



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 107844675 B

(45) 授权公告日 2021.03.02

(21) 申请号 201711367721.6

(22) 申请日 2017.12.18

(65) 同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 107844675 A

(43) 申请公布日 2018.03.27

(73) 专利权人 国家电网公司
地址 100031 北京市西城区西长安街86号
专利权人 国网经济技术研究院有限公司
北京华建网源电力设计研究院有
限公司
北京理工大学

(72) 发明人 徐彤 柴森春 田雪沁 侯杨
宋崇明 罗家松 郭玉杰 王新雷

(74) 专利代理机构 北京纪凯知识产权代理有限
公司 11245

代理人 徐宁 孙楠

(51) Int.Cl.

G06F 30/20 (2020.01)

G06F 113/08 (2020.01)

G06F 119/08 (2020.01)

(56) 对比文件

CN 106897107 A, 2017.06.27

CN 106406836 A, 2017.02.15

CN 101360126 A, 2009.02.04

CN 102184203 A, 2011.09.14

US 2015278276 A1, 2015.10.01

蒋松含等.《燃气_蒸汽联合循环机组的实时
数字仿真建模》.《电力系统保护与控制》.2015,
李刚彪等.《密文数据库查询优化技术》.《计
算机系统应用》.2010,

审查员 陈欢

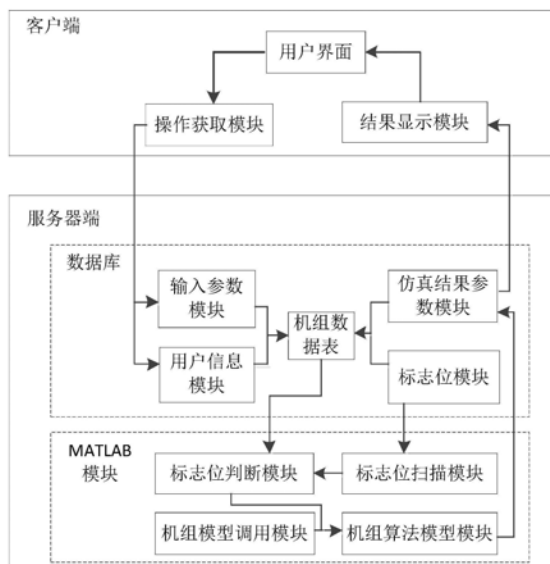
权利要求书2页 说明书5页 附图1页

(54) 发明名称

一种基于燃气-蒸汽联合循环的系统及其快速建模方法

(57) 摘要

本发明涉及一种基于燃气-蒸汽联合循环的系统及其快速建模方法,其特征在于包括以下步骤:1) 搭建系统模型框架,包括客户端和服务端,服务器端设置数据库和MATLAB模块;2) 在MATLAB模块中存储燃气-蒸汽联合循环系统算法模型并加密处理;3) 确定燃气-蒸汽联合循环系统的不同机组参数,通过客户端输入后,发送到服务器端;4) MATLAB模块调用算法模型进行仿真计算,并将计算结果返回到数据库;5) 数据库将MATLAB模块返回的计算结果发送到客户端,由客户端进行结果展示;6) 根据得到的计算结果得到燃气-蒸汽联合循环系统的技术和经济指标,为电网电源规划设计、燃气热电厂运行优化提供支撑。本发明可以广泛应用于快速建模中。



1. 一种基于燃气-蒸汽联合循环的系统,其特征在于:其包括服务器端和多个客户端,所述服务器端和各所述客户端之间网络连接;

各所述客户端用于为用户提供交互平台,获取用户输入的机组参数,并通过网络发送到所述服务器端,同时对所述服务器端返回的计算结果进行参数展示和热力系统图的绘制;

所述服务器端用于根据存储的已有燃气-蒸汽联合循环系统算法模型对接收到的机组参数进行计算,同时对各机组参数和计算结果存储后将计算结果发送到相应所述客户端进行展示;

所述服务器端包括数据库和MATLAB模块,所述数据库为所述客户端与所述MATLAB模块的信息交互媒介,用于将所述客户端输入的机组参数以及所述MATLAB模块返回的计算结果存储到机组参数表;所述MATLAB模块用于实时扫描所述数据库中存储的机组参数表,并对机组参数表中新建的机组参数调用相应的算法模型进行仿真计算,得到的计算结果返回到所述数据库;

