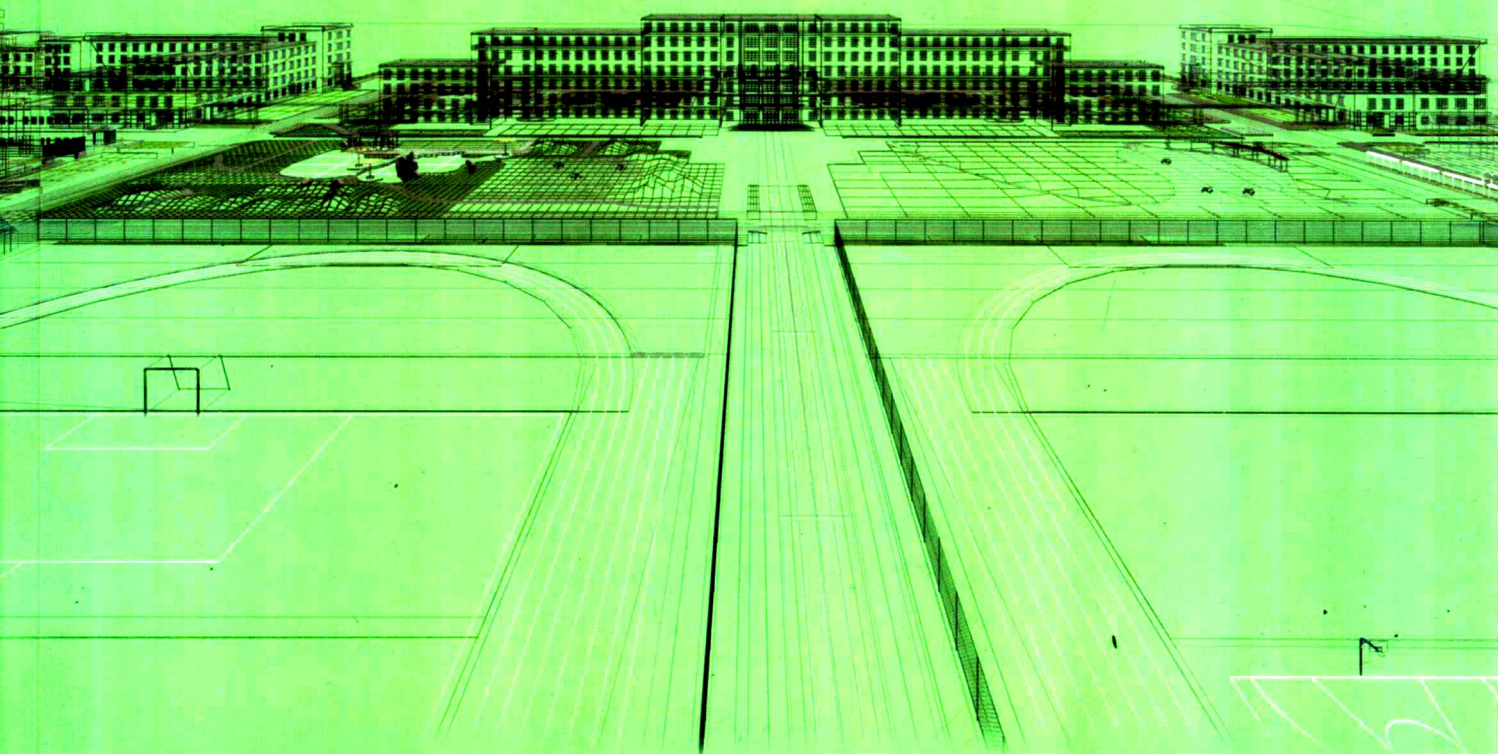


计算机技术与应用进展

Progress of Computer Technology and Application in 2006

——·2006·——



中国仪器仪表学会微型计算机应用学会

CAO 全国第 17 届计算机科学与技术应用学术会议

中国科学技术大学出版社

计算机技术与应用进展

Progress of Computer Technology and Application

· 2006 ·



中国计算机学会计算机教育专业委员会
中国计算机学会计算机教育专业委员会
中国计算机学会计算机教育专业委员会

Progress of Computer Technology and Application in 2006

计算机技术与应用进展

• 2006 •



中国仪器仪表学会微型计算机应用学会

中国科学技术大学出版社

2006 • 合肥

图书在版编目(CIP)数据

计算机技术与应用进展·2006/刘晓平主编. —合肥: 中国科学技术大学出版社, 2006.7
ISBN 7-312-01979-X

I. 计… II. ①刘… ②张… ③李… III. ①计算机科学—文集 ②计算机应用—文集 IV. TP3-53

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 070078 号

书 名: 计算机技术与应用进展·2006

著作责任者: 刘晓平、张继福、李琳

责任编辑: 张善金

标准书号: ISBN-7-312-01979-X /TP·369

出 版 者: 中国科学技术大学出版社

地 址: 合肥市金寨路 96 号 邮编: 230026

网 址: <http://www.press.ustc.edu.cn>

电 话: 发行部 0551-3602905 邮购部 3602906 编辑部 3602910

电子信箱: press@ustc.edu.cn edit@ustc.edu.cn

印 刷 者: 合肥工业大学印刷厂

发 行 者: 中国科学技术大学出版社

经 销 者: 全国新华书店

开 本: 880mm×1230mm 1/16 印张: 61.25 字数: 1800 千

版 次: 2006 年 7 月第 1 版 2006 年 7 月第 1 次印刷

定 价: 300.00 元

Progress of Computer Technology and Application in 2006

