

协同仿真环境的设计与实现^{*}

李群 王维平 朱一凡

(国防科技大学系统工程与数学系 长沙 410073)

胡晓峰

(国防大学 北京 100000)

摘要 本文从计算机技术和仿真技术的发展和用户需求出发,提出了协同仿真的基本概念和关键技术,包括建模方法、仿真算法、仿真数据库等几个方面。讨论了协同仿真环境的一般体系结构,最后,介绍了一种协同仿真环境的设计和实现方法。

关键词 协同仿真, 协同建模, 混合异构层次化模型

分类号 TP391. 9

Design and Implementation on Collaborative Simulation Environment

Li Qun Wang Weiping Zhu Yifan

(Department of Systems Engineering and Mathematics, NU DT, Changsha, 410073)

Hu Xiaofeng

(National Defense University, Beijing, 100000)

Abstract This paper proposes the basic concepts and key techniques of Collaborative Simulation in the light of the development and requirement of computer and simulation techniques. It includes modeling methodology, the simulation algorithm, simulation database, and so on. Finally, it proposes a general architecture and implementation for collaborative simulation environment.

Key words Collaborative Modeling, Collaborative Simulation, Hybrid Heterogeneous Hierarchical Model

1 基本概念

近年来,计算机技术的发展使人们对计算机环境的协作支持能力提出了更高的要求,能支持诸如管理、设计、讨论和创作中的协作。采用计算机支持的协同工作(Computer Supported Cooperative Work, CSCW)环境,工作人员可以跨越时空与异地人员协作完成复杂任务,提高工作效率并缩减不必要的开支^[4]。由于计算机环境协作能力的提高和仿真方法论的进步,使得仿真技术和环境可以具有协作能力。如在产品设计过程中,设计人员一般具有不同的组织和管理特性,在先期产品的概念开发和设计阶段,可能建立不同的仿真模型。由于地域和专业的差别,这些模型不便于进行组织和协调,因而有必要采用新的方法和环境支持仿真过程的协作。

协同仿真(Collaborative Simulation)是一种复杂系统仿真方法它支持处于不同地点、基于不同计算机平台的仿真人员,采用不同建模方法建立混合异构层次化的仿真模型^[3],并在分布环境上进行仿真运行、表现和分析协同仿真基于人员的分布和组织的管理特性,主要包括两个层次:组织内部的协同仿真和组织间的协同仿真。组织内部的协同仿真在建模和仿真上支持一般的协同工作概念;组织间的协同仿真主要利用跨越平台和提供远距离服务的底层结构如WWW,以支持模型资源的共享、维护和管理。

* 重大试验技术研究项目资助

1998年10月5日收稿

第一作者:李群,1971年生,博士生

协同仿真环境主要用于解决复杂系统设计中的仿真。这里复杂系统是指结构复杂,需要采用多面向建模方法才能完成的连续-离散事件混合系统。它的模型具有混合异构层次化模型的特点,即采用不同的建模方法和多层抽象所建立的层次化模型。协同仿真环境基于面向对象的连续-离散事件混合系统建模、仿真方法,应用 CSCW 的思想,为复杂系统的建模、仿真和表现提供方法和软件环境的支持。

2 协同仿真环境的一般体系结构

2.1 基本概念

在协同建模过程中,不同用户可以采用不同的建模概念建立、修改自己的模型,并可通过网络与其他人员共同建立和修改整个系统框架模型。因此在协同建模方法中,应包含两个空间概念:私有建模空间和共享建模空间。在私有建模空间中,用户可以采用不同概念建模方法以及层次化建模方法建立自己的对象模型,并在本地计算机上进行管理。在共享建模空间中,用户可以采用层次化建模方法与其他用户共同建立整个系统的应用模型。共享建模空间由服务器进行管理。建模服务器为多个用户提供共享的建模空间服务和模型管理服务。建模客户端为本地用户提供私有的建模空间和模型管理环境,用户可以通过它与建模服务器进行交互。

