

# 综合电子战 模拟与仿真技术

主 编 郭淑霞



*Electronic*  
**WARFARE**

西北工业大学出版社

# 综合电子战模拟与仿真技术

主 编 郭淑霞

副主编 张麟兮 郭莲英 高 颖

刘春阳 刘 宁 李 璞

西北工业大学出版社

**【内容简介】**本书是近年来编者在从事电子战模拟与仿真技术研究的基础上完成的。本书以无人机未来面临的电子战环境为例,第一篇系统地介绍了综合电子战模拟与仿真的主要技术,包括综合电子战模拟与仿真系统总体构架、电子战模拟与仿真软件系统设计技术、电子战模拟与仿真通信系统设计技术、电子战中数据链仿真控制技术、电子战环境虚拟视景仿真技术等;第二篇介绍了通信抗干扰技术以及其他相关技术;第三篇介绍了基于微波暗室的几种测试技术;第四篇介绍了目前通信电子战的新技术以及未来的发展等。

本书可供从事通信、复杂电磁环境模拟、电子战、测试与仿真研究开发的工程技术人员参考。

### 图书在版编目(CIP)数据

综合电子战模拟与仿真技术/郭淑霞主编. —西安:西北工业大学出版社,2010.3  
ISBN 978-7-5612-2760-2

I. ①综… II. ①郭… III. ①电子战—技术 IV. ①E919

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 045427 号

出版发行:西北工业大学出版社

通信地址:西安市友谊西路 127 号 邮编:710072

电 话:(029)88493844 88491757

网 址:www.nwpup.com

印 刷 者:陕西向阳印务有限公司

开 本:787 mm×1 092 mm 1/16

印 张:13.875

字 数:335 千字

版 次:2010 年 3 月第 1 版 2010 年 3 月第 1 次印刷

定 价:38.00 元

# 前 言

电子战是一个十分广阔的领域,是从直流到可见光的电磁频谱的战斗,也是在现代战争中剥夺敌方使用电磁频谱,同时保护己方使用电磁频谱的战斗。冷战结束以后,军事信息领域的对抗非但没有减少,反而愈演愈烈。20世纪80年代以来,战争的形态发生了巨大变化,即从传统的“陆海空”三维立体战争变成了“陆海空天电”联合行动,信息战、电子战的研究方兴未艾,历时42天的海湾战争使电子战的地位得到进一步提升。电子对抗已经变成决定作战双方胜负的关键因素之一,电子战也从双方单一装备之间的对抗,发展到系统对系统、体系对体系间的对抗。随着电子战理论与实践研究的不断深入,单一武器平台或局部的仿真已不能够满足对整个战场环境与作战态势的模拟,因此必须对包含雷达、通信及其对抗装备的复杂电子战环境进行模拟,通过单元仿真集成为综合的电子战模拟与仿真系统。

多年来,世界各主要大国都力图在接近实战的电磁环境下检验和鉴定所研制的电子战装备,并以巨资建立各种实验场和实验设施。但电子对抗装备的迅速发展,使电子战装备系统越来越复杂,要检验其在密集复杂的电磁环境下的作战效能,就必须对系统的战术技术性能及作战效果进行大量的外场实验、测试,从而进行评估。这些外场实验往往需要广阔的场区、大量的参试设备和众多的人员。人力、物力、财力消耗极大,却难以得到接近实战电子战环境下的实验效果。随着计算机技术、电子技术和仿真技术的发展,在室内基于微波暗室建立一个与作战环境非常相似的电子战模拟仿真系统成为可能。该系统可以根据实验要求,较方便地改变实验的电子战环境,以满足实验环境的需求,从而获得外场实验所达不到的效果。

本书是近年来编者在从事电子战模拟与仿真技术研究的基础上完成的。本书内容共分四篇,通过系统的方法,以无人机未来所面临的电子战环境为例,第一篇向读者介绍了综合电子战模拟与仿真的主要技术,包括综合电子战模拟与仿真系统总体构架、电子战模拟与仿真软件系统设计技术、电子战模拟与仿真通信系统设计技术、电子战中数据链仿真控制技术、电子战环境虚拟视景仿真技术等;第二篇介绍了通信抗干扰以及相关技术;第三篇介绍了基于微波暗室的几种测试技术;第四篇介绍了目前通信电子战的新技术以及未来发展等。

在此非常感谢西北工业大学无人机特种技术国家重点实验室的领导长期以来关心、支持综合性能测试研究方向的发展。特别感谢综合性能测试研究方向其他同仁的无私支持以及航天科工系统仿真科技(北京)有限公司张文杰研究员、景韶光研究员的支持。感谢本书的所有参与者,本书的公式、图表以及相关文字处理是由李瑛、刘宁、黄国栋完成的。

