



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 107341294 A

(43)申请公布日 2017. 11. 10

(21)申请号 201710453229.4

(22)申请日 2017.06.15

(71)申请人 苏州同元软控信息技术有限公司
地址 215000 江苏省苏州市工业园区若水路388号纳米大学科技园E1701、E1702、E1703室

(72)发明人 黄磊 刘伟 谢刚 邢涛 孙乐丰 王为

(74)专利代理机构 上海申新律师事务所 31272
代理人 翁德亿

(51)Int.Cl.
G06F 17/50(2006.01)

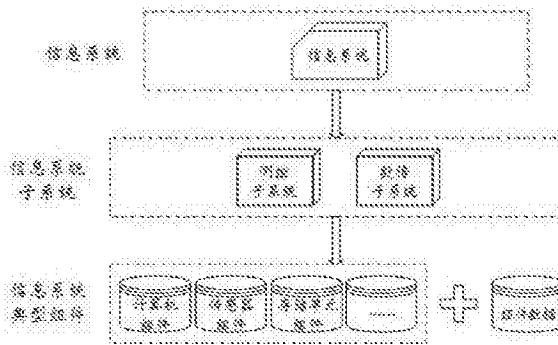
权利要求书2页 说明书8页 附图4页

(54)发明名称

基于Modelica语言的航天器信息系统建模仿真方法

(57)摘要

本发明公开了一种基于Modelica语言的航天器信息系统建模仿真方法,将信息系统建模仿真理论和Modelica技术体系相结合,形成面向对象的陈述式建模方法,用于构建非因果式的信息系统模型库;同时开发建模仿真系统,用于实现组件模型和信息系统模型的构建、管理及其仿真分析。本发明无需对信息系统进行解耦和规定组件输入输出及方程求解顺序,只有在求解时仿真系统才会根据方程系统数据流环境确定方程求解顺序,这大大降低了信息系统建模的难度和复杂度,减轻建模工作量,也避免了人工指定求解顺序时引起的错误,显著地提高了模型的重用性、可扩展性、灵活性和知识积累能力,在建模仿真系统的支持下,实现模块化、参数化和可视化。



1.一种基于Modelica语言的航天器信息系统建模仿真方法,其特征在于,将信息系统建模仿真理论和Modelica技术体系相结合,形成面向对象的陈述式信息系统建模方法,用于构建非因果式的信息系统模型库;同时根据非因果建模仿真的需求,开发信息系统建模仿真系统,用于实现组件模型和信息系统模型的构建、管理及其仿真分析;

本方法的具体步骤如下:

步骤1) 确定信息系统模型目标:根据信息系统动态分析的任务,确定信息系统模型的目标和扩展用途,明确必须通过信息系统模型能获得的信息和信息系统模型不需要考虑的信息;

步骤2) 构建概念模型:构建概念模型,即信息系统的原理框图,用于辅助分析信息系统主要现象的原理和机制;

步骤3) 信息系统分解:首先进行组件模型分解,通过对信息系统的分析,根据信息系统结构的物理边界和模型假设,将信息系统分解为包括计算机组件、传感器组件、存储单元组件、显示组件、转换组件在内的典型组件,用于帮助构建信息系统模型;然后在组件分解的基础上,再进行主体分解;

步骤4) 建立基础模型:建立通用化的基础模型,用于构建包括组件模型在内的上一级的模型;

步骤5) 设计连接器:设计信息系统模型的所有连接器,并确定一组合理的连接器变量;所述的连接器包括指令总线连接器和遥测传输总线连接器两种,所述的连接器变量包括流变量和势变量两种;

组件模型与外界的交互通信通过连接器与连接器的通讯来实现,连接器的通讯不指定方向,同类型的连接器可根据需要自由连接,流变量和势变量遵守广义基尔霍夫定律,连接会生成非因果的连接方程,不指定求解顺序;

步骤6) 制定建模方法:一旦基础模型、连接器的种类及其变量确定以后,总结步骤1)~步骤5)的内容,制定建模方法,即以面向对象的陈述式信息系统建模方法;

步骤7) 建立组件模型:以面向对象的陈述式信息系统建模方法单独建立信息系统中的每个组件模型,具体方法如下:

首先将每个组件的物理模型转化为以数学方程表达的具有非因果特性的数学模型;然后将数学模型转化为合理的数值模型,给定合理的边界条件和初始值,数值模型可直接仿真;最后采用Modelica语言将数值模型加以实现,得到组件模型;

组件模型需要连接到信息系统模型中去仿真,将组件的仿真结果与期望的理论结果进行对比,如果两者符合,表示组件模型得到验证;如果两者不符合,则组件模型需要重新修改和完善,直到组件模型达到要求;

步骤8) 构建信息系统模型库:逐个建立所有的组件模型,并将组件模型按照信息系统分解后的典型组件的种类进行分类,再交由模型库进行管理,构建成所述信息系统模型库;

步骤9) 构建信息系统建模仿真系统:在所述信息系统模型库构建完成的基础上,构建具有包括模型开发、管理、编译、求解和后处理功能在内的所述信息系统建模仿真系统;

所述信息系统建模仿真系统由数据层、功能支撑层和交互层三部分组成;所述数据层是软件数据的存储和获取的来源,其中,所述信息系统模型库隶属所述数据层;所述功能支撑层用于为所述用户层提供数据管理、功能支撑和扩展接口;所述交互层是所述信息系统

