

# 基于桥接盟员的异类 RTI 和多联盟互连技术研究

蔡楠 周忠 吴威

(北京航空航天大学计算机学院 北京 100083)

(cainan@vrlab.buaa.edu.cn)

## Research on the Interconnection of Heterogeneous RTIs and Multi-Federations Based on Bridge Federate

Cai Nan, Zhou Zhong, and Wu Wei

(School of Computer Science and Engineering, Beihang University, Beijing 100083)

**Abstract** High level architecture (HLA) is based on a single federation execution, and does not refer to the interoperability and reusability between heterogeneous RTIs and multi federations. Presented in this paper is a software architecture based on bridge federate to interconnect heterogeneous RTIs and multi federations. Then the design and implementation of RTIBridge, an interconnecting software of heterogeneous RTIs and multi federations, are described. The typical procedures the bridge federate take when executing RTI services are analyzed. And then a heterogeneous RTIs and multi federations development and execution process model is provided. Finally experiment results are given.

**Key words** heterogeneous RTI; multi federation; bridge federate; FOM mapping file (FMF)

**摘要** 高层体系结构(high level architecture, HLA)的互操作模式基于单一的联盟执行上下文,并未涉及不同 RTI(runtime infrastructure)和联盟间的互操作及联盟级的互操作和重用.提出一种基于桥接盟员的异类 RTI 和多联盟的互连体系结构,据此设计实现了 RTIBridge 桥接软件,详细介绍其软件结构以及其中的关键技术问题,分析了桥接盟员执行 RTI 服务的典型流程,提出一种异类 RTI 和多联盟互连开发和执行过程模型,最后进行了实验与结果分析.

**关键词** 异类 RTI; 多联盟; 桥接盟员; 联盟对象模型映射文件

中图法分类号 TP391.9

HLA 通过通用的、相对独立的支撑服务使应用层同底层支撑环境分离<sup>[1]</sup>. RTI 是遵循 HLA 接口规范的软件系统,它提供了 HLA 接口规范中定义的服务功能并按照 HLA 接口规范提供对盟员互操作的支持.随着仿真应用的深入,其形式日趋复杂,利用已有系统集成开发是当前仿真应用领域存在的一种需求,需要提供多个联盟或 RTI 互连的机制以方便集成开发.

### 1 异类 RTI 和多联盟互连的研究现状

为实现共同目标而协同工作的一系列联盟和 RTI 的集合称为多联盟<sup>[2]</sup>.能直接共享相同的私有代码和状态信息的 RTI 称为同类 RTI (homogeneous RTI)<sup>[2]</sup>.遵循的标准(HLA v1.3<sup>[3,5]</sup>或 IEEE1516<sup>[6,8]</sup>)不同、支持的操作系统不同及提供的接口的不同等,

导致不同的 RTI 不能够直接进行数据交换和互操作, 这些 RTI 称为异类 RTI (heterogeneous RTI)<sup>[2]</sup>. 按是否使用相同的联盟对象模型 (federation object model, FOM) 构建联盟, 可分为同构联盟和异构联盟.

RTI 互操作性研究小组归纳了 HLA 互操作的 4 种解决方案<sup>[2]</sup>: 盟员网关 (federate gateway), 桥接盟员 (federate proxy), RTI 代理 (RTI broker), RTI 互操作协议 (RTI interoperability protocol). Dingel 等人提出一种基于 HLA 桥<sup>[9-10]</sup>的多联盟互连方法. 国防科技大学设计了一个基于桥接盟员的多联盟互连原型系统<sup>[11]</sup>. Cai 等人提出以层次联盟<sup>[12-13]</sup> (hierarchical federation) 来实现多联盟的互操作. 层次联盟是将低层联盟作为盟员加入高层联盟执行中来提供联盟级的互操作和重用. 国防科技大学也开展对层次联盟的研究<sup>[14]</sup>, 提出通过提供层次联盟执行接口 (hierarchical federation execution interface, HFI), 使低层联盟执行作为盟员加入高层联盟执行. 国内外已有一些 DIS/HLA 互连软件, 如美国 MÄK 公司的 MÄK Gateway<sup>[15]</sup>和由北京航空航天大学开发的 DIS/HLA 网关<sup>[16]</sup>. 也有机构对异类 RTI 互连问题进行探索性实践. 如瑞典的 Pitch 公司为使 pRTI 的 HLA v1.3 下的仿真程序可以与 IEEE1516 标准下的仿真程序互连, 开发了 1516 Adapter<sup>[17]</sup>. 1516 Adapter 为遵循 HLA v1.3 的盟员提供一些 HLA v1.3 的 API, 使其能运行于 pRTI 1516.

现有研究以 DIS/HLA 系统互连和多联盟互连为主, 在异类 RTI 互操作方面也存在一些研究, 但目前国际上尚未形成较为系统的软件. 本文研究异类 RTI 和多联盟的互连技术, 设计实现了异类 RTI 和多联盟互连软件——RTIBridge, 能在一定程度上实现 1.3 和 1516 应用系统的互操作, 并可以支持多联盟的互连.