由于编者水平有限,书中缺点错误在所难免,恳请同行批评指正。

编 者

2010年3月

于西北工业大学

# 目 录

<b>第一篇 综合电子战模拟与仿真技术</b> .....	1
1 无人机综合电子战模拟与仿真系统总体构架 .....	3
2 电子战模拟与仿真软件设计技术 .....	12
3 综合电子战数据库的设计与实现技术 .....	17
4 电子战模拟与仿真通信系统设计技术 .....	22
5 综合电子战数据链仿真控制技术 .....	28
6 无人机数据链信道模拟与仿真技术 .....	32
7 无人机数据链仿真测试平台构建技术 .....	40
8 电子战虚拟视景仿真技术 .....	45
9 电子战电磁信号可视化技术 .....	52
<b>第二篇 通信抗干扰技术研究</b> .....	63
10 基于无线信道的软干扰抵消 Turbo 均衡技术研究 .....	65
11 混沌扩频通信系统优化设计及抗干扰性能研究 .....	71
12 FH/DS 混合扩频系统的抗干扰性能研究 .....	77
13 低信噪比条件下基于最近邻模式的信号调制识别技术研究 .....	84
14 基于无线信道的串行级联编码技术研究 .....	90
15 软件无线电技术在数据链中的应用研究 .....	97
16 基于微波衰落信道的一种新型编码调制方法研究 .....	111
17 基于正交混频的数字下变频技术研究 .....	117
18 频带自适应调制模式识别方法研究 .....	123
19 电子战环境下无人机通信对抗关键技术研究 .....	130
20 空空导弹数据链发展概况及抗干扰技术研究 .....	134
<b>第三篇 综合测试技术研究</b> .....	139
21 浅谈 5 m 法电波暗室 .....	141
22 大目标的近距离 RCS 测试技术研究 .....	151
23 UHF 波段室内高精度 RCS 测试技术研究 .....	157
24 ZnO:Al(AZO)薄膜的光学特性 .....	164
25 纳米 Al 膜介电函数的尺寸效应 .....	171

---

26	雷达仿真技术研究·····	179
27	雷达诱饵模拟技术研究·····	188
<b>第四篇</b>	<b>电子战译文·····</b>	<b>197</b>
28	通信电子战的先进技术·····	199
29	电子战系统·····	205

**第一篇 综合电子战  
模拟与仿真技术**





# 1 无人机综合电子战模拟与仿真系统总体构架<sup>\*</sup>

## 1.1 引言

冷战结束以后,军事信息领域的对抗非但没有减少反而愈演愈烈。信息战、电子战的研究方兴未艾,而历时 42 天的海湾战争更使电子战的地位得到进一步提升。20 世纪 80 年代以来,战争的形态发生了巨大变化,即从传统的“陆海空”三维立体战争变成了“陆海空天电”联合行动。电子对抗已经变成决定作战双方胜负的关键因素之一,电子战也已从双方单一装备间的对抗,发展到系统对系统、体系对体系间的对抗。随着电子战理论与实践研究的不断深入,单一武器平台或局部的仿真已不能满足对整个战场环境与作战态势的模拟,必须对包含雷达、通信及其对抗的复杂电子战环境,通过单元仿真集成出一种综合电子战模拟与仿真系统。

1998 年 10 月,英国国防部选择雷卡无线电公司为英国陆军和海军陆战队提供一种地基通信电子战系统。该系统用来探测目前和未来的跳频电台,并配备有工作在高频、甚高频和超高频的监视系统。1999 年 2 月,英国国防部将 TacGA 的战术地空无线电台系统装备部队服役。该系统改进了地面部队与支援地面的歼击机和直升机之间的通信联系,其核心部件是功能强大的 V-UHF 无线电发射接收机。美国海军先进的综合电子战系统(AIEWS)是为对付水面舰船近海作战时密集的电磁环境,以及对抗新型雷达和红外制导导弹的威胁而设计的。利用几组相控阵列,该系统可在电磁信号环境下进行无源观测,并识别出己方和敌方的位置;也可识别敌方射频武器寻的器和跟踪多种威胁,以及确定带有发射机的移动平台或地面设施的位置。除探测并确定来袭导弹的位置外,AIEWS 还具备一些先进的功能,如特定的辐射源识别和在导弹攻击时同时跟踪多目标的能力。这些信息将直接送入舰船作战系统并联系其他探测器(如雷达和红外搜索与跟踪系统),作战系统将探测的结果综合,决定最佳的反应方案,包括由 AIEWS 发出射频或红外干扰或由舰船发射先进诱饵。

