

# 仿真计算机和仿真软件发展\*

桂先洲 黄柯棣 戴金海

(国防科技大学自动控制系 长沙 410073)

**摘要** 介绍仿真机和仿真软件的发展,分析了银河仿真机系统性能,探讨了仿真机的未来发展特征。

**关键词** 仿真机结构; 仿真环境; 实时输入/输出; 硬件回路

**分类号** TP391.9

系统仿真是建立在相似理论、控制理论和计算机技术基础上的综合性学科。系统仿真技术经历了几十年漫长的历史。它的发展离不开客观世界的需求,对火炮控制和飞行控制动力学的研究促进模拟仿真技术的发展,战争是仿真技术发展的催化剂。1946年麻省理工学院设计和制造了第一台通用微分分析器,这是早期的模拟仿真机。1958年第一台混合仿真机诞生,并用于洲际导弹的仿真。随着阿波罗登月计划和核电站计划的实现,进一步促进系统仿真和仿真机的发展<sup>[1]</sup>。

计算机硬件和软件性能日新月异,给许多徘徊不前的学科注入了新鲜血液。系统仿真正是因为有了高性能的计算机,正在发生一场深刻的革命<sup>[1]</sup>。数字仿真机应运而生,仿真软件不断发展,因此,有的专家们认为:系统仿真就是计算机仿真。

## 1 仿真计算机

仿真机经历了模拟机,混合机和数字仿真计算机三个阶段。模拟机的模拟计算原理是以不同物理系统在数学上的相似性为基础,在模拟机上模拟实际物理系统的性能。混合机是将数字计算机和模拟机组合成一体的一种计算机。数字机和模拟机之间的数据通讯通过ADC/DAC转换器来实现。混合机比单纯的模拟机先进得多,曾一度达到其发展史的黄金时代。

随着计算机科学迅猛发展,计算机运算速度、存储容量、并行能力和性能价格比的变化相应惊人。计算机的高速发展,给数字仿真计算机带来光辉的未来,数字仿真机日益显示出它的优越性,仿真精度高、重复性好、通用性强以及良好交互性能等等。

用于仿真的通用计算机分布在一个相当宽的型谱上。现在许多并行同构处理机系统都可用于系统仿真,同时也与专用仿真机的差别越来越小。

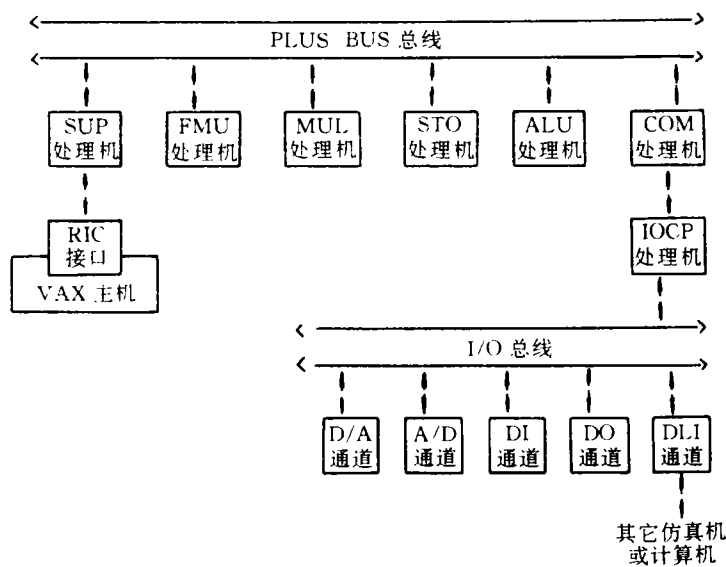
\* 1993年5月26日收稿

1976年美国陆军指挥部集中了一批仿真专家论证仿真机的未来发展问题,从而挑起了混合机和数字仿真机的大决战。1978年美国ADI公司,在著名的计算机仿真专家美国密执安大学教授HOWE的指导下研制出基于全并行处理原理,采用MIMD技术及变字长异构型的实时数字仿真机AD10。AD10的研制成功使得混合机在复杂系统实时仿真中的主导地位成为过去,它标志着数字仿真计算机时代光辉的未来。

80年代初,由于我国航空、航天事业的需求,在1985年底推出了国产数字仿真计算机,它填补了国内空白。这标志着我国仿真事业迈向全数字时代。我国第一台数字仿真机YHF1已经在航空、航天、导弹技术方面作出了重要贡献,YHF1仿真机为新型火箭研制发射缩短了大量的时间,为国家节约大量的经费<sup>[2]</sup>。YHF1仿真机各方面的性能指标都不低于ADI公司的AD10仿真机,求解状态方程可达200多阶,运算处理速度达到3000万次/秒。