建模仿真系统与用户的界面交互、界面显示的功能层；

步骤10) 建立和验证信息系统模型：利用构建好的所述信息系统模型库，根据信息系统的拓扑结构，将各个相关的组件模型进行组合和连接，建立一种实际的信息系统的模型，并对其进行仿真研究；对比仿真结果与系统预期理论特性，并根据仿真结果对信息系统模型进行调整，直到符合理论要求；

步骤11) 开展仿真分析：信息系统模型验证完成后，根据信息系统动态分析的任务要求，利用所述信息系统建模仿真系统，开展相关的仿真分析，通过信息系统模型获取所需的信息和知识。

2. 根据权利要求1所述的基于Modelica语言的航天器信息系统建模仿真方法，其特征在于：步骤9)中，所述数据层包括所述信息系统模型库和数据库；所述所述信息系统模型库是基于文件的关系数据库，包括计算机组件库、传感器组件库、存储单元模型库、显示组件库和转换组件库，用于保存包括计算机组件、传感器组件、存储单元组件、显示组件和转换组件在内的模型；所述数据库包括产品数据库、模型模板数据库和仿真结果数据库。

3. 根据权利要求1所述的基于Modelica语言的航天器信息系统建模仿真方法，其特征在于：步骤9)中，所述功能支撑层包括系统模型模板管理模块、模型库配置模块、模型及模型库操作模块、模型视图管理模块、模型编辑内核、产品数据查询与注入模块、仿真控制模块、仿真实例管理模块、仿真报告生成模块、模型加密模块、模型版本管理模块和在线帮助文档模块。

4. 根据权利要求1所述的基于Modelica语言的航天器信息系统建模仿真方法，其特征在于：步骤9)中，所述交互层包括系统模板管理器、模型版本管理器、产品数据管理面板、模型图形编辑视图、模型文本编辑视图、模型及模型库浏览器、组件浏览器、系统信息输出界面、参数编辑面板、监视变量操作面板、仿真实例管理面板、曲线输出窗口、实时曲线显示、仿真报告生成向导、帮助查询与显示。

5. 根据权利要求1所述的基于Modelica语言的航天器信息系统建模仿真方法，其特征在于：步骤11)中，对信息系统模型的仿真分析过程，即为对表示信息系统模型的数学方程的编译求解过程，所述信息系统建模仿真系统会根据数据流环境来确定信息系统模型数学方程的编译求解顺序，其过程可分为编译、分析优化和仿真求解三个阶段，具体方法如下：

首先在编译阶段中，编译器对信息系统模型的数学方程进行词法分析、语法分析、语义分析和平坦化处理，得到一个平坦的微分代数方程组；然后进入分析优化阶段，分析优化器对得到的微分代数方程组进行相容性分析、符号简化和指标约减处理，得到一个可求解的方程子集序列；最后进入仿真求解阶段，求解器根据得到的方程子集序列的数据依赖关系，结合数值求解包提供的函数，形成信息系统模型的求解算法流程和控制策略，最终确定输入输出变量和数学方程的求解顺序。

基于Modelica语言的航天器信息系统建模仿真方法

技术领域

[0001] 本发明属于航天器信息系统仿真技术领域,具体涉及一种基于Modelica语言的航天器信息系统建模仿真方法。

背景技术

[0002] 航天器信息系统动态存储特性是航天器信息系统(以下简称信息系统)的一项重要性能指标,动态存储特性的好坏直接影响到系统能否正常工作,故对其研究已成为信息系统设计的重要课题。早期,对航天器信息系统(以下简称信息系统)的研究主要采用工程试验方法,工程试验在提高系统性能、安全性、可靠性和经济性等方面存在着一定的局限,例如需要建立整套试验系统,并且物理系统的结构和参数改变比较困难。随着信息系统动态理论研究的不断深化和软件工具在数值分析方面能力的不断提高,现阶段提出了基于模型的数值分析方法,该方法着眼于将信息系统的物理理论转化为数学模型,通过软件工具对数学模型的编译求解分析,模拟信息系统的动态工作过程,可以很好地评估和分析信息系统的动态性能,进而辅助系统的优化设计、试验验证和运行管理,减少系统试验次数和风险、有效的缩短系统研制周期、降低系统研制成本和提高产品性能质量。

[0003] 在进行基于模型的信息系统动态分析过程中,目前主要采用因果式建模方法(即过程式建模方法)来实现模型的开发。因果式建模方法不仅需要工程师对复杂的信息系统进行解耦,清楚地定义模型的输入输出和方程的求解顺序,而且需要工程师掌握复杂系统模型的编译和求解技术。对于信息系统这样大型的复杂耦合系统,此方法导致建模过程复杂困难,而且所开发的模型重用性、通用性和扩展性低,在模块化、参数化方面不足。在基于模型的信息系统动态分析中,工程师们面临着以上的困难。实现信息系统的非因果建模方法,势必会大大降低建模过程的难度和复杂度,提高模型的重用性和扩展性,为基于模型的信息系统动态分析提供高效的途径。

发明内容

[0004] 为了克服基于模型的信息系统动态分析方法中因果式建模方法的不足,本发明提出了一种基于Modelica语言的航天器信息系统建模仿真方法,创造性地将信息系统建模仿真理论和Modelica技术体系相结合,采用面向对象的陈述式方法构建信息系统模型,可有效降低信息系统模型构建的难度和复杂度,提高模型的重用性和扩展性。

[0005] 为实现上述技术目的,达到上述技术效果,本发明通过以下技术方案实现:

一种基于Modelica语言的航天器信息系统建模仿真方法,将信息系统建模仿真理论和Modelica技术体系相结合,形成面向对象的陈述式信息系统建模方法,用于构建非因果式的信息系统模型库;同时根据非因果建模仿真的需求,开发信息系统建模仿真系统,用于实现组件模型和信息系统模型的构建、管理及其仿真分析。