## 2 桥接盟员互连技术

桥接盟员最初是为解决联盟间多级安全性而提出的. 它将一个特殊的盟员——桥接盟员, 作为两个联盟间消息传递的媒介, 使不需对原联盟对象模型 (FOM) 和 RTI 接口实现进行修改, 即可实现多个 HLA 仿真系统的互连, 节省了重新设计、互连开发的工作. CMU 提出的桥接盟员结构如图 1 所示, 联盟 A 和 B 由桥接盟员 F 连接在一起<sup>[9]</sup>. 桥接盟员的转换部件根据映射关系将桥一边的实体 (服务、对象、属性、交互等) 映射为另一边的相应实体.

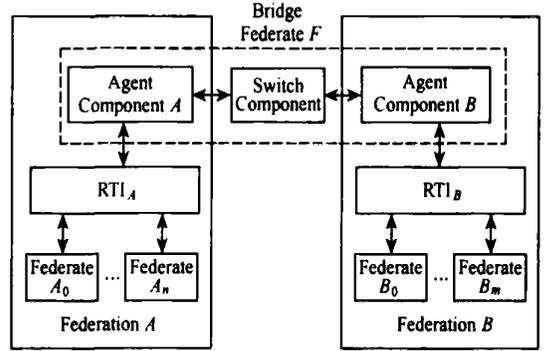


Fig. 1 Interconnection of federation A and federation B.

图 1 联盟 A 和 B 桥接互连

## 3 RTIBridge 体系结构

我们设计的 RTIBridge 由两个代理部件和一个用于协调代理部件行为的转换部件组成. 代理部件作为盟员加入相应的联盟, 从它所加入的联盟获取联盟控制信息和对象/交互信息发送给转换部件, 并从转换部件接收其他联盟的信息, 通过调用 RTI 服务把信息发送给所加入的联盟. 转换部件是代理间的消息通道. 它根据映射文件设定的多联盟间同构/异构 FOM 的转换规则协调代理部件的行为, 提供消息转换及转发功能.

### 3.1 软件组成

RTIBridge 的软件组成包括 RTI 数据转换器 (RTISwitch)、RTI 数据代理 (RTIAgent) 和 HLA OMT 编辑器 (OMTDesigner), 如图 2 所示. 在互连过程中, 首先使用 OMTDesigner 来根据多联盟互连关系来制定 FMF (FOM mapping file), 再由 RTISwitch 来读取并对 RTIAgent 的数据进行转换.

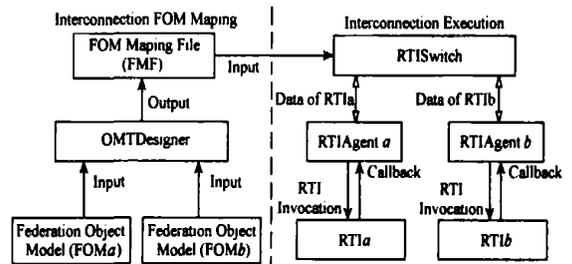


Fig. 2 Software architecture of RTIBridge

图 2 RTIBridge 软件组成

### 3.2 RTI 数据代理——RTIAgent

RTIAgent 是 RTI 数据代理程序, 它在运行时作为一个普通盟员加入本联盟, 同时与 RTISwitch 建立连接. 一方面它从 RTI 接收本联盟执行的数据, 并将这些数据按照 RTIAgent 与 RTISwitch 之间通

信协议格式封装后发送给 RTISwitch; 另一方面从 RTISwitch 接收来自其他联盟执行中的数据, 并通过调用 RTI 服务将这些数据传递给本联盟执行. RTIAgent 的运行需要两部分底层支持: RTI 开发库和与转换器通信的运行支持库. 如图 3 所示, 由代理模块、本地盟员模块、盟员大使模块、消息处理模块等组成.

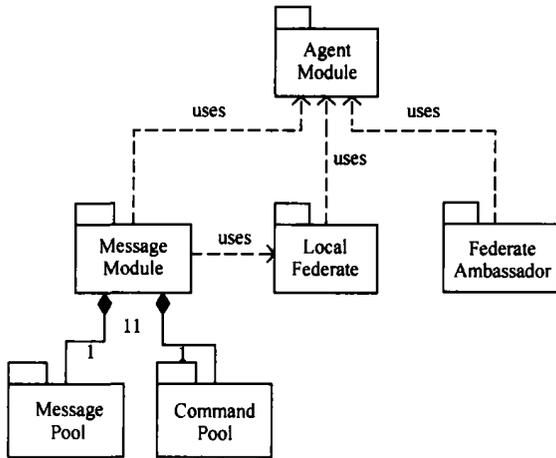


Fig. 3 Module chart of RTIAgent. 图 3 RTIAgent 模块图

代理模块负责与 RTISwitch 进行通信, 接收、处理、转发来自不同联盟的仿真数据. 本地盟员模块作为盟员加入仿真联盟, 封装了 RTI 服务, 供消息处理模块在处理消息时调用. RTIAgent 通过盟员大使模块回调执行相应的虚函数. 消息处理模块负责对从 RTISwitch 收到的消息进行处理.

