

基于网格技术的仿真系统互联与互操作

李妮, 肖振, 徐丽娟, 彭晓源

(北京航空航天大学自动化科学与电气工程学院, 北京 100083)

摘要: 当前国内基于 HLA/RTI 开发的大多数仿真系统都是在局域网内构建单联邦, 实现联邦内各联邦成员之间的互联与互操作。该文将网格技术与 HLA/RTI 相结合, 实现广域网内多个仿真系统之间的互联与互操作, 完成联邦级或系统级的功能共享和重用, 并对基于网格技术互联的系统体系结构及关键技术进行了介绍。

关键词: 仿真系统互联; 网格; 高层体系结构; 运行时间框架

Connection and Interoperability of Simulation Systems Based on Grid Technology

LI Ni, XIAO Zhen, XU Li-juan, PENG Xiao-yuan

(School of Automation Science and Electrical Engineering, Beijing University of Aeronautics and Astronautics, Beijing 100083)

【Abstract】 Most of the domestic simulation systems developed based on HLA/RTI at present are built in LAN to form a single federation and realize the connection and interoperability among the federates. In this paper, grid technology is integrated with HLA/RTI to achieve the connection and interoperability among simulation systems in WAN so as to share and reuse the federation-level or system-level function. Also the architecture and key technologies of the connected systems based on grid are introduced.

【Key words】 simulation systems connection; Grid; High Level Architecture(HLA); Runtime Infrastructure(RTI)

HLA(高层体系结构, High Level Architecture)/RTI(运行时间框架, Runtime Infrastructure)是当前IEEE建模与仿真高层体系结构标准, HLA通过引入RTI将分布仿真功能的开发、执行同相应的支撑环境分离开。RTI提供了较为通用的标准软件支撑服务, 具有相对独立的功能, 在联邦内部方便地实现成员及部件的即插即用, 针对不同的用户需求和不同的目的实现联邦组合和重配置, 促进联邦范围的互操作和重用^[1]。网格是一个集成的资源与计算环境, 是当前信息领域的研究热点, 网格技术的迅速发展为建模仿真技术提供了一个新的方向和技术支持。当前国内基于HLA/RTI开发的大多数仿真系统都是在局域网内构建单联邦, 实现联邦内各联邦成员之间的互联与互操作。

1 网格对 HLA 的扩展和对仿真应用互联的支持

当前以 Globus 为代表的网格技术得到了迅速发展, 基于 Web 服务资源框架(Web Service Resource Framework, WSR)规范的 GT4(Globus Toolkit 4), 以 Web 服务的方式向用户提供资源共享的各种高层服务和开发平台。

FOM(Federation Object Model)是 HLA 规范中定义的联邦对象模型, 用来提供一个联邦内各成员间所有用于交换的数据的详细说明。RTI 实现与 FOM 的紧耦合应用开发方式使得当前 HLA 仿真应用系统的重用性和共享性不够。因此, 很多仿真应用系统选择了基于 CORBA 技术和 Internet 互联网技术的信息支撑体系, 或与 HLA/RTI 结合的机制, 希望借助商用的分布式计算协议及规范来实现仿真组件的重用以及仿真系统的快速构建。

网格计算是 CORBA, RMI 等分布式计算技术的进一步发展, 采用开放的标准和协议、更加强健和透明的体系结构,

在广域网内网络安全机制的保证下实现资源的发现与共享。再进一步比较网格技术和 Web Services: Web Services 支持松耦合的分布式应用, 更强调分布式应用间的互操作性; 网格技术更强调系统体系结构和资源共享性, 不具体定义协议和消息格式的细节。WSRF 对两者的概念进行了相互补充, 并实现了在分布式系统中的结合^[2], 因此网格技术是广域网环境中适于与 HLA/RTI 结合的分布式计算规范, 能够使分布式仿真开发过程具有更大的灵活性和可扩展性。

2 仿真系统互联的系统结构

在构建一个大规模仿真应用系统时, 往往可以在已有系统和功能的基础上进行集成, 而无需从头开发。目前大多数仿真系统采用 HLA 规范, 但是也存在着基于 DIS(Distributed Interactive Simulation)、自定义通信规范等的各种早期开发的系统。基于 Grid Services/Web Services 实现这些仿真系统间数据的交互, 来完成联邦级或系统级的功能共享和重用。采用基于服务的标准交互方式, 适用于跨越不同地域的仿真联邦、异构仿真系统或单个节点间的互联和互操作。考虑广域网环境下的网络延迟和阻塞问题, 各仿真联邦和系统内部各节点间可以是紧耦合, 但通过服务的方式交互的系统间只能是松耦合的^[3-4]。