全国第 17 届计算机科学与技术应用 (CACIS) 学术会议

大会主席: 韩江洪 曾建潮

程序委员会主席: 刘晓平 张继福

组织委员会主席: 陈立潮 蒋建国

大会程序委员: (排名不分先后)

曹广忠、郁 滨、陈家新、程 恩、王晓峰、张奠成、袁兆山、胡学钢、
唐明晰、马华东、吴恩华、张彩明、王群京、李国丽、冯冬青、雍俊海、
何发智、金小刚、陈定方、王万良、邹北骢、纪秀花、程仁洪、罗 斌、
邵晨曦、张福炎、张 辉、韩江洪、钟 诚、吴乐南、张继福、张佑生、
檀结庆、高 隼、梁华国、陈军宁、侯整风、刘晓平

主编: 刘晓平 张继福 李 琳

主审: 韩江洪 吴乐南 邵晨曦 陈军宁 王晓峰

前 言

中国仪器仪表学会微型计算机应用学会(CACIS)长期致力于计算机科学与技术的研究与应用推广工作,两年一次的全国年会已成为全国信息学科相关专业和企业互相渗透和交流的重要平台。根据学会安排与部署,全国第17届计算机科学与技术应用(CACIS·2006)学术会议定于2006年7月16-19日在山西太原召开。本届会议邀请了国内外知名专家学者,交流有关计算机理论与应用的研究成果和实践经验,探讨今后计算机应用所面临的关键性挑战问题 and 研究重点。

主办单位: 中国仪器仪表学会(CIS)

中国仪器仪表学会微型计算机应用学会(CACIS)

中国系统仿真学会复杂系统建模与仿真计算专业委员会筹备处(CSSC)

承办单位: 太原科技大学、合肥工业大学、山西省科协、山西省计算机学会

协办单位: 《计算机辅助设计与图形学学报》、《系统仿真学报》、《工程图学学报》

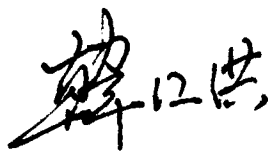
会议地点: 山西太原, 太原科技大学

本次学术会议的核心依旧是“计算机应用”,尤其是计算机辅助设计与仿真科学与技术的研究与应用,会议筹备委员会自2005年10月发出第一轮征文通知后,共收到学术论文438篇,包括了计算机辅助设计与图形学、仿真与可视化、图像与多媒体、仪器仪表与检测控制、网络与信息安全、人工智能及算法、数据库与系统设计等相关主题,具有广泛的代表性,经大会程序委员会通讯评审和集中复审,确定了205篇收入由中国科技大学出版社正式出版的会议论文集,会议初步推荐的50余篇论文将于会后在《计算机辅助设计与图形学学报》、《系统仿真学报》和《工程图学学报》陆续发表。

特别鸣谢: 美国 Old Dominion University 计算机系主任 Prof. Kurt Maly

美国 The University of Vermont 计算机系主任 Prof. Xindong Wu

七月的太原期待着您的到来!



