

基于 HLA 的机场行李传送仿真开发

Development of Airport Baggage Transport Simulation Based on HLA

陈 珊 龙 勇 张志利

(第二炮兵工程学院兵器发射理论与技术国家重点学科实验室 西安 710025)

摘要:HLA 提供了一个应用于建模与仿真的通用技术框架的描述,是目前国内外大规模分布式交互仿真的趋势。介绍了分布交互仿真技术的发展,分析了基于 HLA 的分布式交互仿真系统的开发过程,开发了机场行李传送仿真模型。

关键词:分布式交互仿真;高层体系结构(HLA);联邦开发和执行过程模型(FEDEP);对象模型模板(OMT)

分布式交互仿真是指采用协调一致的结构、标准、协议和数据库,通过局域网或广域网,将分散在各地的仿真设备互联,形成可参与的综合性仿真环境。分布式交互仿真具有分布性、交互性、异构性、时空一致性、开放性等特点。在已有的技术中,高层体系结构(High Level Architecture,简称 HLA)以其良好的仿真应用的互操作性和仿真资源的可重用性成为该领域的首选方案。本文介绍了分布交互仿真技术的发展及基于 HLA 的实际应用。

1 分布交互仿真技术的发展

1.1 DIS

DIS 是一种基于计算机及高速通信网络的仿真训练系统,它将分散于不同地点、不同类型的仿真设备或系统集成成为一个整体,使之相对每个用户皆表现为一个逼真的浸入环境,并在此环境下支持高度的交互式操作^[4]。DIS 是 SIMNET 技术的标准化和扩展,它由一系列的应用协议与通信服务标准、推荐的演练策略和相关文档来确保互操作能力。DIS 标准和协议的核心是建立了一个通用的数据交换环境,通过协议数据单元(Protocol Data Unit, PDU)的使用,支持异地分布的真实、虚拟和构造的平台级仿真之间的互操作。

但随着 DIS 需求的发展,人们在研究过程中逐步发现,DIS 技术仍存在着许多问题:它采用了固定的状态变量单位、通用的坐标系统和统一的状态变量分辨率,使之缺乏灵活性;DIS 只支持单一的基于无连接的

广播方式(Best-Effort Broadcast)交互数据,不适用于由事件驱动或时间驱动的仿真;DIS 主要是集中于连续、实时、人在回路、硬件在回路的平台级仿真,还不能解决不同类型仿真间的“互操作”和“重用”,影响了仿真应用向更深层次的发展。

1.2 HLA

针对 DIS 存在的问题,美国国防部建模与仿真办公室(DMSO)在 1996 年 8 月正式颁布了建模与仿真领域的通用高层体系结构(HLA),其目标是实现国防范围内不同类型的仿真间的互操作和仿真部件的重用。

HLA(High Level Architecture)是分布式交互仿真的高层体系结构,它不考虑如何由对象构建成员,而是在假设已有成员的情况下考虑如何构建联邦。HLA 主要考虑在联邦成员的基础上如何进行联邦集成,即如何设计联邦成员间的交互以达到仿真的目的。HLA 的基本思想就是采用面向对象的方法来设计、开发和实现仿真系统的对象模型(OM),以获得仿真联邦的高层次的互操作和重用。

HLA 的定义文档如图 1 所示,包括三个部分:(1)HLA 规则,它定义了联邦设计阶段必须遵循的基本准则,确保联邦中仿真的正确交互,并描述了仿真和联邦成员的责任以及它们同 RTI 之间的关系;(2)HLA 接口规范,它定义了仿真系统运行过程中,支持联邦成员之间互操作的标准服务,确定了每个成员必须提供的“回调”功能;(3)HLA 对象模型模板,它是一种标准的结构框架(或模板),是描述 HLA 对象模型的关键部件,

