

HLA

仿真技术应用教程

张家祥 主编



国防工业出版社

National Defense Industry Press

TP391.9
548
12

HLA 仿真技术应用教程

张家祥 主编

国防工业出版社

· 北京 ·

内 容 简 介

本书对 HLA(高层体系结构)的基本内容以及基于 HLA 的仿真程序设计的方法和技巧进行了详细介绍。全书共分为三部分。第一部分为 HLA 入门,包括第 1 章~第 3 章,主要介绍了高层体系结构 HLA 概述、HLA 对象模型模板和 HLA 运行支撑系统;第二部分为 HLA 接口规范,包括第 4 章~第 11 章,主要介绍了 HLA 联邦管理、HLA 时间管理、HLA 声明管理、HLA 对象管理、HLA 所有权管理、HLA 数据分发管理、HLA 服务支持以及 HLA 管理对象模型;第三部分为 HLA 应用实例,包括第 12 章和第 13 章,主要介绍了 HLA 联邦设计和 HLA 联邦开发实例。

本书可作为相关专业的研究生和高年级本科生的教学用书,也可作为仿真领域广大科研工作者和工程技术人员掌握 HLA 技术的参考书。

本书的例子代码均可在<http://www.kylinx.com/books/hla/index.htm>免费下载,也可发电子邮件到 inter_wolf@163.com 向作者申请。

图书在版编目(CIP)数据

HLA 仿真技术应用教程/张家祥主编. —北京:国防工业出版社,2007. 1
ISBN 7-118-04816-X

I. H... II. 张... III. 计算机仿真—程序设计—教材 IV. TP391.9

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 121310 号

※

国防工业出版社出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路 23 号 邮政编码 100044)

天利华印刷装订有限公司印刷

新华书店经售

*

开本 787×1092 1/16 印张 15½ 字数 353 千字

2007 年 1 月第 1 版第 1 次印刷 印数 1—4000 册 定价 28.00 元

。(本书如有印装错误,我社负责调换)

国防书店:(010)68428422

发行邮购:(010)68414474

发行传真:(010)68411535

发行业务:(010)68472764

前 言

计算机仿真以计算机技术和信息技术为基础,以相似性原理为依据,通过建立系统模型对系统进行动态仿真的综合性技术。近年来,随着计算机技术和信息技术的飞速发展,计算机仿真的应用领域不断拓宽。目前计算机仿真已经广泛应用于航天、航空、通信、军事、生物、化学和社会学等领域。由于计算机仿真所面对的问题越来越复杂,仅仅使用单个仿真系统已经无法满足需求,因此,分布式仿真已经成为计算机仿真领域的发展方向。

HLA(高层体系结构)是实现分布式仿真系统的核心。作为一种软件体系结构,HLA 为仿真应用的开发者提供了构造和描述仿真应用的通用框架,解决了仿真中的两大关键问题:一是提高了仿真应用之间的互操作性,二是促进了模型在不同领域的重用。

本书以 IEEE 1516 标准为基础,对 HLA 技术的基本内容以及基于 HLA 的仿真程序设计的方法和技巧进行了详细介绍。

全书内容安排如下。

- 第 1 章 高层体系结构概述
- 第 2 章 HLA 对象模型模板
- 第 3 章 HLA 运行支撑系统
- 第 4 章 HLA 联邦管理
- 第 5 章 HLA 时间管理
- 第 6 章 HLA 声明管理
- 第 7 章 HLA 对象管理
- 第 8 章 HLA 所有权管理
- 第 9 章 HLA 数据分发管理
- 第 10 章 HLA 服务支持
- 第 11 章 HLA 管理对象模型
- 第 12 章 HLA 联邦设计
- 第 13 章 HLA 联邦开发实例

本书的例子代码均可在<http://www.kylinx.com/books/hla/index.htm>免费下载,也可发电子邮件到 interwolf@163.com 向作者申请。

