

基于 SIMULINK 与 FLUENT 的协同仿真

刘辉玲

(武汉船舶职业技术学院电气与电子工程学院 湖北·武汉 430051)

中图分类号 :G71

文献标识码 :A

文章编号 :1672-7894(2015)16-0183-03

摘要 本文依据 FLUENT UDF 和 SIMULINK S 函数可二次开发的特点,提出了基于 Winsock 网络通信的方法,实现 FLUENT 和 SIMULINK 的协同仿真。本文首先结合 FLUENT UDF 和 SIMULINK S 函数的编程规则,给出了两者通信的具体实现步骤。然后,以储氢罐吸附储氢 FLUENT 模拟和 SIMULINK 模拟为例,实现了两种模拟每个迭代步中压力值的交互,验证了两者的可行性和实用性。

关键词 FLUENT SIMULINK 协同仿真

Collaborative Simulation Based on SIMULINK and FLUENT // Liu Huiling

Abstract According to the user redevelopment characteristics of FLUENT's UDF and SIMULINK's S function, this paper gives the communication method of FLUENT and SIMULINK based on Winsock network communication to realize their collaborative simulation. First, this paper gives the specific steps on the basis of programming rule of FLUENT's UDF and SIMULINK's S function to achieve their communications. Then, taking adsorptive hydrogen storage in hydrogen storage tank as an example, it realizes the interaction of the pressure value of each iterative step by the two kinds of software simulation, thus proving the feasibility and practicability of the method.

Key words FLUENT;SIMULINK;collaborative simulation

商业软件 FLUENT 在转换与湍流、传热与相变、多相流、动/变形网格、噪声、燃料电池等方面有广泛应用^[1-3]。Matlab 软件包 SIMULINK 可应用于线性系统、非线性系统、数字控制及数字信号处理等应用的动态系统建模、仿真和分析^[4-5]。FLUENT 提供 UDF(用户自定义函数)实现了用户的二次开发;在 SIMULINK 中可构建 S 函数实现用户所需的功能模块。SIMULINK 与 FLUENT 可通过这两个接口交互数据,从而实现协同仿真^[6-8]。

1 S 函数和 UDF

S 函数是系统函数(System function)的简称,可构建用户自定义功能模块。C/C++ 版本 S 函数的执行流程如图 1 所示。

在仿真过程中,首先执行 `mdlInitializeSizes()`,其功能是初始化;其次调用 `mdlInitializeSampleTimes()` 设置采样时间;再次,调用 `mdlOutputs()` 计算输出,若仿真步未完,重复执行该步,最后,在仿真步执行完毕后调用 `mdlTerminate()`,结束仿真过程。

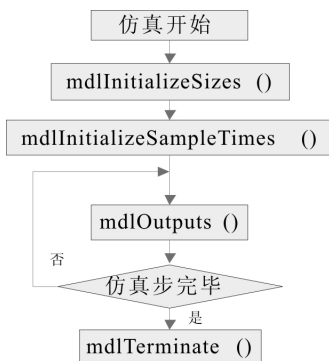


图 1 S 函数执行流程

FLUENT 使用 UDF 为用户提供了二次开发的功能。在 UDF 中,用户可定义各种所需的边界条件、物性参数、源项和其他功能,本文在 UDF 中使用 Winsock 实现网络通信。在 UDF 代码编写完毕之后,需对其进行编译得到动态链接库,并加载到 FLUENT 之中。

2 SIMULINK 与 FLUENT 协同仿真

本文采用 WinSock 编程,分别在 FLUENT UDF 和 SIMULINK S 函数中编写客户端程序和服务端程序,实现 SIMULINK 和 FLUENT 的数据交互,如图 2 所示。

FLUENT 与 SIMULINK 通信时,数据交互过程可在宏 `DEFINE_EXECUTE_AT_END` 和 `mdlOutputs()` 之间完成。本文采用 UDP 协议实现双方通信,以 FLUENT 为通信客户端, SIMULINK 为服务器端。

FLUENT 客户端的实现步骤如下:

- (1)调用 `WSAStartup()`,指定 socket 版本,并绑定相应的 Socket 库。
- (2)创建套接字,并设定与之通信的服务器端 IP 地址和端口号。
- (3)获取通信数据。在 UDF 中,可通过宏命令获取 FLU-

