

基于 TENA 的分布交互仿真程序设计

毕 博, 朱元昌, 邸彦强

(石家庄军械工程学院 光学与电子工程系, 河北 石家庄 050003)

摘 要: 试验与训练使能体系结构(TENA)作为一种新兴的体系结构,在靶场试验与训练领域具有传统的分布仿真技术所无法比拟的优势,具有广阔的应用前景.对 TENA 元模型进行了概述,介绍了 TENA 中间件的目的、功能及其通信机制.基于以上研究设计了基于 TENA 的分布交互仿真程序,并利用 UML 对程序设计的对象模型及流程进行了描述,同时详细介绍了软件的工作流程,并最终得到了程序运行的仿真结果,验证了程序的实用性.

关键词: TENA;元模型;中间件;分布交互仿真

中图分类号: TP391.9

文献标识码: A

文章编号: 1000-7180(2012)09-0035-04

Design of Distributed Interactive Simulation Program Based on TENA

BI Bo, ZHU Yuan-chang, DI Yan-qiang

(Department of Optical & Electrical Engineering, Ordnance Engineering College, Shijiazhuang 050003, China)

Abstract: As a new framework, the Test and Training Enabling Architecture (TENA) has some advantages obviously comparing with the traditional framework in test and training of range, and it will be applied widely. TENA meta-model is summarized, and the purposes, functions and communication mechanism of TENA middleware are introduced. Basing on above researches, the design of distributed interactive simulation program based on TENA has been designed, and UML is used to describe the object model and design flow of program, the work flow is introduced in detail, finally, the simulation result that certifies practicability of this program is given.

Key words: TENA; meta-model; middleware; distributed interactive simulation

1 引言

为提升靶场的集成测试能力,同时结合基于仿真的采办(SBA)和试验与训练靶场的互操作性需求,美国国防部开发了试验与训练使能体系结构(TENA)^[1],通过集成测试、训练、仿真和高性能计算机技术,促进靶场资源的互操作、重用和可组合性.本文通过对 TENA 元模型和 TENA 中间件等相关内容的研究,采用面向对象的方法,设计了基于 TENA 的分布交互仿真程序.

2 TENA 元模型

TENA 元模型是用来描述 TENA 对象模型的

一种抽象模型. TENA 元模型定义了状态分布对象(SDO)、消息(Message)和数据流(Data Stream)三类最基本的抽象对象^[2],而 TENA 对象模型正是在 TENA 元模型所定义的抽象概念以及彼此间所形成的相互关系的共同作用下构建的.

对基于 TENA 元模型构建的 TENA 对象模型主要有两种描述方式:一种方法是通过统一建模语言(UML)的类图进行描述;另一种是利用基于文本的 TENA 定义语言(TDL)进行描述.与 OMG 提出的接口定义语言(IDL)相似, TDL 在对逻辑靶场对象模型进行描述的同时也确定了给定逻辑靶场的接口定义.但在实际的编程实现过程中,不能直接使用 TDL 所定义的对象和方法,而是需要对 TDL 文件

进行编译,将其映射为相应的语言(如 C++ 或 Java 语言)后方可在具体的编译器中实现. 基于 UML 的 TENA 元模型元素及元素间关系描述如图 1 所示.

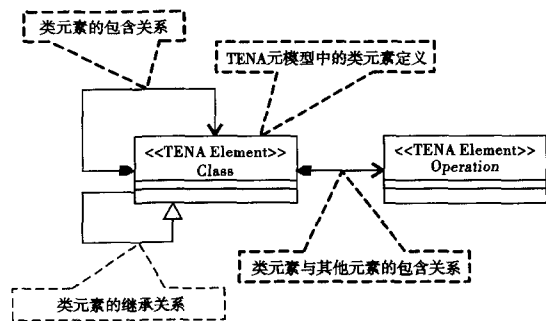


图 1 TENA 元模型中的元素及其关系

3 TENA 中间件

3.1 TENA 中间件概述

作为 TENA 公共基础设施的核心组件,主要用于在靶场执行过程中,为 LROM 中所有与通信相关的对象提供高性能、实时的和低响应时间的通信结构框架. 同时, TENA 体系结构要求 TENA 中间件对 TENA 元模型及其所定义的抽象概念提供支持,并为 SDO 和消息的公布-订购过程以及数据流提供统一编程接口(API). 另外, TENA 中间件还需在 TENA 公共基础设施中负责建立与逻辑靶场数据仓库的联接.