无人机综合电子战模拟与仿真系统在充分考虑未来无人机所面临的复杂电子战环境以及作战特点的基础上,通过利用软硬件平台构建合理的战术技术模型,利用当前迅速发展的计算机和网络技术、先进的电子测量设备以及底层的专用系统软件等构造一个集成化的电子战模拟与仿真平台,该平台具有综合电子战电磁环境模拟模型、作战场景想定模型、战区地形和环境模型,并在战场环境中配置雷达对抗、通信对抗的基本模型。在该系统平台的支撑下,能够研究无人机通信数据链在复杂电磁环境下的通信效能、面临强的通信干扰设备以及通信侦察设备时的通信对抗能力等,通过通信对抗与反对抗的战术研究,可以对无人机通信数据链在电子战环境下的设计指标进行考验,并且利用先进的虚拟视景等可视化手段对“陆海空天电”等五维光电信息进行描述,对电子战战场进行实时可视化显示,使得电子战模拟与仿真由抽象变

<sup>\*</sup> 本文撰稿人:郭淑霞。西北工业大学无人机实验室。

得形象逼真且接近实战。本文讲述了无人机综合电子战模拟与仿真系统的总体构架,根据设计指标,给出了系统的功能组成,网络结构,实际物理实现框图与仿真流程图,最后给出了实现上述功能所涉及的关键技术。

## 1.2 仿真系统功能与总体结构组成

仿真系统以微波暗室和微波仪表为基础,在微波暗室内形成目标雷达信号、通信信号、攻击数据链的敌方干扰信号以及战场中存在的其他信号,具有通信干扰和对抗能力,可用于检验和考核无人机系统的工作状态和性能。系统由硬件系统与软件系统两部分组成。

为了完成上述的系统功能,系统由应用管理软件统一管理,并通过计算机控制系统和通信网络实现整个系统的软硬件连接。为了系统的可实现性与集成性,将系统中的信号监测系统部分分为硬件与软件两部分进行实现。

硬件部分的子系统分别为通信网络系统、数据采集系统、信号监测硬件系统、微波部件和计算机控制系统。

软件部分的子系统分别为应用管理控制软件系统、数据链模拟与抗干扰仿真软件系统、数据库系统、电子战仿真战术演练软件系统、战场环境虚拟与视景仿真系统、系统评估软件系统和信号监测软件系统。

系统总体功能框图如图 1.1 所示。

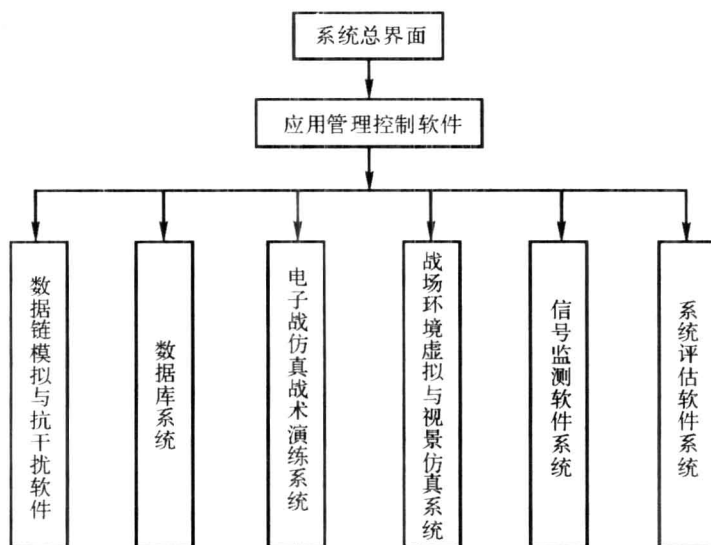


图 1.1 综合电子战模拟与仿真系统框图

软件各部分的主要功能如下:

(1)应用管理控制软件系统:应用系统管理软件完成综合测试仿真实验的实验准备、实验过程控制、实验数据处理等功能。

(2)数据链模拟与抗干扰仿真软件系统:建立适用于复杂电磁环境下的数据链测试与仿真的通用模块,完成复杂电磁信号的产生。

(3)数据库系统:数据库服务器用来存储整个系统运行中所使用的初始化数据、参数数据、

态势数据、实验中间结果数据及系统运行后的结果数据等。

(4)电子战仿真战术演练系统:以数字方式建立接近实战的环境仿真,用于演练无人机在电子战环境下的战术适应能力。

(5)战场环境虚拟与视景仿真系统:根据当前的电磁环境,建立三维系统坐标关系,进行战场环境的全系统视景仿真。

(6)信号监测系统(软件):对暗室被测件处的接收信号进行采集、分选和识别,并进行分析。

(7)系统评估软件系统:完成对系统电子对抗能力的评估。

硬件部分的主要功能如下:

