

学校编码: 10384

分类号 _____ 密级 _____

学 号: 23020061152468

UDC _____

厦 门 大 学

硕 士 学 位 论 文

自适应光学仿真建模平台的研究与实现

Research and Implementation of the Simulation Platform
Aimed at Adaptive Optics

林 嘉 文

指导教师姓名: 周 昌 乐 教授

陶 应 学 研究员

专 业 名 称: 计算机应用技术

论文提交日期: 2009 年 月

论文答辩时间: 2009 年 月

学位授予日期: 2009 年 月

答辩委员会主席: _____

评 阅 人: _____

2009 年 月

厦门大学学位论文原创性声明

本人呈交的学位论文是本人在导师指导下取得的研究成果。本人在论文写作中参考其他个人或集体已经发表的研究成果，均在文中以适当方式明确标明，并符合法律规范和《厦门大学研究生学术活动规范（试行）》。

另外，该学位论文为()课题(组)研究成果，获得()课题(组)经费或实验室的资助，在()实验室完成。（请在以上括号内填写课题或课题组负责人或实验室名称，未有此项声明内容的，可以不作特别声明。）

声明人（签名）：

年 月 日

厦门大学学位论文著作权使用声明

本人同意厦门大学根据《中华人民共和国学位条例暂行实施办法》等规定保留和使用此学位论文，并向主管部门或其指定机构送交论文（包括纸质版和电子版），允许论文进入厦门大学图书馆及其数据库被查阅、借阅。本人同意厦门大学将学位论文加入全国博士、硕士学位论文共建单位数据库进行检索，将学位论文的标题和摘要汇编出版，采用影印、缩印或者其他方式合理复制。

本学位论文属于：

1、经厦门大学保密委审查核定的保密论文，于 年 月 日解密，解密后适用上述授权。

2、不保密，适用上述授权。

（请在以上相应括号内打“√”或填上相应内容。保密学位论文应是已经校保密委审定过的，方可打“√”，未经审批均为公开论文。此声明栏不填写的，默认为公开论文，均适用上述授权。）

作者签名：

日期： 年 月 日

导师签名：

日期： 年 月 日

摘要

计算机仿真技术是一门多学科的综合性的技术，它以控制论、系统论、相似原理和信息技术为基础，以计算机和专用设备为工具，利用系统模型对实际的或理想的系统进行动态试验。计算机仿真技术在工业和科研领域有着广泛的应用。

自主开发的 SciSimu 系统是一个通用的仿真建模平台，按照计算机仿真的基本原理构建，能够使用可视化方法构建系统，并执行仿真。SciSimu 使用统一调度策略，把初始组件序列转换成生产者-消费者组件序列，然后逐一调用组件。SciSimu 组件按照规范对外声明接口，SciSimu 在特定时刻调用特定的接口，以完成仿真的运行。仿真结果可以用图表方式显示。

可以在 SciSimu 上扩展针对特定领域的仿真能力。本文实现了自适应光学仿真能力在 SciSimu 上的扩展。因为使用了 IDL 语言编写的 CAOS 光学组件库，所以在 SciSimu 和 CAOS 之间设计接口层，以实现 SciSimu 和 CAOS 之间的交互。接口层可以因应 CAOS 组件库的改变而改变，CAOS 组件库可以“无缝”地加载到 SciSimu 中。

关键词：SciSimu；自适应光学仿真；CAOS

Abstract

Computer simulation technology is an integrated technology which is involved in multiple disciplines. It verifies the actual or assumed systems dynamically by using system models, which is based on cybernetics, system theory, similarity principle and information technology, and is using computers and special devices as tools. Computer simulation technology is widely used in the field of industry and scientific research.

The system SciSimu is an universal platform of simulation and modeling, which is developed by ourselves. SciSimu is built on the principle of computer simulation. It can construct system through visualization, and then run the simulation. SciSimu uses the general scheduling tactic, transforms the first components' sequence into producer-consumer components' sequence, and invokes each component one by one. Components of SciSimu declare external interface according to the criterion. SciSimu can invoke a certain interface in a certain occasion to finish the running of simulation. The results of the simulation can be showed in the graphics model.

We can add ability of simulation aiming at a certain field to SciSimu. Here we add the ability of simulation aiming at adaptive optics to SciSimu. Because the CAOS optics component library which is written in IDL language is used, an interface layer between SciSimu and CAOS has to be designed, in order to fulfill the communication between SciSimu and CAOS. The interface layer can change itself if the CAOS component library changes. The CAOS component library can be seamlessly loaded by SciSimu.