2.2 设计思想

作为一个仿真环境,协同仿真环境包括建模环境、仿真环境、数据管理和统计分析三个部分,它们构成了用户可以操作的建模空间和仿真实空间。为提高环境的适应能力,它需要解决仿真模型与环境之间、环境和环境之间、环境与数据管理之间以及环境与各种媒体表现之间的接口问题,并能有效地集成模型,为仿真模型的建立、运行、分布、表现和交互提供支持。

作为一个协同工作环境,协同仿真环境按照 CSCW 的系统层次可以分为:基础层、支持层和协作层^[5]。基础层为计算机硬件和系统软件提供的基本服务和通用的分布式系统技术,如操作系统、网络连接和网络管理等。支持层为仿真环境的协同建模和仿真提供支持。它主要由网络支持层、表现支持层、数据管理支持层和不同概念的建模、仿真支持层组成。在支持层的基础上,协作层为用户提供协同建模和仿真的功能,主要包括协同建模空间和协同仿真空间的管理。图 1 表示了协同仿真环境的层次结构。

2.3 一般体系结构

在不同工作站上,协同仿真环境之间主要通过网络支持层进行通讯。不同工作站上仿真环境之间的关系如图 2 所示。

整个协同仿真环境由协同建模空间和仿真实空间组成。在协同建模空间和仿真实空间中,协同仿真环境为不同人员间的协同建模提供了共享空间和私有空间的管理。协同建模空间主要由建模环境和模型管理组成。在私有空间中,建模者可以通过建模环境建立不同的概念模型,建立模型与表现的关系,访问仿真数据库,管理模型和仿真数据,并通过柔性框架建立混合异构模型。在共享空间中,用户可以通过网络服务层访问其它工作站上的模型、媒体和数据等资源,并与其他人员进行协作,建立整个系统框架模型。在仿真实空间中,用户可以在自己的私有空间中运行、测试所建立的模型;提供仿真模型的表现;与运行模型进行交互并观察仿真运行的结果。

3 协同仿真环境的设计和实现

根据已成熟的技术和方法,我们设计和实现了一个协同仿真环境 SimStudio 2.0,它的框架支持混合异构模型的建模仿真,支持模型的共享空间和私有空间,并为用户提供了—个存储和查询仿真数据

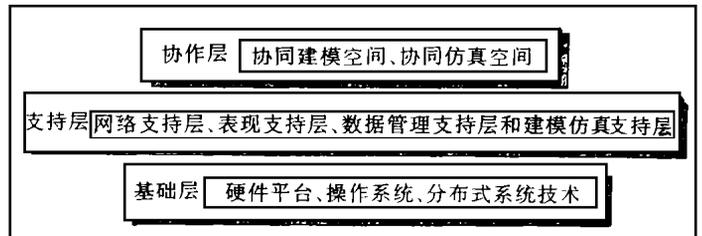


图 1 协同仿真环境的层次结构

Fig. 1 The Levels of collaborative Simulation Environment

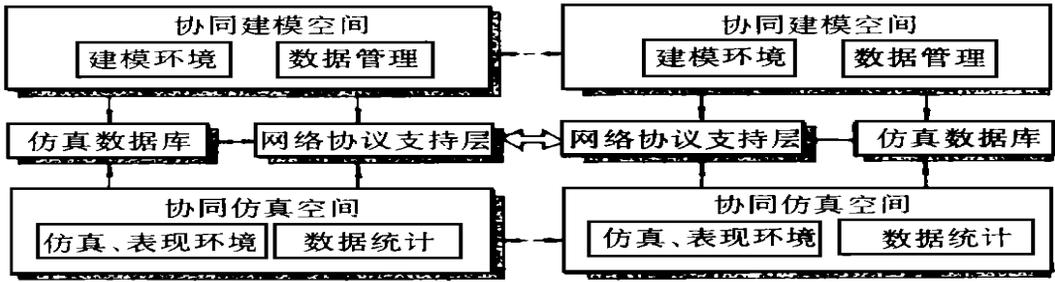


图2 协同仿真环境的体系结构

Fig.2 The Architecture of collaborative Simulation Environment

的工具。SimStudio 2.0 基于微机平台和 TCP/IP 协议，采用 Visual C++ 6.0 编程实现。由于表现环境需要大量的系统资源，表现环境基于 SGI 图形工作站，与仿真环境相对独立，由仿真器为表现环境提供表现脚本，表现环境独立对模型进行表现。这里从建模仿真的角度介绍协同仿真环境的设计和实现。