以连接基于局域网 RTI 的两个 HLA 仿真联邦为例的系统

基金项目: 国家自然科学基金资助项目“网络中心战建模/仿真关键技术研究”(60574048)

作者简介: 李妮(1980-), 女, 讲师、博士, 主研方向: 仿真网格技术, 虚拟样机技术; 肖振、徐丽娟, 博士研究生; 彭晓源, 教授、博士生导师

收稿日期: 2007-01-08 **E-mail:** lini@buaa.edu.cn

拓扑图如图 1 所示，两个局域网分布在不同的地理位置，局域网内部仍然构成一个具有仿真资源库的网格虚拟组织。在互联的仿真联邦内部构建一个跨接局域网和广域网的代理节点。这个代理节点一方面将本联邦或系统的运行数据以网格服务方式发布给仿真网络上其他系统，另一方面以访问网格服务的方式获取其他联邦或系统的运行数据，以实现整个大系统内数据的交互。多个系统互联后，在功能上构成了一个具有更多实体、更大规模的仿真系统，特别是对于分布式虚拟战场仿真应用系统，集成后需要发布比互联前更高层次的指控命令。可以将指控节点功能及门户部署在应用服务器上，收集互联联邦的运行数据，完成指控逻辑解算并发布指控指令。

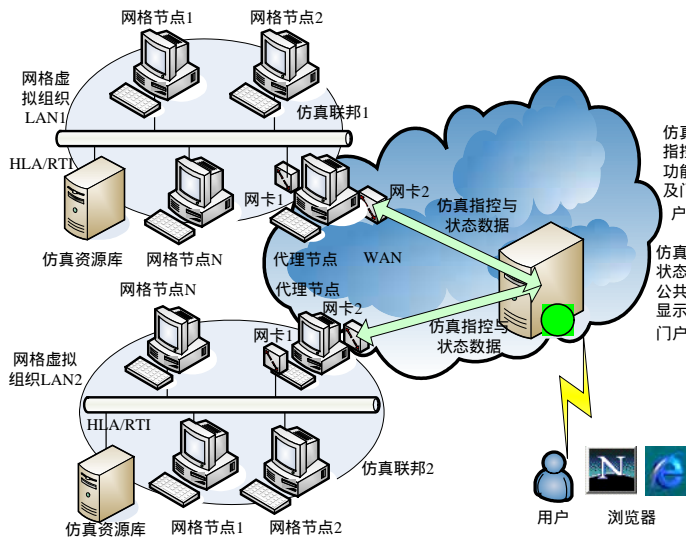


图 1 基于网格技术的仿真系统互联结构

3 关键技术研究及实现

系统实现采用图 2 所示的三层结构，以下分别介绍各个层次关键技术的研究与实现。

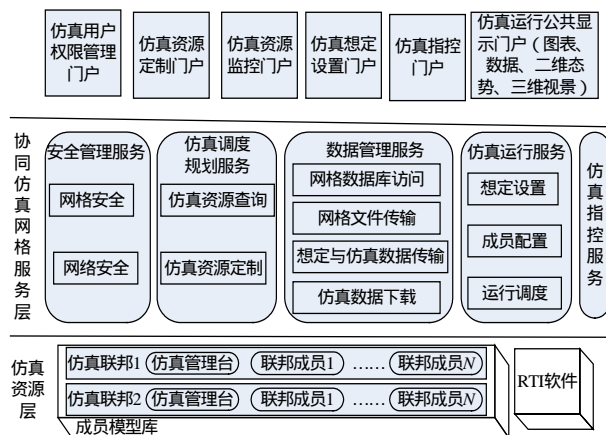


图 2 系统实现结构

3.1 仿真资源层关键技术研究及实现

采用 Oracle 数据库存储对象字段的功能，建立联邦成员模型库和 RTI 软件资源库。对已有仿真联邦中的联邦成员模型代码进行修改，以可供调用的仿真资源形式(联邦成员可执行程序及相关配置文件)存储在数据库中。将 RTI 运行需要的执行文件和库文件也存储在数据库中，以实现 RTI 软件资源的动态部署。

3.2 协同仿真网格服务层关键技术研究及实现

协同仿真网格服务层包括安全管理服务、仿真调度规划服务、数据管理服务以及仿真运行服务。

安全管理服务是基于网格重用和共享 RTI 仿真系统资源的基础，采用网络安全机制和网络安全机制结合的方式来分别保证网格环境中对各种资源的控制以及仿真网格用户的权限。仿真调度规划服务部署在应用服务器中，包括仿真资源查询和仿真资源定制模块。仿真资源查询模块完成对虚拟组织内节点信息的查询以及对仿真系统及其各联邦成员信息的查询；仿真资源定制模块收集联邦成员的运行配置需求以及网格节点负载状态，完成负载等级划分，提供不同的资源配置方式，并根据选择的资源配置方式制定仿真调度计划表。