所述数据库包括输入参数模块、标志位模块、仿真结果参数模块和用户信息模块;所述输入参数模块用于将所述客户端获取的机组参数存储到机组参数表中;所述标志位模块用于在机组参数表中新建的机组参数中设置表征机组类型与计算状态的标志位;所述仿真结果参数模块用于存储所述MATLAB模块返回的计算结果,并发送到所述客户端;所述用户信息模块用于存储输入的用户信息;

所述数据库和MATLAB模块基于MATLAB软件实现。

2. 如权利要求1所述的一种基于燃气-蒸汽联合循环的系统,其特征在于:所述客户端包括用户界面、操作获取模块和结果显示模块;所述用户界面为人机交互接口,用于提供用户输入接口和结果显示;所述操作获取模块用于获取用户输入的机组参数,并发送到所述服务器端;所述结果显示模块用于接收所述服务器端返回的计算结果,并以不同形式进行结果展示。

3. 如权利要求1所述的一种基于燃气-蒸汽联合循环的系统,其特征在于:所述MATLAB模块包括标志位扫描模块、标志位判断模块、机组算法模型模块和机组模型调用模块;所述标志位扫描模块用于对数据库中的标志位模块进行扫描,并将标志位扫描结果发送至所述标志位判断模块;所述标志位判断模块用于对标志位进行判断,并将未进行仿真计算的机组参数发送至所述机组模型调用模块;所述机组算法模型模块用于存储已有的算法模型并加密;所述机组模型调用模块用于调用所述机组算法模型中的算法模型进行解密后,以接收到的机组参数为输入进行仿真计算,计算完成后删除解密的算法模型并将得到的计算结果发送到所述数据库。

4. 一种建立如权利要求1~3任一项所述基于燃气-蒸汽联合循环系统的快速建模方法,其特征在于包括以下步骤:

1) 搭建系统模型框架,包括客户端和服务端,所述客户端设置用户界面、操作获取模块和结果显示模块;所述服务器端设置数据库和MATLAB模块;

2) 在服务器端的MATLAB模块中存储燃气-蒸汽联合循环系统的算法模型,并进行加密处理;

3) 针对需研究的不同对象,确定燃气-蒸汽联合循环系统的不同机组参数,通过客户端

输入相应的机组参数和用户信息,并通过网络发送到服务器端的数据库进行处理;

4) 服务器端的MATLAB根据数据库中存储的机组参数状态,调用算法模型进行仿真计算,并将计算结果返回到数据库;

5) 数据库将MATLAB模块返回的计算结果发送到客户端,由客户端的结果显示模块进行结果展示,同时在用户下次使用客户端时通过数据库自动调用显示历史仿真数据,若用户在客户端进行删除机组数据操作,则服务器端数据库删除对应机组参数表;

6) 根据得到的计算结果得到燃气-蒸汽联合循环系统的技术和经济指标,为电网电源规划设计、燃气热电厂运行优化提供支撑。

5. 如权利要求4所述的一种基于燃气-蒸汽联合循环系统的快速建模方法,其特征在于:所述步骤3)中,数据库模块对机组参数进行处理的方法,包括以下步骤:

3.1) 根据输入的机组参数建立机组参数表,用以存储时间、用户信息和输入参数内容;

3.2) 针对新建的机组参数表设置标志位,用于标定该组机组参数的类型及调用计算状态;

3.3) 将MATLAB模块返回的计算结果插入到机组参数表中,并更新标志位的状态,同时将仿真计算结果发送到客户端。

6. 如权利要求4所述的一种基于燃气-蒸汽联合循环系统的快速建模方法,其特征在于:所述步骤4)中,MATLAB模块对输入的机组参数进行计算的方法,包括以下步骤:

4.1) 对数据库中的机组参数表进行扫描,得到各组机组参数对应的标志位;

4.2) 根据各组机组参数对应的标志位状态值,判断该组机组参数的机组类型以及是否需要调用算法模型进行计算;