为 FOM/SOM 建立了数据格式。

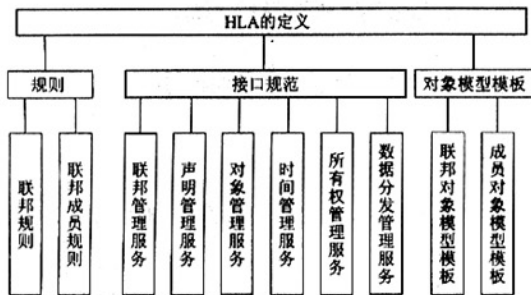


图1 HLA 定义文档的组成

1.2.1 HLA 规则

HLA 规则定义了联邦设计阶段必须遵循的基本准则,HLA 规则已成为 IEEE88 的正式标准,标准号为 IEEE1516。现行的规则共有十条,其中前五条规定了联邦必须满足的要求,后五条规定了联邦成员必须满足的要求。

(1) 联邦规则

① 每个联邦必须有一个联邦对象模型,该联邦对象模型的格式应与 HLA OMT 兼容

② 联邦中,所有与仿真有关的对象实例应该在联邦成员中描述而不是在 RTI 中

③ 在联邦运行过程中,各成员间的交互必须通过 RTI 来进行

④ 在联邦运行过程中,所有联邦成员应按照 HLA 接口规范与 RTI 交互

⑤ 联邦运行过程中,在任一时刻,同一实例属性最多只能为一个联邦成员所拥有

(2) 成员规则

① 每个联邦成员必须有一个符合 HLA OMT 规范的成员对象模型

② 每个联邦成员必须有能力更新/反射任何 SOM 中指定的对象类的实例属性,并能发送/接收任何 SOM 中指定的交互类的交互实例

③ 在联邦运行过程中,每个联邦成员必须具有动态接收和转移对象属性所有权的能力

④ 每个联邦成员应能改变其 SOM 中规定的更新实例属性值的条件(如改变阈值)

⑤ 联邦成员必须管理好局部时钟,以保证与其他成员进行协同数据交换

1.2.2 HLA 接口规范

HLA 的关键组成部分是接口规范,它定义了仿真系统运行过程中,支持联邦成员之间互操作的标准服务。这些服务可分为六大类,即联邦管理服务、声明管理服务、对象管理服务、时间管理服务、所有权管理服务和数据分发管理服务。这六大类服务实际上反映了为有效解决联邦成员间的互操作所必须实现的功能。这些服务一般可分为两种类型:一类是由联邦成员调用,RTI 提供服务;另一类是由 RTI 调用,联邦成员响应。

1.2.3 HLA 对象模型模板

HLA 对象模型模板(OMT),是一种标准的结构框架(或模板),它是描述 HLA 对象模型的关键部件,主要由以下九个表格组成:对象模型鉴别表、对象类结构表、交互类结构表、属性表、参数表、枚举数据类型表、复杂数据类型表、路径空间表和 FOM/SOM(联邦对象模型/邦员对象模型)词典。通过对这些表格的设计,可生成一个 FED 文件,它是创建联邦执行所必不可少的一个文件。FOM 表的设计是开发联邦的关键一步,其中对象类、交互类的设计及其属性和参数的设定,将直接影响到后续 HLA 编程及整个联邦的设计。

2 基于 HLA 的联邦开发过程

基于 HLA 的分布交互仿真系统的开发同其他软件系统一样,都包括需求分析、总体设计、详细设计、编程和测试、软件维护等主要阶段。为了指导 HLA 联邦模型的开发,促进 HLA 的应用,美国国防部建模与仿真办公室(DMSO)提出了开发分布交互仿真系统的软件工程方法,即联邦开发和执行过程模型 FEDEP。它是指导 HLA 分布仿真系统设计开发的基本方法。FEDEP 将联邦的开发过程抽象为六个基本步骤,即:

(1) 定义联邦目标。联邦的发起人与开发者就本联邦应达到的目标取得共识,并根据系统目标和可用资源,给出对系统需求的文档化描述。联邦目标是对所要解决的问题的陈述,其中包括联邦“想定”开发和概念分析阶段所需的关键信息,也为系统评估和联邦“想定”开发过程提供“测试点”。

