



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 102436186 A

(43) 申请公布日 2012. 05. 02

(21) 申请号 201110363272. 4

(22) 申请日 2011. 11. 16

(71) 申请人 清华大学

地址 100084 北京市海淀区清华园 1 号

(72) 发明人 王兆魁 张育林 范丽 杨雪榕  
项军华 党朝辉 谷振丰 唐生勇

(74) 专利代理机构 北京市盛峰律师事务所

11337

代理人 赵建刚

(51) Int. Cl.

G05B 17/02 (2006. 01)

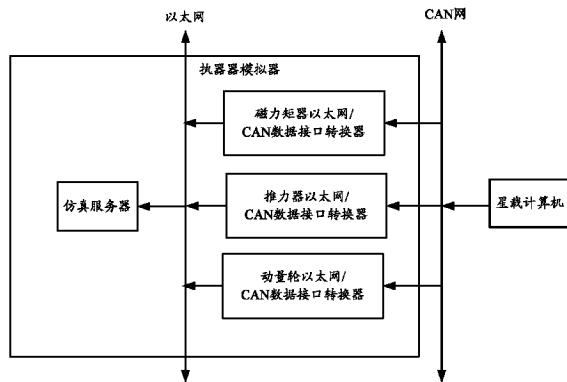
权利要求书 1 页 说明书 5 页 附图 1 页

(54) 发明名称

执行器模拟器及具有该执行器模拟器的卫星  
闭环仿真系统

(57) 摘要

本发明提供一种执行器模拟器，包括：仿真服务器和数据接口转换器，其中，数据接口转换器用于接收来自星载计算机的控制指令，并将该控制指令的数据格式转化为模拟控制指令的数据格式，得到所述模拟控制指令，然后将该模拟控制指令发送给所述仿真服务器。因此，本发明提供的执行器模拟器，可以同时或分别作为各类执行器的执行器模拟器，例如：飞轮模拟器、磁力矩器模拟器、推力器模拟器，从而具有通用性强和可扩展性好的优点；另外，该执行器模拟器输入的数据格式与实际执行器物理器件在实际卫星控制系统中输入的数据格式相同，从而既可以接入卫星控制闭环仿真系统，还有效的提高了仿真可信度。



1. 一种执行器模拟器,其特征在于,包括:仿真服务器和数据接口转换器;

所述数据接口转换器用于接收来自星载计算机的控制指令,并将该控制指令的数据格式转化为模拟控制指令的数据格式,得到所述模拟控制指令,然后将该模拟控制指令发送给所述仿真服务器;

所述仿真服务器用于接收来自所述数据接口转换器的模拟控制指令,然后根据所述模拟控制指令和预存的需要仿真的执行器的数学模型进行仿真计算,得到新的控制力信息和新的控制力矩信息,并输出该新的控制力信息和新的控制力矩信息。

2. 根据权利要求 1 所述的执行器模拟器,其特征在于,所述控制指令的数据格式为符合 CAN 协议的数据格式,所述模拟控制指令的数据格式为符合以太网协议的数据格式。

3. 根据权利要求 1 所述的执行器模拟器,其特征在于,所述数据接口转换器包括:飞轮数据接口转换器、磁力矩器数据接口转换器、推力器数据接口转换器中的一种或几种。

4. 根据权利要求 1 所述的执行器模拟器,其特征在于,所述数据接口转换器为至少一个;每一个数据接口转换器用于将属于同一类执行器的控制指令的数据格式转化为模拟控制指令的数据格式和 / 或每一个数据接口转换器用于将属于不同类执行器的控制指令的数据格式转化为模拟控制指令的数据格式。

5. 根据权利要求 1 所述的执行器模拟器,其特征在于,还包括:网络集线器,所述网络集线器用于连接所述仿真服务器和所述数据接口转换器。

6. 根据权利要求 1 所述的执行器模拟器,其特征在于,还包括:PXI 总线测试机,所述 PXI 总线测试机与所述数据接口转换器相连接。

7. 根据权利要求 6 所述的执行器模拟器,其特征在于,所述 PXI 总线测试机用于接收并显示所述数据接口转换器输入的所述控制指令。

8. 根据权利要求 7 所述的执行器模拟器,其特征在于,所述仿真服务器和所述数据接口转换器通过以太网连接,所述数据接口转换器和所述 PXI 总线测试机通过 CAN 网连接。

