

# 分布式交互仿真与高层体系结构

赵晨光, 张多林, 李为民  
(空军工程大学 导弹学院, 陕西 三原 713800)

**摘要:**在说明分布式交互仿真标准化发展过程的基础上,介绍了分布式交互仿真协议和高层体系结构,对两者进行分析比较,总结出各自的特点,为相关人员提供参考。

**关键词:**分布式交互仿真;聚合级仿真;高层体系结构

**中图分类号:**TP393.04 **文献标识码:**A **文章编号:**1009-3516(2003)04-0056-04

## 1 分布式交互仿真标准化过程

分布式交互仿真的标准化工作起源于20世纪80年代初美国的仿真器联网(SIMNET, Simulator Networking)计划,为了将大量分散在各地的仿真器联网,构造一个人可以交互的虚拟战场,提供一个群体协同训练的环境,制定了仿真器的联网标准和协议,即“SIMNET网络和协议”<sup>[1-2]</sup>。

SIMNET适用于同构类型的仿真器,随着仿真规模的扩大和仿真应用类型的增加,发展了更为普遍适用的分布式交互仿真(DIS, Distributed Interactive Simulation)。分布式交互仿真采用一致的结构、标准和算法,通过网络将分散在各地不同类型的仿真系统互联,建立一种人可以参与交互作用、时空一致的综合环境。DIS标准化的结果为IEEE1278.X系列标准。

DIS是定位于平台级的实时仿真,适用于战术级仿真,对于战役、战略级仿真,美军定义了聚合级仿真协议(ALSP, Aggregated Level Simulation)。

为了在更高层次上通过保证建模与仿真的可重用性和互操作性,最大限度地共享建模和仿真技术及其成果,满足国防领域对建模与仿真的需求,1995年美国国防部公布了建模与仿真主计划,提出了6大目标,其核心是为建模与仿真提供一个通用的技术框架,它由任务空间概念模型(CMMS, Conceptual Model of Mission Space)、高层体系结构(HLA, High Level Architecture)和数据标准(DS, Data Standard)组成。其中HLA的标准为IEEE1516.X系列<sup>[3]</sup>。

## 2 DIS标准介绍

DIS的核心在于连接各个独立的计算节点,建立一种与人的感觉和行为相容、时空一致的综合环境。这种连接必须遵循共同的网络通信服务、数据交换协议、算法和数据库。

DIS标准开发有四个主要领域:互联、综合环境组件、支撑环境和演练组织与管理。与数据交换的互联标准同样重要的是对组织分布式仿真系统、运行仿真演练和建立支撑环境的过程进行标准化。演练组织与管理、支撑环境这两个领域也包括在运行结构中,为了取得互操作性,它们必须与核心标准同步开发,以保证标准的一致性和高效性。

\* 收稿日期:2002-09-06

基金项目:国家高等学校骨干教师资助计划资助项目(GG-1105-90039-1004)

作者简介:赵晨光(1977-),女,新疆玛纳斯人,博士生,主要从事区域防空反导作战运筹分析;

张多林(1959-),男,山东单县人,教授,主要从事防空作战建模与仿真研究;

李为民(1964-),男,甘肃民勤人,教授,博士生导师,主要从事区域防空反导作战运筹分析研究。

## 2.1 DIS 的应用协议

DIS 应用协议定义了仿真应用和仿真管理之间交换的数据信息,即 PDU,定义的主要内容包括:数据项标记、数据项的公共表示、数据项的 PDU 装配、PDU 发送的时机和场合、对 PDU 的接收处理和必须实现的关键算法(如 DR 算法)等。

IEEE1278.1-1995 版本定义的 27 个 PDU 分为 6 大类,即实体信息与交互类 PDU、作战类 PDU、后勤类 PDU、仿真管理类 PDU、电磁发射与激光导引 PDU 和无线电通信类 PDU。由于 DIS 应用协议提供了各种基本的数据结构,可以方便地根据用户需求扩充和定义新 PDU,其后续版本陆续增加了聚合级类 PDU、环境类 PDU、水声类 PDU、实验类 PDU 等<sup>[4]</sup>。

与此标准相配套的另一个标准为 EBV-DOC(Enumeration and Bit Encoded Values),它给出了应用协议标准中所有枚举类型和编码的定义。

## 2.2 DIS 通信协议

PDU 定义了仿真应用之间计划的信息,而通信协议确保所用的介质、服务种类和协议满足性能要求。DIS 通信服务定义于 IEEE1278.2-1995 标准之中,它充分利用了现有的网络协议,并同时提出 DIS 的特殊要求:

