

doi: 10.7690/bgzdh.2024.10.005

# 面向战术对抗模拟训练的导控系统

李雪青<sup>1</sup>, 杨芸<sup>1</sup>, 范毅晟<sup>1</sup>, 艾祖亮<sup>2</sup>

(1. 中国人民解放军 92289 部队, 北京 102488; 2. 中国人民解放军 91776 部队, 北京 100841)

**摘要:** 为满足战术对抗模拟训练需要, 提升实战化水平和能力, 研制某航空兵战术模拟训练导调控制系统。采用分布式仿真技术, 基于自研的 QuickLink 分布式交互仿真平台, 以及 MapX、OSGEarth 和 Access 等开发组件, 研制导调控制、3 维态势显示、训练信息管理、语音通信和视频监控等软硬件设备, 实现任务背景设定、训练过程监控、训练结果评判及训练信息管理等功能。实际应用结果表明, 该系统能为导控人员提供实用且优异的训练协调、控制和管理服务。

**关键词:** 导调控制; 战术对抗; 模拟训练; 分布式仿真

**中图分类号:** TJ06 **文献标志码:** A

## Directing and Control System for Tactical Confrontation Simulation Training

Li Xueqing<sup>1</sup>, Yang Yun<sup>1</sup>, Fan Yisheng<sup>1</sup>, Ai Zuliang<sup>2</sup>

(1. No. 92289 Unit of PLA, Beijing 102488, China; 2. No. 91776 Unit of PLA, Beijing 100841, China)

**Abstract:** In order to meet the needs of tactical confrontation simulation training and improve the level and ability of actual combat, the guidance and control system of tactical simulation training for an aviation force is developed. Based On self-developed QuickLink distributed interactive simulation platform and MapX, OSG Earth, Access and other development components, the software and hardware devices for director control, 3d situation display, training information management, voice communication and video monitoring are developed by using distributed simulation technology. It realizes the functions of task background setting, training process monitoring, training result evaluation and training information management. The practical application results show that the system can provide practical and excellent training coordination, control and management services for the guidance and control personnel.

**Keywords:** directing and control; tactical confrontation; simulation training; distributed simulation

## 0 引言

近年来, 随着军事训练需求不断提级, 航空兵战术模拟训练已成为一种提升航空兵战术素养及实战化水平的重要手段。航空兵战术模拟训练是飞行人员开展对抗训练的一种训练模式, 与单机训练注重基本驾驶术、应急情况处置训练不同, 战术模拟训练更强调多要素协同配合开展训练。从系统构建上讲, 单机训练装备以视景、座舱、教控制台等为基本单元围绕单机训练内容、课目实现相关训练功能, 而战术模拟训练是以单台模拟器为基本单元, 结合指挥所、战场环境、导控等系统围绕作战编组、合同战术等训练内容实现相关训练功能。从系统规模上来讲, 战术模拟训练系统比单机训练系统更为复杂, 系统开发难度也更大; 其中, 导调控制系统(简称导控系统)是战术模拟训练系统的控制中枢<sup>[1-3]</sup>, 具备适配、协调、监视和评判等功能, 操作人员可以通过该系统对整个战术模拟训练过程进行控制、管理和评估, 从而为顺畅开展战术模拟训练

提供保障。

该系统导调控制对象既包括多台异型人在回路的飞行模拟训练器, 又包括带有一定智能的计算机生成兵力。如何将这些兵力纳入统一的气象、地理、导航等战场环境并由导调控制系统统一控制、管理, 同时还要兼顾系统的扩展性, 在不对其他系统进行改动的情况下随时根据需要加入新的兵力, 给网络通信和导调软件功能设计提出了较高要求, 也是近年来军内各种大型异构系统联网实现对抗模拟训练的痛点和难点。该系统的研发为其他异构系统联网提供了借鉴和参考。