### 3.3 RTI 数据转换器——RTISwitch

RTISwitch 数据转换器是 RTIBridge 系统的核心处理部件, 它为每个 RTIAgent 创建一个通信线程, 从这些线程中接收各联盟的消息, 并进行转换, 向需要的 RTIAgent 通信线程发送消息. RTISwitch 的运行需要运行支持库和配置设定. 它由 6 个模块组成, 如图 4 所示, 分别是数据转换模块、侦听连接模块、代理消息接收模块、键盘输入处理模块、RTI-Agent 通信协议模块和 XML 解析模块.

侦听连接模块负责响应 RTIAgent 的连接请求. 代理消息接收模块用于建立与 RTIAgent 的连接, 进行数据通信. 数据转换模块对全局消息队列中的消息进行转换. 用户可以通过键盘输入处理模块查看和控制整个 RTISwitch 的工作过程. 通信协议模块维护与 RTIAgent 的通信协议. RTIAgent 和 RTISwitch 可以通过 TCP/IP、共享内存等方式通信. XML 解析模块提供对 XML 配置文件的解析.

以初始化 RTISwitch 及 RTIAgent.

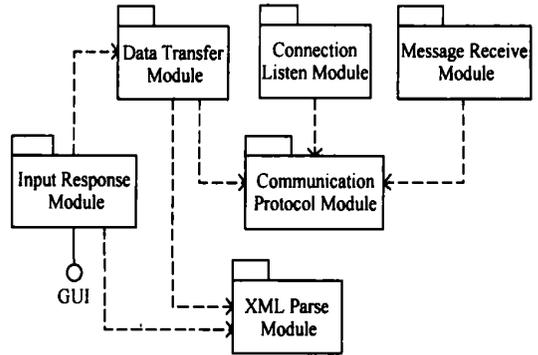


Fig. 4 Module chart of RTISwitch. 图 4 RTISwitch 模块图

### 3.4 OMT 编辑器——OMTDesigner

OMTDesigner 包括 3 个方面的功能: 图形化的 HLA 对象建模、FOM/SOM 格式转换、FMF 编辑. 如图 5 所示, 包括内部数据结构模块、FDD 解析模块、FED 解析模块、FMF 解析模块、图形绘制模块等.

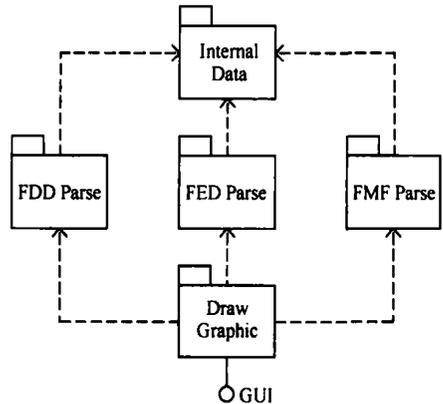


Fig. 5 Module chart of OMT Designer. 图 5 OMTDesigner 模块图

内部数据结构模块提供 FOM 的数据结构及操

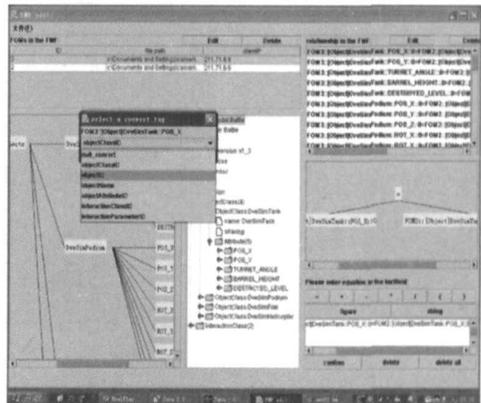


Fig. 6 OMT Designer GUI. 图 6 OMTDesigner 运行界面

作 绘制模块负责绘制对象数据模型. FDD 解析模块建立遵循 IEEE 1516 标准的 FOM 文件(XML 格式)与内部数据结构之间的映射. FED 解析模块建立遵循 HLA v1.3 标准的 FOM 文件(.fed 文件)与内部数据结构之间的映射. FMF 解析模块中定义了 FMF 的内部数据结构及其上的操作, 并建立 FMF 与内部数据结构的映射. OMT Designer 的运行界面如图 6 所示.

#### 4 FOM 无关性设计

HLA 仿真应用程序需要根据 FOM 中的对象/交互类定义编写相应的类来实现仿真, 程序与 FOM 定义相关的原因主要是: FOM 提供的数据如联盟、盟员名、FOM 文件、对象类名及其属性、交互类名及其参数等在仿真程序中静态给出; 仿真程序开发者需根据 FOM 的定义者的意图为对象属性和交互参数指定相应的数据类型 FOM 无关性设计主要是使 RTIAgent 程序和 FOM 定义无关, 这样 RTIAgent 可加入由任何 FOM 定义的联盟, 为此将仿真应用程序相关的 FOM 数据以配置参数的形式由用户进行编辑. 因为数据代理只是起代理的作用, 不需要理解 FOM 中的各类数据定义, 因此 RTIAgent 程序在初始化时读取这些参数, 就可以实现代码与 FOM 格式分离.

#### 5 异构 FOM 的映射

为实现多个联盟或 RTI 的协同工作, 要对它们的共享服务或数据进行映射. 联盟间实体的映射关系可以用一系列的转换式来表示. 将其记录在 FMF 中, 以被 RTISwitch 获取.