[0006] 信息系统的大部分组件存在彼此通讯交互的关系,组件没有明确的输入输出,此类通讯交互导致隐式的方程系统。所述的面向对象的陈述式信息系统建模方法,对于组件

模型构建,首先对涉及到的信息系统进行分析,只根据物理边界和模型基本假设进行系统分解,不考虑组件的输入输出和组件之间的交互耦合,得到信息系统的典型组件,整个信息系统是这些组件按照一定规律的组合。根据组件的物理模型,以最自然的形式独立开发每个组件模型,不指定组件模型的输入输出变量和方程求解顺序,具有非因果特性。组件模型具有独立性,不依赖于外界环境,基于一套边界条件工作,对于不同的系统,边界条件可以自由变化。

[0007] 组件模型与外界的交互通过连接器与连接器的通讯实现,采用非因果方法,连接器的通讯不指定通讯的方向,只根据广义基尔霍夫定律生成非因果式的连接方程,即连接处的流变量之和为零,势变量相等。同样不规定连接方程求解顺序,方程的非因果特性使得连接也是非因果的。

[0008] 对于信息系统模型构建,根据特定型号信息系统的组成结构,利用组件模型可以快速组合搭建信息系统模型,组件模型与组件模型通过连接器连接。组件模型和连接器的非因果机制,使得整个信息系统模型也是非因果的描述形式。实现了物理建模方法,即通过连接组件模型来构建信息系统模型,而且信息系统模型的拓扑结构能够反映系统的物理结构。

[0009] 本发明的支撑内容包括非因果式的所述信息系统模型库和所述信息系统建模仿真系统两大部分,其具体步骤如下:

步骤1)确定信息系统模型目标:根据信息系统动态分析的任务,确定信息系统模型的目标和扩展用途,明确必须通过信息系统模型能获得的信息和信息系统模型不需要考虑的信息。

[0010] 步骤2)构建概念模型:概念模型是信息系统的原理框图,用于辅助分析信息系统主要现象的原理和机制,帮助工程师全面了解物理系统,反映建模思路。

[0011] 步骤3)信息系统分解:首先进行组件模型分解,通过对信息系统的分析,根据信息系统结构的物理边界和模型假设,将信息系统分解为包括计算机组件、传感器组件、存储单元组件、显示组件、转换组件等在內的典型组件,信息系统分解得到的组件能够反映系统自然的物理边界,这样能够帮助构建信息系统模型;然后在组件分解的基础上,为了建模需要,再进行主体分解。

[0012] 步骤4)建立基础模型:建立通用化的基础模型,用于构建包括组件模型在内的上一级的模型;基础模型是信息系统模型库中最小的构造单元,这些基础模型可以连接构建上一级的模型,组件模型通常由更通用化的基础模型组成;划分基础模型和组件模型的原则是以简单的模型为起点,根据需求逐渐增加模型的复杂度。

[0013] 步骤5)设计连接器:由于组件通过连接器与相连的组件进行交互通讯,因此需要设计信息系统模型的所有连接器,并确定一组合理的连接变量;连接器应该使组件连接变得简单自然,对于物理组件模型的连接器,必须在物理上能够连接组件。所述的连接器包括指令总线连接器和遥测传输总线连接器两种,所述的连接器变量包括流变量和势变量两种;组件模型与外界的交互通信通过连接器与连接器的通讯来实现,连接器的通讯不指定方向,同类型的连接器可根据需要自由连接,流变量和势变量遵守广义基尔霍夫定律,连接会生成非因果的连接方程,无需指定求解顺序,方程的非因果特性使得连接也是非因果的。

[0014] 步骤6)制定建模方法:一旦基础模型、连接器的种类及其变量确定以后,总结步骤

1)~步骤5)的内容,制定建模方法,即以面向对象的陈述式信息系统建模方法。建模方法是阐述建模原理和模型使用方法的一种简明标准形式,在模型构造的实现过程和模型的使用过程中,都要遵守此建模方法。

[0015] 至此,已经具有了建立信息系统组件模型的基础,包括基础模型、连接器和建模方法等。

[0016] 步骤7)建立组件模型:以面向对象的陈述式信息系统建模方法单独建立信息系统中的每个组件模型,不依赖于外界环境,具体方法如下:

首先将每个组件的物理模型转化为以数学方程表达的具有非因果特性的数学模型;然后将数学模型转化为合理的数值模型,给定合理的边界条件和初始值,数值模型可直接仿真;最后采用Modelica语言将数值模型加以实现,得到组件模型;

其中,组件模型的每个数学方程均以最自然的形式独立编写,不指定方程求解顺序和输出输入变量,因此具有非因果特性;方程尽量与书本和文献中的形式一致,保证可读性和知识积累效果;

组件模型需要连接到信息系统模型中去仿真,将组件的仿真结果与期望的理论结果进行比对,如果两者符合,表示组件模型得到验证;如果两者不符合,则组件模型需要重新修改和完善,直到组件模型达到要求。

[0017] 步骤8)构建信息系统模型库:逐个建立所有的组件模型,并将组件模型按照信息系统分解后的典型组件的种类进行分类,再交由模型库进行管理,构建成所述信息系统模型库。

[0018] 步骤9)构建信息系统建模仿真系统:在所述信息系统模型库构建完成的基础上,构建具有包括模型开发、管理、编译、求解和后处理功能在内的所述信息系统建模仿真系统;