Key Words: SciSimu; Adaptive Optics Simulation; CAOS

目 录

第一章 引言	1
1.1 自主开发自适应光学仿真建模平台的原因.....	1
1.2 论文的内容安排.....	1
第二章 系统仿真技术的相关理论	3
2.1 系统和模型的概念以及仿真技术的方法论意义	3
2.2 离散事件系统的相关理论.....	4
2.3 自适应光学技术简介.....	5
第三章 SciSimu 仿真建模平台的设计和实现	7
3.1 现有各种仿真工具的比较分析和对 SciAO 的改进尝试.....	7
3.1.1 WaveTrain	7
3.1.2 Scicos	8
3.1.3 HyVisual	9
3.1.4 GME.....	10
3.1.5 Scicos 上开发自适应光学仿真平台 SciAO 的不足.....	10
3.1.6 对 SciAO 的改进以及仍存在的问题	12
3.2 一种基于事件传递仿真体系的设计和实现尝试	14
3.2.1 系统的 C++描述.....	14
3.2.2 模板类 CInput 和 COutput 的 C++描述	16
3.2.3 事件调度函数和事件响应函数	17
3.2.4 事件的 C++描述和 CEvent 类.....	18
3.2.5 事件触发系统行为的过程.....	19
3.2.6 复杂度分析.....	21
3.3 一种基于统一调度的仿真体系的设计和实现尝试	21
3.3.1 统一调度的出发点.....	21
3.3.2 统一调度问题解的存在性证明	22
3.3.3 统一调度问题求解算法	25
3.3.4 复杂度分析.....	26

3.4 两种体系优劣的比较.....	26
3.5 SciSimu 的系统设计.....	27
3.5.1 SciSimu 的软件结构.....	27
3.5.2 系统描述和组件组装.....	28
3.5.3 三个接口函数.....	29
3.5.4 仿真执行过程.....	30
3.5.5 仿真工程的信息保存规范.....	30
3.5.6 可视化界面设计.....	31
第四章 扩展：加入自适应光学仿真能力.....	33
4.1 现有各种自适应光学仿真库的比较.....	33
4.1.1 CAOS.....	33
4.1.2 LOST.....	33
4.1.3 LightPipes.....	34
4.1.4 idlSimul 和 YAO.....	34
4.1.5 Arroyo.....	34
4.1.6 CIBOA.....	35
4.1.7 PAOLA.....	36
4.2 IDL 语言优缺点.....	36
4.3 CAOS 光学仿真库的软件构造分析.....	37
4.3.1 CAOS 提供的数据类型.....	37
4.3.2 CAOS 组件库.....	37
4.4 C/C++ 结构体和 IDL 结构体的自动转换.....	39
4.4.1 在 C/C++ 中表示 IDL 结构体.....	39
4.4.2 C/C++ 多叉树和 IDL 结构体的相互转换.....	40
4.5 在 SciSimu 上加入 CAOS 仿真库.....	40
4.5.1 SciSimu 和 CAOS 交互设计原理.....	40
4.5.2 CAOS 接口库设计.....	41
4.5.3 CAOS 组件库的管理.....	43
4.5.4 接口库透明化策略.....	44

4.5.5 CAOS 反馈组件的特殊处理	44
4.6 仿真示例	47
第五章 总结和展望	49
5.1 课题总结	49
5.2 课题展望	49
5.2.1 新扩展：基于流水线的并行仿真设计	49
5.2.2 架构修改：插件系统	50
参考文献	51
研究生期间发表的论文	53
致 谢	54

厦门大学博硕士学位论文摘要库

Contents

Chapter 1 Introduction	1
1.1 The Reason of Developing Adaptive Optics Simulation and Modeling Platform by Ourselves	1
1.2 Research Contents and Chapter Arrangement	1
Chapter 2 Principles of System Simulation Technology	3
2.1 The Concepts of System and Model and the Methodological Significance of Simulation Technology	3
2.2 Principles of Discrete-events System	4
2.3 Introduction of Adaptive Optics Technology	5
Chapter 3 The Design and Implementation of Simulation and Modeling Platform SciSimu	7
3.1 Comparison of Simulation Tools on hand and the Try to Improve on SciAO	7
3.1.1 WaveTrain	7
3.1.2 Scicos	8
3.1.3 HyVisual	9
3.1.4 GME.....	10
3.1.5 Deficiency of the Adaptive Optics Simulation Platform SciAO which is Developed on Scicos	10
3.1.6 The Improvement on SciAO and the Remaining Problems.....	12
3.2 The Try to Design and Implement a Simulation Architecture based on Events Passing	14
3.2.1 The Description of Systems Using C++	14
3.2.2 The Description of Template Class CInput and COutput Using C++.	16
3.2.3 Event-schedule Function and Event-response Function	17
3.2.4 The Description of Events Using C++ and the Class CEvent	18
3.2.5 Process of Events Trigger System Behavior	19
3.2.6 Analyse of Complexity	21