4.3) 调用存储的已有算法模型,将确定的需要进行计算的机组参数作为输入进行仿真计算,得到该组机组参数的计算结果,并返回到数据库中。

一种基于燃气-蒸汽联合循环的系统及其快速建模方法

技术领域

[0001] 本发明属于能源热力技术领域,特别是关于一种基于燃气-蒸汽联合循环的系统及其快速建模方法。

背景技术

[0002] 常用的快速建模方法包括应用MATLAB工具类、C(C++)等语言、Excel文档、CAD建模技术或自己编写工具类软件等以完成对象的建模仿真。针对能源热力的燃气-蒸汽联合发电系统,目前可应用模拟分析软件CHP Analyse Tool (CAT)、国外联供系统模拟分析软件Ready Reckoner、Dgen Pro、DisGenie等,图形用户界面开发可应用VB、MFC、VC++、及C++等搭建人机交互平台。MATLAB系列产品如Simulink仿真工具具有较强的建模能力,具有快速原型化设计的快速性和可靠性,可大批量处理数据并进行快速设计验证迭代,可在燃气-蒸汽联合循环系统的建模计算中发挥核心作用,但不可实现高效、友好的人机交互功能。而应用C++等语言编写的工具类软件无法实现复杂的控制运算功能,在燃气-蒸汽联合循环系统仿真的实际应用中具有局限性。

[0003] 目前已有的将MATLAB工具类与界面结合实现建模仿真的方法包括MATLAB与VB界面通过Active X自动化协议交互、MFC应用MATLAB的应用程序接口API混合编程、VC++编写的可视化界面调用MATLAB生成的动态链接库(dll)文件、Simulink通过RTW自动生成代码到C++工程以实现测试系统建模等。将MATLAB系列产品与界面结合可兼顾快速原型设计的快速迭代性与可继承性,实现复杂控制运算的同时将结果可视化并实现人机交互。将MATLAB代码及Simulink模型转换为动态链接库(dll)文件或ActiveX控件,动态链接库在C++语言中可以直接调用,并且在MATLAB中也可以通过MATLAB Compiler和Embedded Coder将.m文件或Simulink模型转为动态链接库文件,但在生成动态链接库的过程中Embedded Coder会因存在其不支持的模块和结构而报错,如Code Generation不支持的Interpreted MATLABFunction模块以及代数环结构。

[0004] 如图1所示,由于燃气-蒸汽联合循环系统的Simulink模型中存在无法求解的复杂代数环,为Code Generation所不支持的结构,因此针对此系统无法应用MATLAB文件的转化与调用方法进行混合编程。MATLAB可应用TCP等通讯协议与前台界面进行数据通信,但该方法在建立连接时存在延时现象,且本地通讯方法要求每个用户端都安装且设置MATLAB环境,而MATLAB软件具有价格高昂、安装过程繁琐等特点,另外该方法不可实现客户端数据信息的高效存储,因此在实际应用中存在局限性。

[0005] 另外燃气-蒸汽联合循环系统的燃气轮机、压气机等模型部分有技术信息保密的要求,因此直接通讯等开源仿真建模方法无法保证系统的信息安全。

发明内容

[0006] 针对上述问题,本发明的目的是提供一种基于燃气-蒸汽联合循环的系统及其快速建模方法。通过建立数据库作为后台MATLAB算法模型及前台用户交互界面的媒介,实现

了交互界面需友好且规范,同时兼顾了快速原型设计的快速迭代性,具有较强的灵活性、开放性、共享性。

[0007] 为实现上述目的,本发明采取以下技术方案:一种基于燃气-蒸汽联合循环的系统,其特征在于:其包括服务器端和多个客户端,所述服务器端和各所述客户端之间网络连接;各所述客户端用于为用户提供交互平台,获取用户输入的机组参数,并通过网络发送到所述服务器端,同时对所述服务器端返回的计算结果进行参数展示和热力系统图的绘制;所述服务器端用于根据存储的已有燃气-蒸汽联合循环系统算法模型对接收到的机组参数进行计算,同时对各机组参数和计算结果存储后将计算结果发送到相应所述客户端进行展示。

[0008] 所述客户端包括用户界面、操作获取模块和结果显示模块;所述用户界面为人机交互接口,用于提供用户输入接口和结果显示;所述操作获取模块用于获取用户输入的机组参数,并发送到所述服务器端;所述结果显示模块用于接收所述服务器端返回的计算结果,并以不同形式进行结果展示。

[0009] 所述服务器端包括数据库和MATLAB模块,所述数据库为所述客户端与所述MATLAB模块的信息交互媒介,用于将所述客户端输入的机组参数以及所述MATLAB模块返回的计算结果存储到机组参数表;所述MATLAB模块用于实时扫描所述数据库中存储的机组参数表,并对机组参数表中新建的机组参数调用相应的算法模型进行仿真计算,得到的计算结果返回到所述数据库。