9. 一种卫星飞行控制闭环仿真系统,其特征在于,包括权利要求 1-8 任一项所述的执行器模拟器。

## 执行器模拟器及具有该执行器模拟器的卫星闭环仿真系统

### 技术领域

[0001] 本发明属于卫星仿真测试技术领域,具体涉及一种执行器模拟器及具有该执行器模拟器的卫星闭环仿真系统。

### 背景技术

[0002] 在卫星前期研制中,一般需要对卫星控制系统进行仿真,从而验证卫星控制系统的有效性和先进性。

[0003] 执行器作为卫星控制系统的一个重要组成部分,是影响卫星控制系统有效性和先进性的关键部件,因此,执行器通常也需要被有效仿真。对执行器进行仿真的装置称为执行器模拟器。

[0004] 目前,国内外在做卫星控制系统闭环仿真时,处于整个闭环回路中的执行器一般按照如下两种方式进行构造:(一)物理仿真:即采用实物,将真实的执行器物理器件直接接入卫星控制系统闭环回路中。由于该种方式采用真实的执行器物理器件,所以仿真成本较高。另外,该种方式对于某类执行器无法适用,使用范围较窄,例如:对于磁力矩器,由于磁力矩器的使用需要结合相应的磁环境才能实现,而物理仿真时,难以对磁环境进行仿真,因此,磁力矩器无法通过物理仿真方式直接接入卫星控制系统闭环回路中。(二)数学仿真:即通过计算机根据一定的执行器数学模型生成相应的执行器控制数据。数学仿真的优点是简单、快速、成本低,但由于数学仿真方法中,仿真输入的执行器数据格式与执行器真物理器件输入的数据格式不同,即:该方法没有实现按真实物理器件的工作模式进行仿真的效果,从而影响了仿真结果的可信度。

### 发明内容

[0005] 针对现有技术存在的缺陷,本发明提供一种执行器模拟器,既具有配置灵活、通用性强和可扩展性好的优点,同时,该执行器模拟器输入的数据格式与实际执行器物理器件在实际卫星控制系统中输入的数据格式相同,从而有效的提高了仿真可信度。本发明还提供一种具有该执行器模拟器的卫星闭环仿真系统,该卫星闭环仿真系统具有仿真可信度高的优点。

[0006] 本发明所采用的技术方案如下:

[0007] 本发明提供一种执行器模拟器,包括:仿真服务器和数据接口转换器;

[0008] 所述数据接口转换器用于接收来自星载计算机的控制指令,并将该控制指令的数据格式转化为模拟控制指令的数据格式,得到所述模拟控制指令,然后将该模拟控制指令发送给所述仿真服务器;

[0009] 所述仿真服务器用于接收来自所述数据接口转换器的模拟控制指令,然后根据所述模拟控制指令和预存的需要仿真的执行器的数学模型进行仿真计算,得到新的控制力信息和新的控制力矩信息,并输出该新的控制力信息和新的控制力矩信息。

[0010] 优选的,所述控制指令的数据格式为符合 CAN 协议的数据格式,所述模拟控制指

令的数据格式为符合以太网协议的数据格式。

[0011] 优选的，所述数据接口转换器包括：飞轮数据接口转换器、磁力矩器数据接口转换器、推力器数据接口转换器中的一种或几种。

[0012] 优选的，所述数据接口转换器为至少一个；每一个数据接口转换器用于将属于同一类执行器的控制指令的数据格式转化为模拟控制指令的数据格式和 / 或每一个数据接口转换器用于将属于不同类执行器的控制指令的数据格式转化为模拟控制指令的数据格式。