3.3 The Try to Design and Implement a Simulation Architecture based on General Scheduling Tactic	21
3.3.1 The Starting Point of General Scheduling Tactic.....	21
3.3.2 Mathematics Proof of the Existent of General Scheduling Tactic's Solution	22
3.3.3 Algorithm of Solving General Scheduling Tactic Problem	25
3.3.4 Analyse of Complexity	26
3.4 Comparation of the Two Simulation Architecture	26
3.5 Design of SciSimu	27
3.5.1 Software Architecture SciSimu.....	27
3.5.2 Description of Systems and Assembly of Components	28
3.5.3 Three Interface Function.....	29
3.5.4 Process of Simulation Running.....	30
3.5.5 Criterion of Saving Informations of Simulation Projects	30
3.5.6 Design of Visual Interface.....	31
Chapter 4 Extension: Add Ability of Simulation Aiming at Adaptive Optics	33
4.1 Comparation of Some Adaptive Optics Simulation Librarys on hand ...33	33
4.1.1 CAOS.....	33
4.1.2 LOST.....	33
4.1.3 LightPipes	34
4.1.4 idlSimul 和 YAO.....	34
4.1.5 Arroyo	34
4.1.6 CIBOA	35
4.1.7 PAOLA.....	36
4.2 Advantage and Disadvantage of IDL Language	36
4.3 Analyse of the Software Architecture of CAOS Optics Simulation Library	37
4.3.1 Data Types Supported by CAOS	37

4.3.2 CAOS Component Library	37
4.4 Auto Conversion between C/C++ Structure and IDL Structure.....	39
4.4.1 Representing IDL Structure in C/C++ Language	39
4.4.2 Conversion between C\C++ Multiway Tree and IDL Structure	40
4.5 Add CAOS Simulation Library to SciSimu.....	40
4.5.1 Principle of Communication between SciSimu and CAOS.....	40
4.5.2 Design of CAOS Interface Library	41
4.5.3 Management of CAOS Component Library	43
4.5.4 Transparency Tactic towards Interface Library	44
4.5.5 Special Disposal of freeback Component in CAOS	44
4.6 A Simulation Example	47
Chapter 5 Summarize and Expectation	49
5.1 Summarize	49
5.2 Expectation	49
5.2.1 A New Extension: Design of Parallel Simulation Based On Pipeline	49
5.2.2 Altering Architecture: Plug-in System	50
Reference.....	51
Papers Published.....	53
Acknowledgement.....	54

厦门大学博硕士学位论文摘要库

第一章 引言

1.1 自主开发自适应光学仿真建模平台的原因

首先，自适应光学技术在军事领域具有非常重要的应用，是新型激光武器的一个重要技术基础。目前该技术尚未成熟，世界上主要国家都能够在该领域取得领先地位，纷纷对其投入大量人力物力。但是，进行自适应光学实验所需要的设备非常多，对实验环境的要求也较高，导致实验成本比较昂贵。因此，对于自适应光学技术的研究，很需要计算机仿真技术来辅助，以降低实验成本，加快研究进度。我国尚处于社会主义初级阶段，国家对科研的投入有限，故这方面的需求尤为迫切。自适应光学仿真建模平台能够担当这个重任。

第二，北京应用物理与计算数学研究所的科研人员曾经在开源仿真建模平台 Scicos 上开发自适应光学仿真工具箱 SciAO，但由于 Scicos 软件架构的关系，仿真运行效果并不理想。然而，先进国家已经抢先开发出具有实用价值的自适应光学仿真建模平台，例如下文介绍的 WaveTrain。由于军事技术封锁等原因，这类软件通常只提供给特定的单位和个人使用，我国没有办法获得这些平台的可执行文件，更加没有办法获得其源代码。作为国家的重点科研单位，北京应用物理与计算数学研究所很希望能够拥有自主开发的自适应光学仿真建模平台，以提高我国在自适应光学领域的科研实力。

本论文希望能够在自主开发自适应光学仿真建模平台这方面做出一些尝试，取得一些有意义的成果，为我国国防事业做一点微薄的贡献。

1.2 论文的内容安排

第一章引言，主要阐明论文写作的目的。

第二章主要介绍系统仿真技术的基本概念和基本原理，以及自适应光学技术的概念。

第三章在比较分析一些开源仿真建模平台的基础上，论述了对 SciAO 的改进尝试；接着论文从系统仿真技术的基本原理出发，设计、讨论了两种仿真体系，并且分析各自的优缺点，然后在其基础上阐明仿真建模平台 SciSimu 的设