##### 5.1 FMF 转换式

转换式的作用是将其他联盟中实例属性或参数的值, 通过关系运算, 映射为本联盟中对应实例属性或参数的值. 这些关系可以通过运算符来表示. 每个 FMF 可以由若干个这样的转换式构成, 转换式的左边为一盟员数据类型, 右边为一盟员数据与静态数据共同构成的表达式, 两边以赋值号(“=”)连接.

盟员数据= FOM[联盟序号]: <[ object/interaction] >[对象/交互类名]: [属性或参数名]: [转换标识符]

静态数据= 整数|浮点数|字符串|运算符(+, -, \*, /)|字符串连接运算符(.)|括号,

其中“.”直接操作相连运算符字符串优先级最高, “\*”“/”次之, “+”“-”最低, “()”中运算符的执行顺序先于与其相连的运算符. 根据这个规则可将转换式按运算符的执行顺序映射一个惟一、确定的静态数据结构——FMF 的二叉树模型. 在模型中运算符的左右两个操作数表现为节点的左右子树, 运算顺序优先的运算符作为之后执行的运算符的子树. 图 7 是 FMF 转换式“FOM 1: <object>TankDriver: Pos-X: 1= (FOM 2: <object>Tank: Pos-X: 1+ FOM 1: <object>Driver: Pos-X: 1)/ 2”的二叉树模型

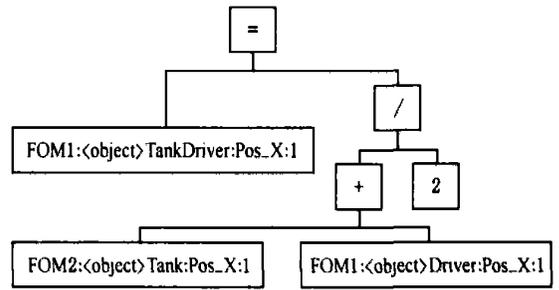


Fig. 7 Binary tree model of FMF.

图 7 FMF 转换式的二叉树模型

构造二叉树模型, 步骤如下:

- 1) 选取“=”为根节点, 将转换式中“=”左边的盟员数据作为根节点的左子树, 将右边表达式按自底向上的顺序构造右子树.
- 2) 选取表达式中执行顺序最先的运算符构造二叉树节点, 将运算符的左右操作数分别作为该节点的左右子树.
- 3) 以前一步中构造的二叉树整体作为新的操作数, 取代转换式中相应部分.
- 4) 重复步骤 2), 3), 直到转换式右边的表达式的运算符都对应为二叉树的节点.
- 5) 将所得二叉树作为转换式二叉树模型的右子树.

从二叉树的根节点开始进行广度优先遍历, 可以得到惟一确定的节点序列. 如一个 FMF 是由一系列转换式构成, 可将其映射为一个二叉树序列. 所有根节点的父节点序号为 0(作为判断根节点的依据). 第一个二叉树的根节点序号为 1, 其他节点的序号按遍历的顺序依次进行编号. 其他二叉树的根节点序号续前一二叉树. 至此可将一二叉树映射为一节点序列(顺序同序号).

### 5.2 FMF 文件结构

FMF 以 XML 文档格式保存, FOMS 段记录所有参与转换的联盟的相关信息, 如 ID、标识符和所在客户端 IP. FMF 段依次记录了对应二叉树模型的节点信息, 由 Node 子段按照节点的 ID 顺序排列 type 记录节点的类型, value 记录各节点(除盟员类型节点外)的内容 图 8 是 FMF 文件基本结构:

```

<?xml version=" 1.0" encoding=" GB2312"?>
<FMFRoot>
  <FOMS>
    <FOM ID=" " name=" " clientIP=" "/>
    :
  </FOMS>
  <FMF>
    <Node ID=" 1" type=" op_equal" parentID=" 0" value=" = "/>
    <Node ID=" 2" type=" dt_federate" parentID=" 1" />
    <Content>
      <FOMNumber>1</FOMNumber>
      <IsObj>1</IsObj>
      <ClassName>DveSimTank</ClassName>
      <AttriOrParamName>POS_X</AttriOrParamName>
      <RTIBridgeConvertTag>1</RTIBridgeConvertTag>
    </Content>
  </Node>
  :
</FMF>
</FMFRoot>
    
```

Fig. 8 Structure of FMF.

图 8 FMF 结构

### 6 HLA 服务的互操作

将多种 RTI 互连且仍提供一个逻辑上完整的 RTI, 也就是提供服务层的互操作, 目前主要采用桥接联盟和层次联盟的方法. 这个层次上的互操作需要参与的 RTI 共享内部状态信息, 以允许不同 RTI 的服务可以互操作. 为支持两个不同 RTI 间的通信, 必须为每种管理服务建立一种映射关系. 下面以 HLA 的联盟管理、对象管理中的重要服务为例, 分析 HLA 服务的桥接过程.

