

文章编号: 1001-2486(2003)01-0040-05

多机空战对抗评估系统分析与设计*

杨乐平

(国防科技大学航天与材料工程学院, 湖南 长沙 410073)

摘要: 针对多机空战对抗评估系统总体设计, 介绍了系统主要功能、软/硬件组成和关键技术, 并对今后空战评估系统技术发展进行了分析, 文中给出了相应的系统框图。

关键词: 空战; 建模; 仿真; 评估

中图分类号: V11 **文献标识码:** A

Design of the Evaluation System for Air-to-air Attack of Fighters

YANG Le-ping

(College of Aerospace and Material Engineering, National Univ. of Defense Technology, Changsha 410073, China)

Abstract: In view of an evaluation system for the air-to-air attack of fighters, the scheme, functions and key technology of this system are described. The development of the evaluation system for air combat in the future is analyzed. Some block diagram for the framework are given in this paper.

Key words: air combat; modeling; simulation; evaluation

由于先进的航空、探测、制导和武器系统的发展, 现代空战摆脱了以近距离格斗为主的传统作战模式, 已经发展为以中远距离甚至超视距空战为主的复杂作战模式。多机空战对抗是一个复杂的作战过程, 其作战效果不仅取决于航空武器装备的综合性能(包括飞机、导弹、机载电子设备与火控系统), 也与飞行员的战术意识、战场反应能力和多机协同配合战法直接相关。要做到人与装备的最佳结合, 确保未来空战对抗中的主动权, 必须进行大量针对性训练, 从中分析和积累克敌制胜的战法。为了验证和评估战法的适应性和有效性, 建立一个科学客观的空战对抗评估系统是十分必要的。

一般而言, 从费用和安全性考虑, 在实际的编队空战对抗训练中不可能采用实装导弹进行攻击, 而且往往参与对抗的敌方战机是扮演机而不是真实的敌机机型, 因此双方空战效果不可能通过实际测量或观察得到。从国外先进国家经验看, 应用计算机仿真技术开展多机空战对抗评估, 已成为改进训练手段、丰富战法研究内容的重要技术途径。本文提出的多机空战对抗评估系统是一个以现代空战模型为核心, 实际测量信息和仿真信息相综合的计算机仿真系统。参与空战对抗仿真的红蓝双方飞机的运动和位置信息为实际测量信息, 而火控系统与武器系统由数学模型仿真, 在此基础上建立一体化空战评估模型。该系统能够实时提供包括红蓝双方雷达截获时刻、距离, 导弹发射时刻、距离, 脱靶量和杀伤概率等在内的评估结果, 并将有关的指挥和领航信息以友好的人机交互方式提供给地面指挥人员。系统具有集中型仿真计算、分布式显示与数据管理及维护的特点。

1 关键技术

设计多机空战对抗评估系统, 主要是为地面指挥人员提供红蓝军飞行信息和空战评估结果。系统关键技术概括而言有二项: 空战信息实时获取技术和多机空战建模与仿真技术。

1.1 实时信息获取技术

尽可能多地获取空战过程中红蓝双方对抗的实际信息, 将有利于提高仿真模型和评估结果的逼真

* 收稿日期: 2002-06-10

作者简介: 杨乐平(1964—), 男, 教授, 在职博士生。

性和可信度,但是,实际空战信息获取受到各种条件的限制。目前获取实时信息主要有两种技术手段:一种由地面跟踪雷达测量红蓝双方飞机的位置和运动参数,经过处理后送给仿真计算机;另一种是通过飞机携带的 GPS 吊舱向地面发送所需信息。雷达系统和 GPS 系统在传输数据精度、稳定性和可靠性等方面分别存在各自的问题,因此仿真系统应该同时具备这两种数据接口,并通过数据融合方法提高获取信息的质量。一般而言,雷达信息通过同步通信接口进入仿真计算机,而 GPS 信息通过串行通信接口进入计算机,接收信息的剔除、融合和平滑由软件实现。

1.2 建模与仿真技术

多机空战数学模型是评估系统的核心。空战过程是包括飞行机动、雷达探测、导弹攻击在内的一个复杂过程。空战对抗评估中雷达截获、导弹攻击和杀伤效果评估必须由数学模型来描述并进行仿真。