所述信息系统建模仿真系统由数据层、功能支撑层和交互层三部分组成,分层的系统架构,可以达到将逻辑与数据分离、底层与逻辑分离、显示与逻辑分离的良好扩展性的效果。

[0019] 所述数据层是软件数据的存储和获取的来源,其主要包括所述信息系统模型库和数据库;所述信息系统模型库是基于文件的关系数据库,主要包括计算机组件库、传感器组件库、存储单元模型库、显示组件库和转换组件库等,主要用于保存包括计算机组件、传感器组件、存储单元组件、显示组件和转换组件等在内的模型;所述数据库主要包括产品数据库、模型模板数据库和仿真结果数据库等。

[0020] 所述功能支撑层主要用于为所述用户层提供数据管理、功能支撑和扩展接口;所述功能支撑层主要包括系统模型模板管理模块、模型库配置模块、模型及模型库操作模块、模型视图管理模块、模型编辑内核、产品数据查询与注入模块、仿真控制模块、仿真实例管理模块、仿真报告生成模块、模型加密模块、模型版本管理模块和在线帮助文档模块等。

[0021] 所述交互层是所述信息系统建模仿真系统与用户的界面交互、界面显示的功能层;其主要包括系统模板管理器、模型版本管理器、产品数据管理面板、模型图形编辑视图、模型文本编辑视图、模型及模型库浏览器、组件浏览器、系统信息输出界面、参数编辑面板、监视变量操作面板、仿真实例管理面板、曲线输出窗口、实时曲线显示、仿真报告生成向导、帮助查询与显示等。

[0022] 步骤10)建立和验证信息系统模型:利用构建好的所述信息系统模型库,根据信息系统的拓扑结构,将各个相关的组件模型进行组合和连接,建立一种实际的信息系统的模型,并对其进行仿真研究;对比仿真结果与系统预期理论特性,并根据仿真结果对信息系统模型进行调整,直到符合理论要求。

[0023] 步骤11)开展仿真分析:信息系统模型验证完成后,根据信息系统动态分析的任务要求,利用所述信息系统建模仿真系统,开展相关的仿真分析,通过信息系统模型获取所需的信息和知识。

[0024] 对信息系统模型的仿真分析过程,即为对表示信息系统模型的数学方程的编译求解过程,所述信息系统建模仿真系统会根据数据流环境来确定信息系统模型数学方程的编译求解顺序,其过程可分为编译、分析优化和仿真求解三个阶段,具体方法如下:

首先在编译阶段中,编译器对信息系统模型的数学方程进行词法分析、语法分析、语义分析和平坦化处理,得到一个平坦的微分代数方程组;然后进入分析优化阶段,分析优化器对得到的微分代数方程组进行相容性分析、符号简化和指标约减处理,得到一个可求解的方程子集序列;最后进入仿真求解阶段,求解器根据得到的方程子集序列的数据依赖关系,结合数值求解包提供的函数,形成信息系统模型的求解算法流程和控制策略,最终确定输入输出变量和数学方程的求解顺序。

[0025] 与现有技术相比,本发明的有益效果是:

本发明的方法中,信息系统的每个组件模型都是独立的模型,以物理上最自然的方式单独开发,不用明确定义输入输出变量和方程求解顺序。组件模型与外界的通讯交互通过非因果的连接机制实现,整个方程系统只在求解时由仿真系统根据数据流环境自动确定变量的因果关系。根据信息系统的拓扑结构,组件模型可以组合快速构建任何型号的信息系统模型。

[0026] 对于信息系统这样大型的复杂系统,本发明的非因果特性使得建模工程师无需对信息系统进行解耦,不指定模型的输入输出变量和方程求解顺序,只有在求解时仿真系统才会根据方程系统数据流环境确定方程求解顺序,这样大大降低了信息系统模型构建的难度和复杂度,减轻建模工作量,也避免了人工指定求解顺序时引起的错误,显著地提高了模型的重用性、可扩展性、灵活性和知识积累能力,在建模仿真系统的支持下,实现模块化、参数化和可视化。

上述说明仅是本发明技术方案的概述,为了能够更清楚了解本发明的技术手段,并可依照说明书的内容予以实施,以下以本发明的较佳实施例并配合附图详细说明。本发明的具体实施方式由以下实施例及其附图详细给出。

附图说明

[0027] 此处所说明的附图用来提供对本发明的进一步理解,构成本申请的一部分,本发明的示意性实施例及其说明用于解释本发明,并不构成对本发明的不当限定。在附图中:

图1为航天器信息系统组件分解示意图;

图2为本发明的非因果式信息系统模型库树状结构图;

图3为一种航天器信息系统模型示意图;

图4为本发明的信息系统建模仿真系统架构示意图;

图5为本发明的信息系统模型编译求解过程示意图；

图6为天线增益曲线。

具体实施方式

[0028] 下面将参考附图并结合实施例,来详细说明本发明。

[0029] 一种基于Modelica语言的航天器信息系统建模仿真方法,将信息系统建模仿真理论和Modelica技术体系相结合,形成面向对象的陈述式信息系统建模方法,用于构建非因果式的信息系统模型库;同时根据非因果建模仿真的需求,开发信息系统建模仿真系统,用于实现组件模型和信息系统模型的构建、管理及其仿真分析。