数据管理服务保证了整个系统中各种数据传输功能的实现，包括仿真系统与数据库间的数据交互，仿真系统间的数据交互，网格环境中的文件传输，仿真系统、数据库与应用服务器间的数据交互以及应用门户与应用服务器间的数据交互。仿真运行服务部署在应用服务器中，实现想定设置、成员配置以及运行调度功能。下面着重说明协同仿真网格服务层中数据传输与仿真指控服务实现中涉及的关键技术。

(1) 基于 XML 的数据交换格式与数据处理

当实现多个联邦互联时，交互的数据是多个联邦的仿真状态，数据量更多也更复杂。因此基于 XML 定义通用的数据交换格式，开发并提供针对此格式的 XML 数据生成和解析的应用程序接口。

```

<xml>
<federation name="CGF">
<struct instance="CGF1.CGF1" name="BMB_CC"
status="new">
<param name="BMB_CC.Available" type="short" value="1"/>
...
</struct>
</federation>
<federation name="SAT">
</federation>
</xml>

```

基于 XML 的数据交换格式如上所示，federation 元素对应一个仿真联邦，在 name 属性中指明联邦的名称，在一个 <federation></federation> 标签对中放置此联邦需要对外发布的所有数据信息。federation 元素的子元素 struct 对应 FOM 中的一个对象类或者交互类数据结构。instance 属性指明此数据结构为对象类还是交互类，如果是对象类，以“联邦成员名称.对象实例名称”的格式设置标识对象实例的唯一属性值，如果是交互类，属性值为“interaction”。name 属性指明此结构体的名称，与 FOM 相对应。status 属性当此数据结构为对象类时有效，如果是新创建的对象类实例，设置为“new”，如果不是则设置为“old”。prama 元素为 struct 的子元素，具体描述结构体中的参数信息，name 属性指明参数名称，type 指明参数类型，value 属性为参数值。多个联邦则对应多个 <federation></federation> 标签对，并列排列在文档中。

XML 处理 C++ API，对 Xerces 提供的 DOM 功能进行封装，提供针对以上格式定义的数据接口，实现联邦交互数据 XML 文档的生成和解析。选择仿真管理台节点承担代理节点的功能，调用 XML 文档处理接口。

(2)数据交互方案及实现

采用图 4 所示的数据交互方案,在作为代理节点的主机上运行仿真管理平台程序和部署 GT4 网格服务容器。修改原有的仿真管理平台程序,使其具有代理功能;在 GT4 网格服务容器中加载具有通知机制的服务与管理台程序交互数据。

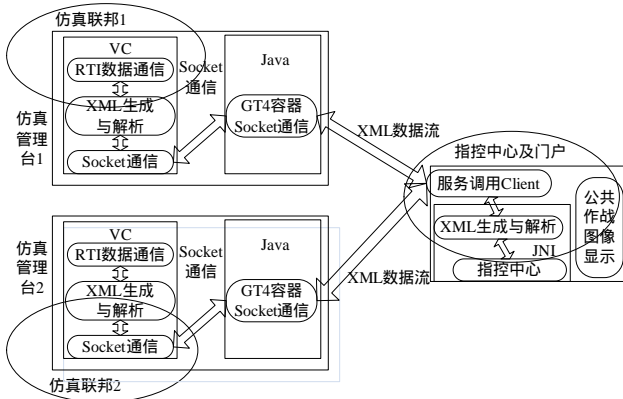


图 4 数据交互方案

仿真管理平台原有程序是基于 VC 实现的,因此嵌入封装的 XML 文档处理类和实现 Socket 双向通信的动态链接库,与基于 Java 实现的 GT4 网格服务容器中的服务进行通信。一个线程负责从 GT4 服务接收 XML 数据流,对数据流进行解析获取本联邦需要的指控中心及应用门户中的想定与指控参数及其他仿真联邦运行数据,再通过 RTI 以交互类的方式发布想定、指控命令和以对象类的方式发布其他联邦仿真数据;另一个线程将通过 RTI 订购的仿真联邦运行数据生成 XML 数据流,发送给 GT4 服务。

