

# DIS 环境的指挥训练模拟系统 PDU 标准研究

谢春燕, 李为民

(空军工程大学 导弹学院, 陕西 三原 713800)

**摘要:**提出了基于 DIS 体系结构的多兵种合同作战指挥训练模拟系统 PDU 标准的制定原则、类型与格式,并介绍了它们在训练子系统和战区导弹攻防对抗仿真系统中的应用。

**关键词:**分布式交互仿真(DIS);协议数据单元(PDU);攻防对抗仿真

**中图分类号:**E82      **文献标识码:**A      **文章编号:**1009-3516(2002)01-0059-04

分布式交互仿真通过采用协调一致的结构,统一的 PDU 标准、协议、数据库,以及局域网或广域网技术,将分散配制的各类仿真器互联,建立一个无缝的虚拟环境。每个分布的仿真器独立于仿真虚拟环境中的一个或多个实体。仿真器通过发送 PDU,向其它仿真器报告实体的属性和行为,当收到 PDU 时,接收仿真器决定获取外部实体的哪些属性和行为。仿真实体就是这样通过 PDU 进行信息交互,完成仿真演练的<sup>[1]</sup>。由此可看出,PDU 标准的制定是研制此系统必须解决的关键问题之一。

## 1 基于 DIS 体系结构的多兵种合同作战指挥训练模拟系统

### 1.1 系统组成及特点

基于 DIS 的多兵种合同作战指挥训练模拟系统主要由中心控制与数据库分系统(总控系统)、首长及机关训练监控分系统、导演调理辅助决策分系统(导调系统)、航空兵战术训练模拟分系统、地空导弹兵战术训练模拟分系统以及雷达兵战术及电子战训练模拟分系统这六部分组成。这种结构具有如下特点:

- 1) 对抗双方指挥所和导演部相互间呈远距离分布,在异地开设,贴近实战环境;
- 2) 每个指挥所的兵力行动模型就地接受受训人员的指挥作业信息,产生作为末端调理信息的战况报告。这种分散的模型运行在有限的平台性能条件下,提高模型的分辨率和逼真度提供了可能;
- 3) 采用的松耦合方式为开放式体系结构提供了可能,不但适用于与其他军种联合作战下的指挥训练,还便于系统的规模扩展及与实兵演练的结合;
- 4) 导演部分与各指挥所的模型通过公共数据链路实现资源共享,促进作战模型的标准化,有助于从总体上提高系统的研制目标和组成方案。

### 1.2 系统工作流程

各兵种和保障部门在中心控制系统控制下,按照预先想定和干预命令,各自模拟本兵种、本部门的作战过程,随时向外发布本兵种战斗实体的状态信息,发布事件发生报告。导调系统按照统一的规则评判各种事件的结果,计算战斗效果,发布裁决命令,冻结已被毁的战斗实体。同时根据导演的意图设置特殊情况,训练受训者处理特殊情况的能力。首长及机关训练监控分系统实时监视各个演练场地和部位。

## 2 基于 DIS 的多兵种合同作战指挥训练模拟系统 PDU 标准的制定

收稿日期:2001-03-11

基金项目:国家高等学校骨干教师资助计划项目资助(GC-110-90039-1004)

作者简介:谢春燕(1977-),女,浙江临海人,硕士生,主要从事防空作战模拟仿真研究。

李为民(1964-),男,甘肃兰州人,教授,博士生导师,主要从事区域防空反导运筹及防空作战指挥专家系统研究。

PDU 是 DIS 系统中各仿真实体之间进行交互的基本手段,用于从一个 DIS 实体向另一个 DIS 实体发送信息。事实上,DIS 传送的信息就是 PDU。应用 DIS 技术构筑多兵种训练模拟系统,应以基于报文定义的协议数据单元 PDU 作为系统中各仿真实体进行交互的基本手段<sup>[2]</sup>。因此,PDU 类型和格式标准的制定是研制此系统首先必须解决的关键问题之一。

### 2.1 PDU 标准的制定原则

- 1) 服务于“多兵种合同作战指挥训练模拟系统”的应用;
- 2) PDU 标准与数据库标准应能保证一致性;
- 3) PDU 标准应能支持多种仿真实体,这是为了满足系统开放性构筑的需要;
- 4) PDU 标准应能支持非 DIS 信息如仿真任务初始化信息在 DIS 网络上传输;
- 5) 在满足系统需要的情况下,尽可能不增加 PDU 的种类,以免增加网络负担;
- 6) 允许不同类的 PDU 有不同的发送速率;
- 7) 考虑到今后的扩展。有些类别的 PDU 在目前的系统中没有应用,但考虑到今后的扩展,在制定标准时应考虑这部分内容;
- 8) 结合引进的有关支持软件的应用,如 VR—Link。