1.2.1 雷达建模

多机空战中雷达截获是发射导弹进行攻击的前提,围绕如何尽早截获敌方而又不被敌方截获,是空战战法设计的基础。雷达建模仿真是一个复杂的课题,包括雷达本身、目标特性和环境特性等因素。考虑到解决问题的性质和要求,雷达系统模拟一般有两种基本形式:功能模拟和相干视频信号模拟。功能模拟基本上是对各种信号成份(像目标、杂波、热噪声及电子干扰)平均功率的一种描述,雷达距离方程是功能模拟的数学基础。相干视频信号模拟是要逼真地复现既包含振幅又包含相位的相干视频信号,复现这种信号的发射、传播、反射以及在雷达接收机内进行处理的全过程。后者数学模型更复杂,要求的参数更多,模拟精度更高。

多机空战评估系统中,机载雷达仿真主要实现对空中目标的探测、截获、跟踪和告警功能,为导弹攻击提供初始条件,因此采用雷达功能模拟即可以满足仿真需求。目前先进的航空机载雷达一般采用脉冲多卜勒雷达体制,除了经典的雷达距离方程外,包括主瓣杂波、旁瓣杂波和高度线杂波在内的杂波干扰是影响脉冲多卜勒雷达实际探测与截获性能的重要因素,空战仿真中的雷达功能模型必须反映这一重要特性。脉冲多卜勒雷达各种杂波特性主要取决于载机和目标机的相对位置和速度,因此,在系统雷达仿真功能模型中,分别根据迎头、尾后、上视和下视等各种不同空中态势进行判断,确定不同的杂波干扰模式和量级。

1.2.2 导弹攻击建模

在实际空战中,红蓝双方飞机根据不同战术目的沿各自航线飞行。当己方机载雷达发现目标后,转入雷达追踪,机上火控系统实时计算不同导弹的攻击区,依次判断是否构成某种机载导弹的发射条件。当满足发射条件时,火控系统控制相应导弹自动发射。发射后导弹根据其自身制导规律飞向目标,最后击中或脱靶。通过上面对导弹实际攻击过程的分析,空战仿真中导弹攻击模型应包括攻击区模型和弹道仿真模型二部分。

(1) 攻击区模型

导弹攻击区又称为导弹发射包络,它是攻击机发射导弹能够击中机动目标的空间位置与方位的集合。简单来说,可以认为攻击区由不同方位条件下导弹最大允许和最小允许发射距离确定。影响最大允许发射距离的主要因素包括:导弹导引头最大探测和跟踪目标的距离,导弹自带能源最大允许工作时间,导弹和目标遭遇时允许的最小相对速度等。最小允许发射距离的主要影响因素有引信远距离解除保险时间,导弹与目标相遇时最大相对速度限制,攻击机退出攻击的安全距离限制等。考虑到仿真的实时性,一般攻击区模型采用实时拟合的方法,即首先针对不同型号导弹的特性,给出一组攻击区的理论数据,然后根据仿真时实际空中态势进行拟合计算。攻击区模型主要为导弹攻击仿真提供发射条件判据。

(2) 弹道仿真模型

导弹发射后,在导引头引导下飞向目标。弹道仿真模型就是对导弹在空中的运动进行模拟。导弹实际飞行过程仿真是一个很复杂的问题,即使将导弹视为刚体,它在空间运动也具有六个自由度。六自由度弹道模型解算需要的初始参数和模型参数多,而这些参数在空战评估仿真中很难得到,因此实际采用空间质点运动模型来描述导弹运动状态。空空导弹制导律一般采用比例导引法或修正的比例导引

法,由此可以建立导弹与目标机相对运动模型。综合导弹质点运动和导弹与目标机的相对运动模型,就可以求解导弹运动参数及导弹与目标机的相对运动参数,最终计算得到导弹脱靶量,为空战结果评估提供直接依据。