(1)微波部件包括:矢量信号发生器、矢量信号接收器、频谱分析仪、大带宽示波器、辐射及接收天线等。

(2)控制机柜:完成各个计算机在控制间的排放。

(3)计算机网络系统:网络部件,搭建整个系统的网络通信。

(4)信号采集系统:对接收信号进行高速率采集。

(5)信号监测(硬件):进行全景信号监测。

根据系统功能需要,计算机控制系统采取千兆以太网的形式采用光纤通信的方式组成,并通过网线与微波仪表相连,结构图如图 1.2 所示。

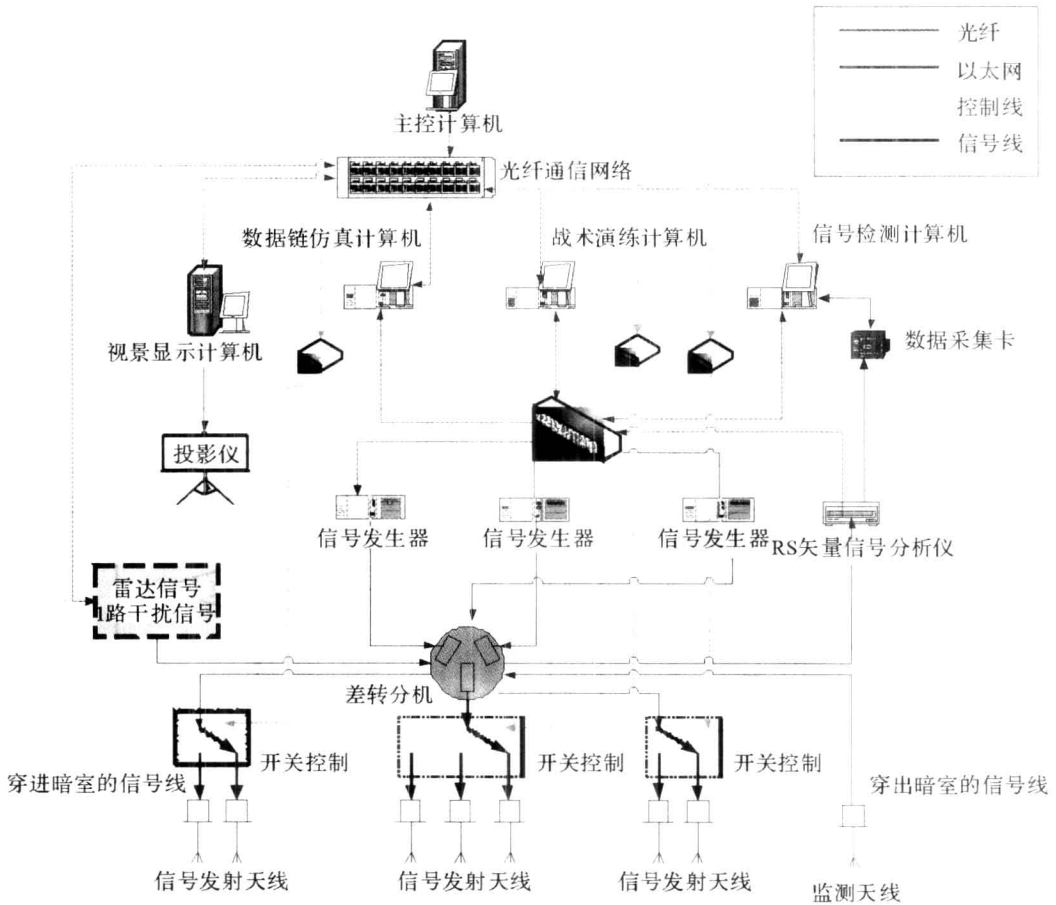


图 1.2 系统硬件组成框图

在系统组成的基础上,通过图 1.3 的仿真流程进行系统仿真。

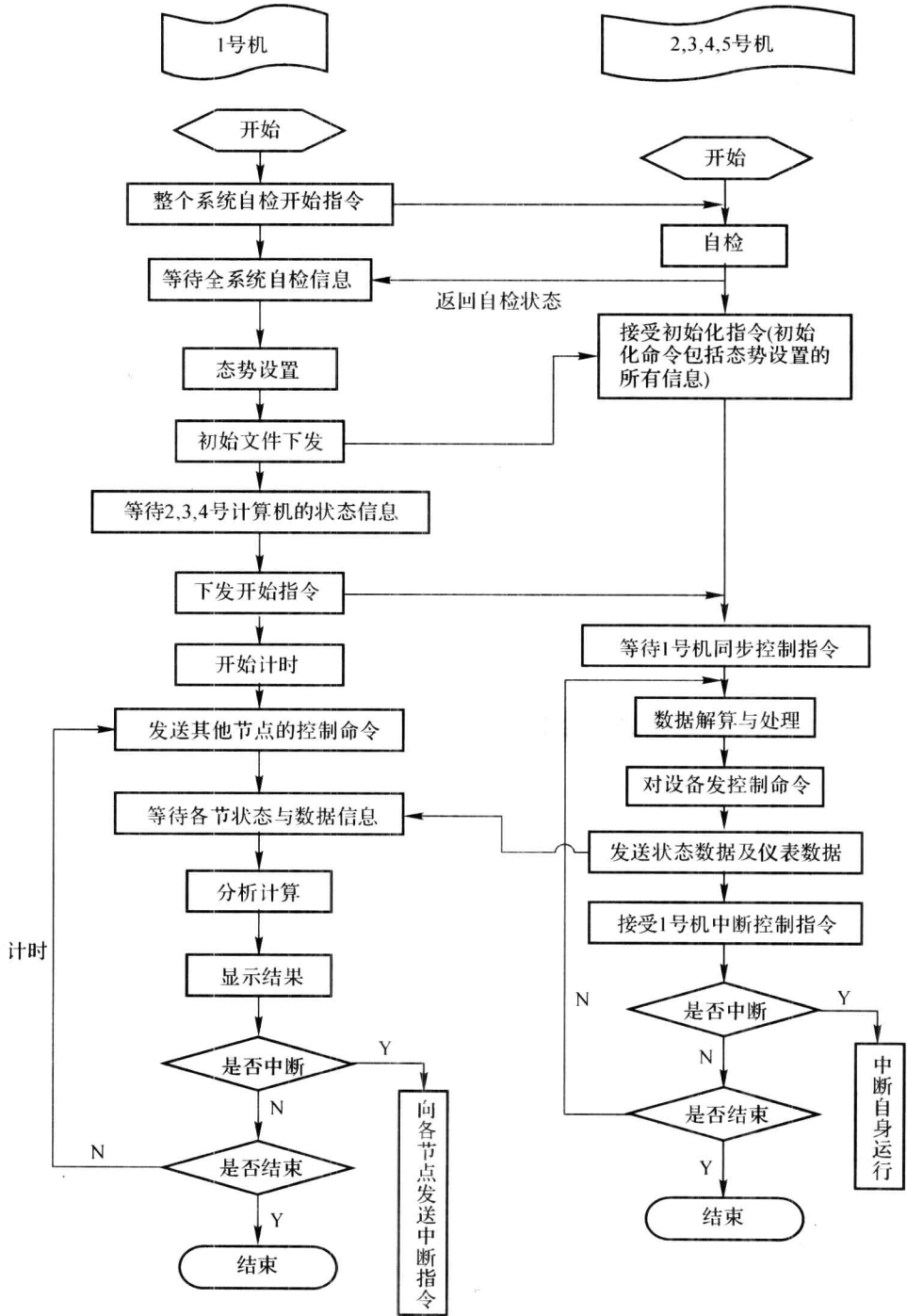


图 1.3 实时控制运行中的仿真流程图

1 号机—主控计算机； 2 号机—数据连模拟工控机； 3 号机—电子站演练工控机；  
4 号机—信号监测工控机； 5 号机—一二三维图形工作站

## 1.3 综合电子战模拟与仿真系统所涉及的关键技术

### 1.3.1 预案生成技术

预案生成技术生成作战预案和建立装备性能数据库。