[0030] 信息系统的大部分组件存在彼此通讯交互的关系,组件没有明确的输入输出,此类通讯交互导致隐式的方程系统。所述的面向对象的陈述式信息系统建模方法,对于组件模型构建,首先对涉及到的信息系统进行分析,只根据物理边界和模型基本假设进行系统分解,不考虑组件的输入输出和组件之间的交互耦合,得到信息系统的典型组件,整个信息系统是这些组件按照一定规律的组合。根据组件的物理模型,以最自然的形式独立开发每个组件模型,不指定组件模型的输入输出变量和方程求解顺序,具有非因果特性。组件模型具有独立性,不依赖于外界环境,基于一套边界条件工作,对于不同的系统,边界条件可以自由变化。

[0031] 组件模型与外界的交互通过连接器与连接器的通讯实现,采用非因果方法,连接器的通讯不指定通讯的方向,只根据广义基尔霍夫定律生成非因果式的连接方程,即连接处的流变量之和为零,势变量相等。同样不规定连接方程求解顺序,方程的非因果特性使得连接也是非因果的。

[0032] 对于信息系统模型构建,根据特定型号信息系统的组成结构,利用组件模型可以快速组合搭建信息系统模型,组件模型与组件模型通过连接器连接。组件模型和连接器的非因果机制,使得整个信息系统模型也是非因果的描述形式。实现了物理建模方法,即通过连接组件模型来构建信息系统模型,而且信息系统模型的拓扑结构能够反映系统的物理结构。

[0033] 本发明的支撑内容包括非因果式的所述信息系统模型库和所述信息系统建模仿真系统两大部分,其具体步骤如下:

步骤1)确定信息系统模型目标:根据信息系统动态分析的任务,确定信息系统模型的目标和扩展用途,明确必须通过信息系统模型能获得的信息和信息系统模型不需要考虑的信息。

[0034] 步骤2)构建概念模型:概念模型是信息系统的原理框图,用于辅助分析信息系统主要现象的原理和机制,帮助工程师全面了解物理系统,反映建模思路。

[0035] 步骤3)信息系统分解:首先进行组件模型分解,参见图1所示,通过对信息系统的分析,根据信息系统结构的物理边界和模型假设,将信息系统分解为包括计算机组件、传感器组件、存储单元组件、显示组件、转换组件等在内的典型组件,信息系统分解得到的组件能够反映系统自然的物理边界,这样能够帮助构建信息系统模型;然后在组件分解的基础上,为了建模需要,再进行主体分解。

[0036] 步骤4)建立基础模型:建立通用化的基础模型,用于构建包括组件模型在内的上

一级的模型；基础模型是信息系统模型库中最小的构造单元，这些基础模型可以连接构建上一级的模型，组件模型通常由更通用化的基础模型组成；划分基础模型和组件模型的原则是以简单的模型为起点，根据需求逐渐增加模型的复杂度。

[0037] 步骤5) 设计连接器：由于组件通过连接器与相连的组件进行交互通讯，因此需要设计信息系统模型的所有连接器，并确定一组合理的连接变量；连接器应该使组件连接变得简单自然，对于物理组件模型的连接器，必须在物理上能够连接组件。参见表1所示，所述的连接器包括指令总线连接器和遥测传输总线连接器两种，所述的连接器变量包括流变量和势变量两种；组件模型与外界的交互通信通过连接器与连接器的通讯来实现，连接器的通讯不指定方向，同类型的连接器可根据需要自由连接，流变量和势变量遵守广义基尔霍夫定律，连接会生成非因果的连接方程，无需指定求解顺序，方程的非因果特性使得连接也是非因果的。

[0038] 表1 连接器类型及其变量名

连接器类型	变量名	变量描述
指令总线接 口	Address[15]	设备名
	Command[15]	指令名
遥测参数总 线接口	angle_left	太阳翼左帆 板角度
	angle_right	太阳翼右帆 板角度
	Dynamics_Ebo_ 1	舱体相对轨 道系的姿态 角 1
	Dynamics_Ebo_ 2	舱体相对轨 道系的姿态 角 2
	Dynamics_Ebo_ 3	舱体相对轨 道系的姿态 角 3
	ETC_s_ppo2	舱体氧分压
ETC_s_ppco2	舱体二氧化 碳分压	

步骤6) 制定建模方法：一旦基础模型、连接器的种类及其变量确定以后，总结步骤1)~步骤5)的内容，制定建模方法，即以面向对象的陈述式信息系统建模方法。建模方法是阐述建模原理和模型使用方法的一种简明标准形式，在模型构造的实现过程和模型的使用过程中，都要遵守此建模方法。

[0039] 至此，已经具有了建立信息系统组件模型的基础，包括基础模型、连接器和建模方法等。

[0040] 步骤7) 建立组件模型:以面向对象的陈述式信息系统建模方法单独建立信息系统中的每个组件模型,不依赖于外界环境,具体方法如下:

首先将每个组件的物理模型转化为以数学方程表达的具有非因果特性的数学模型;然后将数学模型转化为合理的数值模型,给定合理的边界条件和初始值,数值模型可直接仿真;最后采用Modelica语言将数值模型加以实现,得到组件模型;

其中,组件模型的每个数学方程均以最自然的形式独立编写,不指定方程求解顺序和输出输入变量,因此具有非因果特性;方程尽量与书本和文献中的形式一致,保证可读性和知识积累效果;

组件模型需要连接到信息系统模型中去仿真,将组件的仿真结果与期望的理论结果进行比对,如果两者符合,表示组件模型得到验证;如果两者不符合,则组件模型需要重新修改和完善,直到组件模型达到要求。

[0041] 对于信息系统,以中央计算机建模为例,中央计算机通过装订指令表来发送程控指令,包含一些设备的开关机指令或者状态切换指令,同时接收分系统计算机和数管计算机传送的遥测参数,并传送到显示单元和存储单元,由于要求在传输过程中使用二进制数据,而中央计算机中装订指令是按照设备地址和指令分开,均是十进制数据,因此还需要两个十进制转二进制模块。由上述可知,中央计算机模型通过继承一个指令总线接口和两个遥测参数总线接口,添加一个指令表和两个十进制转实型二进制模块来建立。