与管理台程序对应,GT4 网格服务中同样放置两个对应的 Socket 通信线程。基于 WSRF 提供的通知机制实现不同仿真联邦数据的转发。指控中心及应用门户上的服务调用客户端访问不同仿真联邦中仿真管理平台节点上部署的 GT4 服务,分别获取单个联邦的 XML 数据流。把数据流叠加,合并成仍然符合 XML 数据交互格式的所有联邦及指控数据的总和。当数据发生变化时,以通知的方式将合并后的数据返回给各个 GT4 服务,各个联邦经解析后获得各自所需的数据。

(3)指控中心功能实现

指控中心的功能和应用门户一起部署在应用服务器上,根据获取的各个仿真联邦数据进行模型解算以发布指控命令和进行公共作战图像显示。指控中心的功能代码可以基于 Java 开发,也可以利用 JINI 封装和重用原有基于 VC 开发的功能模块。

3.3 应用门户层关键技术及实现

应用门户层采用 Weblogic 的集成开发环境 Workshop 作为开发工具,以页面流方式实现符合 MVC(Model-View-Controller)的应用开发模式^[5],如图 5 所示。以 JSP(Java Server Pages)实现各类门户显示,与用户进行基于 Web 页面的图形化交互;将协同仿真网格服务层中的相应应用逻辑以 Java 文件、Forward 对象逻辑以及表单 Bean 的形式集成在应用服务器后台;页面流控制器负责根据用户操作调用相应的应用逻辑,正确地实现页面内容的更新显示和各个应用门户页面间的切换。

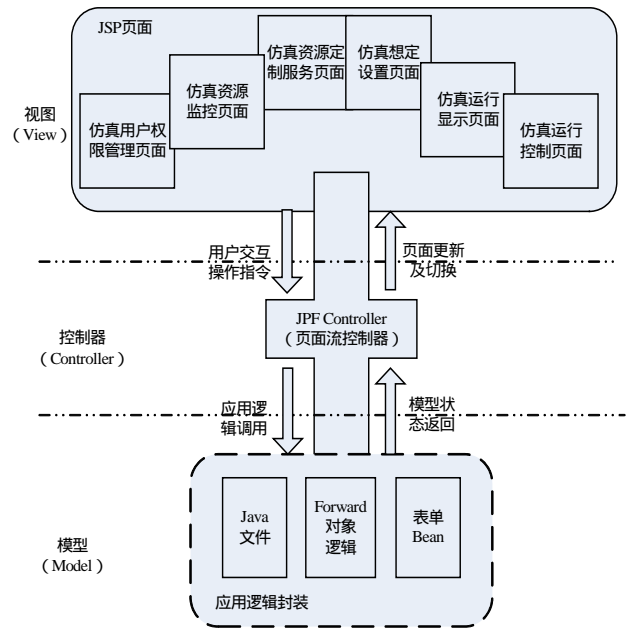


图 5 应用门户层实现原理

4 结束语

目前按照以上结构和技术途径完成了广域网内计算机生成兵力、天基预警两个仿真联邦以及指控中心节点之间基于网格服务的互联与数据通信。通过基于 Web 的系统互联应用门户能够自动启动和连接两个仿真联邦和指控中心,并提供指控中心指控命令的发布状况和公共作战图像的二维/三维态势显示。

基于网格技术实现仿真系统间的互联和互操作实现了广域网内联邦级及系统级功能的共享和重用。需要指出的是,采用标准的基于服务的互联方式使得广域网内仿真系统间的操作成为可能,但是广域网中传输带宽、传输延迟、传输阻塞以及 Grid/Web Services 传输机制的限制等问题也不可避免地带来了系统间的通信开销。

参考文献

- [1] IEEE Std 1516. 1-2000 Standard for Modeling and Simulation (M&S), High Level Architecture (HLA)——Federation Interface Specification[S]. 2000.
- [2] Pullen J M, Brunton R, Drake D, et al. Using Web Services to Integrate Heterogeneous Simulations in a Grid Environment[C]//Proc. of 2004 ICCS Workshop on HLA-based Distributed Simulation on the Grid. Krakow Poland: [s. n.], 2004.
- [3] Tihua Y, Baoshu W. A Grid Service Model of Network Centric Warfare Based on OGSA Framework[C]//Proceedings of International Conference on Communications, Circuits and Systems. [S. l.]: IEEE Press, 2005.
- [4] Morse K L, Brunton R. An Architecture for Web-Services Based Interest Management in Real Time Distributed Simulation[C]//Proc. of the 8th IEEE International Symposium on Distributed Simulation and Real-time Applications. [S. l.]: IEEE Press, 2004.
- [5] Gamma E, Helm R, Johnson R, et al. Design Patterns: Elements of Reusable Object-oriented software[M]. [S. l.]: Addison Wesley/Pearson, 2004.