随着 TENA 体系结构的不断发展, TENA 中间件的功能也不断得到完善,中间件性能不断增强. 在 TENA 中间件 6.0 版本中,增加了高级过滤、对象模型一致性检查等功能^[3],提升了中间件的分布交互能力,网络性能不断增强. 同时,新版的 TENA 中间件在现有平台的基础上,提供了对 64bit 操作系统和编译器的支持(如 windows 2008 server64-bit 和 Visual Studio 2010),大大拓展了其使用范围.

3.2 TENA 中间件的通信机制

TENA 中间件的通信机制结合了分布对象计算机制和匿名公布-订购机制. 目前,大多数分布交互仿真系统都是基于 HLA RTI 进行开发,主要采用基于交互类或对象类的匿名公布订购机制进行数据分发,虽然对“一对多”的多播通信机制提供了良好的支持,但在交互类与对象类中仅有数据而没有方法,并且不支持具有方法的抽象对象. 针对 HLA 的不足之处, TENA 体系结构在传统的公布订购机

制的基础上融入了分布对象计算机制,通过对象中的远程调用接口提供了对分布式对象的支持,综上, TENA 中间件提供了 HLA 所不支持的部分,综合了分布对象计算与公布订购机制的优点,形成了 TENA 中间件所特有的通信机制.

TENA 中间件的底层采用 ORB 核心,图 2 为基于 TENA 中间件的分布式面向对象系统的组成结构示意图. 如图 2 中所示,代理对象接收客户端的对象调用请求,并将该请求发送给服务器的分布式对象从而实现分布式对象的调用. 换个角度理解,代理对象的应用可以使客户端对分布式对象的调用就如同调用本地对象一样.

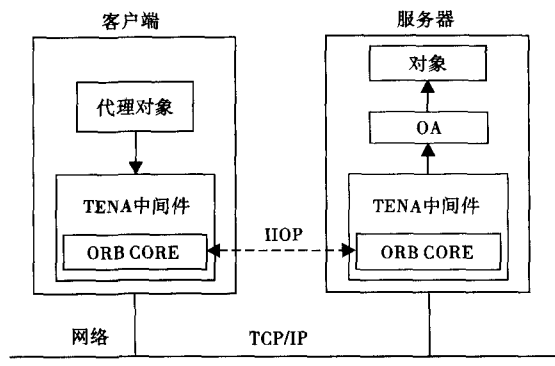


图 2 基于 TENA 的面向对象系统的组成结构

ORB 是分布式对象系统的核心,在客户端代理对象和服务端分布式对象实现的背后, ORB 实现了分布式对象系统所需的各种服务: ORB 初始化、获取服务对象和动态调用请求生成等^[4]. 另外, ORB 提供的对象适配器(OA),用于在服务端进程中管理分布式对象的接口, OA 的功能主要包括分布式对象引用的生成以及分布式对象到 ORB 中的登陆功能等.

在通信协议方面, TENA 中间件的上层采用 GIOP 协议,而下层为 IIOP 协议,在基于 TCP/IP 网络的数据传输过程中,由 IIOP 负责将上层协议映射为 TCP/IP 协议.

在设计模式方面, TENA 中间件的设计采用了工厂模式和观察者模式,使基于其开发的分布交互程序具有较强的扩展性,提高了应用程序的可维护性和重用性,减少了程序开发的工作量. 在本文中,将观察者模式应用于 SDO 和 Message 的订购过程,为 SDO 代理中的 SDO 公布状态以及消息队列添加相应的观察者,从而维护了各节点数据的一致性同时也避免了类之间可能出现的紧耦合关系.

4 分布交互仿真程序设计

本文在分布交互仿真程序设计中,采用了图3中UML类图所描述的对象模型.图中定义 Platform 为 SDO 类, Identifier、Position 和 Time 为本地类, Location 为消息,同时描述了 SDO 类、本地类和消息之间的包含关系.

