

机器人 运动

车辆动力学交互式运动仿真



我们将如何驾驭未来的汽车？为了获得真实的印象，德国航空航天中心 (DLR) 正在使用机器人运动平台来开发和评估未来汽车的输入设备。



来源：© DLR

线控操作技术带来新的挑战，但是从机械约束中解放出来又为设计现代汽车人机接口 (HMI) 开创了新的可能性。ROboMObil 是德国航天中心的机器人线控操作研究平台，它利用了这些新的自由度来实施独立四轮转向，并帮助开发触觉输入设备。新 HMI 概念开发中的一个重要步骤就是通过驾驶员身体对转向设备（例如操纵杆）的操作，评估车辆加速在物理耦合下的稳健性。为了在基于硬件在环 (HIL) 的快速控制原型制造过程中再现这些破坏性效应，DLR 机器人运动仿真器 (RMS) 在操作时结合了 HIL 系统，该系统包含 RObo- MObil 以及 dSPACE SCALEXIO® 上的实时车辆动力学仿真。这一机器人 HIL 安装使工程师们不但能够执行纯组件功能测试，还能在逼真的交互运动仿真中调查驾驶员、车辆行为与输入设备之间的相互作用。这些研究的目的是为了通过相应运动解耦输入设备、合适的控制变量生成和力反馈策略，可靠抑制驾驶员引发的物理干扰。 >>

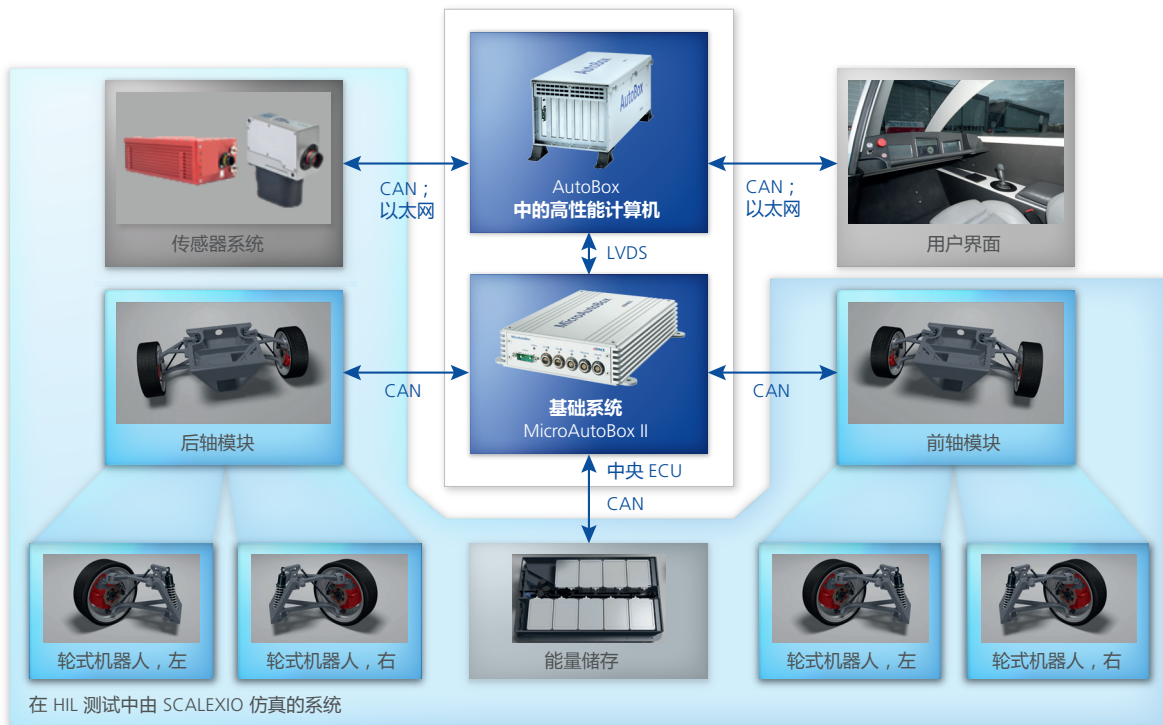


图 1 : ROboMObil 计算机网络的安装 (Eth = 以太网连接)。由实时车辆动力学仿真虚拟 (即, 在 SCALEXIO 上进行仿真) 展示的组件以浅蓝色阴影表示。