### 2.2 PDU 的类型

合同作战交互信息涉及的兵种多、层次多、交互对象多,而且内容丰富,没有十分清楚的边界条件。因此,先以三个主要兵种(航空兵、地空导弹兵、雷达兵)为例,通过对它们之间交互信息研究,进而给出整个合同作战交互信息标准的基本框架和枚举类型。

依据 DIS 的设计规范和多兵种合同作战指挥训练模拟系统实现的实际需要,同时在综合考虑各个方面影响因素的基础上,制定了适合于系统的协议数据单元推荐标准,它们共分为六大类:

- 1) 实体信息管理类  
用于将实体的状态信息进行管理,包括:实体状态 PDU、创建实体 PDU 和删除实体 PDU。
- 2) 作战指挥类  
用于指挥控制演习、下达任务和报告战况,包括:兵力编成 PDU、指挥所状态 PDU、兵力部署 PDU、部队状态 PDU、作战任务 PDU、作战协同 PDU、战术空域 PDU、战场事件 PDU、战果战损 PDU、文电 PDU。
- 3) 交战类  
用于描述交战时实体状态,包括开火 PDU、爆炸器 PDU、碰撞 PDU。
- 4) 后勤支援类  
包括:服务请求 PDU、补给提供 PDU、补给收到 PDU、维修完成 PDU、维修响应 PDU。
- 5) 仿真控制管理类  
包括:启动/重新启动 PDU、中止/冻结 PDU、应答 PDU、行动请求 PDU、行动响应 PDU、数据查询 PDU、设置数据 PDU、数据 PDU、事件报告 PDU、注释 PDU。
- 6) 环境信息类  
环境信息仿真实体参与相同的仿真练习,它们必须拥有相同的仿真环境。DIS 需要不同类型的环境信息以使演习尽可能的逼真。包括:气象 PDU、电子干扰 PDU、信号 PDU、发射机 PDU、接收机 PDU 等等。

### 2.3 PDU 的结构组成

以上 37 种 PDU 的定义可以适应各种复杂程度的仿真需要,根据所依托系统的需要,我们定义了 18 种 PDU 的组成结构。而对于发射/通信类 PDU,象雷达、激光器等可以作为一个独立的仿真实体发送实体状态 PDU 告知仿真世界自己的状态信息,也可以附属一个特殊实体,作为实体的相关部分描述自己的信息,如飞机上的雷达等;可见度可以融合到环境信息里描述,声音 PDU 是一些压缩的声音录音。

PDU 的组成结构可分为头部和主体两大部分。PDU 头部是 DIS 中 PDU 的首要部分,它描述了 PDU 本身的基本信息。头部包括:PDU 所遵守的 DIS 协议版本;每一个 DIS 演习区别其它演习的演习标志;PDU 所属的类型(例如 1 为实体状态 PDU);PDU 数据的当前有效时刻的时间标志;PDU 数据长度。主体信息描述了 PDU 所表述的相应方面的全部信息内容。如实体状态 PDU 近乎完整的描述了一个仿真实体的全部特征,实体的仿真地址和标志,实体的类型,实体的位置/方向/速度及其变化率,实体的外部特征和附属部分等。另外还有射击与爆炸 PDU、服务请求 PDU 等 18 种,这里就不一一描述了。

### 2.4 PDU 对 DIS 网络带宽资源的开销分析

在定义了 DIS 中应用的 PDU 种类及每种 PDU 的结构组成之后,我们有必要讨论一下这些 PDU 对 DIS 网络带宽资源的开销,以利于 DIS 网络选型和组网设计。

DIS 网络中传输的信息量将主要是实体状态 PDU,DIS 中的每一个仿真实体都频繁的发送实体状态 PDU。分析 PDU 对 DIS 网络带宽资源的开销,首先要确定 DIS 中所传输的各类 PDU 的大小。然后还要估计 DIS 仿真演习中每种类型仿真实体发送上述 PDU 的平均发送速率和最高发送速率,以及确定出参加演习的每种主要类型的仿真实体的数量。根据对网络开销的分析,为了成功的完成仿真任务,必须采用高速、宽带的网络来组网。目前高速网的种类有高速以太网,FDDI 和 ATM,综合比较后,ATM 的特性可大大减少网络中 PDU 的传输延时,有利于进行实时的交互式通信,基本满足 DIS 的实时性要求,可供选择<sup>[3]</sup>。