注册同步点的桥接过程如图 9 所示. RTIaAgent 收到所在联盟 A 注册同步点的回调后将注册同步点消息发送给 RTISwitch, 再由 RTISwitch 转发消息至 RTIbAgent, 代理 RTIbAgent 向所在联盟 B 发送注册同步点消息; 联盟 B 完成同步后将向 RTIbAgent 发送联盟已同步消息, RTIbAgent 将其发送给 RTISwitch, RTISwitch 转发至 RTIaAgent; 联盟 A 达同步后回调通知 RTIaAgent 联盟已同步, RTIaAgent 将消息发送至 RTISwitch, 至此 RTISwitch 连接的所有联盟均已同步. 图 10 描述了桥接联盟注册对象实例的过程, 代理部件发布并订购本联盟的所有对象/交互类, RTIaAgent 收到所在联盟 A 注册对象实例的回调后将消息发送给 RTISwitch, 再由 RTISwitch 转发消息至 RTIbAgent, 代理 RTIbAgent 向所在联盟 B 发送注册对象实例消息.

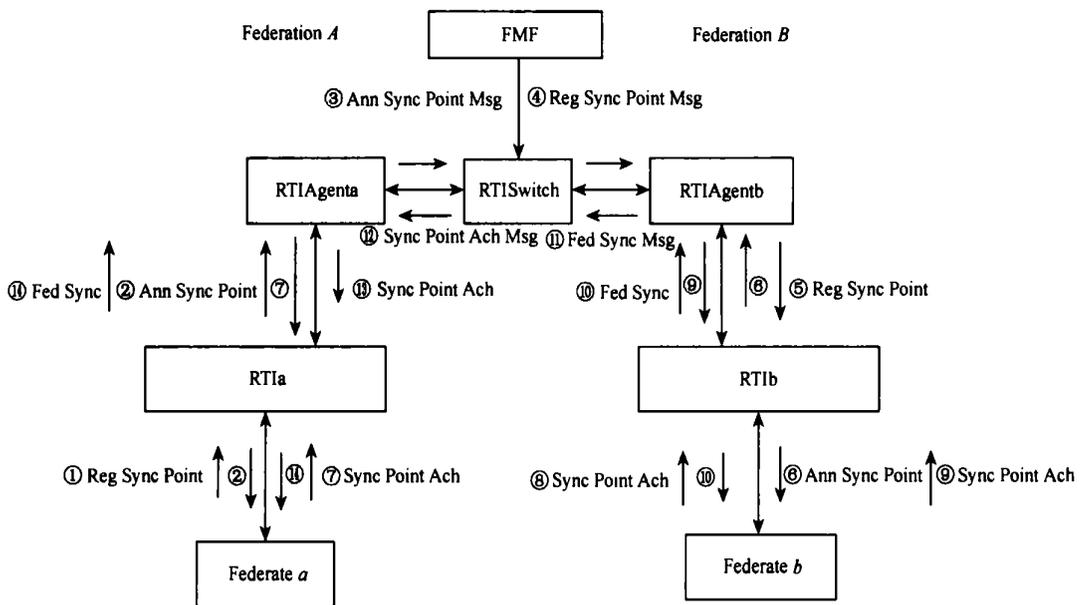


Fig. 9 Synchronization execution of bridge federation.

图 9 桥接联盟同步的执行过程

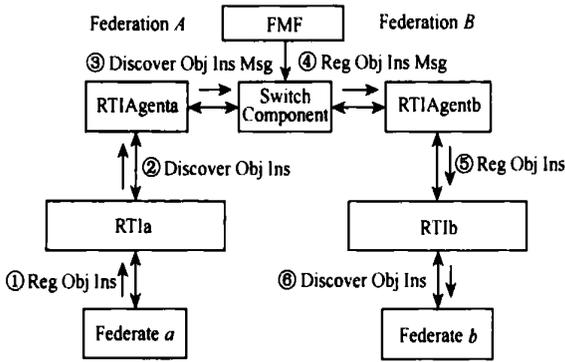


Fig. 10 Register object instance execution of bridge federation.  
图 10 桥接联盟注册对象实例执行过程

### 7 异类 RTI 和多联盟互连的开发和执行过程

为促进 HLA 仿真系统的开发和使用的, 美国国防部建模与仿真办公室提出联盟开发和执行过程模型 FEDEP<sup>[18-19]</sup> (federation development and execute process model). FEDEP 模型适用于单联盟系统的开发, 是一种通用的、基于重用思想的开发方法, 但扩展性较差. 当新的联盟要求 (如增加一个对象类) 提出时, FEDEP 模型只能重新设计 FOM, 而原联盟的仿真程序都要进行修改. 为解决这个问题, 我们设计了基于桥接联盟的多联盟互连开发模型, 如图 11 所示:

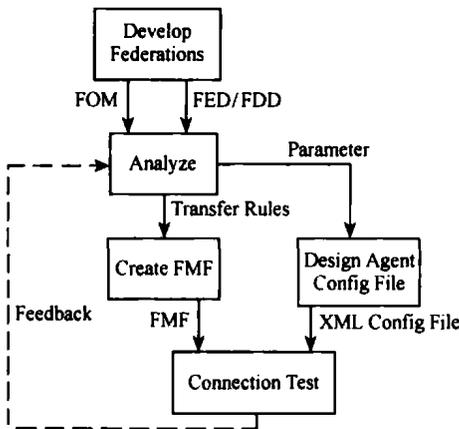


Fig. 11 Multi federations development and execution process model.