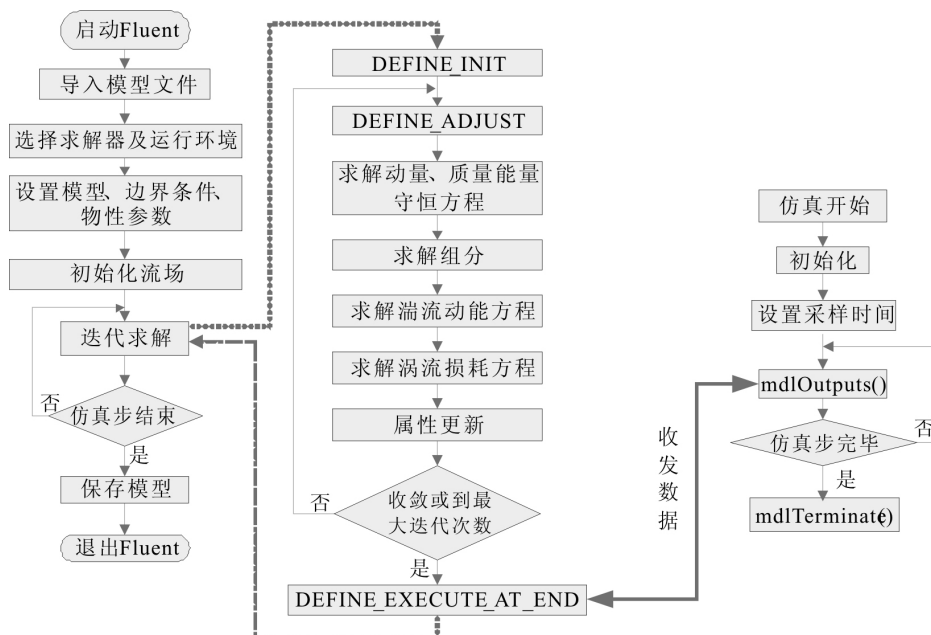


图2 FLUENT 与 SIMULINK 交互

ENT 模拟的相关数据。如 $C_R(c,t)$ 获取密度、 $C_P(c,t)$ 获取压力、 $C_T(c,t)$ 获取温度和 $C_H(c,t)$ 获取焓等, 获取这些参数信息还需用到 $thread_loop_c(t, d)\{\}$ 和 $begin_c_loop(c, t)\{\}$, 其功能分别为遍历域 d 中单元线 t 上的所有单元和单元线 t 上的所有 c 单元。

(4) 发送数据到 SIMULINK 服务器端。对第(3)步获取的数据分析和处理, 按通信双方预先定制的数据格式调用 $sendto()$ 发送到 SIMULINK 服务器端。

(5) 调用 $recvfrom()$ 从 SIMULINK 服务器端接收确认信息或反馈的参数数据。

(6) 若第(5)步接收的数据是 Simulink 服务端反馈的参数, 对参数进行分析, 并存储, 供下一个时间步的迭代求解时在 $DEFINE_INIT$ 宏对这些参数数据予以更新。

(7) 在一个时间步中若需多次交互数据, 重复(4)-(6)步。

(8) 若当前时间步是所设置的最后一步, 关闭套接字。

SIMULINK 服务器端的实现步骤如下:

(1) 调用 $WSAStartup()$, 指定 socket 版本, 并绑定相应的 Socket 库。

(2) 创建套接字, 并绑定端口号。

(3) 获取 S 函数所在模块的输入数据。这些输入数据可

以是时间、SIMULINK 其他模块计算的平均温度、压力等数据。在获取时, 先调用 $ssGetInputPortSignal()$ 获取其地址, 再取其值。

(4) 调用 $recvfrom()$ 接收从 FLUENT 客户端发送的数据。

(5) 若需向 FLUENT 客户端发送参数数据, 则分析和处理第(3)步获取的数据, 按通信双方预先定制的数据格式调用 $sendto()$ 发送到 FLUENT 客户端, 否则发送确认信息。