AD10仿真机由于采用定点运算方式,运算精度,运行速度,软件性能都有待提高。1985年4月,美国ADI公司宣布推出新一代仿真系统System100,其仿真机是AD100。

AD100仿真机是目前连续动力学系统仿真领域内极好的计算机,它的速度快、精度高、容量大、交互性能好。Ray Gluck用标准程序对AD100和若干高性能计算机进行比较测试,对某个典型仿真题目的测试结果:AD100仿真机的运算速度为巨型机CRAY-1S的3.35倍。AD100的处理能力比AD10提高了一个数量级,AD100的仿真速度约为AD10的2~4倍<sup>[3]</sup>。



我国的新一代仿真机YHF2硬件、软件指标都可和AD100相媲美,部分指标更优越,YHF2仿真机将为我国仿真事业起着推动作用。

## 2 仿真软件

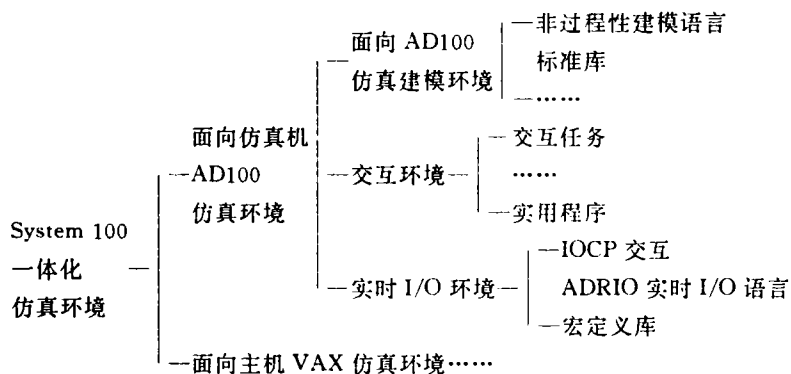
仿真软件,尤其是仿真语言是在数字计算机用于系统仿真技术而出现的新概念,而且发展很快。在60年代前,人们借助计算机语言FORTRAN来书写仿真程序,FORTRAN语言原本不是针对系统仿真目的而设计,1960~1965年间,第一代仿真语言GPSS, SIMULA, CSL, MIMIC等相继出现,尽管它们功能单一,交互性能较差,但它们是仿真语言的起点,1966~1970年间,第一代仿真语言得以进一步发展,如:GPSS II,

SIMULA67, CSSL, ECSL 等, 形成了第二代仿真语言, 它们的功能较丰富, 交互性能稍好, 文本趋于完善。Smalltalk 是计算机语言工作者当前正在研究的面向对象的语言之一。语言中类 (class) 的概念就是来自仿真语言 SIMULA67, 类是现代软件环境中程序设计重要特征之一, 类对程序语言的设计思想有着重大影响。正是 SIMULA67 的类, 人们认为第一个面向对象语言是 SIMULA. 70 年代, 第三代仿真语言形成, 如: SLAM, GPSS/H, ACSL 等等; 80 年代, 仿真通用建模语言不断的发展。

美国 ADI 公司在 AD10 机器上的编程建模语言 MPS-10, 它是一个模块化的程序设计语言。我国在 1985 年也推出了与 AD10 完全兼容的仿真机 YHF1, 推出了与 MPS10 完全兼容的仿真语言 YHMPS, 随后, 又推出了扩展版 YHMPSE. YHMPSE 为我国新型火箭的仿真实验作出了重要贡献, 是 LM-2E 火箭一次性发射成功有力的保证。MPS10 是基于定点的语言, 它明显的不足是不能自动选择比例尺, 对用户的透明度也很不够, 在程序设计风格上也是相当欠缺。

新一代仿真软件向一体化仿真环境系统发展。Henriksen 认为一体化仿真环境是: 一体化仿真环境是一个软件工具的集合, 这个集合中有: 设计, 编制及检验模型; 编写及证实仿真程序、准备模型输入数据; 分析模型输出数据; 设计及执行模型的实验<sup>[6]</sup>。

基于 System 100 一体化仿真环境的功能主要部分如下:



面向仿真机一体化的特点:

(1) 面向微分/差分方程求解。(2) 非过程性的建模语言, 能自动排序。(3) 灵活方便的交互运行环境, 为一体化仿真环境提供良好的交互手段。(4) 输入/输出功能强大, ADRIO 系统支持实时输入/输出环境。具有大数据流高速实时 I/O 处理能力。(5) 高速高效的矢量/矩阵处理能力。(6) 网络操作。可通过 CLP 处理机直接与其它计算机系联网, 也可通过前端机联网。