## 1 系统功能分析

根据航空兵战术模拟训练对训练过程控制管理的需要, 导控系统应实现如下 4 种功能<sup>[1,4-6]</sup>: 1) 任务背景设定功能, 根据战术模拟训练的目的, 利用系统配置任务空间、兵力组成、武器方案和气象条件等战场环境要素, 为训练制定初步的战场态势; 2) 训练进程监控功能, 导调控制人员应可通过 2、

收稿日期: 2024-06-21; 修回日期: 2024-07-24

第一作者: 李雪青(1980—), 男, 山东人, 硕士。

3 维态势对训练过程进行监视，宏观把握整个模拟训练过程，适时调整控制兵力状态，及时发现并协调处理训练中出现的训练和技术问题，以确保训练能够稳定、顺利推进；3) 记录回放及评判功能，利用训练过程信息监视，回放训练过程等手段，通过机器辅助和人工评判的方式，对交战双方的作战行

动进行细化量化，再由作战领域专家对训练的结果和效果进行判定和讲评；4) 训练管理功能，利用信息化手段对战术训练参与人员、训练课目、评判信息等进行管理，为上级机关及模拟训练机构掌握模拟训练情况提供便捷、高效的手段。系统功能结构如图 1 所示。

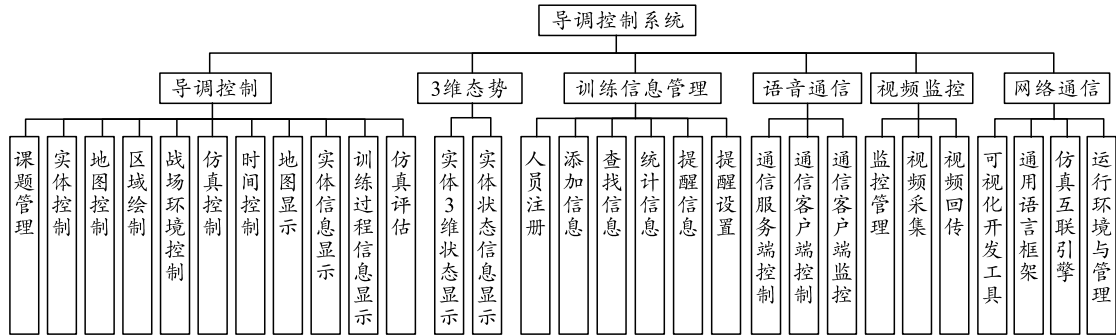


图 1 系统功能结构

## 2 系统设计实现

### 2.1 系统架构

系统软件包括导调控制、3 维战场态势、训练管理、语音通信和视频监控等软件，导调控制软件主要实现系统运行控制、战场想定初始态势设置、2 维战场态势显示、战斗实体状态数据监控、战斗实体控制和结果评判等功能；3 维战场态势软件主要实现 3 维战场态势显示功能；训练管理软件主要实现训练信息管理、查询和统计等功能；语音系统实现了各战位人员之间的语音通信功能；视频监控实现各战位视频采集、回传和显示等功能。系统信息逻辑架构如图 2 所示。