本书可作为相关专业的研究生和高年级本科生的教学用书,也可作为仿真领域广大

科研工作者和工程技术人员掌握 HLA 技术的参考书。

本书由张家祥主编,参加本书编写工作的有张明、刘松林、周伟、潘阳、张强、王炳全、李珩、邓波晖、高伟、周林、张祥、严东虎等,张晓辉对本书进行了细致的审阅。

由于时间仓促以及作者水平有限,书中错误之处在所难免,敬请各位专家和广大读者批评指正。

作者
2006 年 9 月

目 录

第 1 章 高层体系结构概述	1	的编码	26
1.1 仿真技术简介	1	2.15 注释表	28
1.2 HLA 的组成	2	2.16 FOM/SOM 词典	29
1.2.1 基本术语	2	2.16.1 对象类定义表	29
1.2.2 规则	2	2.16.2 交互类定义表	29
1.2.3 对象模型模板	4	2.16.3 属性定义表	29
1.2.4 运行支撑系统的接口规范	5	2.16.4 参数定义表	30
1.3 HLA 的特点	6	第 3 章 HLA 运行支撑系统	31
第 2 章 HLA 对象模型模板	7	3.1 概述	31
2.1 概述	7	3.2 RTI 1.3-NG 的组成	31
2.2 OMT 的组成	8	3.2.1 RTI 软件的主要组成	32
2.3 对象模型鉴别表	9	3.2.2 联邦成员的组成	33
2.4 对象类结构表	10	3.2.3 运行中的联邦	33
2.5 交互类结构表	11	3.3 主流 RTI 软件	34
2.6 属性表	12	第 4 章 HLA 联邦管理	36
2.7 参数表	15	4.1 概述	36
2.8 维表	16	4.1.1 联邦执行的保存和恢复	37
2.9 时间表示表	17	4.1.2 同步点	37
2.10 用户定义的标签表	18	4.2 管理联邦执行	38
2.11 同步表	19	4.2.1 创建联邦执行	39
2.12 传输类型表	20	4.2.2 撤销联邦执行	39
2.13 开关表	20	4.2.3 加入联邦执行	39
2.14 数据类型表	21	4.2.4 退出联邦执行	40
2.14.1 基本数据描述表	22	4.3 联邦成员同步	41
2.14.2 简单数据类型表	23	4.3.1 注册联邦同步点	42
2.14.3 枚举数据类型表	23	4.3.2 确认同步点注册	43
2.14.4 数组数据类型表	24	4.3.3 宣布同步点	43
2.14.5 定长记录数据类型表	25	4.3.4 同步点已到达	44
2.14.6 变长记录数据类型表	25	4.3.5 联邦已同步	44
2.14.7 预先定义的构造数据类型		4.4 保存联邦状态	45

4.4.1	请求联邦保存	45	5.3.8	请求撤销	74
4.4.2	初始化联邦成员保存	47	5.4	时间管理辅助服务	74
4.4.3	联邦成员保存开始	47	5.4.1	使能异步传输	74
4.4.4	联邦成员保存完成	48	5.4.2	禁止异步传输	75
4.4.5	联邦已保存	48	5.4.3	查询 LBTS	75
4.4.6	查询联邦保存状态	49	5.4.4	查询联邦成员时间	75
4.4.7	联邦保存状态响应	49	5.4.5	查询最小下一事件时间	76
4.5	恢复联邦状态	50	5.4.6	修改前瞻时间	76
4.5.1	请求联邦恢复	51	5.4.7	查询前瞻时间	77
4.5.2	确认联邦恢复请求	51	5.4.8	改变属性顺序类型	77
4.5.3	联邦恢复开始	52	5.4.9	改变交互顺序类型	78
4.5.4	初始化联邦成员恢复	52	第6章	HLA 声明管理	79
4.5.5	联邦成员恢复完成	53	6.1	概述	79
4.5.6	联邦已恢复	53	6.2	对象类的公布/订购	80
4.5.7	查询联邦恢复状态	54	6.2.1	公布对象类属性	81
4.5.8	联邦恢复状态响应	54	6.2.2	取消公布对象类属性	82
第5章	HLA 时间管理	56	6.2.3	订购对象类属性	83
5.1	概述	56	6.2.4	取消订购对象类属性	84
5.1.1	消息	56	6.2.5	开始注册对象类	85
5.1.2	逻辑时间	58	6.2.6	停止注册对象类	86
5.1.3	时间控制成员	58	6.3	交互类的公布/订购	86
5.1.4	时间约束成员	58	6.3.1	公布交互类	87
5.1.5	推进时间	59	6.3.2	取消公布交互类	88
5.2	设置时间管理策略	60	6.3.3	订购交互类	88
5.2.1	使能时间控制	61	6.3.4	取消订购交互类	89
5.2.2	时间控制允许	62	6.3.5	置交互开	89
5.2.3	取消时间控制	62	6.3.6	置交互关	90
5.2.4	使能时间约束	63	第7章	HLA 对象管理	91
5.2.5	时间约束允许	63	7.1	概述	91
5.2.6	取消时间约束	64	7.2	注册、发现和删除对象实例	92
5.3	推进逻辑时间	64	7.2.1	保留对象实例名称	93
5.3.1	时间推进请求	67	7.2.2	对象实例名称已保留	93
5.3.2	即时时间推进请求	68	7.2.3	注册对象实例	94
5.3.3	下一事件请求	69	7.2.4	发现对象实例	95
5.3.4	即时下一事件请求	70	7.2.5	删除对象实例	95
5.3.5	清空队列请求	71	7.2.6	移去对象实例	96
5.3.6	时间推进许可	72	7.2.7	本地删除对象实例	97
5.3.7	撤销	73			