[0042] 步骤8) 构建信息系统模型库:按照上述中央计算机模型的建立思路以及相应元件建模理论,快速逐个建立所有的组件模型,并将组件模型按照信息系统分解后的典型组件的种类进行分类,再交由模型库进行管理,构建成如图2所示的信息系统模型库。用户可以通过拖拽所述信息系统模型库中的组件模型来构建出不同结构的系统模型,这种方式很好的解决了前面提到的模型重用性不足的问题。

[0043] 步骤9) 构建信息系统建模仿真系统:在所述信息系统模型库构建完成的基础上,构建具有包括模型开发、管理、编译、求解和后处理一系列功能在内的所述信息系统建模仿真系统。

[0044] 参见图4所示,所述信息系统建模仿真系统由数据层、功能支撑层和交互层三部分组成,分层的系统架构,可以达到将逻辑与数据分离、底层与逻辑分离、显示与逻辑分离的良好扩展性的效果。

[0045] 所述数据层是软件数据的存储和获取的来源,其主要包括所述信息系统模型库和数据库;所述信息系统模型库是基于文件的关系数据库,主要包括计算机组件库、传感器组件库、存储单元模型库、显示组件库和转换组件库等,主要用于保存包括计算机组件、传感器组件、存储单元组件、显示组件和转换组件等在内的模型;所述数据库主要包括产品数据库、模型模板数据库和仿真结果数据库等。

[0046] 所述功能支撑层主要用于为所述用户层提供数据管理、功能支撑和扩展接口;所述功能支撑层主要包括系统模型模板管理模块、模型库配置模块、模型及模型库操作模块、模型视图管理模块、模型编辑内核、产品数据查询与注入模块、仿真控制模块、仿真实例管理模块、仿真报告生成模块、模型加密模块、模型版本管理模块和在线帮助文档模块等。

[0047] 所述交互层是所述信息系统建模仿真系统与用户的界面交互、界面显示的功能层;其主要包括系统模板管理器、模型版本管理器、产品数据管理面板、模型图形编辑视图、

模型文本编辑视图、模型及模型库浏览器、组件浏览器、系统信息输出界面、参数编辑面板、监视变量操作面板、仿真实例管理面板、曲线输出窗口、实时曲线显示、仿真报告生成向导、帮助查询与显示等。

[0048] 步骤10)建立和验证信息系统模型:参见图3所示,利用构建好的所述信息系统模型库,根据信息系统的拓扑结构,将各个相关的组件模型进行组合和连接,建立一种实际的信息系统的模型,并对其进行仿真研究;对比仿真结果与系统预期理论特性,并根据仿真结果对信息系统模型进行调整,直到符合理论要求。

[0049] 步骤11)开展仿真分析:信息系统模型验证完成后,根据信息系统动态分析的任务要求,利用所述信息系统建模仿真系统,开展相关的仿真分析,通过信息系统模型获取所需的信息和知识,可以辅助设计,在减少试验成本、节省试验时间和工程师的工作量上具有重要意义,参见图6所示,图6表示信息系统中天线的增益曲线。

[0050] 运用面向对象的陈述式信息系统建模方法构建的信息系统动态模型具有非因果特性,对信息系统模型的仿真分析过程,即为对表示信息系统模型的数学方程的编译求解过程,所述信息系统建模仿真系统会根据数据流环境来确定信息系统模型数学方程的编译求解顺序,参见图5所示,其过程可分为编译、分析优化和仿真求解三个阶段,具体方法如下:

首先在编译阶段中,编译器对信息系统模型的数学方程进行词法分析、语法分析、语义分析和平坦化处理,得到一个平坦的微分代数方程组;然后进入分析优化阶段,分析优化器对得到的微分代数方程组进行相容性分析、符号简化和指标约减处理,得到一个可求解的方程子集序列;最后进入仿真求解阶段,求解器根据得到的方程子集序列的数据依赖关系,结合数值求解包提供的函数,形成信息系统模型的求解算法流程和控制策略,这样就确定了输入输出变量和数学方程的求解顺序。

[0051] 上述实施例只是为了说明本发明的技术构思及特点,其目的是在于让本领域内的普通技术人员能够了解本发明的内容并据以实施,并不能以此限制本发明的保护范围。凡是根据本发明内容的实质所作出的等效的变化或修饰,都应涵盖在本发明的保护范围内。