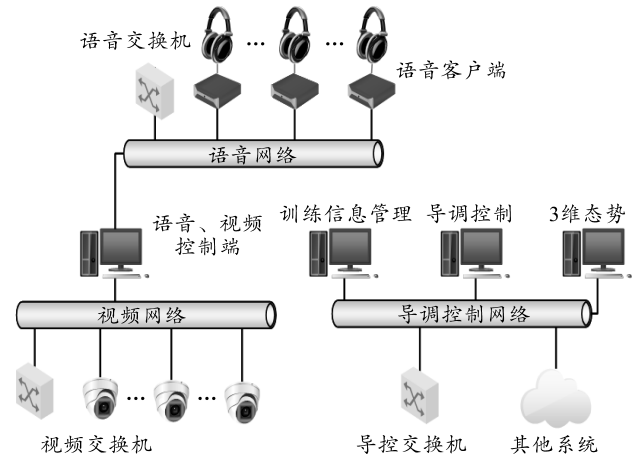


图 3 系统硬件架构

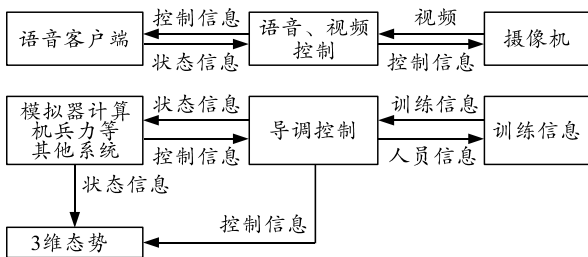


图 2 系统信息逻辑架构

硬件包括搭载各类软件的计算机、数据传输网络设备以及音视频终端设备。系统硬件架构如图 3 所示。

### 2.2 系统主要软硬件设计实现

笔者主要介绍仿真数据网络、导调控制软件、3 维态势软件、训练管理软件及与语音控制软件实现方式。由于视频监控采用了成熟的商业解决方案，笔者不做具体功能实现描述。

### 2.2.1 仿真数据网络

仿真数据网络是指与仿真设备相关的状态信息和控制指令数据传输网络，是分布式环境下仿真系统需要解决的关键技术<sup>[7]</sup>。导调控制系统仿真数据网络采用分布式网络架构，遵循 HLA 规范。在 HLA 框架下，联邦成员通过 RTI 构成一个完整的仿真系统，联邦成员可以是任意类型的仿真应用或联邦成员管理器、数据收集器、消极观察器等。主要由 4 部分组成：规则、对象模型模板、接口规范及联邦开发和运行过程模型。规则描述了联邦成员和运行支撑框架 RTI 的责任和关系，是仿真实现正确交互的基础。对象模型模板定义了描述 HLA 对象模型的通用方法，提供标准的格式记录对象模型信息，以促进仿真应用的互操性和可重用性；它对应 FOM 和 MOM 2 部分，分别描述在联邦执行过程中成员可以共享的信息和仿真成员在参与联邦运行时所能

提供的能力。接口规范定义了联邦与联邦成员进行信息交换的方式，包括可调用的服务和提供的回调服务。运行过程模型是一个适合于联邦开发的模型，是一种通用的、基于重用的联邦开发方法；它将联邦开发与运行过程分为定义联邦目标、开发联邦概念模型、设计联邦、开发联邦、集成并测试联邦和运行联邦并分析结果 6 个步骤，每个步骤又包含一些更详细的活动。为减小开发难度，系统采用自研的分布式交互仿真平台 QuickLink 实现上述 HLA 所需的 4 部分内容。QuickLink 是基于 HLA 分布式交互仿真体系结构设计和开发的仿真互联互通快速开发平台，突出解决仿真互联设计和开发过程中“可视化开发工具、通用语言接口框架、仿真互联引擎”3 方面的关键问题，从而为大规模分布式仿真系统互联提供一个高效、灵活、快捷的开发工具和集成平台。QuickLink 软件总体架构如图 4 所示。

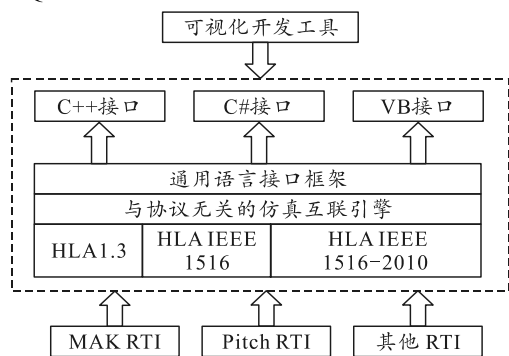


图 4 QuickLink 软件总体架构

该平台由 4 部分组成：1) 可视化开发工具，提供人机交互界面，根据用户输入的网络通信协议自动生成相应的仿真互联引擎接口；2) 通用语言框架，为分布式仿真互联提供开发接口，该接口支持 C++、C#、VB；3) 仿真互联引擎，为对象、交互的结构与行为提供与协议无关统一的管理与通信接口；4) 运行时为分布式仿真互联提供 RTI 运行环境与管理工具。通过该平台开发者可以不必了解 HLA、RTI 相关专业细节，经过简单的函数调用就可以实现分布式仿真程序的构建，进而将主要精力投入到仿真模型、仿真逻辑等与业务相关的内容。