[0010] 所述数据库包括输入参数模块、标志位模块、仿真结果参数模块和用户信息模块;所述输入参数模块用于将所述客户端获取的机组参数存储到机组参数表中;所述标志位模块用于在机组参数表中新建的机组参数中设置表征机组类型与计算状态的标志位;所述仿真结果参数模块用于存储所述MATLAB模块返回的计算结果,并发送到所述客户端;所述用户信息模块用于存储输入的用户信息。

[0011] 所述MATLAB模块包括标志位扫描模块、标志位判断模块、机组算法模型模块和机组模型调用模块;所述标志位扫描模块用于对数据库中的标志位模块进行扫描,并将标志位扫描结果发送至所述标志位判断模块;所述标志位判断模块用于对标志位进行判断,并将未进行仿真计算的机组参数发送至所述机组模型调用模块;所述机组算法模型模块用于存储已有的算法模型并加密;所述机组模型调用模块用于调用所述机组算法模型中的算法模型进行解密后,以接收到的机组参数为输入进行仿真计算,计算完成后删除解密的算法模型并将得到的计算结果发送到所述数据库。

[0012] 一种建立所述基于燃气-蒸汽联合循环系统的快速建模方法,其特征在于包括以下步骤:1)搭建系统模型框架,包括客户端和服务端,所述客户端设置用户界面、操作获取模块和结果显示模块;所述服务器端设置数据库和MATLAB模块;2)在服务器端的MATLAB模块中存储燃气-蒸汽联合循环系统的算法模型,并进行加密处理;3)针对需研究的不同对象,确定燃气-蒸汽联合循环系统的不同机组参数,通过客户端输入相应的机组参数和用户信息,并通过网络发送到服务器端的数据库进行处理;4)服务器端的MATLAB根据数据库中存储的机组参数状态,调用算法模型进行仿真计算,并将计算结果返回到数据库;5)数据库将MATLAB模块返回的计算结果发送到客户端,由客户端的结果显示模块进行结果展示,同时在用户下次使用客户端时通过数据库自动调用显示历史仿真数据,若用户在客户端进行

删除机组数据操作,则服务器端数据库删除对应机组参数表;6)根据得到的计算结果得到燃气-蒸汽联合循环系统的技术和经济指标,为电网电源规划设计、燃气热电厂运行优化提供支撑。

[0013] 所述步骤3)中,数据库模块对机组参数进行处理的方法,包括以下步骤:3.1)根据输入的机组参数建立机组参数表,用以存储时间、用户信息和输入参数内容;3.2)针对新建的机组参数表设置标志位,用于标定该组机组参数的类型及调用计算状态;3.3)将MATLAB模块返回的计算结果插入到机组参数表中,并更新标志位的状态,同时将仿真计算结果发送到客户端。

[0014] 所述步骤4)中,MATLAB模块对输入的机组参数进行计算的方法,包括以下步骤:4.1)对数据库中的机组参数表进行扫描,得到各组机组参数对应的标志位;4.2)根据各组机组参数对应的标志位状态值,判断该组机组参数的机组类型以及是否需要调用算法模型进行计算;4.3)调用存储的已有算法模型,将确定的需要进行计算的机组参数作为输入进行仿真计算,得到该组机组参数的计算结果,并返回到数据库中。

[0015] 本发明由于采取以上技术方案,其具有以下优点:1、本发明的分布式建模仿真方法以数据库为媒介,将数据库及算法工具如MATLAB部署在服务器端,用户界面部署在客户端,通过网络连接实现服务器端与多个客户端的实时信息交互,实现了MATLAB系列工具与前台界面的有效连接,兼顾了快速原型设计的快速迭代性、MATLAB实现复杂控制运算与大批量处理数据的能力、C语言等实现环境友好的界面等优势,具有较强的灵活性、开放性、共享性。2、本发明由于通过数据库作为算法工具与客户端的媒介,针对Simulink中存在代数环等结构的实际复杂算法模型,可实现与前台人机交互界面的有效连接通信,相比于进程内服务器、本地进程外服务器、远程进程外服务器等方法对服务器端算法模型结构的要求降低,且开发难度及繁琐性较低。3、本发明的快速建模方法以数据库为媒介实现客户端及服务器的信息交互与存储,避免了通讯协议方法的延时现象,提升了仿真实时性,重新开启客户端界面后可通过数据库实时查询返回已运算的结果,满足多客户端大数据量的信息交流与存储需求。同时避免了本地通讯协议方法各客户端需安装价格高昂的算法软件(如MATLAB)的应用局限性,对客户端计算机的运算能力要求降低。4、本发明的快速建模方法对算法文件及数据库文件进行加密保护,仅运行时在内存中解密运行,满足燃气-蒸汽联合循环仿真系统的安全性要求。因而,本发明可以广泛应用于快速建模中。