图 11 多联盟互连开发和执行过程模型

首先完成单个联盟的开发过程即 FEDEP 模型的全过程, 分析多个联盟之间的互连关系, 根据分析结果制定多个联盟之间关系的 FMF, 设定盟员代理的配置参数, 最后进行多联盟系统的互连及测试. 若有新联盟加入系统, 仅需重新进行互连分析, 制定新的 FMF, 并不影响原联盟.

### 8 实验与结果分析

RTIBridge 目前已开发了 BH RTI, DMSO RTI 1.3NG 和遵循 IEEE 1516 标准的 Starlink<sup>[20]</sup> 的 RTIAgent, 支持这 3 种 RTI 之间的互连和多联盟互连. 我们在功能和性能方面对 RTIBridge 进行了测试

#### 8.1 功能测试

采用仿真程序 Tank 进行 BH RTI 与 DMSO RTI 1.3NG 下应用程序的互连测试, 如图 12 所示, 双方的 Tank 仿真程序共同参与演练, 可以很好地 进行交互



Fig. 12 Interconnection test of Tank program.  
图 12 BH RTI 和 DMSO RTI 下 Tank 程序互连测试

多联盟互连测试需要由 RTIBridge 根据 FMF 进行联盟间数据的映射. HW 为联盟 HelloWorld 的盟员, HW1, HW2 为联盟 HelloWorld1 的盟员. HW 程序中 Country 的两个属性是通过桥接器按照 FMF 定义, 将 HW1 和 HW2 相应属性值进行运算后得到的. 从图 13 可以看出, RTIBridge 根据转换关系正确将 HW1, HW2 数据映射为 HW 的数据, 完成 HW, HW1, HW2 的协同工作

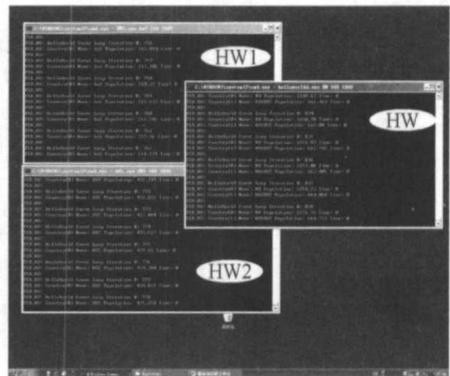


Fig. 13 Multi federations interconnection test.

图 13 多联盟互连测试

### 8.2 性能测试

性能测试环境: 交换式 10Mbps/100Mbps 以太网, PIM 组播协议; PC 3 台, 具体功能和配置如表 1~3 所示

**Table 1 Hosts Config Table for RTIBridge Performance Test**  
表 1 RTIBridge 性能测试主机配置情况表

No.	Application	OS	CPU Frequency (GHz)	Memory (MB)
1	RTISwitch	Win XP	P IV 2.8	512
2	BH RTIAgent; BH RTI App; BH RTI	Win XP	P IV 2.8	512
3	DMSO RTIAgent; DMSO RTI App; DMSO RTI	Win XP	P IV 2.4	512

**Table 2 Hosts Config Table for DMSO RTI Performance Test**  
表 2 DMSO RTI 性能测试主机配置情况表

No.	Application	OS	CPU Frequency (GHz)	Memory (MB)
1	DMSO RTI App1 (Sender)	Win XP	P IV 2.4	512
2	DMSO RTI App 2 (Receiver); DMSO RTI	Win XP	P IV 2.8	512

**Table 3 Hosts Config Table for BH RTI Performance Test**  
表 3 BH RTI 性能测试主机配置情况表

No.	Application	OS	CPU Frequency (GHz)	Memory (MB)
1	BH RTI App 1 (Sender); BH RTI	WindowsXP	P IV 2.4	512
2	BH RTI App 2 (Receiver); BH RTI	WindowsXP	P IV 2.8	512

测试结果分别如图 14~17 所示, 将单个 DMSO RTI 和单个 BH RTI 下在同等环境中的测试数据列于图中进行比较. 图中横坐标表示更新实例属性的字节数, 其中丢包率为属性更新频率 200Hz 的条件下的测试结果.

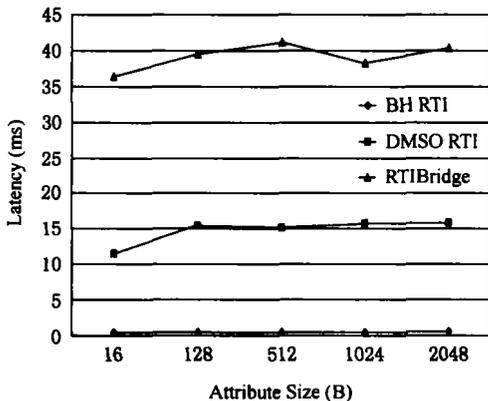


Fig. 14 Results of latency test.