ROboMObil 研究平台

DLR 的 ROboMObil 在航空机器人的启发之下产生, 是一种带有电气动力系统的线控操作研究平台。凭借其四个高度集成、结构相同的“轮式机器人”, 该平台具有极高的可操作性。轮式机器人使其线控操作架构 (图 1) 成为可能, 并且支持大范围的车辆级别应用。其中包括各种操作模式, 例如驾驶舱控制、远程操作控制以及部分或完全自动驾驶。这使得 ROboMObil 在各个领域内成为适用于大量研究任务的出色平台, 例如车辆动力学控制、

自动驾驶以及人机接口的进一步开发。它具有极高的可操作性, 允许使用三种完全不同的运动模式, 即纵向驱动、横向驱动以及绕旋转中心进行车辆转向。每种运动类型的控制都需要一个特定的 HMI 概念, 而该概念则在机器人 HIL 安装内进行分析。ROboMObil 的当前输入设备是一个带有三种自由度的力反馈操纵杆。开发此 HMI 时出现的科学难题在于, 如何根据运动的模式, 以人机工程映射的方式将操纵杆的一个旋转和两个平移自由度转换为车辆的三个水平自由度控制。

实时车辆动力学仿真

在 DLR 的车辆动力学控制开发和验证中, 仿真工具发挥着核心作用。为达到此目的, DLR 的虚拟设计和测试环境包含了基于面向对象建模语言 Modelica 的详细多实体动力学模型。除了多实体动力学之外, 这些模型还包含传感器和机电执行机构以将各个领域结合到一个模型中, 例如机械、电气和液压。为了在 Simulink® 中开发新的车辆动力学控制装置, 可使用功能模型接口 (FMI) 标准对具有实时功能的完整车辆模型进行协同仿真。

“可编程接口提供了将 SCALEXIO HIL 系统轻松连接至非 dSPACE 系统 (例如机器人运动仿真器) 的可能性, 并且可将其作为运动仿真器集成到交互式车辆动力学仿真中。”

