6是要控制的系统的模型。特别是电机的模型6是由电机控制装置10要控制的技术系统的模型。电机的模型6作为软件模型存在并且可以与物理接口4交换数据。如此在电机控制装置10与电机的模型6之间产生数据连接,由此这两个组件的交互可以被仿真和测试。在此,物理接口4承担在从控制装置传输的物理信号和向控制装置传输的物理信号与在HIL仿真器2内交换的逻辑信号(亦即基于软件的信号)之间的转化。

[0038] 此外,HIL仿真器2包含传动装置的模型8。传动装置的模型8同样接入电机控制装置10的测试中。由此,电机控制装置10与电机的模型6交互地并且进一步与传动装置的模型8交互地被测试。传动装置的模型8与电机的模型6连接以及经由物理接口4与电机控制装置10连接。由此可以仿真在传动装置与电机之间的相互作用,并且可以模仿在传动装置与电机控制装置之间在现实中经常存在的耦合。相比于当传动装置的模型8不存在时的情况,通过这种方式能更真实且更全面地测试电机控制装置10。为了尽可能清楚地阐明本发明的示例性的实施方式,在图1中仅仅示出电机控制装置10、电机与传动装置的交互。然而对于本领域技术人员来说显而易见的是,技术系统的另外的模型可以存在于HIL仿真器中,所述另外的模型可以与电机控制装置10和/或上述模型交互。

[0039] 代替电机控制装置10也可以存在电机控制的模型。在该情况下,可以根据所有三个组件的模型来仿真电机控制、电机和传动装置的交互。此外可能的是,存在电机控制装置和传动装置的模型并且其行为表现在连接到真实的电机时被测试。

[0040] 图2示出传动装置的模型8,所述传动装置的模型设置在图1的HIL仿真器中,在方框图中具有进一步细节。传动装置的模型8是技术系统的与仿真装置2兼容的模型。作为兼容的模型,传动装置的模型8可在仿真装置2、亦即HIL仿真器2上执行。HIL仿真器2的操作系统2可以访问传动装置的兼容的模型8并且容易地与其交互。传动装置的兼容的模型8包含封装的组件,如在下文中所述。因此,传动装置的兼容的模型8也可以描述和表示为兼容的容器单元。

[0041] 传动装置的兼容的模型8具有传动装置的与仿真装置2不兼容的模型80。传动装置的不兼容的模型80由于其不可以在仿真装置2上执行而与仿真装置2不兼容。传动装置的不兼容的模型80是预编译模型,所述预编译模型针对与仿真装置2的操作系统不同的操作系统编译。虚拟执行环境也称为用于技术系统的不兼容的模型的运行时平台。相比之下,仿真装置或仿真装置的操作系统是如下目标平台,在所述目标平台上访问所述技术系统的兼容的模型。

[0042] 传动装置的兼容的模型8此外具有虚拟执行环境82,在所述虚拟执行环境中可执行传动装置的不兼容的模型80。从传动装置的不兼容的模型80的角度看,虚拟执行环境82如硬件那样表现,在该硬件上可执行预编译模型。虚拟执行环境82却是软件,所述软件模拟用于不兼容的模型80的这样的兼容的硬件。该软件又在仿真装置2上运行。为此,虚拟执行环境82可以利用仿真装置的资源,特别是仿真装置的一个或多个处理器和存储器。

[0043] 传动装置的兼容的模型8还具有接口桥84。在当前的例子中,接口桥84是双向的。接口桥84是如下结构的例子,该结构能实现在虚拟执行环境82与仿真装置2的其他组件如例如电机的模型6与物理接口4之间的通信。接口桥84连接虚拟执行环境82的外部接口与传动装置的兼容的模型8的内部接口。此外,传动装置的兼容的模型8通过这些内部接口能向外通信。

[0044] 例如可以按照以下方式创建传动装置的兼容的模型8。提供传动装置的不兼容的模型80。例如可以从存在的预编译模型的数据库调用或加载传动装置的不兼容的模型80。提供虚拟执行环境82。为了将传动装置的不兼容的模型80与执行环境相结合并且可以在所述执行环境中执行,传动装置的不兼容的模型80例如可以用输入工具加载到虚拟执行环境82中。传动装置的不兼容的模型80和虚拟执行环境82封装到兼容的容器单元中,该兼容的容器单元构成传动装置的兼容的模型8。在此设有接口桥84,所述接口桥对于随后的仿真能实现来自/指向传动装置的兼容的模型8之外的接口调用和指向/来自传动装置的不兼容的模型80的接口调用的转换,其中由虚拟执行环境82可处理上述两种接口调用。