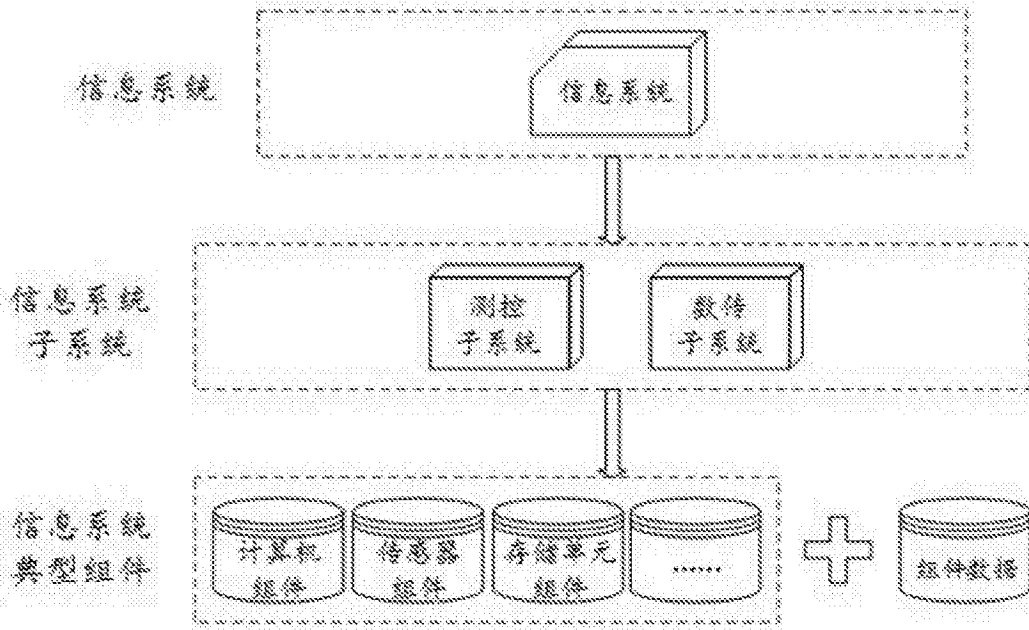


图1

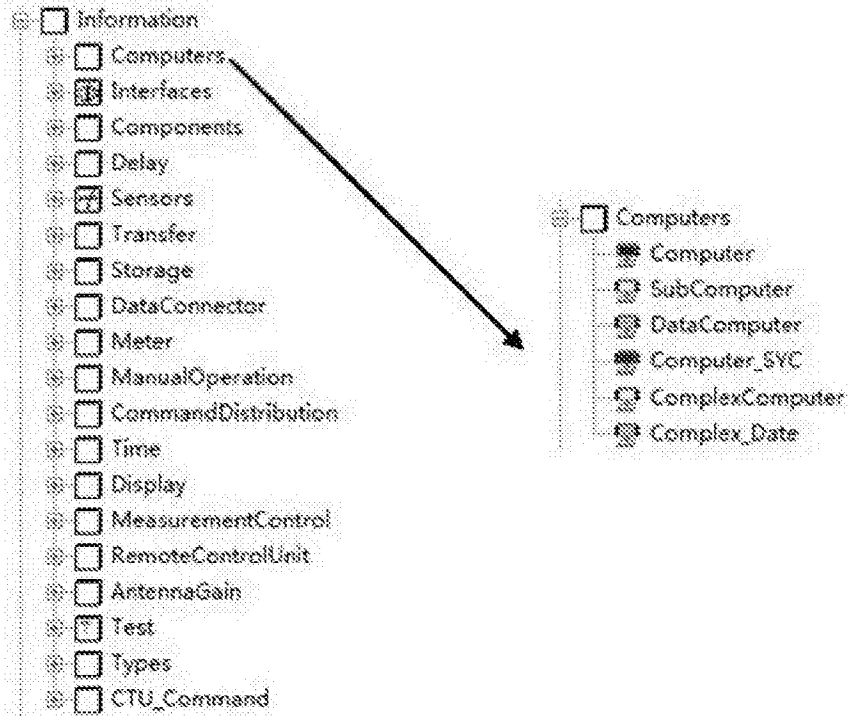


图2

信息系统

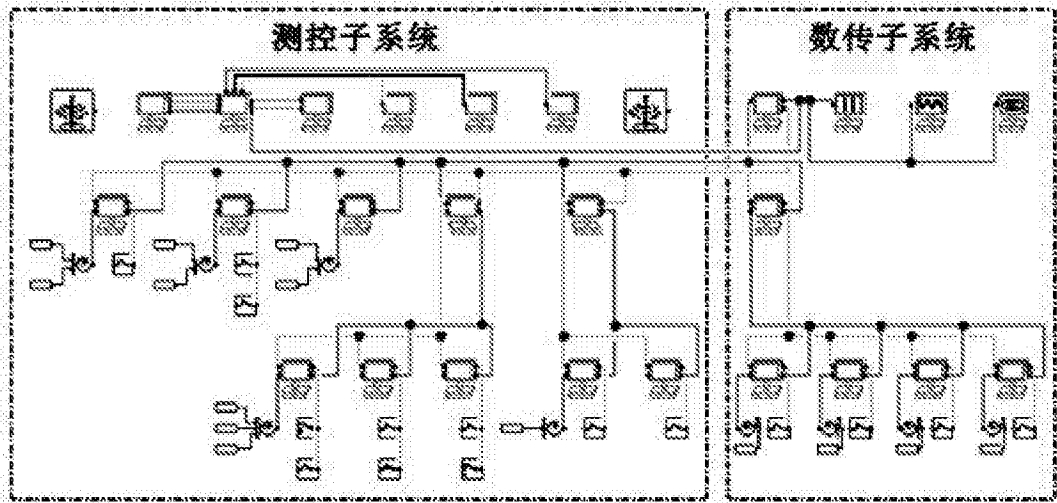