7.3	更新和反射实例属性	98	8.3.5	确认释放	124
7.3.1	更新属性值	99	8.3.6	请求接收属性所有权	125
7.3.2	反射属性值	100	8.4	辅助所有权管理服务	126
7.3.3	请求属性值更新	101	8.4.1	查询属性所有权	126
7.3.4	提供属性值更新	102	8.4.2	通知属性所有权	127
7.4	发送和接收交互	103	8.4.3	属性是否被成员拥有	127
7.4.1	发送交互	103			
7.4.2	接收交互	104	第9章	HLA 数据分发管理	129
7.5	对象管理辅助服务	105	9.1	概述	129
7.5.1	改变属性传输类型	105	9.1.1	DDM 的基本概念	129
7.5.2	改变交互传输类型	106	9.1.2	计算区域重叠	130
7.5.3	属性在域中	107	9.1.3	DDM 服务与其他服务的 关系	130
7.5.4	属性在域外	108	9.2	区域创建和删除	131
7.5.5	置对象实例更新开	108	9.2.1	创建区域	131
7.5.6	置对象实例更新关	109	9.2.2	提交区域修改	132
			9.2.3	删除区域	132
第8章	HLA 所有权管理	110	9.3	关联属性和区域	133
8.1	概述	110	9.3.1	带域订购对象类属性	134
8.1.1	所有权与公布	110	9.3.2	带域请求属性值更新	136
8.1.2	所有权转移	111	9.3.3	带域取消订购对象类	137
8.1.3	删除对象权	112	9.3.4	带域注册对象实例	138
8.1.4	用户提供标志	112	9.3.5	关联更新区域	139
8.1.5	属性标识符集合	113	9.3.6	取消关联更新区域	140
8.2	所有权的“拉”模式	113	9.4	关联交互和区域	141
8.2.1	属性所有权获取	114	9.4.1	带域订购交互类	141
8.2.2	空闲属性所有权获取	115	9.4.2	带域取消订购交互类	143
8.2.3	属性所有权获取通知	116	9.4.3	带域发送交互	144
8.2.4	属性所有权不可获取	117			
8.2.5	请求属性所有权释放	118	第10章	HLA 服务支持	146
8.2.6	取消属性所有权获取	118	10.1	概述	146
8.2.7	确认属性所有权获取 取消	119	10.2	Name-to-Handle 转换 服务	146
8.2.8	需要属性所有权释放	120	10.2.1	获取对象类句柄	146
8.3	所有权的“推”模式	120	10.2.2	获取交互类句柄	147
8.3.1	无条件属性所有权释放	121	10.2.3	获取参数句柄	147
8.3.2	协商属性所有权释放	122	10.2.4	获取属性句柄	147
8.3.3	取消协商属性所有权 释放	123	10.2.5	获取对象实例句柄	148
8.3.4	请求确认释放	124	10.2.6	获取已知对象类句柄	148