为了便于仿真演示和对抗与抗干扰的作战效能分析,首先需要建立典型的作战场景,设计灵活的场景想定方法,由使用者在与仿真三维演示等幅的地图上,配置对抗双方的参战单元,包括反辐射无人机、远距离支援干扰飞机、机场、地对空雷达干扰群、地空导弹阵地、高炮阵地、远程警戒雷达预警机等。这些单元均以鼠标点击定位、拖动,以对话框方式设定其内部配置参数,如参战时刻,所含武器装备型号、数量、机动参数等,最后若干数量的参战单元构成了仿真开始前的对峙态势,形成某个作战预案。另外,仿真系统根据飞机、雷达、通信以及电子对抗装备的典型数据建立装备性能数据库作为默认的使用参数,该数据库可以用人机对话方式修改,并可进行实时的更新。

### 1.3.2 复杂电磁环境的半实物模拟技术

在电子战环境下,由于作战单元与设备的广泛使用,须产生的电磁信号往往调制复杂、参数多变,易造成战场空间的电磁环境密集、交迭、频谱范围很宽。因此,要想完全真实地对电子战中的电磁环境进行物理仿真,不仅非常困难,而且需要庞大的经费。数字仿真不输出真实的射频和视频信号,只利用数学模型在计算机上进行计算与分析。其特点是使用灵活、效费比高,其逼真程度取决于数学模型建立的准确性和仿真系统结构设计的合理性,但是在实际过程中,无法建立较逼真的数学模型,因此数字仿真的合理性在一定程度上还需要进一步的推敲,复杂电磁环境的半实物模拟方法在数字仿真与物理电磁环境模拟中取得折中,能在较大程度上模拟接近真实战场环境的电磁信号。