(3) 毁伤评估模型

在实际空战过程中,一架飞机可能出现的情况是:保持完好、被击落、被击伤、多次受伤丧失战斗力,因此,在建立评估模型时,采用“累计生存概率”来表示飞机生存情况。累计生存概率不仅要考虑多次被敌方攻击的情况,而且还要考虑被攻击条件下攻击敌方的情况。

2 多机空战对抗评估系统设计

2.1 系统硬件组成

系统硬件由一台高性能 UNIX 服务器和三台高性能微机工作站及相应的网络设备组成。UNIX 服务器完成所有仿真模型的解算,并通过同步或异步串行通信接口接收地面雷达和 GPS 系统获取的实时信息。显示与评估结果通过网络传送到远端的指挥显示终端。三台配置大屏幕显示器的高性能微机工作站分别作为红军指挥所、蓝军指挥所和导调指挥所显示终端。硬件系统结构如图 1 所示。

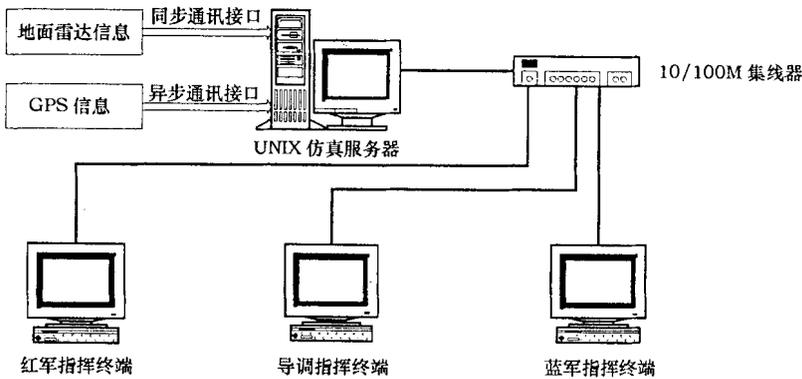


图 1 系统硬件结构框图

Fig. 1 The general structure of the hardware system

2.2 系统软件组成与功能

多机空战对抗评估系统软件总体上包括仿真、通信、显示和人机交互等四大部分,构成一个跨操作

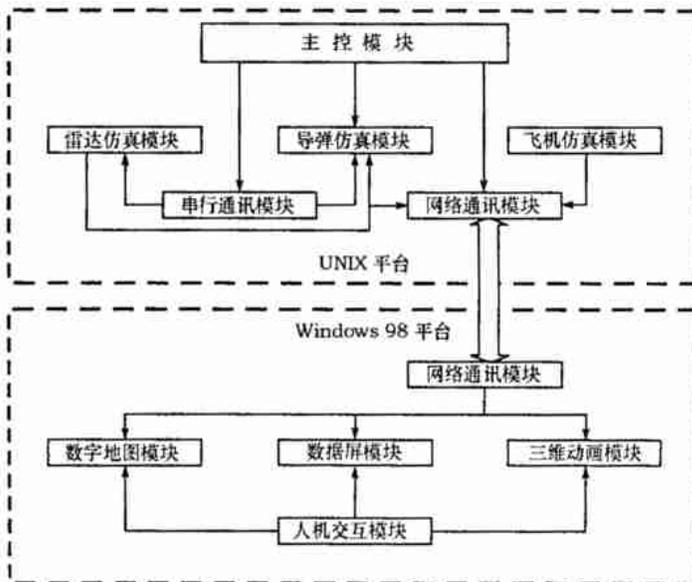


图 2 软件系统总体结构框图

Fig. 2 The general structure of the software system

平台, 集领航、指挥、实时评估和事后分析功能为一体的综合软件系统。系统软件总体结构框图见图 2。

多机空战对抗评估系统软件主要包括仿真、通信、综合显示和人机交互等四大部分, 每部分又由多个软件模块组成。仿真软件运行环境为 UNIX 操作系统, 综合显示和人机交互软件运行在 Windows 98 操作系统, 通信软件采用标准 TCP/IP 协议, 实现 UNIX 平台与 Windows 98 平台间仿真数据和状态信息的交换。