(2) 开发联邦概念模型。这一阶段主要的工作有完成“想定”并形成文档,以“想定”开发的结果作为输

入,开发联邦有关的“真实世界”的仿真模型,在概念层次上以“仿真对象”和“交互”描述功能。联邦“想定”开发主要是确定联邦中必须表示的主要实体,这些实体的功能、行为、相互间关系的概念描述及其与环境条件的关系。

(3) 设计联邦。根据联邦“想定”、联邦概念模型和系统需求,确定联邦成员的构成,各联邦成员的对象信息和交互信息,制定出联邦开发计划。

(4) 开发联邦。该阶段涉及 FOM 的开发、联邦通用功能开发、“想定”实例化,最终的开发结果包括以标准的 OMT 形式描述的 FOM、以标准格式记录的联邦通用服务和资源的描述、联邦“想定”数据、RTI 初始化数据、联邦执行过程所需的数据等。

(5) 集成和测试联邦。完成联邦的所有开发工作,并进行测试。联邦测试的目的是确信联邦需求是否获得满足、参与联邦的仿真应用间是否具有兼容性和一致性。

(6) 运行联邦和分析结果。执行联邦,分析仿真结果,并反馈给发起人。

FEDEP 是一个通用的联邦开发过程模型,联邦开发者可以根据具体的应用领域特点,进行相应的调整和修改。

3 基于 HLA 的仿真开发

3.1 系统分析

仿真机场的行李装卸过程。机场工作人员将行李放到传送带上,行李随着传送带缓慢移动。出站大厅的乘客围站在传送带外,当自己的行李移动到面前时,乘客便将行李取下。工作人员在放行李的过程中,首先要看传送带上有没有空位,然后才能把行李放在空位上。

为了便于建立仿真模型,作了如下简化:每个行李所占传送带面积基本一致,行李按大小分为大、中、小三种类型,每个类型的行李装卸所需的时间不同,工作人员和乘客均站在原地等待行李,传送带传送的速率是恒定的。仿真的主要实体有工作人员,行李,传送带和乘客。工作人员将行李放到传送带上,传送带负责将行李运送到乘客面前,乘客将自己的行李取下。

3.2 设计联邦

联邦设计是基于系统实体分析基础上进行的,但

并不是每个实体都要作为一个邦员,根据仿真目的和应用的不同可以选择不同的实体作为联邦成员。整个仿真可分为三个节点:装载节点 (loading), 运输节点 (transport) 和卸载节点 (taking)。此外,为方便管理和增加视觉效果,可增加管理节点 (manager) 和视景节点 (viewer)。

3.3 开发 FOM/SOM

FOM 的主要目的是提供联邦成员之间公共的、标准化的格式进行数据交换的规范,它描述了在仿真运行过程中将参与联邦信息交换的所有对象类、对象类属性、交互类、交互参数的特性。FOM 的所有部件共同建立了一个实现联邦成员之间互操作所必须的“信息模型协议”^[4]。美国国防部对 FOM 的描述如下:

- 联邦中代表真实世界的对象类的集合;
- 真实世界对象中相互影响的交互类的集合;
- 以上这些类的属性和参数;
- 这些类代表真实世界的详细程度。

SOM 是单一联邦成员的对象模型,它描述了联邦成员可以对外公布或需要订购的对象类、对象类属性、交互类、交互类参数的特性,这些特性反映了成员在参与联邦运行时所具有的能力。SOM 中的每一个对象都是在 FOM 中定义的一个对象类的实例,每个对象类都包含一些与自己相关的属性集。