基于 HLA 网络的特性，各系统按照规范、完备的网络接口发送、接收仿真、控制数据，即可实现各系统间的数据互通，同时可以按需要随时加入新的联邦成员，即新的作战实体，实现“即插即用”式的功能扩展。

与导调控制系统相关的仿真数据类型设计如表 1 所示。

表 1 与导调控制系统相关的仿真数据类型

类名	交互类型	功能说明
ClockServer	对象类	时钟服务
ClockControl	交互类	时钟控制
Entity	对象类	作战实体
EntityFire	交互类	开火消息
EntityDetonation	交互类	爆炸消息
RunControl	交互类	运行控制
EntityControl	交互类	作战实体控制
EntityRouteControl	交互类	实体航线控制
EntityRoute	对象类	实体航线
EntityEquip	交互类	作战实体装备控制
WeatherControl	交互类	气象控制
NaviControl	交互类	导航台控制

## 2.2.2 导调控制软件

导调控制软件可实现课题管理、实体控制、态势显示等功能，是导调控制系统的核心软件。导调控制软件以 MapX 为开发组件，结合矢量地图实现 2 维战场态势显示控制功能。MapX 是一款基于 ActiveX (OCX) 技术的可编程控件，是一种快速、易用、功能强大的地图化组件。在 MFC 开发环境中，可将 MapX 控件加载到窗体中，并可通过属性设置、方法调用及事件触发等实现数据可视化、专题分析、地理查询和地理编码等丰富的地图信息系统功能。导调控制软件功能模块按交互类型可分为控制和显示 2 类。

### 2.2.2.1 控制类

控制类包括课题管理、实体控制、地图控制、区域绘制、战场环境控制、仿真控制和时间控制功能。

课题管理可以在训练开始前进行战场想定设置，可以设置并保存预制课题，记录和回放仿真过程。课题内容、仿真记录都是通过二进制文件形式保存，包括图形区域、气象、地面目标和战斗实体等数据，回放功能可在 2 维地图上显示训练过程。课题管理技术重点在于如何记录、回放仿真数据，为避免单个记录文件过大，导致回放加载时间长的问题，开发人员采用分页数据管理方式实现数据存储加载，即单次训练数据保存分为 2 种文件格式：1) “KTRH”文件，用以记录固定不变的战场信息和仿真总的周期数，每次训练记录只产生一个；2) “DTRD”文件，用以记录作战实体实时数据以及评估数据，“DTRD”文件会记录指定周期数量内的训练数据，该周期可根据单位时间内产生的数据量灵活调整，以避免单个训练数据文件过大导致加载时间过长，同时还采用独立线程和双缓存读取数据

方式进一步提高了数据加载效率。具体实现流程如图 5 所示。

数据通过交互类 EntityControl 发送给模拟器和计算机生成兵力等系统，状态改变由模拟器和计算机生成兵力响应。

地图控制包括平移、放大、缩小、测量和图层控制功能，该部分功能主要是利用 MAPX 自带工具设置函数 SetCurrentTool 和自定义工具创建函数 CreateCustomTool 来实现，MAPX 已经集成了部分常用地图控制工具如 miPanTool(平移)、miZoomInTool(放大)和 miZoomOutTool(缩小)等，如果有特殊需求，可以利用已有工具进行再开发，如测量工具就是利用 miToolTypeLine(直线)、miArrowCursor(箭头)2 个地图工具和 MAPX 中的坐标转换函数 ConvertCoord、距离计算函数 Distance 组合实现的，实现效果为当鼠标按下并拖动会在按下点和鼠标指针之间绘制橡皮筋虚线，并在状态栏中显示两点之间的距离值。