10.2.7 获取维句柄	149	10.7.3 获取顺序类型	161
10.3 Handle-to-Name 转换		10.7.4 获取顺序名	161
服务	149	10.7.5 标准化成员句柄	162
10.3.1 获取交互类名	149	10.7.6 标准化服务组	162
10.3.2 获取对象类名	150	10.7.7 引起回调	162
10.3.3 获取参数名	150	10.7.8 引起多个回调	163
10.3.4 获取属性名	151	10.7.9 使能回调	163
10.3.5 获取对象实例名	151	10.7.10 禁止回调	164
10.3.6 获取维名	151	第 11 章 HLA 管理对象模型	165
10.4 使能开关服务	152	11.1 概述	165
10.4.1 使能对象类相关提示		11.2 MOM 对象类	165
开关	152	11.2.1 MOM 对象类结构表	166
10.4.2 禁止对象类相关提示		11.2.2 MOM 对象类定义表	166
开关	152	11.2.3 MOM 属性定义表	167
10.4.3 使能属性相关提示		11.3 MOM 交互类	168
开关	153	11.3.1 MOM 交互类结构表	170
10.4.4 禁止属性相关提示		11.3.2 MOM 交互类定义表	172
开关	153	11.3.3 MOM 参数定义表	177
10.4.5 使能属性范围提示		第 12 章 HLA 联邦设计	181
开关	154	12.1 FEDEP 简介	181
10.4.6 禁止属性范围提示		12.2 定义联邦目标	181
开关	154	12.3 开发联邦概念模型	183
10.4.7 使能交互相关提示		12.4 设计联邦	184
开关	155	12.5 开发联邦	185
10.4.8 禁止交互相关提示		12.6 集成和测试联邦	186
开关	155	12.7 执行联邦并准备结果	188
10.5 使用区域服务	156	12.8 分析数据并评价结果	188
10.5.1 获取维上限	156	第 13 章 HLA 联邦开发实例	190
10.5.2 获取类属性的可用维	156	13.1 实例概述	190
10.5.3 获取交互类的可用维	157	13.2 FOM/SOM 的开发	191
10.5.4 获取维句柄集	157	13.3 RTI 1.3-NG 实例代码	
10.5.5 获取区间范围	158	分析	191
10.5.6 设置区间范围	158	13.3.1 联邦管理代码	192
10.6 RTI 开始与停止服务	159	13.3.2 时间管理代码	196
10.6.1 初始化 RTI	159	13.3.3 声明管理代码	200
10.6.2 结束 RTI	160	13.3.4 对象管理代码	204
10.7 其他服务	160		
10.7.1 获取传输类型	160		
10.7.2 获取传输名	160		

附录 A	“Chat”实例的 FED 文件	...	210		
A. 1	RTI 1.3 - NG 实例 FED 文件		210		
A. 2	KD - RTI 实例 FED 文件	...	216		
附录 B	RTI 1.3 - NG 的类		218		
B. 1	AttributeHandleSet 类		218	B. 2	AttributeHandleValue PairSet 类 219
				B. 3	Exception 类 224
				B. 4	FederateHandleSet 类 229
				B. 5	FedTime 类 230
				B. 6	ParameterHandleValue PairSet 类 232
				B. 7	Region 类 236

第 1 章 高层体系结构概述

本章内容提要

本章将对仿真技术的基本概念,高层体系结构(HLA, High Level Architecture)的历史、组成和特点进行简要介绍。

1.1 仿真技术简介

计算机仿真以计算机技术和信息技术为基础,以相似性原理为依据,通过建立系统模型对系统进行动态仿真的综合性技术。近年来,随着计算机技术和信息技术的飞速发展,计算机仿真的应用领域不断拓宽。目前计算机仿真已经广泛应用于航天、航空、通信、军事、生物、化学和社会学等领域。由于计算机仿真所面对的问题越来越复杂,仅仅使用单个仿真系统已经无法满足需求,因此,分布式仿真已经成为计算机仿真领域的发展方向。

分布式仿真是指采用协调一致的结构、标准、协议和数据库,通过网络将分散在各地的仿真系统互联,形成可参与的综合性仿真环境。分布式仿真技术使大规模复杂系统仿真成为可能,并且大大降低了成本。为了实现分布式仿真的重用和互操作,1995年10月,美国国防部的国防建模与仿真办公室(DMSO, Defense Modeling and Simulation Office)公布了建模与仿真主计划(MSMP, Modeling and Simulation Master Plan),即 DoD 5000.59-P 文件。

MSMP 的首要目标是为国防领域的建模与仿真制定一个通用的技术框架,以促进建模与仿真的互操作和重用。该技术框架由三部分组成,分别是高层体系结构(HLA, High Level of Architecture)、任务空间概念模型(CMMS, Conceptual Model of the Mission Space)和数据标准(DS, Data Standard),其中 HLA 是该技术框架的核心。

在 HLA 标准的制定过程中,DMSO 通过一系列 HLA 原型系统的开发、运行及测试,对 HLA 的可行性与合理性进行了验证,从而使得 HLA 定义的各部分不断修改完善。1996年9月10日,USD(Under Secretary of Defense for Acquisition and Technology)批准了 HLA 的基本定义。1997年12月,HLA 被仿真互操作标准组织(SISO)执行委员会接受,并被 IEEE 批准作为一个 IEEE 标准进行开发。1998年11月,对象管理组织 OMG(Object Management Group)采纳 HLA 作为其分布式仿真标准。2000年9月21日,经 IEEE 标准协会(SA)投票批准,HLA 正式成为 IEEE1516 标准。