[0013] 优选的，还包括：网络集线器，所述网络集线器用于连接所述仿真服务器和所述数据接口转换器。

[0014] 优选的，还包括：PXI 总线测试机，所述 PXI 总线测试机与所述数据接口转换器相连接。

[0015] 优选的，所述 PXI 总线测试机用于接收并显示所述数据接口转换器输入的所述控制指令。

[0016] 优选的，所述仿真服务器和所述数据接口转换器通过以太网连接，所述数据接口转换器和所述 PXI 总线测试机通过 CAN 网连接。

[0017] 本发明还提供一种卫星飞行控制闭环仿真系统，包括上述任一项所述的执行器模拟器。

[0018] 本发明的有益效果如下：

[0019] 本发明提供的执行器模拟器，可以同时或分别作为各类执行器的执行器模拟器，例如：飞轮模拟器、磁力矩器模拟器、推力器模拟器，从而具有通用性强和可扩展性好的优点；另外，该执行器模拟器输入的数据格式与实际执行器物理器件在实际卫星控制系统中输入的数据格式相同，从而既可以接入卫星控制闭环仿真系统，还有效的提高了仿真可信度。

## 附图说明

[0020] 图 1 为本发明实施例二提供的执行器模拟器的结构示意图。

## 具体实施方式

[0021] 以下结合附图对本发明的具体实施方式进行说明。

[0022] 实施例一

[0023] 本发明实施例提供一种执行器模拟器，包括：数据接口转换器和仿真服务器；

[0024] 所述数据接口转换器用于接收来自星载计算机的控制指令，并将该控制指令的数据格式转化为模拟控制指令的数据格式，得到所述模拟控制指令，然后将该模拟控制指令发送给所述仿真服务器；

[0025] 所述仿真服务器用于接收来自所述数据接口转换器的模拟控制指令，然后根据所述模拟控制指令和预存的需要仿真的执行器的数学模型进行仿真计算，得到新的控制力信息和新的控制力矩信息，并输出该新的控制力信息和新的控制力矩信息。

[0026] 下面分别介绍数据接口转换器和仿真服务器的工作原理：

[0027] （一）数据接口转换器

[0028] 本发明提供的数据接口转换器的主要作用为：接收来自星载计算机的控制指令，并将该控制指令的数据格式转化为模拟控制指令的数据格式，得到所述模拟控制指令，然后将该模拟控制指令发送给所述仿真服务器。由于数据接口转换器直接接收来自星载计算机的控制指令，与实际执行器在实际卫星控制系统中的工作模式相同，从而可以提高仿真可信度。另外，数据接口转换器接收到的控制指令的数据格式与实际执行器在实际卫星控制系统中接收到的控制指令的数据格式相同，进一步提高了仿真可信度。

[0029] 根据实际需要，数据接口转换器包括：飞轮数据接口转换器、磁力矩器数据接口转换器、推力器数据接口转换器中的一种或几种。

[0030] 而且，每一个数据接口转换器用于将属于同一类执行器的控制指令的数据格式转化为模拟控制指令的数据格式和 / 或每一个数据接口转换器用于将属于不同类执行器的控制指令的数据格式转化为模拟控制指令的数据格式。

[0031] 当数据接口转换器接收到来自星载计算机的控制指令后，需要将控制指令的数据格式转化为模拟控制指令的数据格式，模拟控制指令的数据格式为仿真计算机可以识别的数据格式，从而仿真服务器可以根据模拟控制指令对执行器进行数学仿真。

## [0032] (二) 仿真计算机

[0033] 本发明实施例提供的仿真服务器，主要用于接收来自所述数据接口转换器的模拟控制指令，然后根据所述模拟控制指令和预存的需要仿真的执行器的数学模型进行仿真计算，得到新的控制力信息和新的控制力矩信息，并输出该新的控制力信息和新的控制力矩信息。

[0034] 因此，本发明实施例提供的执行器模拟器，包括：数据接口转换器和仿真服务器，是一种将物理仿真和数学仿真结合在一起的半物理仿真方式，既能够真实地模拟各类执行器，例如：飞轮、磁力矩器、推力器等在星上的工作，从而提高仿真可信度；另外，还有效地缩短了卫星控制系统的研制周期，极大地减少了卫星控制系统的研制费用。

## [0035] 实施例二

[0036] 由于现有实际卫星系统中，星上设备间是通过 CAN (Controller Area Network，控制器局域网) 总线进行数据通讯的，也就是说，星上执行器输入的数据格式为符合 CAN 协议的数据格式类型，因此，本实施例提供的执行器模拟器输入的数据格式以符合 CAN 协议的数据格式为例进行说明。但需要说明的是，本发明并不局限于此，当星上设备间采用其他数据格式，例如：A 类数据格式进行通讯时，本发明提供的执行器模拟器中，其输入的数据格式也可以进行相应的变化，凡是符合该种构想的情况均在本发明保护范围之内。