区域绘制包括多边形、矩形、圆形、折线和图形属性功能，该项功能可以为计算机生成兵力规划航线，相关兵力将在规划航线内根据设定的战术模式进行巡逻防御或巡逻攻击，这些绘制功能同样是结合 MAPX 自带工具函数结合实际自定义工具实现的，用到的主要工具为 miToolTypePolygon(多边形)、miToolTypeMarquee(标签)、miToolTypePoly(折线)以及 miToolTypeCircle(圆形)等。

战场环境包括地理、气象和导航环境，地理环境通过视景系统实现，导航系统通过 EntityControl 交互类控制实体所在地理区域，进而从视景系统获取相关地理信息；训练区域气象环境包括水平风速、垂直风速、水平风向、云底高、云层厚度、云层覆盖率、雨等级、雪等级、雾高度、地面能见度、湿度和温度，相关控制信息以交互类 WeatherControl 为载体发送给相关联邦成员，如视景驱动、飞控解算和外弹道解算等；导航台信息通过交互类 NaviControl 发送给航电等系统使用。

仿真控制包括开始、暂停和重置，可进行实时仿真过程控制，相关数据信息通过运行控制交互类 RunControl 发送给订购该类的所有联邦成员。

时间显示控制包括天文时间、仿真时间和运行时间，仿真时间为想定时间，该时间可控。想定时间控制是通过时钟初始化交互类 ClockControl 为载体将时间信息发送给时钟服务对象类 ClockServer，ClockServer 根据 ClockControl 提供时间信息修改时间，其他联邦成员通过 ClockServer 获得当前想定