1.2 HLA 的组成

作为一种软件体系结构,HLA 为仿真应用的开发者提供了构造和描述仿真应用的通用框架,解决了仿真中的两大关键问题:一是提高了仿真应用之间的互操作性,二是促进了模型在不同领域的重用。

1.2.1 基本术语

下面首先介绍 HLA 中常用的一些基本术语。

(1) 联邦(Federation):用于实现某一特定仿真目的分布仿真系统。

(2) 联邦成员(Federate):参与联邦的所有应用都称为联邦成员,简称成员。

(3) 对象(Object):构成成员的基本要素,用于描述真实世界的实体,其粒度和抽象程度适合于描述成员间的互操作。在任一给定时间,对象的状态定义为其所有属性值的集合。

(4) 对象模型(Object Model):用来表示客观世界的一组对象的集合,它描述了各对象的属性、对象间的联系和交互。

(5) 联邦对象模型(Federation Object Model,FOM):联邦中联邦成员进行数据交互的共同对象模型。

(6) 运行支撑框架(Run-Time Infrastructure,RTI):一种通用的分布仿真支撑软件,用于集成各种分布的联邦成员,在联邦运行时提供具有标准接口的服务。

其中联邦、联邦成员和对象的关系如图 1.1 所示。

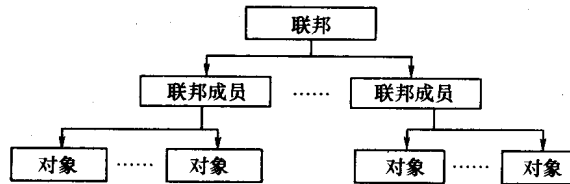


图 1.1 联邦、联邦成员和对象的关系

联邦由若干个相互作用的联邦成员组成,联邦成员有多种类型,如用于管理数据采集的数据记录成员、用于和用户交互的交互成员,以及用于仿真的仿真应用成员等。联邦成员由多个相互作用的对象构成,对象是联邦的基本元素。

例如,假设在一次作战仿真中,蓝方出动一批战斗机,空袭红方高炮营阵地,攻击目标为营指挥所。高炮营接收上级指示,奉命拦截该批敌机。在这一仿真系统中可以设计:

(1) 两个联邦成员,分别是飞机联邦成员和高炮联邦成员;

(2) 两个对象模型,分别是飞机和高炮营指挥所;

(3) 飞机对象的属性包括序号、位置和速度等,高炮营指挥所对象的属性包括位置和状态等。

HLA 主要由规则(Rules)、对象模型模板(Object Model Templet,OMT)以及运行支撑系统的规范接口(Interface Specification)三部分组成。

1.2.2 规则

HLA 的规则描述了成员和联邦应具有的职责。HLA 的规则共有 10 条,前 5 条规定

了一个联邦必须满足的要求,后 5 条规定了一个联邦成员必须满足的条件。本节将介绍 IEEE1516 标准规定的 HLA 规则。

规则 1:联邦应具有一个用 HLA OMT 描述的 HLA FOM。

FOM 应记载运行时成员间交换数据的协议及数据交换的条件。HLA 不限定 FOM 中包含的数据,它由联邦用户和开发者来决定。为了支持新的用户能重用 FOM,HLA 要求以确定形式描述 FOM。

信息交换协议的规范化是 HLA 的一个重要方面。HLA 能用来支持具有广泛用途的各种联邦,FOM 是一种用来规范 HLA 应用中数据交换的方法。

通过规范化协议与需求确定的过程,并将结果用形式化方式描述,FOM 提供了理解联邦的主要元素以及支持联邦以部分或整体重用的手段。此外,FOM 提供了在联邦运行时初始化 RTI 的数据。

规则 2:在一个联邦中,所有与仿真应用有关的对象实例应在成员中描述,而不应在 RTI 中描述。

HLA 的一个基本思想是将特定仿真中的功能与通用的支撑服务相分离。在 HLA 中被仿真的对象属于仿真应用,而 RTI 提供类似于分布操作系统的功能,支持联邦中对象的交互。