图 14 时间延迟测试结果

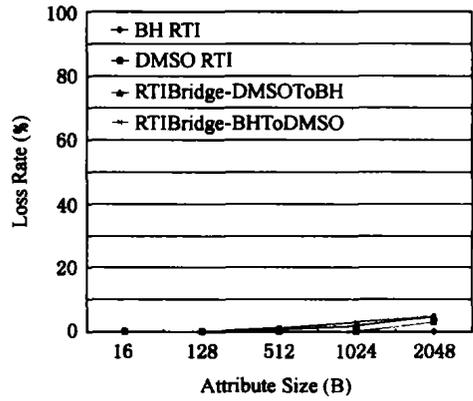


Fig. 15 Results of loss rate test

图 15 丢包率测试结果

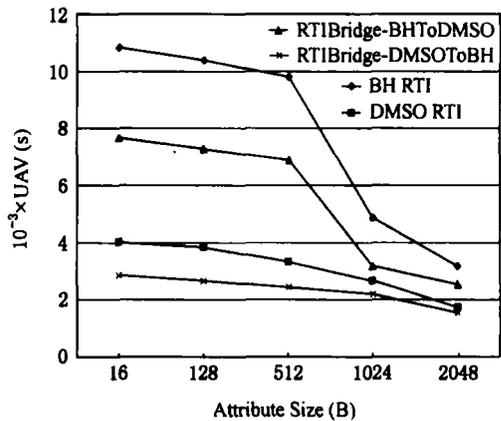


Fig. 16 Results of throughput test: Update attribute value

图 16 发送方吞吐量 UAV 测试结果

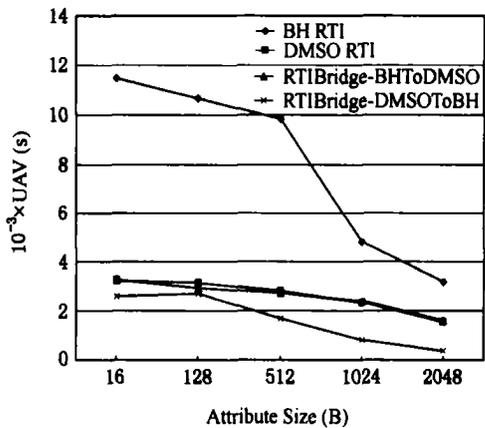


Fig. 17 Results of throughput test: Reflect attribute value.

图 17 接收方吞吐量 RAV 测试结果

从实验结果可以看出, 桥接后的联盟性能受制于性能较低的联盟, 并较未桥接联盟在性能上有一定的下降, 这主要是由于 RTIAgent 对数据打包、解包及 RTISwitch 数据转换的过程中的开销, 从桥接联盟的转换机制来看效率的下降是不可避免的. 但从测试结果来看, RTIBridge 的性能指标能够满足

仿真应用的基本要求, 延迟不到 50ms, 吞吐量高于 2000 次/秒, 对大部分普通较小规模的仿真应用是可以接受的

在 3 台机器上采用 helloworld 程序对 BH RTI 和 Starlink 进行互连规模测试, 两方各起 50 个 helloworld 盟员, 每个盟员每秒发送属性更新 10 次, 所有盟员都能正确收到其他盟员的属性更新. 上述实验表明, RTIBridge 已能支持一定盟员规模的仿真. 由于桥接盟员技术是基于一个节点的翻译和转发, 会造成规模受限, 但对于解决一定规模的仿真系统互连需求能起到有效的作用.

## 9 总 结

本文基于桥接盟员设计了异类 RTI 和多联盟互连软件 RTIBridge, 实现了遵循 HLA v1.3 和 IEEE1516 标准的 RTI 及多联盟的互连, 满足了不同标准仿真系统的兼容性和互操作的要求. 测试结果表明本软件在功能和性能方面达到了仿真系统互连的基本要求, 能够满足一定规模的应用需求.