复杂电磁环境的半实物模拟技术分为两个层面的问题,一个是复杂电磁信号的模拟,另一个就是对复杂电磁信号传播环境的模拟。复杂电磁信号的模拟方法可分为两种形式:一种是利用标准的信号源通过参数控制,形成所需要的电磁环境;另外一种是对于标准信号源不能提供的复杂电磁环境信号,首先需要建立描述复杂电磁环境的数学模型,然后利用自定义的任意波形的模式进行信号下载与信号形成。复杂电磁信号传播环境的模拟技术是复杂电磁环境模拟的另一个重点,需要根据设定的战场态势,描述不同的电磁信号在战场态势中的传播机理,建立相应的数学模型,并进行分析与解算,将分析与解算的结果形成的参数加载在所须发射的信号上,这样就体现了战场传播环境对信号的影响。这些影响主要表现在多径传播、多普勒频移、气象等条件对信号传播特性的影响。

### 1.3.3 抗干扰算法的仿真与验证

在无人机数据链的抗干扰方法研究中,涉及几个关键的技术:数字下变频技术、信号的分选与识别技术和信道均衡与编译码技术。

#### 1. 数字下变频技术

数字下变频的主要目的是将微波仪表下变频后的中频信号进行数据采集后,通过抽取技术下变频到更低的频率范围,便于后续的信号处理。

抽取技术是数字下变频的核心。整数倍抽取是指把原始数字序列  $x(n)$  每隔  $(D-1)$  个数据抽取一个,以形成一个新的序列,即

$$x_D(m) = x(n) \Big|_{n=mD} = x(mD) \quad (1.1)$$

式中,  $D$  为正整数,式(1.1)对应的离散傅里叶变换为

$$X_D(e^{j\omega}) = \frac{1}{D} \sum_{l=0}^{D-1} X[e^{j(\omega-2\pi l)/D}] \quad (1.2)$$

由式(1.2)可见,抽取序列的频谱  $X_D(e^{j\omega})$  为抽取前原始序列频谱  $X(e^{j\omega})$  经频移和  $D$  倍展宽后的  $D$  个频谱的叠加和。如果  $x(n)$  序列的采样率为  $f_s$ ,则其无模糊带宽为  $f_s/2$ 。当对  $x(n)$  进行  $D$  倍抽取后,得到的抽取序列  $x_D(m)$  的采样率为  $f_s/D$ ,无模糊带宽为  $f_s/(2D)$ 。当  $x(n)$  含有大于  $f_s/(2D)$  的频率分量时,  $x_D(m)$  就必然产生频谱混叠,造成从  $x_D(m)$  中无法恢复  $x(n)$  中小于  $f_s/(2D)$  的频率分量信号。

由此可见,假如原始信号频谱没有被约束在数字角频率为  $(-\pi/D, \pi/D)$  的区间内,在进行抽取以后,  $D$  个展宽的频谱在相加时就会出现重叠区域,从而破坏信号的原始信息。所以在进行抽取以前,应该先通过一个抽取滤波器对带外信号进行滤除。当然,如果原始数据信号的频谱本身就小于  $\pi/D$ ,那么前置低通滤波器可以省去。抽取器示意图如图 1.4 所示。



图 1.4 完整的抽取器示意图

通过抽取,就可以从中频信号中取出想要进行处理的子信道的信号,而此时数据流的速率仅为原始信号的  $1/D$ ,大大降低了对后继处理速度的要求。另外,抽取也可以大大提高信号的频域分辨率。

## 2. 信号分选与识别技术

当接收信号为多路合成信号时,为了减少多路信号间的干扰以及其他噪声干扰,每路信号输出之前要对其进行滤波,把带外泄露的信号和噪声信号滤除,以免对其他频点上的信号产生干扰。由于信号可能调制到各个频点上,所以必须设计一个滤波器组用于选通各个频点,以实现多路信号的分选。多路信号的频点分布直接影响滤波器组设计的复杂程度,一般情况下有以下两种设计方法:

- (1) 先按照频点所在的大致频段选用合适的方法设计好滤波器组;
- (2) 依照滤波器的通带频段进行划分。

例如,使设计的数字滤波器组具有以下关系:

$$h_k(n) = h_{LP}(n) e^{j2\pi f_{0k} T_s n}, \quad k=0,1,2,\dots \quad (1.3)$$

式中,  $h_k(n)$  为对应第  $k$  个频段的滤波器;  $h_{LP}(n)$  为形状参数相同的基带低通滤波器;  $f_{0k}$  为对应的第  $k$  个滤波器的中心频率;  $T_s$  为采样间隔。只要变换不同的  $f_{0k}$  就可以很方便地产生各个频段的滤波器,所以当信道依据  $h_k(n)$  的通带频段来划分后,可以很方便地使任意频点上的信号具有良好的带限特性。

考虑到相位的要求,设计时可采用线性相位滤波器 FIR。由于数字滤波器的实现,在数字信号通过滤波器后会产生一定的时延,假设给定 FIR 滤波器有  $N$  个抽头,那么延时是  $(N-1)/(2 * f_s)$ ,其中  $f_s$  是采样频率。