[0045] 图3以方框图示出在传动装置的兼容的模型8中的数据流,如该数据流在控制装置的测试期间例如可以实现那样。图3的方框的整体表示传动装置的兼容的模型8。在数据流的“后”端部上存在传动装置的不兼容的模型80。传动装置的不兼容的模型80由初始容器单元组成,预编译模型嵌入其中。初始容器单元根据功能模型接口(FMI)标准构成或组织。按照该标准,初始容器单元具有用于接口调用的接口以及接口和嵌入的模型的对于环境重要的内部参数的高级语言描述。在传动装置的例子中,这样的内部参数例如是所挂入的挡位。经由初始容器单元的接口,不兼容的模型80借助于经调整的接口调用86通信,如下所述。

[0046] 不兼容的模型80的接口和参数的所述高级语言描述也设定在传动装置的兼容的模型8的“前”端上。在那儿,接口和参数的高级语言描述设有附图标记90。在创建传动装置

的兼容的模型8时,将接口和参数的高级语言描述90从形成传动装置的不兼容的模型80的初始容器单元拷贝到传动装置的兼容的模型8中。通过这种方式对于仿真装置2的其他组件而言接口和参数在高级语言描述中是显而易见的。

[0047] 此外,传动装置的兼容的模型8经由接口调用88与仿真装置2的其他组件通信。接口调用88如此,使得所述接口调用与仿真装置2的其他组件兼容并且在仿真装置2上是可处理的。传动装置的兼容的模型8也根据功能模型接口(FMI)标准构成。在传动装置的兼容的模型的“前”端上,传动装置的兼容的模型8具有用于接口调用88的所述接口以及接口和参数的所述高级语言描述90。

[0048] 为了转换接口调用88和经调整的接口调用86而设有接口桥84。经调整的接口调用86称为经调整的,以便将其与接口调用88区别开并且表示:其相对于由仿真装置2可处理的接口调用被修改,从而其可以由传动装置的不兼容的模型80处理。根据数据流方向,接口调用88也可以表示为针对从不兼容的模型80出发的接口调用的经调整的接口调用。

[0049] 接口桥84由第一包络函数92和第二包络函数94包围。所述第一包络函数92和第二包络函数94具有如下任务,即如此打包或解包接口调用88以及经调整的接口调用86,使得它们在打包之后可以以定义的格式由接口桥84处理或者在解包之后是以由传动装置的不兼容的模型80或传动装置的兼容的模型8的环境所期望的格式。在接口桥84中发生在接口调用88(其可由仿真装置2和传动装置的兼容的模型8处理)与接口调用86(其可由不兼容的模型80处理)之间的转换或变换。因此来自图3的数据流是一个例子,即如何能实现在仿真装置2与技术系统的初始的不兼容的模型80之间的无缝交互。

[0050] 在此强调,对传动装置的引用是纯示例性的并且仅仅选择用于进行阐明。技术系统的不兼容的模型的所述封装以及由此可实现的与初始的不兼容的模型的无缝交互的可能性与特定的被建模的技术系统无关。

[0051] 接口调用88和经调整的接口调用86可以是应用编程接口(API)接口调用。接口桥84也可以视为用于同步接口调用的机构。此外,可以在接口桥84中发生交互的优化。例如可以借助于内部缓存打包配套的接口调用,其随后为了共同处理转发给虚拟执行环境或仿真装置。

[0052] 虽然本发明参照示例性实施方式描述,但是对于本领域技术人员来说显而易见的是:可以进行不同变型以及应用等同替代物,而不会离开本发明的保护范围。本发明不应通过所述的特定实施方式限制。更确切地说,本发明包含所有落入所附的权利要求的实施方式。