RTI 服务能支持 DoD 中的各种联邦,是一个能够最广泛被重用的基本服务集,包括了最基本的协调与管理服务,如联邦运行时间管理等。它们的应用非常广泛,因此以标准服务的形式提供比由用户自己定义效率更高。同时,这使得成员能集中处理应用领域的问题,减少仿真应用开发者投入的时间及资源。RTI 可以使用对象的属性与交互数据来支持 RTI 服务,但不能改变这些数据。

规则 3:联邦执行时,各成员间所有由 FOM 规定的交换数据必须通过 RTI 进行。

HLA 在 RTI 中指定了一组接口,根据 FOM 的规定来支持对象属性值的交换。在 HLA 中,对象间的交互作用由数据交换来完成。

根据 FOM 的规定,各成员将属性和交互的数据提供给 RTI,而 RTI 提供成员间的协调、同步及完成数据交互的功能。在成员能够负责在正确的时间提供正确的数据的情况下,RTI 保证数据按声明的要求传递给需要数据的成员。

为保证联邦中的所有成员在整个运行期间保持协调,必须使用 RTI 服务。如果一个联邦在 RTI 外交换数据,则联邦的一致性将被破坏。公共的 RTI 服务保证了在仿真应用间数据交换的一致性,减少了开发新联邦的费用。

规则 4:在联邦执行中,加入成员与 RTI 的交互必须遵循 HLA 接口规范。

HLA 提供了访问 RTI 服务的接口标准,联邦成员使用这些接口标准与 RTI 交互。接口规范定义了成员应怎样与 RTI 交互。由于接口和 RTI 能用于具有多种数据交换方式的各类应用中,所以没有对通过接口交换的数据做任何规定。标准化的接口使得开发仿真应用时不需要考虑 RTI 的实现。

规则 5:在联邦执行中,在任一给定时刻,一个对象实例的属性至多被一个成员所拥有。

HLA 允许同一个对象的不同属性分属于不同的成员。为保证联邦中数据的一致性,在任一给定时刻,一个对象实例的属性至多被一个成员所拥有。HLA 提供了将属性动态

地从一个成员转移到另一个成员的机制。

规则 6:成员应该具有一个用 HLA OMT 描述的仿真对象模型 (Simulation Object Model, SOM)。

SOM 描述了成员中能在联邦中公布的对象、属性和交互,但不描述数据,数据描述是成员开发者的责任。

HLA 对重用与互操作的支持主要在联邦成员这一级, SOM 是实现这种支持的主要手段之一。SOM 充分描述了成员能向外提供的基本能力,由此可以识别该成员在一个新联邦中潜在的应用。应注意 SOM 并没记录成员的全部信息,用户也不需要成员的全部信息来确定软件的重用。

规则 7:成员应能对其 SOM 中的对象属性进行更新和反射,也能对 SOM 中的交互进行发送和接收。

这一规则要求联邦成员内部的能力能够被参与联邦的其他成员所使用,通过属性更新和反射以及交互发送和接收来实现。

规则 8:成员应能够按照 SOM 中的规定,在联邦执行过程中动态转移和接收属性的所有权。

HLA 允许不同的成员拥有同一对象的不同属性,因此一个仿真应用可以与另一个仿真应用结合,满足新的要求。

通过赋予仿真应用转移和接收对象属性所有权的能力,可以使一个仿真应用能够很容易地与其他仿真应用结合。

规则 9:成员应能按 SOM 的规定改变提供实例属性更新的条件。

HLA 允许成员拥有对象的属性,然后通过 RTI 使这些值能够被其他成员使用。不同的联邦成员可以指定不同的属性更新条件。

规则 10:成员应能管理局部时间,从而保证它能协调地与联邦中的其他成员交换数据。

HLA 的时间管理功能支持使用不同内部时间管理机制的成员之间的互操作。为了达到这一目标,HLA 提供了统一时间管理结构来保证不同成员之间时间管理的互操作性。不同类型的仿真可以看作统一时间管理结构的一个特例,通常只使用 RTI 时间管理能力的一个子集。

联邦成员不需要明确告诉 RTI 其内部时间推进机制。

1.2.3 对象模型模板

HLA 规则要求联邦及其成员都需要建立自己的对象模型,即 FOM 和 SOM。在开发一个 HLA 联邦的过程中,所有参与联邦运行的成员对它们之间需要进行交换的信息的特性需要具有准确一致的理解,否则各成员之间的互操作将难以正确有效地完成。对象模型模板(OMT)提供了建立 HLA 对象模型的通用框架。