信号侦察是电子战的重要内容,信号调制类型的识别是信号侦察中的一个关键步骤,一旦知道了调制类型,就可以估计出调制参数,从而指定相应的侦察或反侦察策略。通信信号调制类型的识别问题是一种典型的模式识别应用,它的作用和目的就是将某一接收到的未知信号正确地归入某一调制类型中,信号识别可以看成是从具体时间和空间分布的信号到符号空间的映射。调制识别融合了信号检测与估计、特征选取、分类识别等内容,识别过程可分为三个步骤:信号预处理,特征参数提取和选择,分类器的设计和分类决策。调制模式的识别算法采用决策理论的改进方法,在保证较高识别率的条件下,尽量减小其复杂度,实现实时处理。

### 3. 信道均衡与编译码技术

无人机数据链信号在传输过程中的多径效应使得信号传输效能减小,误码率增加。为了抵御和补偿 ISI 的破坏,通常使用信道编码和信道均衡两类技术。Turbo 均衡将信道均衡与编译码技术相结合,充分利用了信道的软信息,提高了信息传输的可靠性。

Turbo 均衡译码结构如图 1.5 所示,在对接收符号进行均衡和译码时,不是通过均衡和译码一次完成,而是根据 Turbo 码的迭代译码原理,通过多次迭代运算完成均衡与译码。根据 SISO 均衡算法,在一次迭代中,由均衡器对信道输出的观测值  $z_k$  及先验信息  $L_E^{pri}(\hat{x}_k)$ ,计算传输符号的后验信息  $L_E^{pos}(\hat{x}_k)$ 。由于  $L_E^{pos}(\hat{x}_k)$  中包含了  $L_E^{pri}(\hat{x}_k)$  信息,在  $L_E^{pos}(\hat{x}_k)$  中减去  $L_E^{pri}(\hat{x}_k)$  并经过解交织后得到的  $L_D^{pri}(\hat{x}_k)$ ,  $L_D^{pri}(\hat{x}_k)$  为译码器的输入软信息。经过若干次迭代后,系统误码率将不随迭代次数的增加而减小,即均衡器与译码器不再产生新的外信息,迭代过程被终止,并按照式(1.4)对译码输出  $L_D^{pos}(\hat{u}_k)$  进行判决。

$$u_k = \begin{cases} 1, & L_D^{pos}(\hat{u}_k) \geq 0 \\ 0, & L_D^{pos}(\hat{u}_k) < 0 \end{cases} \quad (1.4)$$

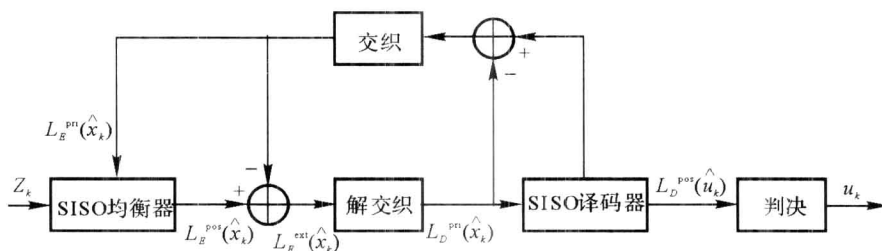


图 1.5 Turbo 均衡器结构

### 1.3.4 战场环境的虚拟视景显示技术

战场环境的虚拟视景显示由主控模块通过三维视景显示模块来实现。三维视景显示模块中所有参战单元均以三维造型来表示,并以准三维地形显示。为了方便使用,三维视景显示模块在界面设置了若干开关,可以随时取消某个单元的显示,缩放单个或全体单元的比例。地形高度、整个画面的比例可根据需要调整,视角可任意旋转,画面可移动。

战场环境的虚拟视景显示中所包括的关键技术有:

(1) 三维建模技术:建立所有参战单元的三维模型。

(2) 战场大区域地形的实时动态生成:一个地形场景可以从几平方公里到几十甚至几百、几万平方公里,其多边形数可达几十、几百万个。若把整个模型数据一次性读入内存显示,那



几乎是不可能的,所以需要对大区域地形场景数据进行特殊处理。一般有两种解决方案:地形的动态生成和分割调度技术。三维地形的生成过程是大量空间离散点组成曲面逼近地形曲面的过程。这些离散点可以看成平面坐标 $(x,y)$ 的函数,即 $z=f(x,y)$ ,其中 $z$ 表示点 $(x,y)$ 处的标高。由于地形本身的非解析性,在数字地形中一般采用三维空间离散的采样插值描述地形,坐标 $(x,y)$ 被离散成等间距的网格状, $x,y$ 的值可由网格的间距来确定, $z(i,j)$ 表示网格点 $(i,j)$ 处的标高,其中 $i,j=0,1,2,\dots$ 大量曲面生成的地形仅仅表征了相应区域地形特征,而离真实感地形还有一段距离,因此还要再依据地形特征设置相应颜色和纹理来增强地形的真实感。