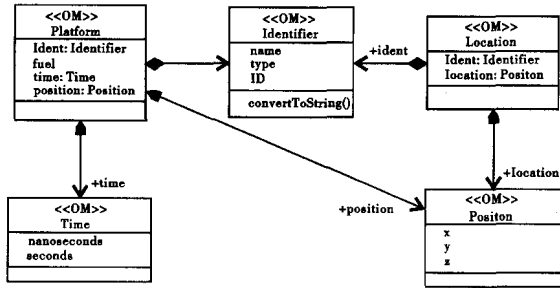


图3 对象模型定义

基于图3中的对象模型定义,并结合对TENA中间件及其通信机制研究和分析,本文在图4中给出了基于TENA的分布交互仿真程序设计流程.

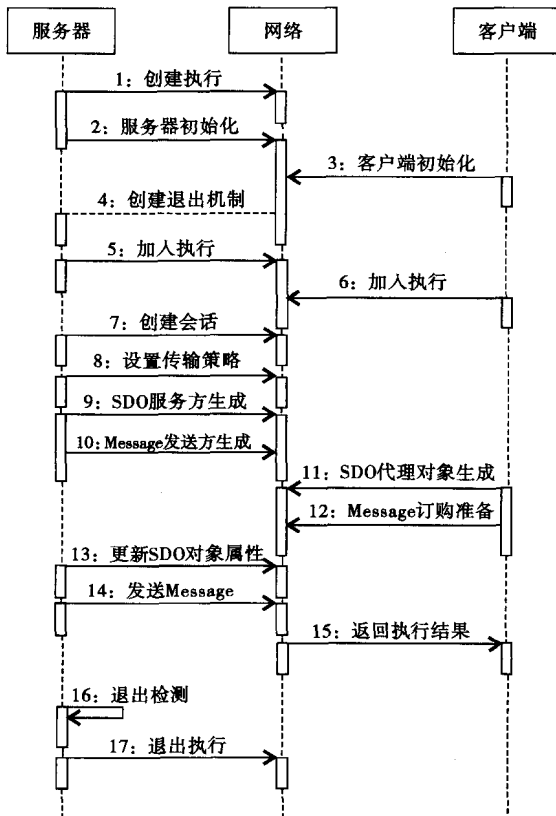


图4 程序设计流程

根据各部分代码所实现的具体功能,整体设计流程可分为初始化、通信预处理和数据传输三个阶段.

(1) 初始化阶段

初始化过程主要包括创建执行和加入执行的过程,同时完成了中间件的初始化工作.在初始化过程中,首先在服务器端创建执行(Execution). Execution是TENA应用的集合,Execution中的TENA应用可彼此交互、相互协同和数据共享.而执行管理(executionManager, EM)则包含了TENA执行的相关信息. EM不参与数据的分发过程,只负责实现应用的加入、退出和发出错误或警告信息等功能.

(2) 通信预处理阶段

通信预处理过程主要完成创建会话以及通信对象(SDO、Message)的传输准备工作.

在与执行建立连接后,TENA应用根据不同的需求,通过执行对象和初始化过程中所设置的会话名称创建会话(Session),并设置分布对象的传输方式(Best-Effort 或 Reliable).而通信对象的传输准备工作包括SDO传输准备和Message传输准备过程.

① SDO传输准备

SDO传输准备过程包括:SDO服务方生成和SDO代理对象生成两部分.

在SDO传输准备过程中,首先通过调用 ServantFactory::create()方法创建SDO服务方,而由服务方工厂(ServantFactory)所创建的Initializer对象则包含了SDO的所有初始值,利用这些初始参数即可对需要初始化的SDO属性进行设置.完成初始化参数设置后即可利用ServantFactory实例化SDO服务方.而SDO代理对象生成即创建SDO代理对象,用于获取SDO的地址和接口的数据类型等信息,并基于TENA中间件的观察者模式为代理对象添加观察者.

② Message传输准备

Message传输准备过程包括:Message发送方生成和Message订购准备两部分.

Message发送方生成即创建消息发送方(MessageSender)对象,在TENA中,MessageSender是以特定的通信方式来发送消息的中间件对象.而Message订购准备过程则主要包括为高级过滤功能服务的过滤器设置和添加观察者两个过程.

(3) 数据传输过程

数据传输过程主要包括更新SDO属性值、发送Message和返回执行结果三个部分.

① 更新SDO属性值

TENA中间件利用更新容器(Updaters)改变

服务方 SDO 的公布状态中的属性值. Updaters 允许只改变 SDO 公布状态中的部分属性, 相对于 HLA 以“类”为单位的更新粒度^[5], TENA 中间件提供了粒度更细的、以“属性”为单位的更新方法. 减少了网络中冗余数据的传输, 提高了网络带宽的利用率.