Peter Ritzler, 德国航空航天中心

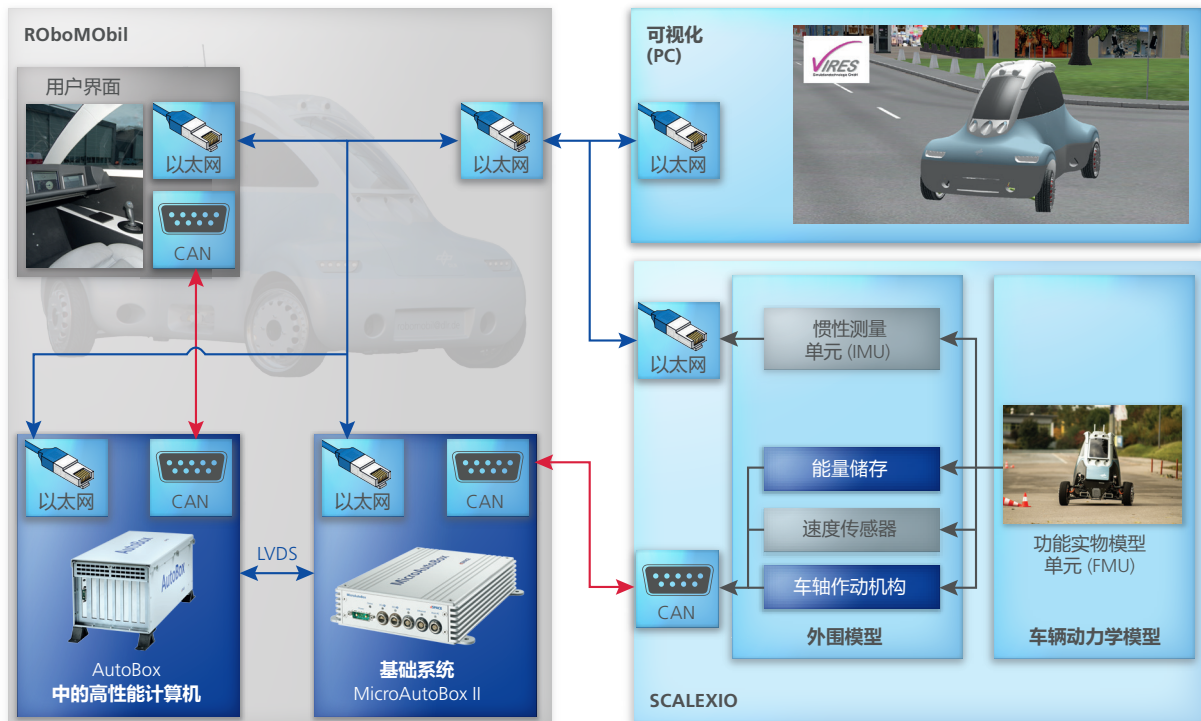


图 2：无运动 HIL 操作中的 ROboMObil，可用于安全地测试操作软件和控制装置。

在测试阶段中，ROboMObil 中央电子控制单元 (ECUs) (包含 MicroAutoBox II 和 Auto-Box 的网络) 上实施的算法在基于 SCALEXIO 的 HIL 系统上验证。此系统执行的实时车辆动力学仿真不仅涵盖多实体车辆动力学模型和轮胎 (包括其接触点)，还涵盖了图 1 中以浅蓝色显示的所有 ROboMObil 外围设备。图 2 中所示的 HIL 架构使工程师们能够在控制软件的验证过程中执行基于 FMU 的设计流程方法。通过使用 SCALEXIO 系统，可以采用来自 Dymola (一种用于 Modelica 模型的建模和仿真环境) 的功能模型单元 (FMU)。这样就可以利用来自 DLR 设计和测试环境的现有 Modelica 库，从而减轻车辆动力学实时仿真所需的开发工作量。

机器人运动仿真器

与流行的六足式系统相比，DLR 机器人运动仿真器 (图 3) 将工业机器人与线性轴相结合，从而以相对较低的成本提供了更大、可用性更高的操作空间。经过改善的操作空间允许对存在风险的场景进行动态仿真，例如接受附着力极限的动态驾驶操作。针对此类场景，DLR 目前正在开发实时轨迹规划算法，以便以动态、交互的方式生成逼真的运动。RMS 的一项应用是研究陆上车辆和飞行器的人机接口。为保持 RMS 在不同应用中的灵活性，其模块化安装可方便简单地更换仪表或整个驾驶舱，进而在不同仿真场景之间快速切换，例如通过方向盘和踏板进行控制或通过操纵杆进行控制。

整个机器人 HIL 系统

在无运动驾驶舱内进行驾驶仿真的传统 HIL 概念完全足以调查软件和硬件的功能，但是评估新型触觉 HMI 则需要付出更大的工作量。除了纯功能测试之外，此过程还涉及到研究驾驶员行为与车辆行为之间的相互作用。这一点可以通过图 4 中所示的子系统组合来实现。此安装允许考虑由于驾驶员的力耦合而对 HMI 造成的干扰。在实验期间，驾驶员坐在 RMS 的驾驶舱内，并通过虚拟地景以互动方式驾驶 ROboMObil。在这一复杂的 HIL 系统中，除了通过舱内投影仪实现的目视反馈 (虚拟现实) 之外，通过 RMS 模拟的车辆运动也对驾驶员产生影响。

>>



来源：© DLR

图 3：为增加操作空间，将一个线性轴用于 DLR 机器人运动仿真器 (RMS)。

展望：用户算例

在机器人 HIL 的帮助之下，DLR 未来将执行用户算例，以将新开发的控制接口与涉及方向盘和踏板的传统系统进行比较。机器人 HIL 为这些 HMI 概念科学算例带来一项巨大优势，就是可轻松地更换不同 HMI 硬件，并且能够在一致的环境下对它们进行比较。除了用户算例之外，DLR 机器人和机电中心 (RMC) 还在集中精力进一步开发 ROboMObil HMI 概念，以满足这一车辆架构的特定需求。一方面，控

制接口必须能够处理 ROboMObil 的所有三个水平自由度；另一方面，它还必须为将来的辅助系统提供必要的简单接口，例如路径跟踪控制和队列行驶（在车队中行驶）。这一触觉通道互动 RMC 研究项目带有此类半自动功能，对 DLR 交通系统研究所在 DLR 项目“新一代汽车 (NGC)”内的自动驾驶中所获得的开发成果形成了有效补充。■