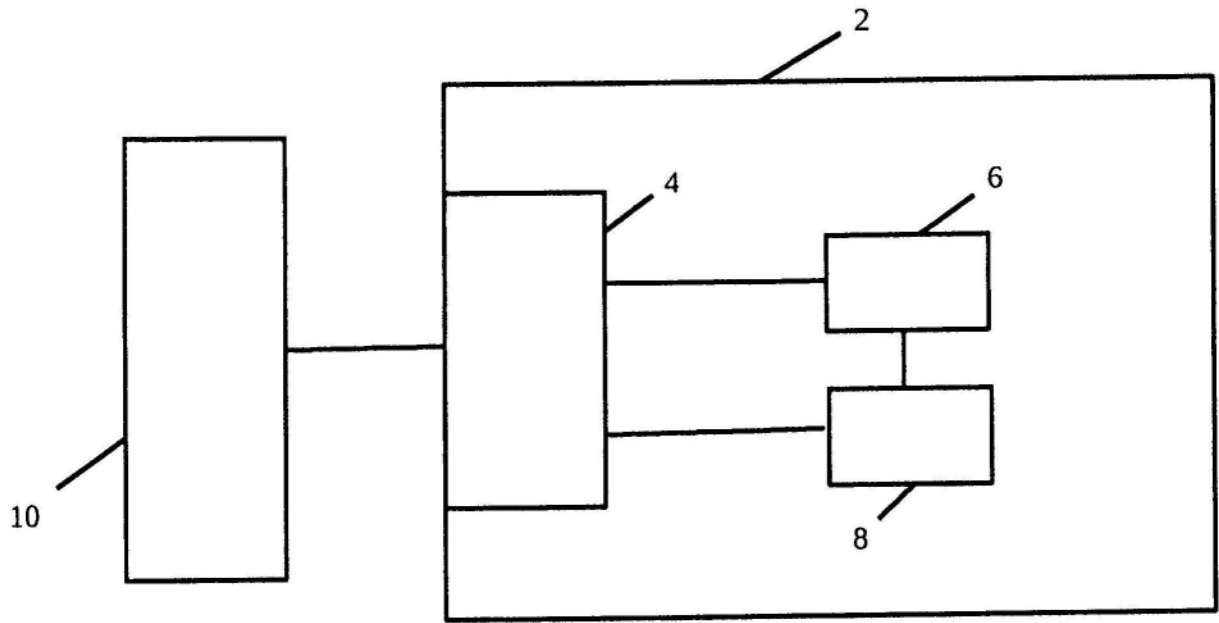


图1

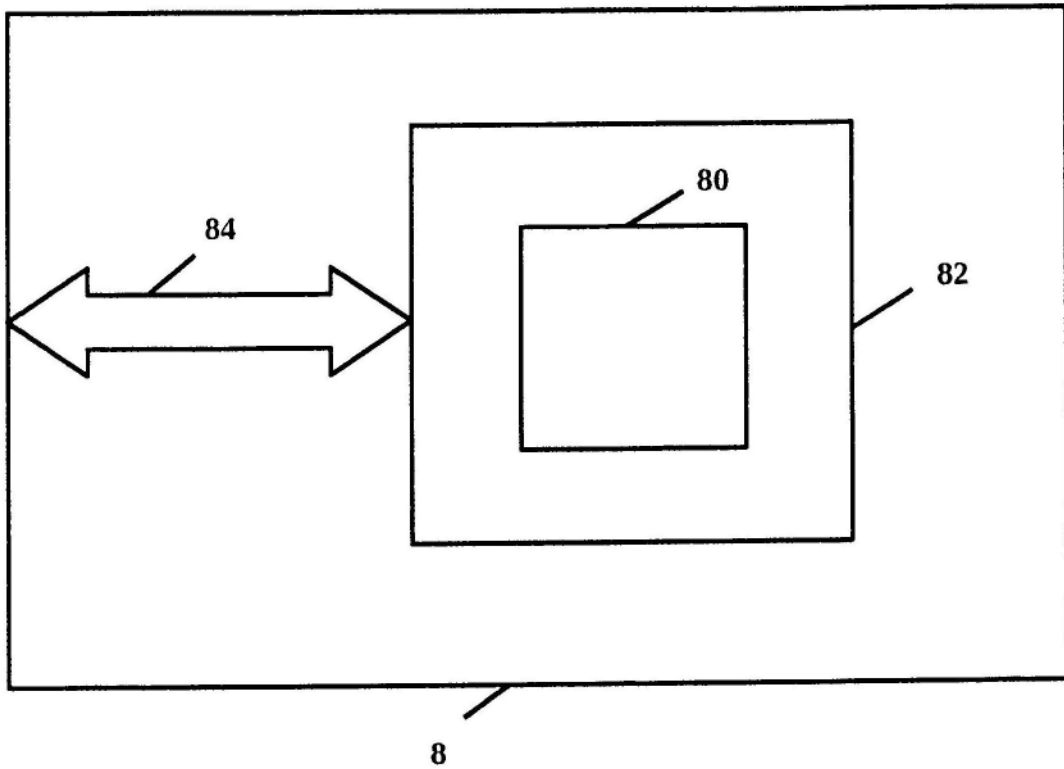