### 3 应用举例

上述 PDU 标准已成功地应用于基于 DIS 体系结构的某训练系统和某攻防对抗仿真系统。其主要使用的 PDU 大致分为六类<sup>[4]</sup>:网络对抗实体配置类、作战指挥类、仿真控制管理类、实体状态类、实体事件类和环境信息类,共使用了 37 种类型的 PDU,下面我们就以最为典型的 PDU(参见表 1)和实体状态 PDU 为例(参见表 2)具体说明。

表 1 作战指挥类 PDU 分类格式表

PDU	大小(位)
1 兵力编成 PDU	180 + 648 <i>N</i> 位;这里 <i>N</i> 为相关编成单位的个数
2 指挥所状态 PDU	472 + 40 <i>n</i> 位;这里 <i>n</i> 为相关参数的个数
3 兵力部署 PDU	148 + 424 <i>N</i> 位;这里 <i>N</i> 为相关编成单位的个数
4 部队状态 PDU	472 + 40 <i>n</i> 位;这里 <i>n</i> 为相关参数的个数
5 作战任务 PDU	1040 + <i>N</i> 位
6 作战协同 PDU	1040 + <i>N</i> 位
7 战术空域 PDU	120 + 464 <i>N</i> 位;这里 <i>N</i> 为相关空域的个数
8 战场事件报告 PDU	可变长度
9 战果战损 PDU	352
10 文电 PDU	可变长度

表 2 实体状态 PDU

位	实体状态 PDU 域
96	PDU 标头 协议版本——8 位枚举数 演练标识符——8 位数 PDU 类型——8 位枚举数 PDU 族——8 位枚举数 时间戳——32 位无符号整数 长度——16 位无符号整数 保留——16 位未使用
48	实体标识符记录 场所标识符——16 位无符号数 应用标识符——16 位无符号数 实体标识符——16 位无符号数
8	兵力标识符 8 位枚举数
8	铰链部件数 8 位无符号数
64	实体类型记录 实体种类——8 位枚举数 作用域——8 位枚举数 国家类型——16 位枚举数 子类——8 位枚举数 特殊信息——8 位枚举数 补充信息——8 位枚举数
64	另一类实体类型记录 实体种类——8 位枚举数 作用域——8 位枚举数 国家类型——16 位枚举数 子类——8 位枚举数 特殊信息——8 位枚举数 补充信息——8 位枚举数
96	实体线速度 <i>X</i> 分量——32 位浮点数 <i>Y</i> 分量——32 位浮点数 <i>Z</i> 分量——32 位浮点数
192	实体绝对位置 <i>X</i> 坐标——64 位浮点数 <i>Y</i> 坐标——64 位浮点数 <i>Z</i> 坐标——64 位浮点数

续表 2

位	实体状态 PDU 域
96	实体方位角 $\psi$ —32 位浮点数 $\theta$ —32 位浮点数 $\varphi$ —32 位浮点数
32	实体外观 32 位枚举记录
320	DR 参数 DR 算法—8 位枚举数 其他参数—120 位保留 实体线加速度— $3 \times 32$ 位浮点数 实体角加速度— $3 \times 32$ 位整数
96	实体标记 属性设置—8 位枚举数 $11 \times 8$ 无符号整数
32	实体能力 32 位布尔数
$n \times 128$	铰链参数记录 参数类型指示—8 位枚举数 变化指示—8 位无符号整数 铰链部件标识符—16 位无符号整数 参数类型—32 位参数类型记录 参数值—64 位

## 参考文献:

- [1] 黄树采,李为民. 分布交互仿真的 DUP 设计技术[J]. 系统仿真学报,1999,10(4):116-120.  
 [2] 薛宏涛. DIS 环境中的电子战发射协议标准及其应用[J]. 系统工程与电子技术,2000,22(3):68-71.  
 [3] 张学平,单洪,邵军力. 军用分布式交互仿真(DIS)原形系统的实现研究[J]. 系统仿真学报,2000,11(3):13-18  
 [4] 金士尧,凌云翔,毛羽刚. 武器对抗仿真平台的研究[J]. 系统仿真学报,1999,10(8):240-244.

(编辑:田新华)

## Research on PDU Standard in the DIS - Based Command Training & Simulation System

XIE Chun - yan, LI Wei - min

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

**Abstract:** This paper presents the principles, type and format of PDU standard in the DIS - Based Command Training & Simulation System of Air Force Multi - Arms of Services Cooperation. The application is introduced in the War Zone Missile Engagement Simulation System and Air to Ground Army Simulation subsystem.

**Key words:** DIS; PDU; engagement simulation