在 SimStudio 2.0 中，主要包括以下几个功能模块：建模环境、工程管理、模型服务器、仿真器和仿真数据库。

3.1 建模环境

协同仿真环境中，建模环境主要支持用户建立混合异构层次化模型，支持用户访问模型共享空间和共享资源。它主要包括如下功能：

- (1) 支持本地一般的模型管理功能；
- (2) 支持建立不同的概念模型，将这些模型作为可以进一步组合的基本模型；
- (3) 以基本模型为基础，采用柔性建模框架支持建立层次化的组合模型；
- (4) 支持用户访问共享空间和共享资源。

建模环境基本组成结构如图 3 所示。

在建模环境中，模型由模型服务器接口和本地模型管理模块提供。模型服务器接口向模型服务器请求模型文档和共享空间文档，将模型文档信息提交给本地模型管理模块，向图形建模环境提供共享空间模型。本地模型管理模块以树型结构显示本地工作站和服务器上当前工程的模型层次结构。在用户选择模型后，模型管理模块按照用户权限向图形建模环境提供相应的模型文档，由用户进行修改。图形建模环境除了向用户提供一般的图形建模接口外，还为用户提供访问共享空间的接口，用户可以在建模空间中依照特定的权限对共享空间中的模型进行操作。

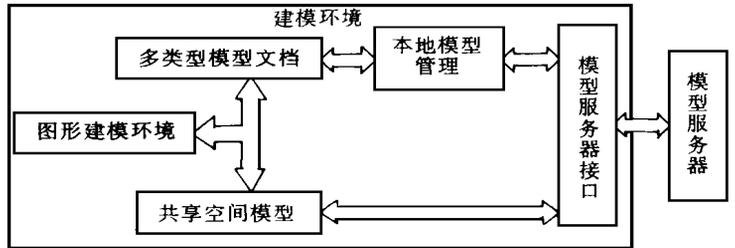


图3 建模环境的组成

Fig.3 Modeling Environment Architecture

在用户选择模型后，模型管理模块按照用户权限向图形建模环境提供相应的模型文档，由用户进行修改。图形建模环境除了向用户提供一般的图形建模接口外，还为用户提供访问共享空间的接口，用户可以在建模空间中依照特定的权限对共享空间中的模型进行操作。

3.2 模型服务器

在服务器上，系统管理员可以通过工程管理建立相应的面向仿真应用的工程项目。工程管理可以建立、修改模型服务器所需要的工程项目信息。在每个工程项目中包括模型的路径、用户信息、权限以及用户在共享空间中的操作权限。在启动服务器时，用户选择相应的工程项目，模型服务器根据工程项目信息确立模型服务路径，可参与的用户以及用户的共享空间。在建模环境向服务器发出请求时，服务器根据权限提供相应的服务，包括模型共享、共享空间服务以及网络对话服务。

工程管理和模型服务器的关系如图 4 所示：

3.3 仿真器

仿真器采用面向对象的思想，把不同的概念模型作为具有不同属性和方法的仿真模型，根据柔性框架中确定的公用属性和方法，由统一的仿真算法调用这些仿真对象的控制接口进行仿真。

基本对象模型根据不同的概念模型而采用不同的仿真算法,如 Petri 网、状态机和 SLAM 模型的仿真算法等。基本对象模型的仿真算法主要完成以下任务:执行当前时刻的仿真,条件事件检测、确定下一仿真时刻、消息的输入和输出等。不同的模型在完成这些任务时,含有不同的处理方法。这些处理依靠与混合异构模型统一的仿真算法的接口完成。仿真算法接口确定了基本对象模型的仿真调度机制与混合异构模型仿真算法的接口。