### 2.2.1 通信要求

包括 PDU 的服务要求和多点通信要求:PDU 的服务要求包括最佳效果的多点通信和可靠的单点通信,多点通信要求包括广播式通信、多点通信和其他一些推荐的通信服务。

### 2.2.2 性能要求

包括网络带宽要求和通信服务质量(QoS)要求。

## 2.3 DIS 演练管理和反馈协议

大型、多地演练的规划、运行和监控是一个十分复杂的过程,远远难于网络通信自身的管理。在演练之前,需要采用电视会议和其他手段进行大量的人与人之间的通信,以确保所有参与者理解并同意演练目标,而且确保所要求的仿真应用、人员、通信带宽等资源可以及时到位。另一个费力的问题是配置管理,特别是包含异构仿真的情形。每个仿真应用都有各自的可调参数,如果要求重复演练,则必须记录下每一个参数。IEEE1278.3-1996 标准为 DIS 演练的规则、设置、执行、管理与评估提供了指南。

## 2.4 DIS 校验、验证和确认协议(VVA)

形成、采用并实现 DIS 适用的 VVA 方法和流程是定义支撑环境成分的焦点,同时建立逼真度特征和描述的标准分类也是 VVA 过程的有机组成部分。开发过程要确定模型、仿真应用和仿真器是否兼容的原则,也要根据 DIS 目的和目标来考察模型、仿真应用和仿真器的功能表示。IEEE1278.4-1998 标准定义了 DIS 演练各个阶段的 VVA 过程<sup>[5]</sup>。

## 2.5 DIS 逼真度描述协议

IEEE1278.5 标准为 DIS 潜在用户定义了一种方法来描述建模和仿真组件的逼真度。用这种方法,建模和仿真组件能够连入实时仿真应用并达到应用目标所要求的逼真度。它采用面向对象分析和结构化分析/设计技术,将逼真度划分为 DIS 资源、逼真度领域、能力、实现、特征和描述六个层次。

## 2.6 DIS 环境标准

仿真环境标准是在美国空军 2 851 项目(仿真器数据库设施)下开发出来的,它提供了描述地形、纹理和动态模型的数据库格式军用标准 SIF。

SIF 标准包括三种数据格式:SIF/HDI、SIF/DP 和 GTDB(Generic Transformed Data Base)。SIF/HDI 是用于在仿真器数据库设施(SDBF, Simulator Data Base Facility)和外部数据库生成系统或变换系统之间进行仿真器数据库交换的一套综合格式;SIF/DP 是用于采用 SDBF 内部二进制格式进行数据库交换的场合;GTDB 是一个从 SDBF 输出产品的格式。

SIF 标准实际上由美国军标 1 820 和 1 821 两个标准组成,它实际上定义了不用数据库系统之间格式变换的一种中间标准,它在使用过程中还要用到另一个美国军标 2 500,即国家图像传输格式标准(NITF, National Imagery Transmission Format Standard)。

### 3 HLA 标准

#### 3.1 建模与仿真主计划

美军在 DIS 和 ALSP 等相关技术研究的基础上,为了在整个国防领域解决所有类型的模型、仿真和 C<sup>4</sup>I 系统的集成、互操作性及仿真部件可重用性等问题,于 1995 年 10 月发布了国防部建模与仿真主计划 (MSMP),该计划提出了未来建模与仿真发展的六个目标<sup>[3]</sup>

1) 提供一个建模与仿真通用技术框架。该技术框架包括:高层体系结构、任务空间概念模型、数据标准;

2) 提供适时的、权威性的自然环境的表达:任何军事行动都是在特定的自然环境中进行的;

3) 提供权威的系统表达;

4) 提供权威性的人的行为表达;

5) 提供建模与仿真基础支撑环境;

6) 建模与仿真成果共享。

#### 3.2 HLA 框架和规则

高层体系结构(High Level Architecture, HLA)定义了各类仿真模型的描述规范和接口规范,严格遵守这些规定是保证仿真模型具有互操作性和可重用性的基本前提。HLA 的核心由 3 个互相关联的部分组成:HLA 框架与规则、运行时间支撑系统 RTI(Run Time Infrastructure)接口规范和对象模型样板 OMT(Object Model Template)。2000 年 9 月生效的 IEEE1516 系列标准分别对这三部分进行了标准化<sup>[4]</sup>。

HLA 框架和规则定义于 IEEE1516 标准中,它给出了 HLA 采用的术语、系统的组成和一套规则。HLA 规则分为五条联邦(Federation)规则和五条联邦成员(federate)规则。