计原理。

第四章在第三章基础上，对 SciSimu 做了扩展，加入自适应光学仿真能力，并说明了扩展工作的原理。

第五章总结全文，并且对未来工作做出展望，提出了并行仿真和插件系统的 SciSimu 扩展计划。

厦门大学博硕士论文摘要库

第二章 系统仿真技术的相关理论

2.1 系统和模型的概念以及仿真技术的方法论意义

仿真技术应用的对象是系统。系统通常定义为具有一定功能、按某种规律相互联系又相互作用着的对象之间的有机组合。仿真所关注的系统是广义的，它泛指人类社会和自然界的一切存在、现象与过程。

任何系统的研究都需要关注三个方面的内容，即实体、属性和活动^[1]：

- 1) 实体——组成系统的具体对象。
- 2) 属性——实体所具有的每一项有效特性(状态和参数)。
- 3) 活动——系统内对象随时间推移而发生的状态变化。

对于仿真对象的系统，有两个基本的假设，一是对于研究的目的，它至少是“部分可分解”的；另一个假设是状态的存在，即状态捕获了系统过去的历史状态以便在已知的输入作用下算出今后的状态。

模型方法是通过研究模型来揭示原型的形态、特征和本质的方法。在当代科学研究中，模型方法的重要性越来越为人们所认识，被看作是科学研究方法的核心。

建模活动的过程主要包括两个方面，第一是认识和建立“形式化”模型。人类通过建立一种抽象的表示方法，来获得对自然的充分理解，产生一个现实世界的模型。这个阶段是面向科学的。第二是分析和利用“形式化”模型。科学研究的目的是按照人类的意志，对现实世界进行控制。这一步骤显然具有工程的特点。

计算机仿真是一种在计算机上“复现”真实系统的活动。它依赖间接相似原则，将系统模型通过一定的算法，建立能为计算机所接受和能够在计算机上运行的仿真模型。计算机仿真系统不同于普通数值计算，具有专门配置的软件系统，具有模型研究者参与活动的良好的人机界面，能为系统的研究和最优方案的搜索创造良好的条件。

计算机仿真具有一系列显著特点，包括模型参数任意调整、系统模型快速求解、运算结果准确可靠、仿真结果形象直观等，这些特点使得计算机仿真技

术在一些工程技术领域（如宇宙航行、核电站控制等）发挥了独特的作用。

从方法论角度看，人类过去所使用的科研方法可以分成两大类，一类是实验方法（含观察方法）；另一类是理论方法（核心是数学和逻辑方法）。近代科学诞生以后，四百多年来这两大类方法在科学搜索中发挥了重要作用，取得了以麦克斯韦电磁理论和爱因斯坦相对论为代表的一系列辉煌成就，使人类的科学水平大大提高。

在计算机仿真中，尽管其系统模型建立的原则与理论方法和实验方法中数学模型的建立原则基本相同，但是由于有了计算机的参与，使得数学模型的求解速度获得巨大提高，科学实验成本大为降低；同时由于仿真结果可以用直观形象的方式呈现给科研人员，因而可以让科研人员更加容易地把握住问题的关键，发现研究对象的规律，从而取得突破。所以，计算机仿真技术是除了理论方法和实验方法以外的第三种科研方法，其独特作用应该得到越来越多的重视。

2.2 离散事件系统的相关理论

离散事件系统是系统的状态仅在离散的时间点上发生变化的系统，而且这些离散时间点一般是不确定的。这类系统中引起状态变化的原因是事件。通常状态变化与事件的发生是一一对应的，事件的发生没有持续性，在一个时间点瞬间完成，事件发生的时间点是离散的，因而这类系统称为离散事件系统。

离散事件系统包含有以下要素^[2]：

1) 实体：构成系统的各种成分称为实体。用系统论的术语，它是系统边界内的对象。

2) 属性：实体由它的属性来描述，属性用来反映实体的某些性质。

3) 状态：由于组成系统的实体之间相互作用而引起实体属性的变化，使得在不同的时刻，系统中的实体和实体属性都可能会有所不同。状态用来区分这种不同。在任意给定时刻，系统中实体、属性以及活动的信息总和称为系统在该时刻的状态，用于表示系统状态的变量称为状态变量。

4) 事件：事件是引起系统状态发生变化的行为，它是在某一时间点上的瞬间行为。离散事件系统可以看作是由事件驱动的。

5) 活动：实体在两个事件之间保持某一状态的持续过程称为活动。活动的

Degree papers are in the "[Xiamen University Electronic Theses and Dissertations Database](#)". Full texts are available in the following ways:

1. If your library is a CALIS member libraries, please log on <http://etd.calis.edu.cn/> and submit requests online, or consult the interlibrary loan department in your library.
2. For users of non-CALIS member libraries, please mail to etd@xmu.edu.cn for delivery details.

厦门大学博硕士论文摘要库