OMT 规定了记录对象模型内容的标准格式和语法,它是实现 HLA 互操作和可重用的重要机制之一。OMT 定义了 FOM、SOM 和 MOM (Management Object Model, 管理对象模型)。建立 FOM 的目的就是借助于 OMT 提供的标准化记录格式,为一个特定的联邦中各成员之间需要交换的信息的特性进行描述。SOM 作为一种标准化的对象模型,

描述了各仿真成员在联邦运行过程中可以提供给联邦的信息,以及需要从其他成员接收的信息,它反映的是成员具备的向外界公布信息的能力和从外界订购信息的需求。SOM的建立有利于确定成员参与具体联邦的适合程度,有利于它在建立具体 FOM 中的重用。MOM 是全局定义的,它提供了管理一个联邦所需的对象和交互。

OMT 以表的形式来描述 HLA 对象模型。各种类型的对象及其属性和交互的详细信息都反映在逻辑表中。OMT 规范说明要求联邦和单个的仿真(联邦成员)都应使用这些表结构,但根据不同的情况,允许某些表为空。所有的 HLA 对象模型必须包含一个对象类或交互类。IEEE1516 标准中 OMT 表格主要包括以下表格。

- (1) 对象模型鉴别表:记录鉴别 HLA 对象模型的重要信息。
- (2) 对象类结构表:记录成员或联邦的所有对象类名称并描述该类的继承关系。
- (3) 交互类结构表:记录成员或联邦的所有交互类名称并描述该类的继承关系。
- (4) 属性表:详细说明成员或联邦中对象属性的特性。
- (5) 参数表:详细说明成员或联邦中交互参数的特性。
- (6) 维表:说明用来过滤实例属性和交互的维。
- (7) 时间表示表:说明时间值的表示。
- (8) 用户定义的标签表:说明用在 HLA 服务中的标签的表示方法。
- (9) 同步表:说明 HLA 同步服务中的表示和数据类型。
- (10) 传输类型表:描述消息所用的传输机制。
- (11) 开关表:描述 RTI 所用参数的初始设置。
- (12) 数据类型表:说明对象模型中数据表示的细节。
- (13) 注释表:用于扩展 OMT 表格项目的解释。
- (14) FOM/SOM 词典:用于说明 HLA 对象模型中所有对象、属性、交互和参数的含义。

关于这些表格的详细说明将在第 2 章中进行详细介绍。

1.2.4 运行支撑系统的接口规范

运行支撑系统(RTI)是按照 HLA 接口规范开发的仿真支撑软件,它提供了一系列用于仿真互连的服务,是 HLA 仿真系统进行分层管理控制,实现分布仿真可扩展性的基础,也是进行 HLA 其他关键技术研究的立足点。作为 HLA 进行分布仿真的支撑系统,RTI 是实现 HLA 仿真系统的核心,可对运行过程中动态信息的管理和集成提供有效的支持。图 1.2 给出了 HLA 联邦系统结构的示意图。

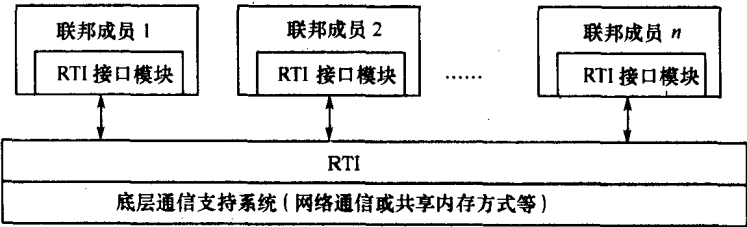


图 1.2 HLA 联邦系统结构示意图

接口规范是对 RTI 的接口服务的描述。RTI 提供了一系列服务来处理联邦运行时联邦成员间的互操作和管理联邦的运行。IEEE1516 标准中规定的基本服务有以下几种。