2.2.1 仿真软件

包括雷达仿真模块、导弹仿真模块、飞机仿真模块和主控模块。

(1) 雷达仿真模块。建立雷达探测与截获模型, 为导弹仿真模块和综合显示系统提供仿真结果。

(2) 导弹仿真模块。建立导弹攻击区和弹道仿真模型, 给出脱靶量和杀伤概率等空战对抗评估结果, 程序框图如图 3 所示。

(3) 飞机仿真模块。实际对抗时红蓝双方飞机的目标参数采用实测结果, 飞机仿真模块主要是为雷达和导弹仿真模块调试提供仿真条件, 同时也为空战训练提供一种先进的数字飞机对抗模式。

(4) 主控模块。利用 UNIX 操作系统资源, 实现雷达模块、导弹模块、飞机模块和 UNIX 环境下的网络通信模块等各个进程之间的实时同步、数据共享和调试管理。

仿真软件程序总体框图如图 4 所示。

2.2.2 通信软件

通信软件包括串行通信和网络通信两部分。串行通信模块在 UNIX 环境下运行, 网络通信有两个模块: 一个在 UNIX 环境下, 一个在 Windows 98 环境下。

(1) 串行通信模块。接收地面雷达和 GPS 系统发送的实时信息, 同时对接收的信息进行数据融合、剔除和平滑处理。

(2) 网络通信模块。将仿真服务器上各种实时和仿真信息按照规定的时间间隔发送到各个指挥显示终端, 各指挥显示终端负责接收实时和仿真信息, 并将通过人机交互接口接收的仿真控制参数回送给仿真服务器。