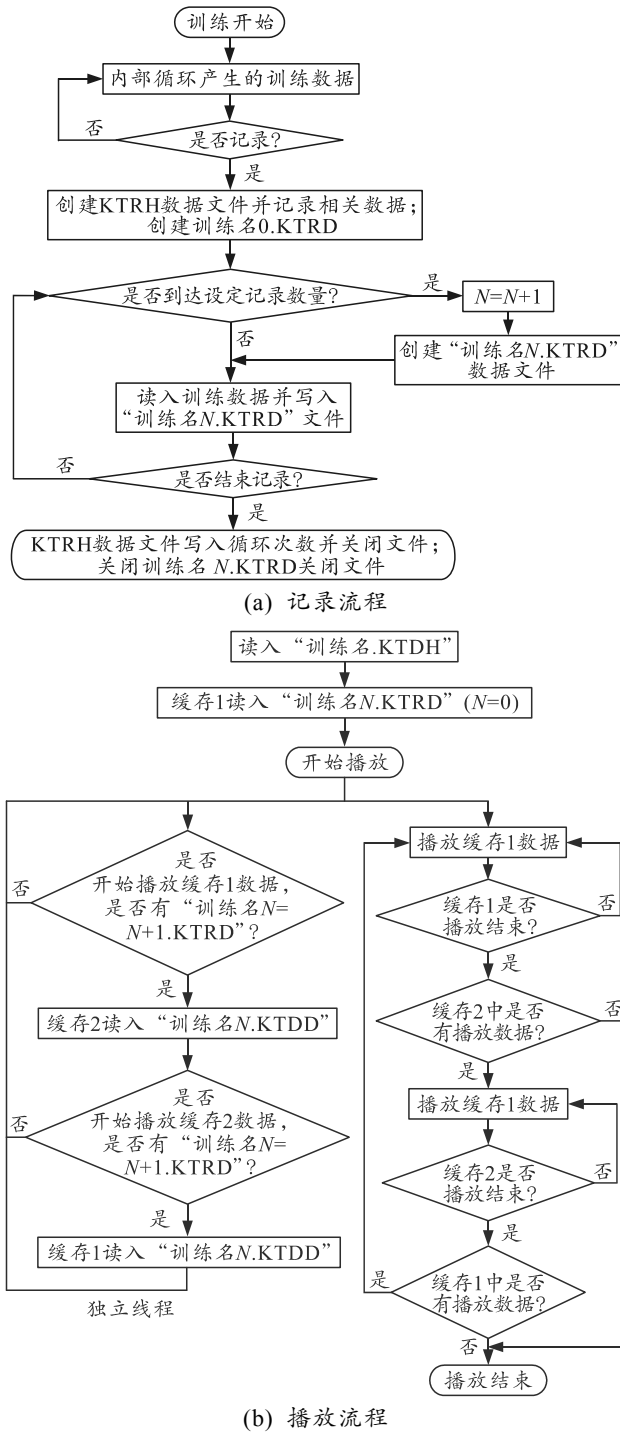


图 5 记录回放流程

实体控制可以实现选中实体的移动、复制、粘贴、删除、定位、军标属性和状态控制等功能，其中部分功能需要关联的模拟器和计算机生成兵力系统配合实现，如在复制计算机兵力实体时，可全信息复制；状态控制功能可以对作战实体的武器挂载、飞机姿态、飞机位置、红蓝属性等进行控制，控制

时间。

### 2.2.2.2 显示类

显示类包括地图显示、实体信息、训练过程信息和仿真评估信息显示。

地图显示功能利用 MapX 分层管理、显示矢量地图元素的特性，在 MapX 自带精度较低世界矢量地图的基础上，叠加了具有完备数据的重点关注区域的矢量地图，并可控制地名、水系、铁路、公路等人文信息的显示。为能够显示矢量军标，利用 MapX 可以显示矢量字符的特点，自定义一套军标字符字体，Windows 系统字体工具加载该字体后，软件通过调用相应的字符地址编码实现矢量军标的显示。矢量军标添加到红方、蓝方、白方或未知方图层，通过图层控制，可实现不同属方军标的显示。

实体信息显示功能可以在地图和属性列表上显示实体相关信息。在软件实体列表中选中相应实体名称前的复选框，属性列表会根据选中实体类型罗列出实体相关状态信息，如选中机场复选框，会在属性列表中显示 ID、兵力类型、兵力归属、经纬度坐标和跑道方向信息。当系统中有作战实体加入时，地图相应位置会显示该实体名称和 ID 信息。

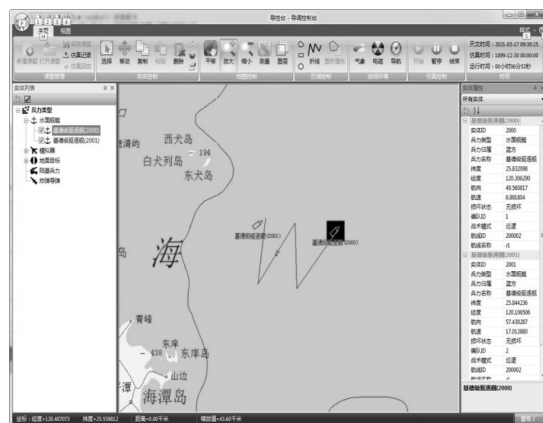
训练过程信息显示功能包括作战过程信息、运行控制信息和结果评估信息 3 个模块。训练过程信息显示以输出框文字输出的方式实现。作战过程信息模块主要显示各作战实体发射武器的信息，如发射时间、攻击目标、攻击武器和攻击结果等；运行控制模块主要是显示开始、暂停或结束信息；结果评估模块主要是按照时间顺序显示各作战实体得分情况。