附图说明

[0016] 图1是简单代数环示意图;

[0017] 图2是本发明基于燃气-蒸汽联合循环系统的结构图。

具体实施方式

[0018] 下面结合附图和实施例对本发明的进行详细的描述。

[0019] 如图2所示,本发明提供一种基于燃气-蒸汽联合循环的系统,包括服务器端和多个客户端,服务器端和各客户端之间网络连接。各客户端用于为用户提供交互平台,获取用户输入的机组参数,并通过网络发送到服务器端,同时对服务器端返回的计算结果进行参数展示和热力系统图的绘制;服务器端用于根据已有燃气-蒸汽联合循环系统算法模型

对接收到的机组参数进行计算,同时对各机组参数和计算结果存储后将计算结果发送到相应客户端进行展示。

[0020] 客户端包括用户界面、操作获取模块和结果显示模块;用户界面为人机交互接口,用于提供用户输入接口和结果显示;操作获取模块用于获取用户输入的机组参数,并发送到服务器端;结果显示模块用于接收服务器端返回的计算结果,并以不同形式如word报告、热力系统图、温熵图或温度-换热量图的形式进行结果展示。

[0021] 服务器端包括数据库和MATLAB模块,数据库为客户端与MATLAB模块的信息交互媒介,用于将客户端输入的机组参数以及MATLAB模块返回的计算结果存储到机组参数表;MATLAB模块用于实时扫描数据库中存储的机组参数表,并对机组参数表中新建的机组参数调用存储的燃气-蒸汽联合循环系统算法模型进行仿真计算,得到的计算结果返回到数据库。

[0022] 其中,数据库包括输入参数模块、标志位模块、仿真结果参数模块和用户信息模块;输入参数模块用于将客户端获取的机组参数存储到机组参数表中;标志位模块用于在机组参数表中新建的机组参数中设置表征机组类型与计算状态的标志位;仿真结果参数模块用于存储MATLAB模块返回的计算结果,并发送到客户端;用户信息模块用于存储输入的用户信息。

[0023] MATLAB模块包括标志位扫描模块、标志位判断模块、机组算法模型模块和机组模型调用模块;标志位扫描模块用于对数据库中的标志位模块进行扫描,并将标志位扫描结果发送至标志位判断模块;标志位判断模块用于对标志位进行判断,并将未进行仿真计算的机组参数发送至机组模型调用模块;机组算法模型模块用于存储已有的算法模型并加密;机组模型调用模块用于调用机组算法模型中的算法模型进行解密后,以接收到的机组参数为输入进行仿真计算,计算完成后删除解密的算法模型并将得到的计算结果发送到数据库模块。

[0024] 作为一个优选的实施例,客户端的用户界面采用DockLibrary中的控件组搭建界面的窗体结构,包括项目列表、主页面、输入参数列表、输出参数列表等部分,实现新建机组项目、打开、保存、导入等功能。用户在输入参数列表输入参数后点击“计算”按钮,即可以通过服务器端的数据库调用MATLAB模块中相应的燃气-蒸汽联合循环系统算法模型进行仿真计算,之后依据计算结果进行参数显示及热力系统图、温熵图、温度-换热量图的绘制等,并输出Word报告存储仿真结果与绘图信息。用户界面可应用Winform控件及C#语言设计编译,指令集System.Drawing绘制热力系统图,界面规范友好且交互性、易用性强。

[0025] 本发明提供一种基于燃气-蒸汽联合循环系统的快速建模方法,包括以下步骤:

[0026] 1) 搭建系统模型框架,包括客户端和服务端,客户端设置用户界面、操作获取模块和结果显示模块,服务器端设置数据库和MATLAB模块。

[0027] 2) 在服务器端的MATLAB模块中存储燃气-蒸汽联合循环系统的算法模型并进行加密处理。

[0028] 本发明中以已有的燃气-蒸汽联合循环系统的算法模型为例进行介绍,其中,燃气-蒸汽联合循环系统的算法模型依据理想气体状态方程、质量守恒、能量守恒定律、热力学公式等分别系统核心算法部件的模型,并将部件模型组合得到的各个联合循环系统的算法模型。另外,本发明MATLAB模块中也可以存储其他算法模型,本发明可以存储的算法模