2.2.3 综合显示软件

综合显示软件运行在 Windows 98 环境下, 主要包括数字化地图显示、数据屏显示和三维动画显示等模块。

(1) 数字化地图显示模块。支持地图比例和无级缩放, 各种地理信息的开关显示, 经纬线智能化自适应显示, 地图背景上的动画显示等。

(2) 数据屏显示模块。以表格形式实时显示红蓝双方飞机空中态势参数、火控系统参数和导弹攻击与评

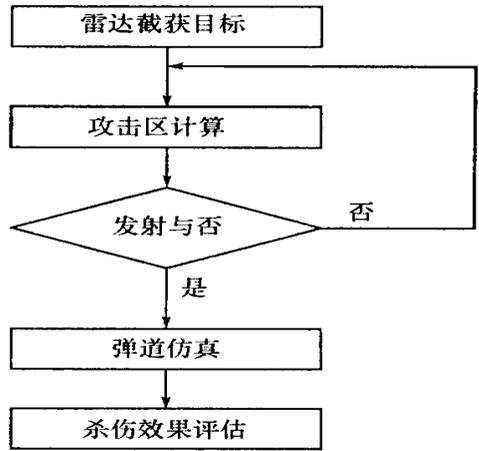


图 3 导弹仿真模块程序框图

Fig. 3 The function-flow-chart of missile simulation

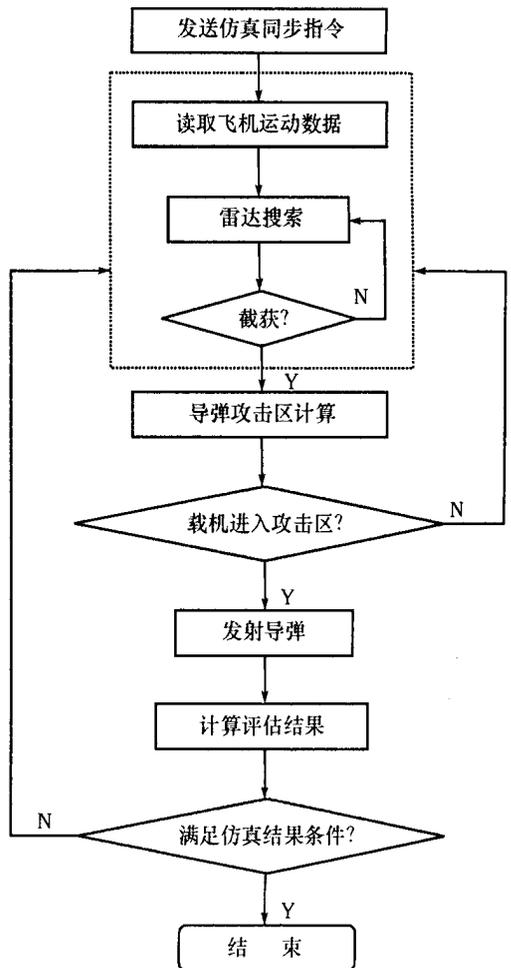


图 4 仿真软件程序总体框图

Fig. 4 The function-flow-chart of simulation program

估参数。

(3) 三维动画显示模块。以三维动画方式显示空战过程中红蓝双方导弹发射脱靶与遇靶过程,并提供着火及爆炸的画面和音响。

2.2.4 人机交互软件

人机交互模块为指挥人员提供直观、方便和灵活的操作界面。它支持所有显示要素的用户化定义,为仿真模型的交互式控制提供输入接口,同时还允许用户在实际仿真过程中灵活控制或调整显示区域。

3 结论

实际应用表明:本文提出的多机空战评估系统设计先进、功能完整,基本上满足多机空战对抗训练与指挥的要求,为科学、客观地评估空战结果提供了一种新的技术途径。考虑到目前系统存在的不足,今后多机空战对抗评估系统发展主要解决下面几个问题:一是提高飞机实时信息获取量,如增加向地面实时传送飞机姿态信息和火控系统的开关信息,从而增加仿真模型逼真性;二是尽可能采用三维立体显示,更真实反映红蓝双方空中立体态势,增强实战感;三是考虑电子干扰与反干扰的仿真模型,提高评估系统实战适应性。

参考文献:

- [1] 杨乐平,等.多机空战对抗评估系统总体设计报告,国防科技大学内部技术报告[R],1999.
- [2] Finell F. Analysis of a Generic Air-to-air Missile Simulation Model[R], N94-36438, 1994.
- [3] 季节,许云剑,等.世界机载雷达手册[M].北京:航空工业出版社,1989.
- [4] 熊光燧,彭毅,等.先进仿真技术与仿真环境[M].北京:国防工业出版社,1997.

(上接第6页)

- [39] Bengio Y, Frasconi P. Input-Output HMMs for Sequence Processing[J]. IEEE Transactions on Neural Networks, 1996, 7(5): 1231-1249.
- [40] Bonneau R, Tsai J, et al. Rosetta in CASP4: Progress in Ab Initio Protein structure prediction[J]. Proteins: Structure, Function and Genetics (available also from <http://depts.washington.edu/bakerpg/papers/Bonneau-Proteins.pdf>), 2001.
- [41] Simons K T, Bonneau R, Ruczinski I, Baker D. Ab Initio Protein Structure Predictions of CASP 3 Targets Using ROSETTA[J]. Proteins: Structure, Function, and Genetics Supplement, 1999, 3: 171-176.
- [42] 赵善荣,林茂伟,陈凯先.生物信息学在药物设计中的应用[J].药学进展,1997,21(2):65-70.
- [43] Carlson H A. Protein Flexibility Is an Important Component of Structure-based Drug Discovery[J]. Curr Pharm Des, 2002, 8(17): 1571-1578.
- [44] Rich D H, Bursavich M G, Estiarte M A. Discovery of Nonpeptide, Peptidomimetic Peptidase Inhibitors that Target Alternate Enzyme Active Site Conformations[J]. Biopolymers, 2002, 66(2): 115-125.
- [45] Waszkowycz B. Structure-based Approaches to Drug Design and Virtual Screening[J]. Curr Opin Drug Discov Devel, 2002, 5(3): 407-413.
- [46] Klabunde T, Hessler G. Drug Design Strategies for Targeting G-protein-coupled Receptors[J]. Chembiochem, 2002, 3(10): 928-944.
- [47] Lin J H, Perryman A L, Schames J R, McCammon J A. Computational Drug Design Accommodating Receptor Flexibility: the Relaxed Complex Scheme[J]. J Am Chem Soc, 2002, 124(20): 5632-5633.
- [48] Zhu J, Fan H, Liu H, Shi Y. Structure-based Ligand Design for Flexible Proteins: Application of New F-DycoBlock[J]. J Comput Aided Mol Des, 2001, 15(11): 979-996.