[0037] 具体的，本实施例提供的执行器模拟器中，包括：以太网 /CAN 数据接口转换器和仿真计算机。其中，以太网 /CAN 数据接口转换器和仿真计算机通过以太网连接。如图 2 所示，为本实施例提供的执行器模拟器的一种结构示意图。下面分别介绍以太网 /CAN 数据接口转换器和仿真服务器的工作原理。

## [0038] (一) 以太网 /CAN 数据接口转换器

[0039] 由于在实际卫星控制系统中，星载计算机向执行器物理器件输出的控制指令的数据格式为符合 CAN 协议的控制指令，以下简称 CAN 控制指令，因此，为提高仿真可信度，本发明实施例中，以太网 /CAN 数据接口转换器直接接收来自星载计算机的 CAN 控制指令，从而提高仿真可信度。

[0040] 具体的,由于在实际卫星系统中,执行器可以为多类,例如:动量轮、磁力矩器、推力器等,因此,本发明实施例中,以太网/CAN 数据接口转换器接收的来自星载计算机的 CAN 控制指令可以为对各类执行器的 CAN 控制指令,例如:对磁力矩器的 CAN 控制指令、对推力器的 CAN 控制指令和对飞轮的 CAN 控制指令等。进一步的,各类 CAN 控制指令可以发送给同一个以太网/CAN 数据接口转换器,也可以发送给与执行器对应的以太网/CAN 数据接口转换器。也就是说,本发明提供的以太网/CAN 数据接口转换器既可以将属于同一类执行器的 CAN 控制指令转化为以太网控制指令,也可以将属于不同类执行器的 CAN 控制指令转化为以太网控制指令。

[0041] 例如:星载计算机根据要控制的执行器的类别,得到对磁力矩器的 CAN 控制指令和对推力器的 CAN 控制指令,则对磁力矩器的 CAN 控制指令和对推力器的 CAN 控制指令可以通过以下两种方式进行发送:(一)只设置一个以太网/CAN 数据接口转换器,则对磁力矩器的 CAN 控制指令和对推力器的 CAN 控制指令均发送给该以太网/CAN 数据接口转换器,由该以太网/CAN 数据接口转换器既将对磁力矩器的 CAN 控制指令转化为以太网控制指令,同时也将对推力器的 CAN 控制指令转化为以太网控制指令。(二)分别设置磁力矩器以太网/CAN 数据接口转换器和推力器以太网/CAN 数据接口转换器,由磁力矩器以太网/CAN 数据接口转换器将对磁力矩器的 CAN 控制指令转化为以太网控制指令,由推力器以太网/CAN 数据接口转换器将对推力器的 CAN 控制指令转化为以太网控制指令,但需要说明的是,磁力矩器以太网/CAN 数据接口转换器和推力器以太网/CAN 数据接口转换器的硬件相同,区别仅在于传输内容的不同。

## [0042] (二) 仿真服务器

[0043] 本实施例提供的仿真服务器与实施例一提供的仿真服务器相同,在此不再赘述。

[0044] 需要说明的是,当将本发明实施例提供的执行器模拟器接入卫星控制仿真系统时,以太网/CAN 数据接口转换器可以直接与星载计算机相连,从而直接接收来自星载计算机的控制指令。另外,当单独对本发明提供的执行器模拟器进行仿真时,为监控 CAN 总线数据,以太网/CAN 数据接口转换器还可以连接 PXI 总线测试机。

[0045] 具体的,PXI (PCI eXtensions for Instrumentation) 总线测试机通过 CAN 网与以太网/CAN 数据接口转换器相连,PXI 总线测试机用于接收并显示以太网/CAN 数据接口转换器输入的控制指令。