仿真评估包括结果统计和清除信息 2 个功能模块，结果统计是按照评估规则对训练过程中产生的积分进行分类统计，如红方总得分、蓝方总得分和所有参战人员总得分等，评估人员可以根据这些信息评判训练结果；清除信息功能可以清除本次训练产生的评估结果信息。

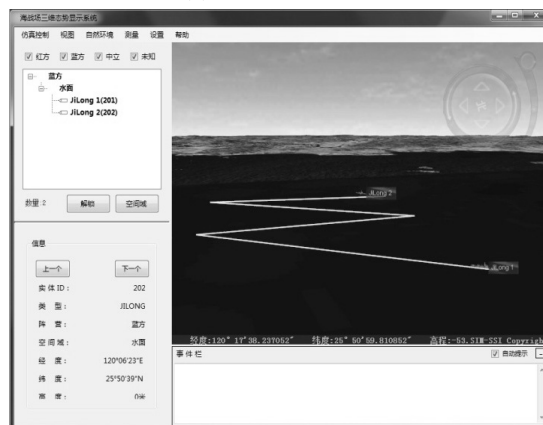
### 2.2.3 3 维态势显示

3 维态势软件主要功能是通过数字地球、实体模型、航迹等显示战场 3 维态势，软件共包含仿真控制、视图、自然环境、测量和设置 5 个功能模块。仿真控制模块用以控制何时开始接收数据、绘制实体和退出软件；视图模块可以控制 3 维区域全屏显示、事件信息窗口显示和动态图层显示；自然环境模块包括雨、雪、能见度的显示设置，还可以选择

是否显示高精度卫星影像、地名地标、行政区划和地理位置等内容；测量模块包括面积、距离、透视性、点位信息和方位测量等功能；设置模块可以进行模型配置和空间域筛选。软件采用 OSGEarth<sup>[8-9]</sup> 作为开发组件，该组件可以数字地球方式集成海量数据，包括基础影像数据、高清影像数据、数据高程模型 (digital elevation mode, DEM) 数据、3 维模型数据、2 维矢量数据、兴趣点数据、多媒体数据、文字信息等，并可对地球进行快速缩放、旋转、倾斜等操作。图 6 所示为导调控制软件和 3 维态势软件运行显示效果。导调人员通过导调控制软件添加了 1 条航线和 2 艘舰艇，相应的在 3 维态势软件中会显示出 2 艘舰艇的 3 维模型和 1 条黄色的航线，通过设置可以实现 2 艘舰艇延航线开始巡航。从 3 维态势软件的界面中可以看到，除了上述 5 个设置模块外，该软件还可以设置红方、蓝方、中立和未知兵力的显示，兵力列表、兵力信息、事件等模拟训练相关信息。



(a) 导调控制软件



(b) 3 维态势软件

图 6 导调控制软件和 3 维态势软件运行显示效果

### 2.2.4 训练信息管理

训练信息管理软件是基于数据库进行训练信息

管理、查询、统计的软件。软件中主要功能为人员注册、信息管理、查找信息、统计信息和信息提醒 5 个功能模块。软件涉及数据管理相对简单，因此采用 Access 作为数据库管理插件，根据训练信息管理需要设计数据库 E-R 如图 7 所示。