仿真模型一般具有相应的仿真算法,因此在一个仿真模型执行仿真时,需要该模型提供这种算法。采用面向对象的设计方法,可以将包含算法的仿真模型封装成类。在仿真模型类中包含仿真算法,而不必将算法独立出来,从而提高模型的适应能力。

仿真器根据选择的模型支持模型的仿真运行,主要支持模型的仿真运行、仿真控制以及仿真实验框架设计。根据用户在协同建模中所建立的混合异构层次化模型,仿真器除包含不同建模概念所涉及的仿真算法外,还需要统一的控制算法来控制调用不同模型的仿真算法^[3]。仿真器根据柔性框架确立的仿真模型,采用基于实例的方式进行仿真运行。首先,载入将要运行的仿真模型,根据模型产生仿真运行所需要的仿真类模型。而后根据模型产生相应的仿真实例,进行仿真运行的初始化,根据仿真实例的状态进行仿真时钟的推进。在仿真时钟推进时,调用仿真实例对应的类模型的算法对仿真实例进行处理,支持混合异构模型的仿真。仿真实验框架设计主要包括模型实例的参数、状态输入以及状态保存、仿真时间设置、为仿真表现环境生成表现脚本等。此外,在仿真运行时,仿真器允许用户可以实时察看和修改仿真实例的状态。

3.4 仿真数据库

因为模型和媒体的多样性,所以在当前的协同仿真环境中,仿真数据库只负责仿真数据的保存和管理。在混合异构层次化模型中,模型具有层次性,所以仿真数据库将仿真器产生的数据也按照模型的层次性,采用关系数据库进行保存和管理,并支持用户将保存的数据按照层次关系进行查询,为用户提供图形化的统计工具进行相应的统计分析。

4 结束语

协同仿真环境能为仿真人员的协作提供方法和软件上的支持,能够在诸如虚拟原型设计(Virtual Prototype, VP)中的先期概念开发、设计和演示中,支持不同部门设计人员的模型开发、集成和运行,可以为分布式设计环境提供仿真支持。在当前的协同仿真环境的实现中,仿真环境支持的模型仅在框架上支持混合异构模型,在引进新的概念模型时,需要模型软件的重复开发。因此,有必要采用新的软件集成方法,如基于组件的集成方法,集成新的概念模型。这样,可以保证满足相应规范的模型方便、快捷地融入到仿真环境中,拓宽环境的适应能力。

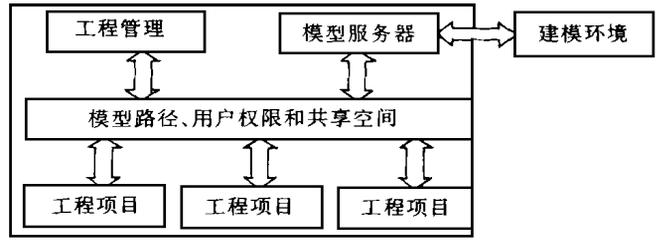


图4 工程管理和模型服务器

Fig. 4 Project Manager and Model Server

参考文献

- George W. Zobrist. Object-Oriented Simulation, Reusability, Adaptability, Maintainability. IEEE Press, 1996
- Zeigler B P. Object-Oriented Simulation With Hierarchical Modular Models. Academic Press Inc, 1990
- Victor, T. Miller. Hybrid Heterogeneous Hierarchical Model for System Simulation. International Journal in Computer Simulation, 1995
- Ahmed Karmouch. Multimedia Distributed Cooperative System. Computer Communications, September, 1993
- 李群等. 面向对象的多媒体仿真建模环境. 系统仿真学报, 1995, 7(4): 25~32
- 王维平等. 多媒体仿真建模方法和仿真策略. 系统仿真学报, 1995, 7(4): 11~17