**致谢** 在此感谢项目组的霍海涛和张国峰同学, 他们为 RTIBridge 的编程实现付出了大量的劳动.

## 参 考 文 献

- [1] Steven B Boswell, Daniel J van Hook. Support for heterogeneous communication infrastructures [C]. Spring 1999 Simulation Interoperability Workshop, Orlando, FL, USA, 1999
- [2] M D Myjak, D Clark, T Lake. RTI Interoperability study group final report [C]. Fall 1999 Simulation Interoperability Workshop, Orlando, FL, USA, 1999
- [3] Defence Modeling & Simulation Office. High level architecture rules, Version 1.3 [OL]. <http://www.dmsa.mil>, 1998-02-05
- [4] Defence Modeling & Simulation Office. High Level Architecture Interface Specification, Version 1.3 [OL]. <http://www.dmsa.mil>, 1998-04-02
- [5] Defence Modeling & Simulation Office. High Level Architecture Object Model Template Specification, Version 1.3 [OL]. <http://www.dmsa.mil>, 1998-04-20
- [6] Simulation Interoperability Standards Committee. IEEE 1516-2000, IEEE Standard for Modeling and Simulation (M&S) High Level Architecture (HLA)—Framework and Rules. New York, USA: The Institute of Electrical and Electronics Engineer, 2000
- [7] Simulation Interoperability Standards Committee. IEEE 1516-1-2000, IEEE Standard for Modeling and Simulation (M&S) High Level Architecture (HLA)—Federation Interface Specification. New York, USA: The Institute of Electrical and Electronics Engineer, 2000
- [8] Simulation Interoperability Standards Committee. IEEE 1516-2-2000, IEEE Standard for Modeling and Simulation (M&S) High Level Architecture (HLA)—Object Model Template (OMT) Specification. New York, USA: The Institute of Electrical and Electronics Engineer, 2000
- [9] Juergen Dingel, David Garlan, Craig A Damon. A feasibility study of the HLA bridge [R]. School of Computer Science, Carnegie Mellon University, Tech Rep: CMU-CS-01-103, 2001
- [10] Juergen Dingel, David Garlan, Craig Damon. Bridging the HLA: Problems and solutions [C]. The 6th IEEE Int'l Workshop on Distributed Simulation and Real Time Applications, Fort Worth, Texas, USA, 2002
- [11] Hao Jianguo, Huang Jian, Feng Runming, et al. Applying the bridge federate to interconnect high level architecture multiple federations [J]. Journal of System Simulation, 2002, 14(2): 163-166 (in Chinese)  
(郝建国, 黄健, 冯润明, 等. 应用桥接成员实现高层体系结构多联盟互连 [J]. 系统仿真学报, 2002, 14(2): 163-166)
- [12] Wentong Cai, Stephen J Turner, Bonn Ping Gan. Hierarchical federations: An architecture for information hiding [C]. Workshop on Parallel and Distributed Simulation, Lake Arrowhead, California, USA, 2001
- [13] Wentong Cai, Guangya Li, Stephen J Turner, et al. Automatic construction of hierarchical federations architecture. The 6th IEEE Int'l Workshop on Distributed Simulation and Real Time Applications. Fort Worth, Texas, USA, 2002
- [14] Hao Jianguo, Zhao Xingfeng, Huang Jian, et al. On interconnection technology of high level architecture multi federations [J]. Journal of System Simulation, 2002, 14(6): 714-717 (in Chinese)  
(郝建国, 赵兴锋, 黄健, 等. 高层体系结构多联盟互连技术研究 [J]. 系统仿真学报, 2002, 14(6): 714-717)
- [15] MAK. MAK Gateway DIS to HLA translation [OL]. <http://www.mak.com/gateway.php>, 2005-08-31
- [16] Wang Yan, Hu Nanwei, Li Xiaojian. DIS/HLA gateway technology for DVENET [J]. Journal of System Simulation, 2000, 12(4): 371-374 (in Chinese)  
(王焱, 胡南炜, 李肖坚. DVENET 中 DIS/HLA 网关的研究 [J]. 系统仿真学报, 2000, 12(4): 371-374)
- [17] Pitch. 1516 adapter for HLA 1.3 Federates [OL]. <http://www.pitch.se>, 2005-08-31
- [18] Defence Modeling & Simulation Office. High Level Architecture Federation Development and Execution Process (FEDEP) Model, Version 1.5 [OL]. <https://www.dmsa.mil>, 1999-12-08
- [19] Simulation Interoperability Standards Committee. IEEE 1516-3-2003, IEEE Recommended Practice for High Level Architecture (HLA) Federation Development and Execution Process (FEDEP). New York, USA: The Institute of Electrical and Electronics Engineer, 2003
- [20] Liu Buquan, Wang Huaimin, Yao Yiping. Key techniques of a hierarchical simulation runtime infrastructure—StarLink [J]. Journal of Software, 2004, 15(1): 9-16 (in Chinese)

(刘步权, 王怀民, 姚益平. 多层次仿真运行支撑环境 StarLink 中的关键技术[J]. 软件学报, 2004, 15(1): 9-16)



**Cai Nan**, born in 1982. Since 2004, she has been M. A. candidate in computer science from Beihang University. Her current research interests include network and distribute system.

蔡楠, 1982年生, 硕士研究生, 主要研究方向为计算机网络和分布式系统



**Zhou Zhong**, born in 1978. Ph. D. and lecturer of Beihang University. His main research interests include distributed virtual reality and network.

周忠, 1978年生, 博士, 讲师, 主要研究方向为分布式虚拟现实与计算机网络等



**Wu Wei**, born in 1961. Ph. D., professor and Ph. D. supervisor of Beihang University. His main research interests include virtual reality and distribute system.

吴威, 1961年生, 博士, 教授, 博士生导师, 主要研究方向为虚拟现实、分布式系统

### Research Background

HLA aims at interoperability between simulation applications and reuse of models in different contexts. As HLA rules are defined, federates are limited to interoperate within the context of a single federation execution, and they are running on a single RTI. With continuous development in scalability and scope of the HLA simulation applications, the interconnection of heterogeneous RTIs and multi federations has become a focus in the field of HLA. In this paper, we present a solution of heterogeneous RTIs and multiple federations interconnection based on bridge federate, design and implement an interconnection software, and provide a heterogeneous RTIs and multi federations development and execution process model.

## 第3届全国几何设计与计算学术会议

由中国工业与应用数学学会几何设计与计算专业委员会主办, 西北师范大学承办的第3届全国几何设计与计算学术会议定于2007年7月15~22日在甘肃兰州市和敦煌市召开. 本次会议将以“几何设计和计算理论及其在工业中的应用”为主题, 结合工业设计中亟须解决的关键问题和难点问题, 开展广泛的学术交流和讨论. 欢迎投稿

征文截止时间 2007年2月20日.

会议联系方式:

甘肃西北师范大学数信学院 张贵仓 邮政编码: 730070

电话: 0931-7970751 0931-7971124

E-mail: zhanggc@nwnu.edu.cn

会议网址: <http://www.nwnu.edu.cn/GDC2007>