② 发送 Message

在消息发送方已存在的基础上利用消息指针创建所要发送的消息, 并对其属性进行初始化, 最后调用 MessageSender 的 send() 函数完成消息发送过程.

③ 返回执行结果

在返回的执行结果中, 包含订购的 SDO 公布状态以及所订购的消息两部分.

用户对 SDO 公布状态的订购首先需向 TENA 中间件提交对象访问请求, 而客户端代理对象的获取可理解为订购请求所返回的结果.

在 SDO 订购过程中, 客户端首先实例化 SDO 订购对象, 并调用 evokeMultipleCallbacks() 方法激活观察者, 再通过智能指针控制 SDO 代理实现对 SDO 服务方远程方法的调用以及对 SDO 代理对象公布状态的读取, 并将其返回到订购结果中.

与 SDO 的订购过程相似, 在消息订购过程中, 用户向中间件发出订购请求, 而中间件向订购方提供“接收到的消息(ReceivedMessage)”作为消息订购的结果. 在本质上, ReceivedMessage 就是公布方所发送的消息在订购方进程空间中的副本, 通过 ReceivedMessage 可以调用 Message 的本地方法, 并读取 Message 的属性值. 另外, 在消息订购过程中仍然采用观察者模式以掌控各种消息事件. 消息订购的主要流程如下: 首先实例化消息订购对象; 然后调用 subscribe() 函数订购会话中的特定消息, 并调用 evokeMultipleCallbacks() 方法激活观察者来实现 ReceivedMessage 中本地方法的调用及所订购消息属性值的读取.

根据以上设计流程, 基于 Windows XP(SP3, 32bit) 和 Visual Studio2003 平台所开发的数据传输过程“通信信息显示”界面如图 5 所示.

5 结束语

本文针对 TENA 体系结构的相关技术进行了

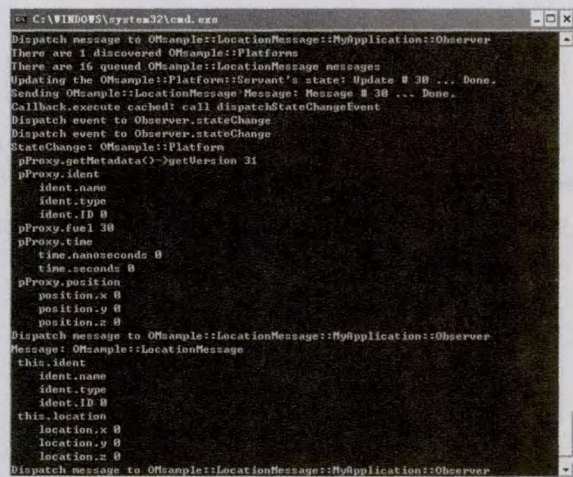


图 5 通信信息显示界面

研究. 通过对 TENA 中间件通信机制的分析, 基于 Windows XP 和 VS 2003 平台对基于 TENA 的分布交互仿真程序进行了设计, 实现了分布式节点及数据的互联互通, 验证了该设计的实用性, 为下阶段大规模集成测试奠定了基础.

参考文献:

- [1] US DoD. TENA-the test and training enabling architecture reference document 2002[EB/OL]. [2011-12-19]. <http://www.tena-sda.org>.
- [2] 代坤, 赵雯, 张灏龙, 等. 基于 TENA 的虚拟试验实现技术研究[J]. 系统仿真学报, 2011, 23 (5): 857-863.
- [3] US DOD. TENA middleware release 6-promoting interoperability between functionally and geographically dispersed ranges [EB/OL]. [2012-01-13]. <http://www.tena-sda.org>.
- [4] 孟宪福. 分布式对象技术及其应用[M]. 北京: 清华大学出版社, 2008: 41-45.
- [5] 周彦, 戴剑伟. HLA 仿真程序设计[M]. 北京: 电子工业出版社, 2002: 5-7.

作者简介:

毕 博 男, (1982—), 博士研究生, CCF 会员. 研究方向为武器系统仿真.

朱元昌 男, (1960—), 教授, 博士生导师. 研究方向为武器系统仿真.

邸彦强 男, (1973—), 博士, 副教授. 研究方向为武器系统仿真.