图2

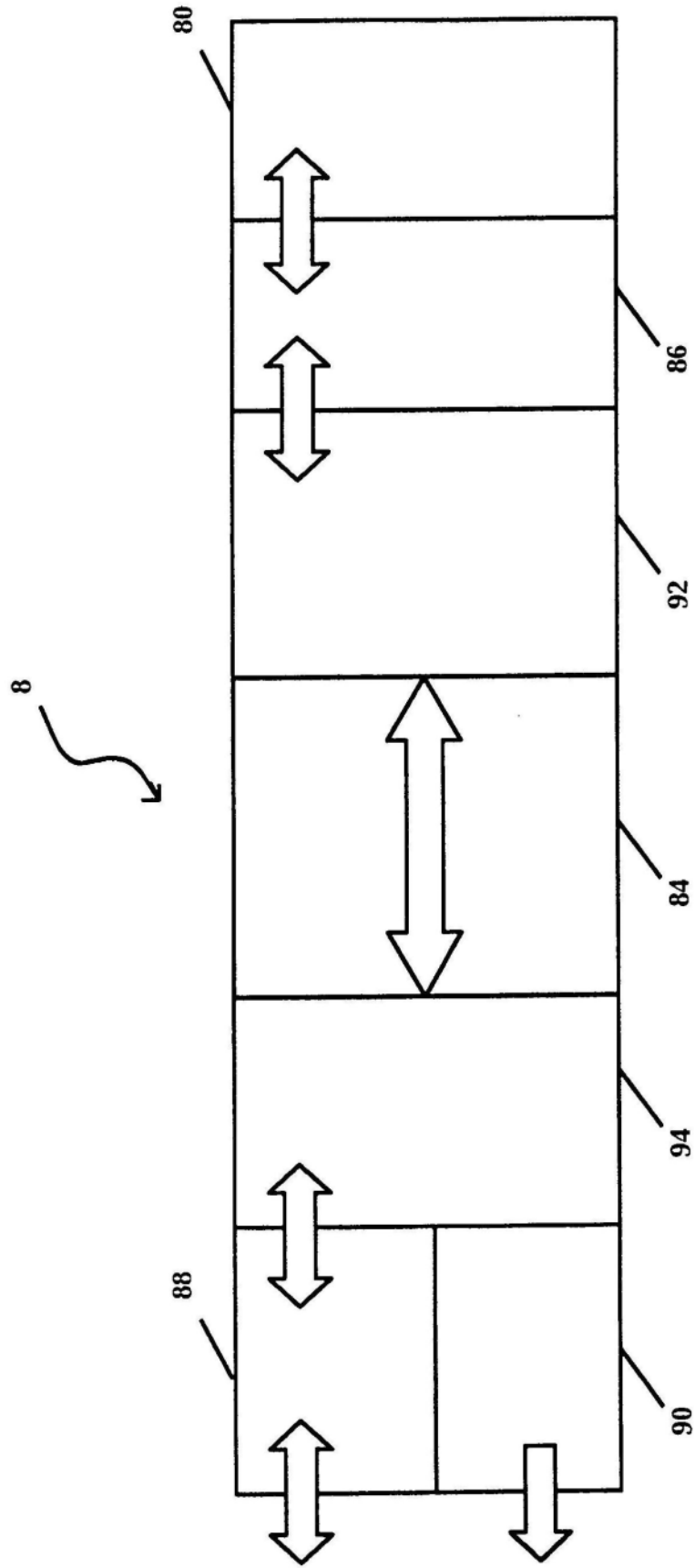


图3