3.3.1 FOM 中的对象类与交互类的设计

(1) 对象类及其属性

- ① 行李类 Baggage: 位置 position、类型 type
- ② 传送平台类 Platform: 位置 position、空载标志 spaceAvailable、装载行李号 cargo
- ③ 工作人员类 Worker: 位置 position、状态 workerState、装载行李号 baggageName
- ④ 乘客类 Passenger: 位置 position、状态 passengerState、行李号 baggageName

(2) 交互类及其参数

- ① 键盘输入类 KeyInput: 内容 keyContent

3.3.2 SOM 的设计

在仿真系统中有五个 SOM, 分别是装载邦员 loading、运输邦员 transport、卸载邦员 taking、管理邦员 manager 和观察邦员 viewer。对象类的公布/订购可以到属性级,即可以公布/订购某个对象类的部分属性,而交互类的公布/订购只能到类一级。各 SOM 的

公布/订购关系如下表所示。

表 1 对象类属性的公布/订购关系(P:公布,S:订购)

联邦成员 对象类属性	loading	transport	taking	viewer
对象类 Baggage				
privilegeToDeleteObject	P		P	
position	P	PS	PS	S
type	P		S	S
对象类 Platform				
position	S	P	S	S
spaceAvailable	S	P	S	S
cargo	S	P	S	S
对象类 Worker				
position	P			S
workerState	P			S
baggageName	P			S
对象类 Passenger				
position			P	S
passengerState			P	S
baggageName			P	S

表 2 交互类的公布/订购关系(P:公布,S:订购)

联邦成员 交互类	loading	transport	taking	viewer	manager
KeyInput	S	S	S	S	P

3.4 仿真程序的开发和运行

每个 SOM 都要开发一套仿真程序,有很多开发 HLA 仿真程序的商用软件可以帮助联邦开发者开发出仿真程序的大体框架,具体仿真模块的实现还要由联邦开发者根据不同的仿真应用进行设计。图 2 为 transport 邦员主仿真线程流程图。

运行此仿真程序时,首先启动 RTI,再依次运行管理邦员、装载邦员、运输邦员、卸载邦员和观察邦员。管理邦员通过注册同步点实现仿真的开始、暂停和结束。

4 结束语

目前分布式交互仿真技术的研究正不断深入,对分布式交互仿真技术的应用范围也在不断扩大。然而

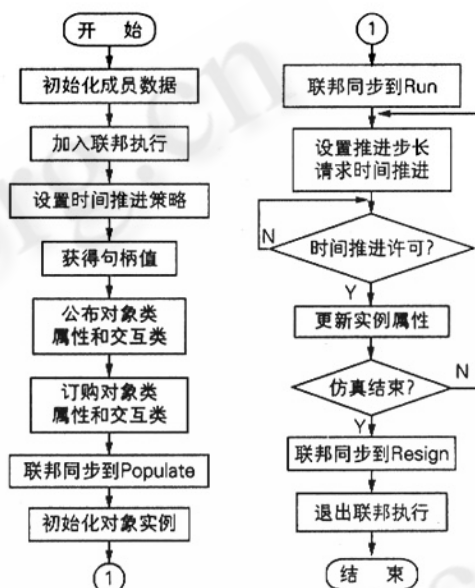


图 2 transport 联邦成员主仿真线程流程图

我们也必须清醒地认识到,分布式交互仿真技术涉及到计算机技术、网络技术、虚拟现实和多媒体技术等多种技术,尚处于发展的初级阶段,还存在着许多尚未解决的理论问题和技术障碍。

参考文献

- 郭齐胜、张伟、杨立功等,分布交互仿真及其军事应用,第1版,北京国防工业出版社,2003。
- 梁彦刚、唐田金、雍恩米,基于HLA的导弹攻防仿真系统分析与设计,国防科技大学学报,2004,26(5):18-21。
- 张宇宏、胡亚海、彭晓源、冯勤,基于HLA的防空导弹武器系统仿真平台研究,北京航空航天大学学报,2003,29(1):1-2。
- 周彦、戴剑伟,HLA仿真程序设计,第1版,北京电子工业出版社,2002。