System100 还提供面向主机 VAX 的一体化软件, 其重要成员之一是 FORTRAN/AD, 它为仿真实验提供又一途径, 扩大 AD100 仿真系统的应用领域。实验表明: FORTRAN/AD 的运行速度比 VAX-11/780 快 15-20 倍; 比 Gould 公司的 Gould-32/87 机器快三倍<sup>[4]</sup>。

瓶颈问题是计算机数据吞吐量难题, 实时输入/输出系统是衡量一台仿真机的重要指标之一。从 AD10 到 AD100 仿真机, 建模环境加强, 而且与实时输出/输出系统相分离。其原因在于:

使得仿真一体化软件更加结构化,模块化;更适应于“硬件回路”中实时仿真;为网络形式多机仿真奠定基础。

实时输入/输出系统 ADRIO 是灵活的可控制界面,这个界面沟通了功能强大,高速的 AD100 仿真机和其它外部的数字或模拟设备。ADRIO 系统使得 ADSIM 程序和 ADRIO 程序,可组合仿真<sup>[5]</sup>。

ADRIO 系统的基础是 IOCP 处理机,它是仿真机 AD100 各个异构、高速、独立的并行处理机之一;ADRIO 语言是面向 IOCP 处理机编程的程序设计语言。IOCP 交互可修改 IOCP 处理机中任何单元,也可修改输入/输出通道地址,分组情况等等。IOCP 交互控制同步标志,控制仿真机 AD100 与 IOCP 处理机同步执行,控制外部数字设备的传送,控制对外部模拟设备的采样;同样控制双端口 DPM 存储体的数据交换<sup>[5]</sup>。

### 3 结束语

AD100 仿真机是目前整体性能较满意的机型。AD100 的异构型体系结构限制了它的发展,多个处理机共用同一总线,这本身就容易产生瓶颈问题。

许多仿真专家对未来的仿真机提出了设想未来的仿真机与通用计算机的差别将越来越小。未来仿真机发展方向应是以下几个方面:(1)更加提高速度、并行、实时处理能力。仿真对象类型越来越复杂,特别是人或实物在回路中的实时仿真,对处理能力在时间上有更为苛刻的要求,因此,仿真机运算与被仿真的实物在时间上要严格一致。(2)超数量通道、多类型实时 I/O 能力。美国 Sandia 国家实验室完成的战略防御倡议(SDI)计划要求的跟踪和拦截一万个飞行目标的仿真实验。现在要研究跟踪和拦截十万个飞行目标,这不仅是对高性能仿真机的挑战,也是对实时 I/O 的数量,类型,采样情况提出严峻的挑战。(3)开放式体系结构。采用开放式体系结构,可使一种类型的仿真机利用另一种产品来扩充自己的功能。为应用程序的可移植性,多机集成提供有效的环境。(4)仿真网络。多台仿真机形成网络,共享资源,互通有无。充分发挥不同类型仿真计算机的长处,构成广域集成仿真系统。(5)采用多媒体技术。将文字、声音、图形、图像等多媒体引入计算机,必然大大增强系统仿真的演示能力,增强建模者与领域工程师之间的通讯能力,也提高统计数据的可靠性。(6)AI 技术在仿真机系统得以充分应用。人工智能与仿真机相结合是仿真机发展的必然结果,要减少仿真中的人力消耗,改进精度和结果分析;就要改进仿真过程,其中最重要的一点就是将知识嵌入到一体化的仿真环境中去。

新的仿真软件将继续向一体化方向发展。

### 参 考 文 献

- 1 熊光楞. 仿真技术的现在与未来(综述). 信息与控制,1988,(4)
- 2 Xian-Zhou Gui. Analysis of an object-oriented simulation language YHSIM-1. AMSE International Conference MODELLING & SIMULATION, NEW ORLEANS, Louisiana (SUA), 1991
- 3 周歧鸿,张范. AD100 高性能仿真机. 计算机仿真,1992,(2)
- 4 戴金海,朱志强. YH-F2 仿真机系统:一个一体化的连续系统仿真环境,计算机仿真,1992,(2)
- 5 桂先洲,鄢建军. ADRIO 系统是 ADI 公司仿真计算机发展特征之一. 计算机仿真,1992,(2)

## The Development of Simulation Computers and Simulation Softwares

Gui Xianzhou Huang Keli Dai Jinhai

(Department of Automatic Control,NUDT,Shangsha, 410073)

### Abstract

The high-performance computer has initiated profound revolution in system simulation. Digital simulation was thus brought into existence.

The paper briefly disousses the development of the simulation computers and softwares. We investigate in detail the usage and future of digital simulation computer YHF1 and YHF2 in our country.

**Key words** simulation architectures;simulation envionment;I/O,HITL