型中,例如可以是MATLAB仿真模型中包含复杂代数环的算法模型,或模型结构较复杂因此难以应用MATLAB文件转化方法与前台界面结合的模式,且后期具有模型更改需求的仿真对象,及有大数据量存储需求与技术信息保密要求的算法模型等。

[0029] 3) 针对需研究的不同对象,确定燃气-蒸汽联合循环系统的不同机组参数,通过客户端输入相应机组参数和用户信息,并通过网络发送到服务器端的数据库进行处理。

[0030] 4) 服务器端的MATLAB模块根据数据库中存储的机组参数状态,调用相应算法模型进行仿真计算,并将计算结果返回到数据库进行存储。

[0031] 5) 数据库将MATLAB模块返回的计算结果发送到客户端,由客户端的结果显示模块进行结果展示,同时在用户下次使用客户端时通过数据库自动调用显示历史仿真数据,包括历史输入的机组参数、计算结果以及热力系统图等,若用户在客户端进行删除机组参数操作,则服务器端数据库删除对应的机组参数表。

[0032] 6) 根据得到的计算结果计算得到燃气-蒸汽联合循环系统的技术和经济指标,为电网电源规划设计、燃气热电厂运行优化提供支撑。

[0033] 根据得到的计算结果进行分析,得到影响燃气-蒸汽联合循环系统的性能的主要参数,用于绘制影响燃气轮机、余热锅炉、汽轮机模型的特性曲线,提高供热系统效率、优化燃料成分、提升成本回收,并对机组变工况特性进行计算与分析,根据求解的变工况汽水参数运用常规热力计算方法进行计算和结果校核,对机组运行参数进行优化,最终得到联合循环发电功率、主蒸汽流量等热经济指标,为燃气电厂前期设计规划提供支撑。

[0034] 上述步骤3)中,数据库对机组参数进行处理的方法,包括以下步骤:

[0035] 3.1) 根据输入的机组参数建立机组参数表,用以存储时间、用户信息、输入参数等内容;

[0036] 3.2) 针对新建的机组参数表设置标志位,用于标定该组机组参数的类型及调用计算状态,本发明中设置的标志位为机组类型标志位与计算状态标志位。机组类型标志位为1-21共21个数字,分别标志单压、双压无再热、双压再热、三压无再热、三压再热五种联合循环类型的21个算法文件及模型,依据机组类型标志位可调用相应的MATLAB算法文件及模型进行仿真计算;计算状态标志位初始为“0”,调用计算完成后置“1”,且用户修改输入参数刷新后重置为“0”,用以标志该组参数仿真计算的完成状态。

[0037] 3.3) 仿真结果参数模块将MATLAB模块返回的计算结果插入到机组参数表中,并更新标志位的状态,同时将计算结果发送到客户端。

[0038] 上述步骤4)中,MATLAB模块对输入的机组参数进行计算的方法,包括以下步骤:

[0039] 4.1) 对数据库中的机组参数表进行扫描,得到各组机组参数对应的标志位;

[0040] 4.2) 根据各组机组参数对应的标志位状态值,判断该组机组参数的机组类型以及是否需要调用算法模型进行计算;

[0041] 4.3) 调用存储的基于燃气-蒸汽联合循环系统算法模型,将确定的需要进行计算的机组参数作为输入进行仿真计算,得到该组机组参数的计算结果,并返回到数据库中。

[0042] 上述各实施例仅用于说明本发明,其中各部件的结构、连接方式和制作工艺等都是可以有所变化的,凡是在本发明技术方案的基础上进行的等同变换和改进,均不应排除在本发明的保护范围之外。