Peter Ritzer, Michael Panzirsch, Jonathan Brembeck, 德国航天中心 (DLR)

“我们可以将设计阶段中使用的基于 FMI 的流程直接传递到验证流程中。通过将 Dymola 的功能样机单元集成在 ConfigurationDesk 中，大大减少了 HIL 仿真器中仿真物理环境时所需的开发工作。”

Jonathan Brembeck, 德国航空航天中心

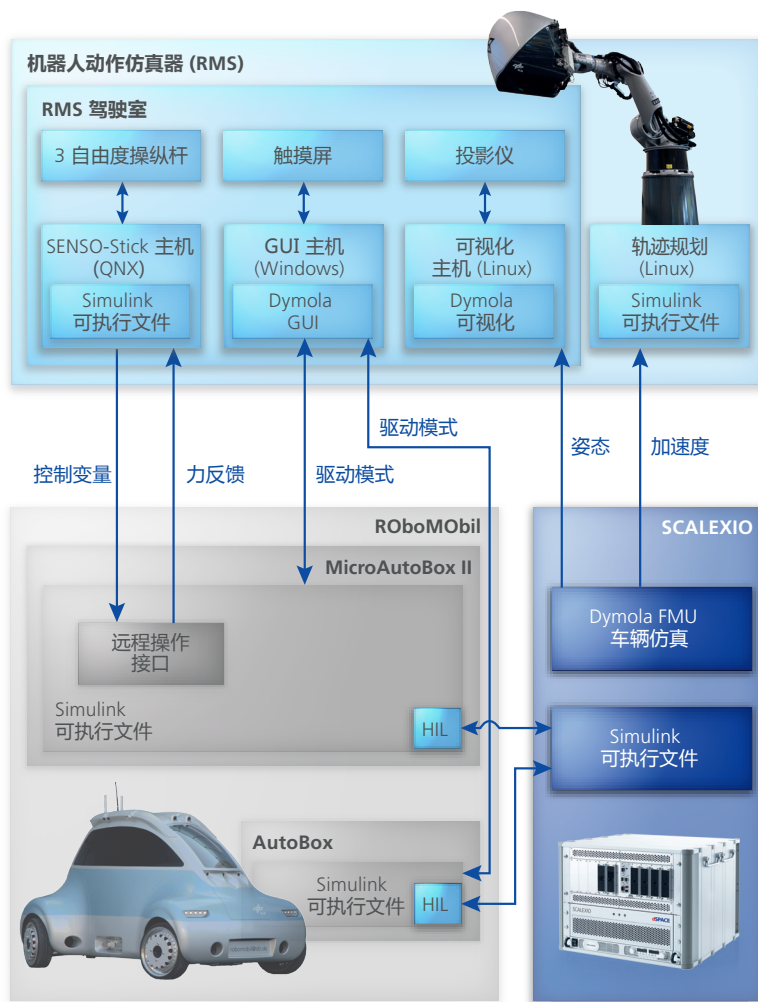


图 4：整个系统安装。这一特殊 HIL 应用的目的是为了在真实、已知实验室条件下评估创新型 HMI 概念。

感谢辞：

以下人员对我们安装移动 HIL 基础设施提供了极大帮助，在此对他们深表感谢！来自机器人运动仿真器团队的 Tobias Bellmann、Andreas Seefried 和 Miguel Neves，他们负责运动仿真器的集成和调整；来自 ROboMObil 团队的 Christoph Winter，他负责 3D 可视化。还要感谢 Tilman Bunte 教授博士对本文所作的贡献。

查看 ROboMObil 所采取的行动：

www.dspace.com/go/dMag_20161_DLR



有关 ROboMObil 的更多信息：

<http://www.dlr.de/rmc/sr/robomobil>

Peter Ritzer

Peter Ritzer 是德国奥博珀法芬霍芬 DLR 机器人和机电中心 (RMC) 系统动力学和控制装置研究所的助理研究员。



Michael Panzirsch

Michael Panzirsch 是德国奥博珀法芬霍芬 DLR 机器人和机电中心 (RMC) 机器人和机电研究所的助理研究员。



Jonathan Brembeck

Peter Ritzer 是 ROboMObil 项目经理，还是德国奥博珀法芬霍芬 DLR 机器人和机电中心 (RMC) 系统动力学和控制装置研究所 (SR) 车辆系统动力学部门的主管。