(1) 联邦管理:提供创建、删除、加入、退出联邦和联邦同步点服务,以及保存、恢复联邦状态等功能。

(2) 声明管理:声明成员能够产生和希望接收信息的意图,用于公布、订购对象类属性和交互类,支持仿真交互控制的功能。

(3) 对象管理:包括对象提供方的实例注册和更新,对象用户方的实例发现和反射,同时包括收发交互信息的方法、基于用户要求控制实例更新和其他方面的支持功能。

(4) 所有权管理:提供属性所有权和对象所有权的转移和接收的服务。

(5) 时间管理:提供 HLA 时间管理策略和时间推进机制,以及用于查询时间状态和修改消息的排序类型等功能。

(6) 数据分发管理:通过对更新域和订购域的管理,提供基于值的数据过滤和分发服务,使成员能有效地接收和发送数据。

(7) 支持服务:是对实现六大基本服务的支持,可完成联邦执行过程中关于名称及其对应句柄之间的相互转换,并可设置一些开关量。

HLA 运行支撑系统及其接口规范的详细内容将在后面的章节中进行详细介绍。

1.3 HLA 的特点

HLA 是一个开放的、面向对象的体系结构,HLA 的基础是构件技术。构件技术是开发大型应用的一种方法,通过使用构件技术,不仅可以表示面向对象的软件实体本身,还可以很容易地把软件实体装配成完整的应用。构件技术不仅降低了大型软件的开发成本和维护费用,还大大提高了软件模块的可重用性。

HLA 通过定义了对象模型与仿真应用程序之间的编程接口(RTI-API)来实现构件的装配。HLA 通过提供通用的、相对独立的支撑服务程序,将应用层同底层支撑环境功能分离开,隐蔽了各自的实现细节,从而使这两部分能够相互独立地进行开发,最大程度地利用各自领域的最新技术。同时,HLA 可以实现应用系统的即插即用,并针对不同的用户需求和不同的应用目的,实现联邦快速灵活的组合和重配置,保证了联邦范围内的互操作和重用。

RTI 向客户方的应用提供标准的接口,屏蔽了许多与分布式计算相关的细节,如对象的定位、网络连接的建立和请求的发送等。这一点与 OMG(对象模型模板)指定 CORBA 规范的原则是一致的,从而使 RTI 的实现具有很大的自由度,充分体现了 RTI 的易用性。需要注意的是,过多的屏蔽实现细节有可能使应用难以控制底层 RTI 所提供的服务质量。

HLA 针对一般的复杂系统,提供了动态仿真模型的统一描述方法。基于这种统一的模式,HLA 分离出了建立和展开动态仿真模型所需的公共功能,并通过提供公共服务来实现这些功能,包括处理对象的加入和退出、确定对象间的通信关系、处理对象间的通信和协调对象的时间推进等。

第2章 HLA 对象模型模板

本章内容提要

HLA 对象模型模板(HLA OMT)主要用于标准化描述联邦运行过程中需要交换的各种数据和信息。本章首先介绍 HLA 对象模型模板的组成,然后介绍对象模型模板中各种表格的用途和格式。

2.1 概述

作为详细说明 HLA 对象模型的一种标准的结构化框架,HLA OMT 具有如下作用。

- (1) 提供通用的、易于理解的机制,用于说明成员之间数据交换与协作关系;
- (2) 提供通用的、标准的机制,用于描述一个成员的潜在能力;
- (3) 有助于通用对象模型开发工具的设计与应用。

HLA OMT 中主要描述两类对象模型,一类是用来描述联邦中的各个成员,即创建单个的 HLA SOM;另一类是用来描述多个互操作的联邦成员(联邦),即创建 HLA FOM。无论是描述 SOM 还是描述 FOM,OMT 的主要目的是便于仿真系统的互操作和仿真部件的重用。

在开发 HLA 联邦的过程中,所有参加联邦运行的成员都需要对它们相互之间必需进行交换的信息的特性具有准确的、一致的理解,否则各成员之间的互操作将难以正确、有效地完成。建立 FOM 的目的是为联邦中各成员之间交换数据的描述提供统一、标准的形式,以便各成员在联邦的运行中正确、充分地利用这些数据进行互操作。

FOM 中的数据主要包括联邦中的所有对象类、交互类以及描述这些类的参数或属性的说明。FOM 建立了成员间实现互操作所必须的“信息模型协议”。

在开发标准的 HLA 联邦过程中,另一个重要的步骤是根据联邦发起者的目标决定联邦中各个成员所对应的仿真应用的组成。HLA SOM 是单个仿真成员在联邦运行过程中可以提供给联邦的信息以及它需要从其他仿真成员接收的信息的规范化描述。SOM 的规范化描述利于确定成员是否适宜加入到某个联邦中去。与 FOM 一样,SOM 中包含的数据也是对象类及其属性、交互类及其参数以及对它们本身特性的说明。

HLA OMT 格式同时适用于 FOM 和 SOM,FOM 和 SOM 都采用 OMT 格式的优点在于在 HLA 领域描述了对对象模型的共同框架。有时,这种共同性甚至允许 SOM 组件作为一部分集成到 FOM 中,便捷 FOM 的建立。