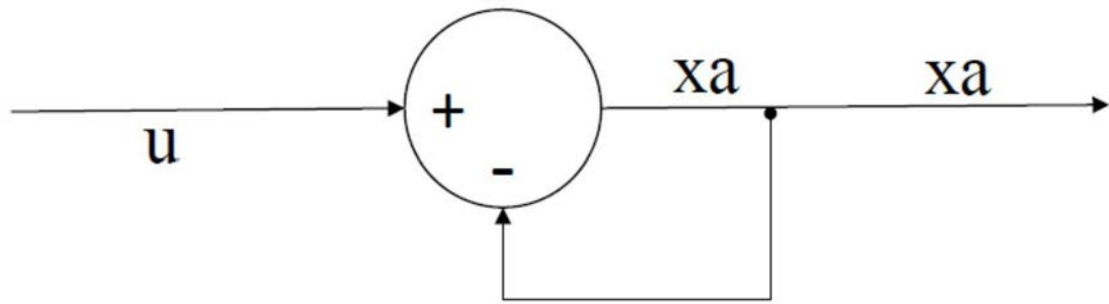


图1

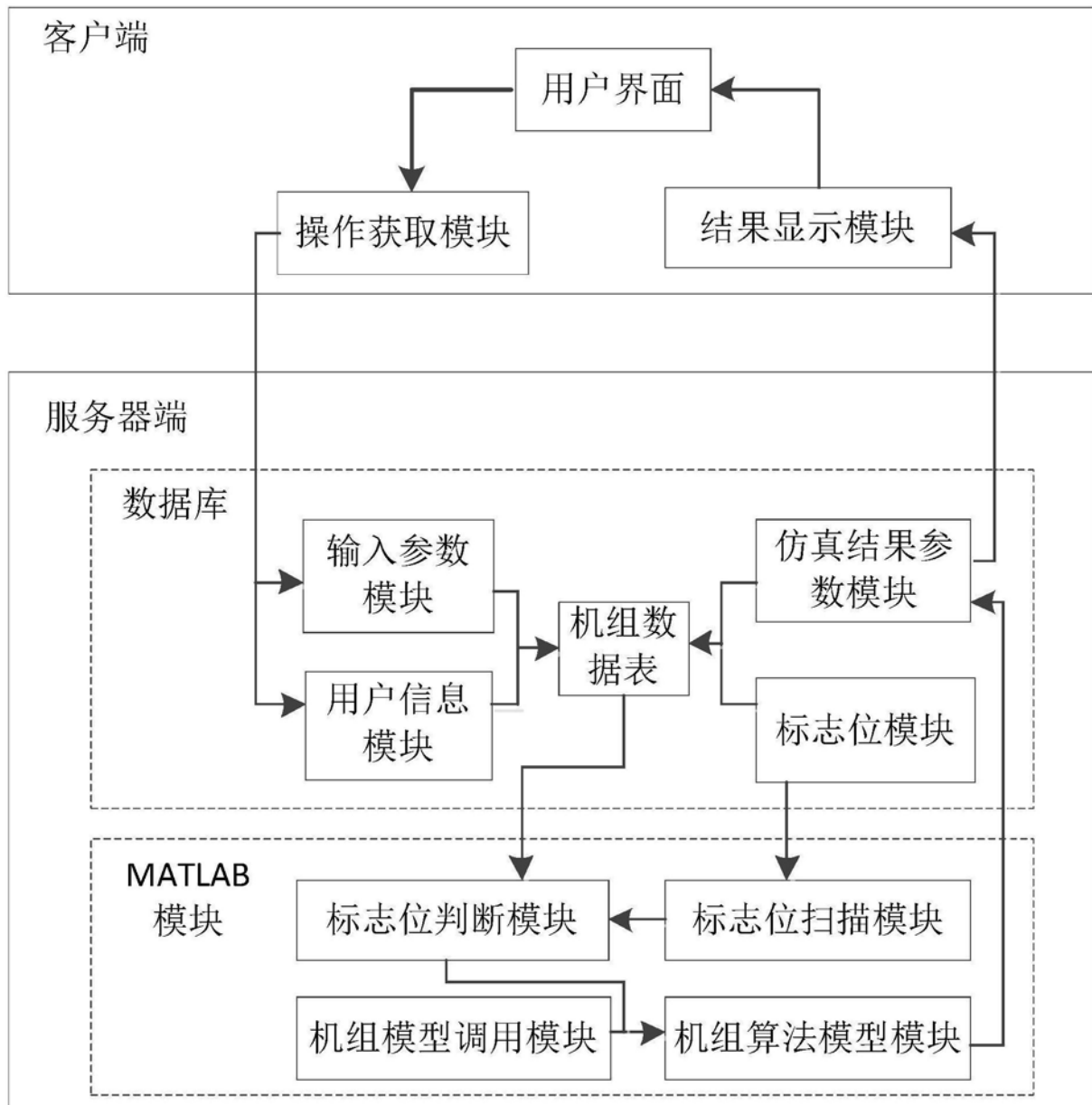


图2