(3) 战场态势地形的三维标绘技术:在态势标绘系统中,尽管三维标绘与二维标绘的内容和目标是相同的,但是由于三维环境的复杂性,以及用户对三维态势表现逼真性的要求,给三维标绘带来了很多困难。重点需要解决的是三维军标与地形的高程匹配问题、运动军标的碰撞检测与碰撞响应问题以及电磁、核化等特殊信息的态势表现问题等。

(4) 战场环境特殊效果的表现:如光晕特效、动画特效、粒子特效等。

(5) 战场气候环境模型的建模:当计算机描绘的图像显得不太真实时,可以利用纹理、融合和反走样等手段使对象的表现更为真实。为了使图像表现更接近于自然,可以采用雾效果,添加雾可以使对象随着距离而淡入,雾可以用来模拟朦胧、薄雾、烟或者污染。

(6) 可视化的态势显示与设置技术:战场态势实时三维显示系统将虚拟现实技术应用到作战指挥控制系统中,将战场变化过程、战场态势发展、双方兵力对抗过程等可视化,增强了指挥控制系统的真实感,以及作战指挥人员的浸入性和交互性,大大提高指挥自动化系统的实用性。

### 1.3.5 作战效能评估子系统

仿真系统的作战效能由主控模块控制按照蒙特卡洛实验方法对某个预案进行多次仿真,得出具有统计意义的结论,随机种子和实验次数可以设定。在每一次实验中,系统以事件驱动和时间驱动相结合的方法遍历所有模块,并将该次实验的结果记录在数据库中,以备事后分析时调用。蒙特卡洛实验结束以后,系统显示出作战效能统计结果。

### 1.3.6 仿真平台的校验技术

在数字仿真中,研究的模型和构造的仿真系统能否代表真实系统,是决定仿真成败的关键,也是系统开发人员和用户最关心的问题。在利用仿真方法进行系统分析、预测和辅助决策时,必须保证仿真系统能够根据特定目标准确地反映实际系统并正确运行,必须对仿真平台的有效性和可信性进行评估,因此必须对仿真平台进行校验。

平台校验技术的基本思想:对确定的某个系统(如信号监测模拟系统),进行某种统计实验(如蒙特卡洛实验方法),然后对输出结果进行统计计算(如采用TIC方法等),评估出模拟系统本身的系统误差或者性能。

### 1.3.7 无人机数据链仿真实验方案研究

通过无人机数据链仿真实验考核无人机数据链的拉距离,信号传播环境以及电磁环境效应等对无人机数据链系统的影响。通过环境模拟和功率控制,对无人机遥控遥测数据链进行拉距离与多径情况下的仿真实验,验证无人机数据链实物发射机或接收机性能。



验证方法:

(1) 验证发射机:分别由标准源和实物发射机发射相同设置的信号(不加干扰源与信道的衰落信号),并由同一实物接收机接收处理,通过对比两种情况下的实验结果即可验证实物发射机性能。

(2) 验证接收机:对接收机的验证,可以分为两种情况,第一种与(1)的情况相同,需要一标准接收机进行接收比较;第二种情况,在证明仪表可替代实物发射机的情况下,加干扰源与信道的衰落信号情况下,利用仪表模拟发射机,验证接收机的抗干扰性能。

## 1.4 结 束 语

在信息时代的大背景下,军事通信在现代战争中日益上升的地位使其得到了飞速发展,给通信对抗提出了严峻的挑战。信号与信息处理理论以及信息工业的发展也为通信对抗迎接这一挑战奠定了坚实的理论和物质基础。体系化、数字化、智能化和模块化的通信对抗技术发展的一般特征实际上是信息时代的技术特征在通信对抗领域的具体反映,因此多层次全方位充分利用当今信息技术成果是发展通信对抗技术的必然途径。

### 参 考 文 献

- [1] 李世贵,李青. 军事通信抗干扰进展与展望[J]. 重庆大学学报:自然科学版,2001,24(2):148-153.
- [2] 李元,谈宜育. 软件无线电中的AD技术[J]. 电子器件,2000,23(3):174-178.
- [3] 张尔扬,李琳. 软件无线电中的关键技术[J]. 电声技术,1999(3):52-54.
- [4] 辛勤,龚享铤. 基于可编程芯片的软件无线电实验平台的设计[J]. 电子技术应用,2001,27(2):52-53.
- [5] 周龙. 短波跳频抗干扰新措施探讨[J]. 军事通信技术,1998,19(2):51-54.
- [6] 徐新生. 直接序列扩频技术的应用和问题[J]. 军事通信技术,1999,20(4):14-18.
- [7] 侯印鸣. 综合电子战:战争的杀手锏[M]. 北京:国防工业出版社,2000.
- [8] 李渊渊,俞世荣. 跳频通信及其应用[C]// 未来通信技术论文集. 昆明:信息产业部(电子)无线通信专业情报网,2000.