图3

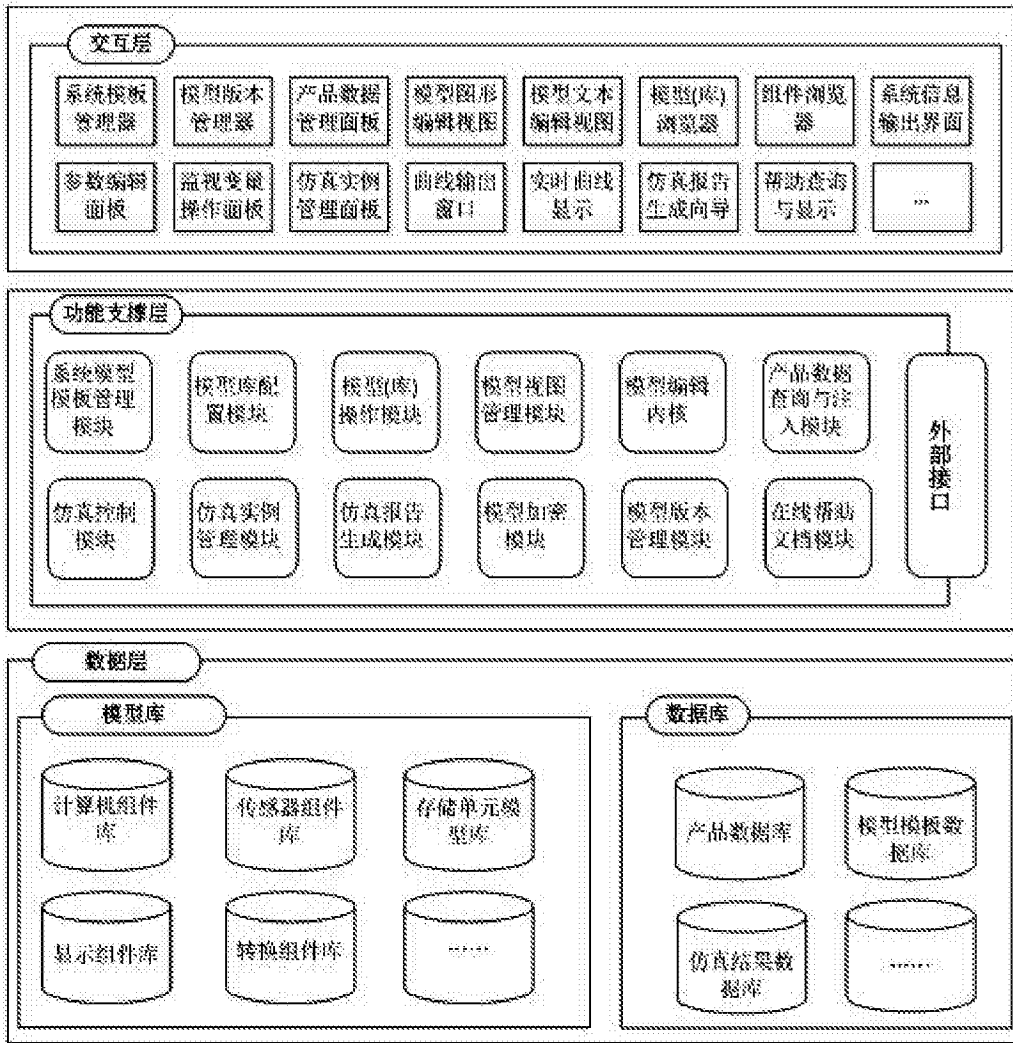


图4

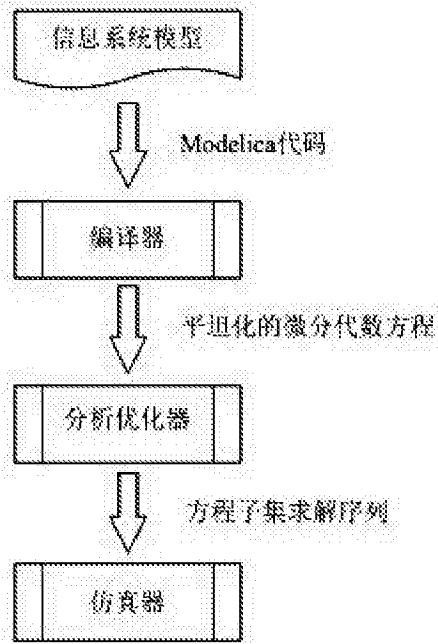


图5

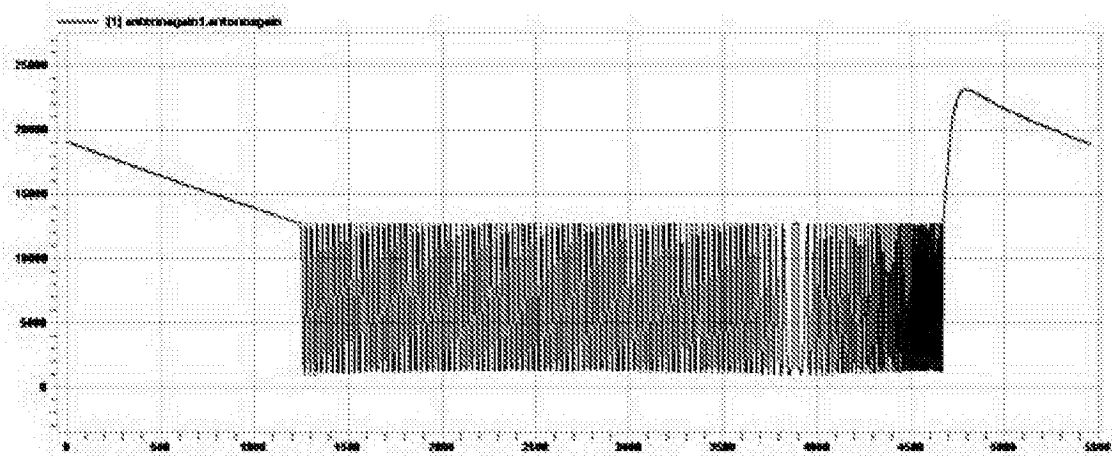


图6