#### 3.3 HLA 接口规范

IEEE1516.1 标准定义了联邦成员和 RTI 之间的功能接口。RTI 类似于分布式操作系统,它通过 130 个调用接口把联邦成员有机地连接起来。这些调用功能可以划分为六类:联邦管理、声明管理、对象管理、所有权管理、时间管理和数据分发管理,另外,还包括支持这六类管理的其他服务。联邦管理用于对联邦执行的整个生命周期的活动进行协调。声明管理用来建立联邦成员要公布和订购的对象属性和交互。对象管理支持对对象的属性以及对象产生的交互进行建立、修改和删除。所有权管理允许联邦成员动态地转移对象属性的所有权。时间管理用于控制联邦时间和联邦成员时间的推进,它支持具有不同时间推进机制的联邦成员,它与对象管理服务一起保证联邦内信息按因果关系提交给各联邦成员<sup>[6]</sup>。数据分发管理允许联邦成员规定它发送或接收数据的分发条件,以便更有效地分发数据。

#### 3.4 对象模型样板

IEEE1516.2 标准定义了仿真中的对象、对象属性和对象间信息交互的格式和内容。HLA 中的联邦对象模型 FOM 和仿真对象模型 SOM 就是通过 OMT 来描述的,FOM 对 HLA 联邦中联邦成员之间的共享信息及其交换条件进行了描述,它包括被共享的对象、属性和交互作用。SOM 是单个联邦成员中的对象模型,它描述了联邦成员中所有对象的属性和关系,从而提供了判断联邦成员是否适合联邦的方便而标准的方法。FOM/SOM 是一种建模的标准化技术和方法,它便于模型的建立、修改、生成与管理,便于仿真资源的重用。

### 4 DIS 与 HLA 的比较

#### 4.1 DIS 的特点

1) 数据接口标准,各节点之间的通讯利用 PDU 完成,但 PDU 的种类有限,虽然可设计 PDU,但编码格式采用固定,并且采用同样的精度,网络冗余数据增大;

2) 具有自愈合功能,任何实体可在任何时刻加入或退出,不会受到干扰;当某数据包丢失,不会使整个系统崩溃;

3) 采用非集中式管理控制,没有单独的故障点,容错能力强;

4) 支持异构节点之间的交互,这是由标准网络通讯协议提供的,但节点间逻辑关系的确定,取决于接收

节点判断每个 PDU 是否相关;

5) 通讯方式采用广播方式,非可靠的数据传输,可扩展性差。网络传输量大,对于  $N$  个节点的网络,每增加 1 个节点,网络流会增加  $2N$  个;

6) 不依赖嵌入式软件,易于实现。

#### 4.2 HLA 的特点

1) 将分布仿真的开发、执行与支撑环境区分开来,设计人员只需考虑怎样进行模型设计,而不用考虑数据交换问题;

2) 系统结构:C/S 结构,数据与体系结构相分离,通讯数据可由客户定制,减小网络负荷,支持数据过滤和可靠的数据传输;

3) 支持多种时间管理机制,可应用于虚拟/实况/构造仿真;

4) 利于互操作,仿真系统的可重用性好,接口灵活,可扩展性好;

5) 存在中心软件组件,容错能力较低;

6) 开发依赖嵌入式软件,技术复杂。

## 5 结束语

HLA 是在 DIS 的基础上发展起来的,与 DIS 相比,能较好地解决不同仿真系统之间的集成、互操作及仿真部件的可重用性等问题,在实际应用中可根据不同的需要选择 DIS 或 HLA,但应注意采用标准的协议和接口标准,以便于实现不同仿真系统之间的互操作和重用。

#### 参考文献:

- [1] 刘兴堂,万少松,张双选. 论军用模拟训练器/系统的发展趋势[J]. 空军工程大学学报(自然科学版),2001,2(4):19-21.
- [2] 胡晓峰. 美军训练模拟[M]. 北京:国防大学出版社,2001.
- [3] 柏彦奇. 联邦式作战仿真[M]. 北京:国防大学出版社,2001.
- [4] 熊新平,肖江剑. DIS 系统集成技术研究[J]. 系统仿真学报,2000,12(5):422-445.
- [5] 周绥平. 分布交互仿真研究[D]. 北京:航空航天大学,1995.
- [6] 黄树彩,李为民,刘兴堂. 高层体系结构的时间管理技术[J]. 空军工程大学学报(自然科学版),2000,1(2):64-68.

(编辑:田新华)

## Distributed Interactive Simulation and High Level Architecture

ZHAO Chen - guang, ZHANG Duo - lin, LI Wei - min

(The Missile Institute, Air Force Engineering University, Sanyuan, Shaanxi 713800, China)

**Abstract:** On the basis of illuminating the development of the standardization of distributed interactive simulation, this paper introduces and discusses the distributed interactive simulation protocol and high level architecture, summarizes their respective characters and gives a reference to the related personnel.

**Key words:** distributed interactive simulation; aggregated level simulation; high level architecture