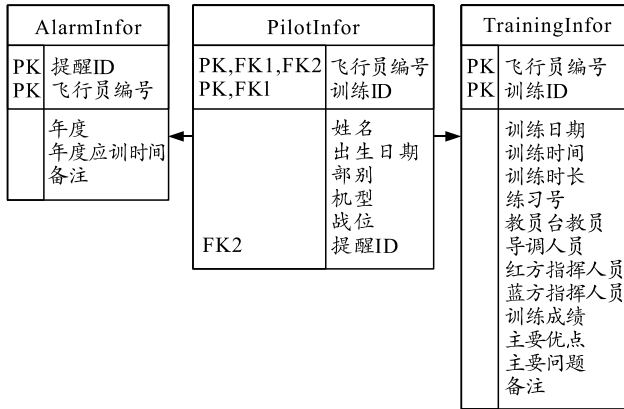


图 7 训练管理数据库 E-R

2.2.5 语音通信控制

语音系统可完成声音合成控制、通信传输模拟和应急通信 3 大功能，声音类型包括环境声音、告警声音和语音通信声音，环境声音和告警声音在各自独立模拟器系统中实现，这里不做具体阐释；而语音通信是用于实现各个战位间语音通话功能，需要在导调控制台进行统一控制。语音通信系统可通过控制软件将各模拟器进行红、蓝、白分组，从而实现分组通信。通信系统基于 DirctSound 和 WinSock 实现，在模拟器端安装有 MINI 通信计算机，通过各战位客户端语音软件将音频信号转换为数字信号，并通过以太网传输到服务端，服务端再根据分组情况将相应的语音发送到不同的战位，原理如图 8 所示。

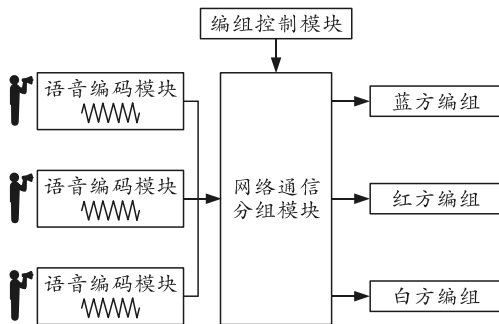


图 8 语音通信原理

语音通信控制端包括网络状态监控、通话设置和综合管理 3 项功能。网络状态监控功能可通过数据包收发数据显示网络状态；通话设置可实现分组通信；综合管理功能可以控制客户端的开启和关闭，也可以控制客户端计算机的关机和重启。

3 结束语

导调控制系统投入使用后，在训练控制、训练协调、训练管理和训练监控等方面发挥了重要的作用，为航空兵战术模拟训练正常开展奠定了基础。从系统的国产化率、自主可控等方面来看，该系统仍然存在使用国外软件较多、不具有相关知识产权等问题。为解决上述问题，未来相关研发工作将通过使用自研和开源软件等方式逐步实现主要核心功能软硬件百分之百国产化和自主可控。

参考文献：

- [1] 李德伟, 黄高明, 马琳. 海军某训练导调控制系统分析与设计[J]. 指挥控制与仿真, 2018, 40(5): 94-97.
- [2] 王琦, 马浩, 荣鑫, 等. 通用模拟训练系统中导航环境的设计与实现[J]. 火力与指挥控制, 2012, 37(S1): 118-120, 123.
- [3] 常青, 刘小荷. 新型空军战役指挥训练信息系统环境构建及应用模式研究[J]. 军事运筹与系统工程, 2013, 27(2): 66-71.
- [4] 王永洁, 陆铭华, 吴金平, 等. 舰艇作战系统模拟训练一体化设计研究[J]. 指挥控制与仿真, 2021, 43(6): 78-83.
- [5] 范贤德, 范蓉, 姚嘉陵. 多兵(机)种体系对抗模拟训练系统设计与实现[J]. 中国电子科学研究院学报, 2014, 9(6): 608-613.
- [6] 朱涛, 来森, 万鹏程, 等. 航空兵分队模拟训练系统教员控制台设计与实现[J]. 指挥控制与仿真, 2020, 42(4): 137-140.
- [7] 方伟, 张兵强, 徐涛, 等. 飞行仿真系统网络传输与同步技术[J]. 海军航空工程学院学报, 2019, 34(2): 199-204.
- [8] 施斌, 王华, 伍辉华, 等. 基于 OSGEARTH 的国产航天三维仿真软件设计[J]. 计算机系统应用, 2019, 28(12): 105-111.
- [9] 韩哲, 刘玉明, 管文艳, 等. osgEarth 在三维 GIS 开发中的研究与应用[J]. 现代防御技术, 2017, 45(2): 14-20.