[0046] 因此,本实施例提供的执行器模拟器,包括:以太网/CAN 数据接口转换器和仿真服务器,其中,以太网/CAN 数据接口转换器,用于将来自星载计算机的 CAN 数据转化为以太网数据,并将该以太网数据输出给仿真计算机,由仿真计算机根据接收到的以太网数据和预存的执行器数学模型进行数学仿真计算。因此,本实施例提供的执行器模拟器,具有以下优点:(一)执行器模拟器输入的数据格式与实际卫星系统中执行器物理器件输入的数据格式相同,从而提高了仿真可信度。(二)本发明实施例提供的执行器模拟器,结合了数学仿真和物理仿真的优点,从而进一步提高了仿真可信度。(三)本发明实施例提供的执行器模拟器中,以太网/CAN 数据接口转换器可以对多种执行器控制指令的数据格式进行转换,具有通用性强、配置灵活的优点。

[0047] 另外,本发明还提供一种应用上述执行器模拟器的卫星闭环仿真系统,具有仿真可信度高的优点。

[0048] 以上所述仅是本发明的优选实施方式,应当指出,对于本技术领域的普通技术人员来说,在不脱离本发明原理的前提下,还可以做出若干改进和润饰,这些改进和润饰也应视本发明的保护范围。

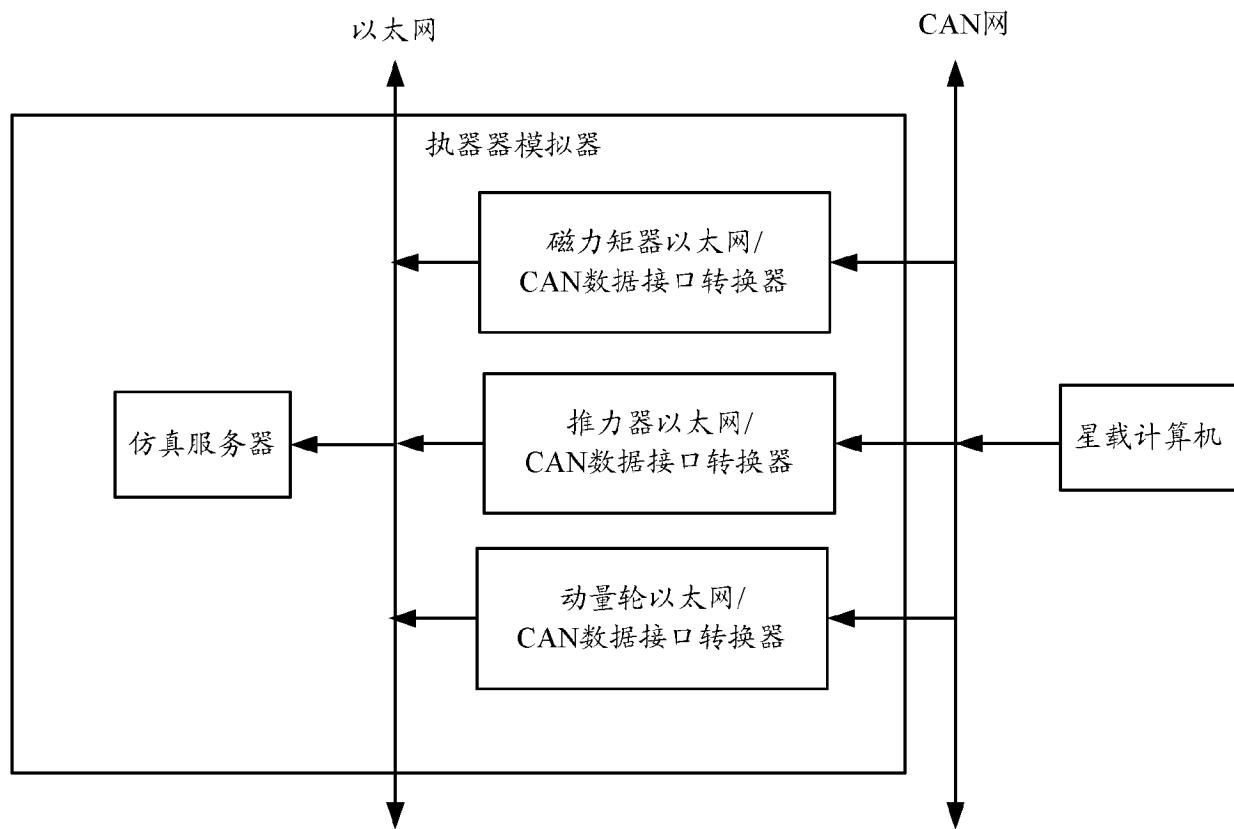


图 1