(6) 对第(4)步获取的数据进行分析处理, 作为 S 函数所在模块的输出。

(7) 在一个时间步中若需多

次交互数据, 重复(4)-(6)步。

(8) 关闭套接字。

上述 8 个步骤, 第(1)和(2)步的代码用于通信初始化, 可在 $mdlInitializeSizes()$ 中调用; 第(3)——(7)步的代码是通信交互过程, 在 $mdlOutputs()$ 函数中调用; 第(8)步的代码用于结束通信, 在 $mdlTerminate()$ 中调用。

在 SIMULINK 与 FLUENT 通信时, 本文采用了阻塞模式的 $recvfrom()$ 接收数据。接收方在接收到数据之前处于阻塞模式, 不会继续执行。通过这种方式, 使得 FLUENT 客户端与 SIMULINK 服务器端的模拟同步。在仿真时, 还需将 FLUENT 与 SIMULINK 的时间步长和迭代次数设置为相同值, 采用定步长方式。协同仿真开始时, 先启动 SIMULINK 服务器端。

3 算例

在本算例中, 以储氢罐吸附储氢为研究对象。储氢罐内填充物多孔介质活性炭, 碳床内的所有孔隙是连通的, 压力分布与空间无关。通过 Winscok 编程, 交互 SIMULINK 和 FLUENT 模拟在每个迭代步的压力值, 对两种模拟予以验证。

图 3 是储氢罐的二维轴对称几何模型, 储氢罐内径

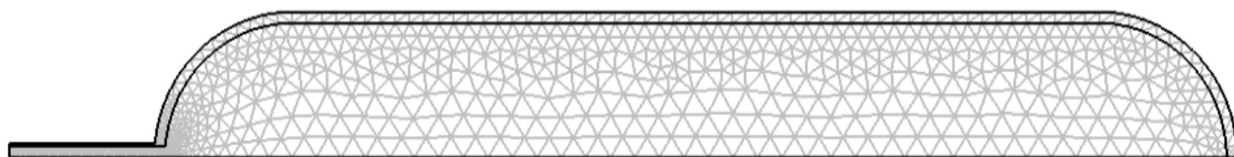


图3 储氢罐轴对称几何模型

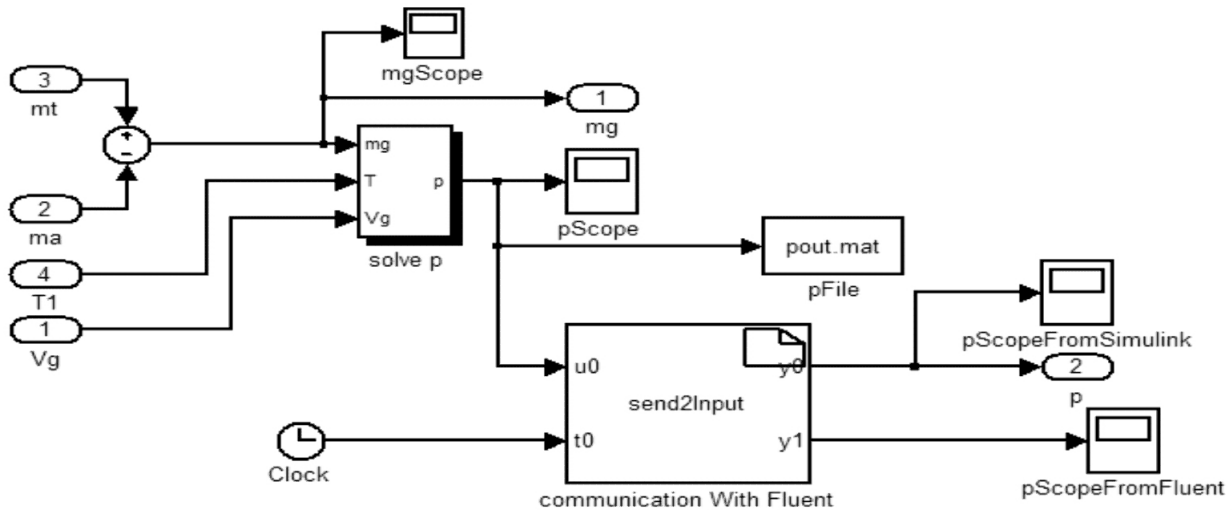


图 4 SIMULINK 与 FLUENT 压力关联的 SIMULINK 模块图

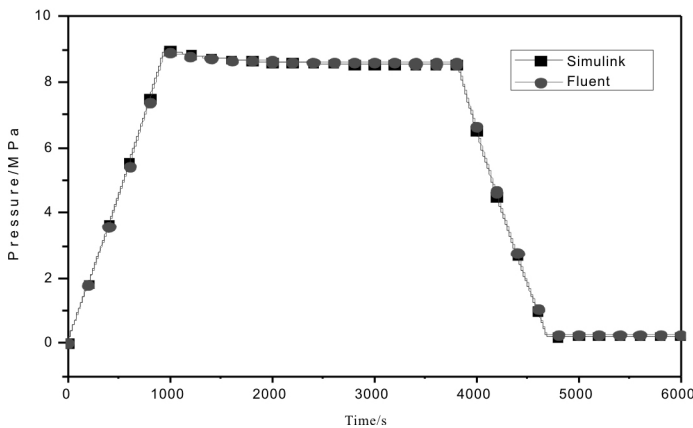


图 5 SIMULINK 与 FLUENT 模拟的压力关联比较示意图

46.9mm, 储氢罐钢壁厚度 3.9mm, 储氢罐长度 400mm。储氢罐内充满吸附介质活性炭 0.671Kg, 采用 302.5K 室温水与储氢罐换热, 换热系数为 $36W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$ 。

整个模拟过程分为充气、休眠、放气和休眠四个阶段, 各阶段起止时间和充气、放气的质量流量通量如表 1 所示。

表 1 充、放气时间和质量流量通量

时间(s)	充、放气质量流量通量($kg \cdot m^{-2} \cdot s^{-1}$)	充、放气质量流量通量($kg \cdot m^{-2} \cdot s^{-1}$)
0-953s	0.4074366	$2.0480e-5$
953-3822s	0	0
3822-4694s	-0.43480889	$2.1860e-5$
4694-6000s	0	0

图 4 所示的模块图是 SIMULINK 模型的局部图, 其中 communication with FLUENT 模块采用 S 函数实现, y_0 为 SIMULINK 计算的压力, y_1 为从 FLUENT 服务器端接收的

FLUENT 模拟压力。取出 y_0 、 y_1 数据绘图, 如图 5 所示。从图 5 可以看出, 两种软件关于压力的结果基本吻合, 从而有效地验证了两种模型的正确性。

4 结语

FLUENT 和 SIMULINK 软件没有直接交互的接口, 本文依据 FLUENT UDF 和 SIMULINK S 函数可提供二次开发的特点, 采用 Winsock 编程, 实现两者之间的数据通信, 并以储氢罐吸附储氢 FLUENT 模拟和 SIMULINK 模拟为例, 实现了两种模拟每个迭代步压力值的交互, 验证了两者交互的可行性和实用性。该方法可进一步推广到 SIMULINK 和 FLUENT 协同仿真的其他领域。

参考文献

- [1] FLUENT, Inc., 2006. FLUENT 6.3 Documentation User's Guide[K]. Lebanon, USA: FLUENT Inc., 2006.
- [2] 赵兴艳, 苏莫明. CFD 方法在流体机械设计中的应用[J]. 流体机械, 2000, 28(3): 22-25.
- [3] 鲍文, 李伟鹏, 常军涛, 等. 基于 FLUENT/SIMULINK 接口的分布参数系统闭环控制仿真[J]. 系统仿真学报, 2008, 20(11): 2851-2858.
- [4] 谢海斌, 张代兵, 沈林成, 等. 基于 MATLAB/SIMULINK 与 FLUENT 的协同仿真方法研究[J]. 系统仿真学报, 2007, 19(8): 1824-1856.
- [5] 贺明艳, 周苏, 黄自瓶, 等. 基于 SIMULINK/FLUENT 的 PEMFC 系统的系统仿真[J]. 系统仿真学报, 2011, 23(1): 38-43.
- [6] FLUENT 6.2 UDF Manual[K]. FLUENT Inc. 2005. 1: 1.12-1.14.
- [7] 张晓东, 张培林, 傅建平, 等. 基于 Matlab/FLUENT 的协同仿真技术[J]. 计算机工程, 2010, 36(20): 220-224.
- [8] 熊光楞. 协同仿真与虚拟样机技术[M]. 北京: 清华大学出版社, 2004.

编辑 李少华