中国仪器仪表学会微型计算机应用学会理事长



太原科技大学副校长

2006年6月15日

目 次

上 册

计算机仿真与可视化技术

单体航天器姿态运动的动态-测量系统建模及应用	胡绍林 陈如山 Meinke Karl (1)
模板在虚拟现实平台中的应用	陈 皓 郑利平 刘晓平 (5)
精密超声振动切削单晶铜的计算机仿真研究	杨 亮 卢泽生 (9)
一种快速三维建模方法在地质体可视化中的应用	郑 蔚 戴光明 张冬梅 洪 雄 (13)
音圈电机数字 PID 控制与仿真研究	张武军 黄国立 王贵林 (17)
仿真 VV&A 标准综述	郑利平 刘晓平 (22)
交错波纹流道内流场数值分析	苏 为 张天柱 (26)
三维动态模拟在产品中的应用	吴 斌 (31)
支持异常处理的可适应 workflow 模型仿真技术研究	朱锦泉 (37)
经济智能调控系统仿真	张 珏 李晨阳 贺仲雄 (42)
胶囊内窥镜的驱动磁场二维仿真及实验研究	李国丽 李剑平 王群京 胡存刚 韩卫星 詹月红 (46)
基于纹理映射的可漫游数据场可视化	孔洁琼 刘晓平 王 军 (50)
基于分形散粒噪声的天基网络聚合流量仿真	黄英君 吴玲达 宋剑锋 徐帆江 (54)
海洋波浪荷载的计算机模拟实现	张 玲 (60)
基于双目视觉的虚拟手的实现	张 静 李 琳 刘晓平 (64)
Simulation and Analysis on Dynamics Characteristic for Nuclear Steam Generator Water Level Process	ZHOU Gang ZHANG Dafa YANG Shibei (68)
基于人工智能的 VVA 平台研究	曹海旺 薛朝改 黄建国 (72)
一个可视化并行程序开发平台的实现	王恩柱 刘晓平 (76)
谷氨酸发酵过程计算机模拟仿真系统的设计	王贵成 张 敏 徐心和 姜长洪 (80)
基于 HLA 的电力反事故仿真培训系统	李蔚清 林昌年 杨选怀 吴慧中 (87)
虚拟现实环境中的场景管理技术研究	余 烨 刘晓平 (94)
基于因特网的三维 VRL 系统的架构	李咏峰 邱钜焱 江晓东 阮伟杰 刘广钊 (98)
航海仪器仿真界面中三维交互应用研究	康 强 刘 鑫 尹兴波 马进兆 (103)
基于模糊控制的高速车辆横向半主动悬挂仿真	杨建伟 黄 强 (107)
基于 MVC 设计模式的实验仿真系统	杨晓晖 刘玉玲 田俊峰 (112)
一种实时系统中实现软件仿真模拟测试的方法	周国祥 石 雷 韩江洪 (117)
基于多屏卡的偏振光立体显示技术	孔洁琼 刘晓平 (121)
基于 GIS 的水流动态可视化技术研究	季 斌 王 浩 赵卫东 张明明 (126)
MOVE——一种新颖的虚拟现实装置	刘晓平 曹 力 陈 皓 (130)

人工智能与算法

一种模糊高斯基神经网络在数值逼近上的仿真	李 睿 李明军 (134)
----------------------------	---------------

基于特征分类 BP 网络的手写体数字识别	余仲秋 张 猛 耿西伟 (137)
智能教学系统的模型和知识库研究	陈 坤 邓贵仕 (140)
基于粒子群算法的遗传算法研究	秦广军 王欣艳 王文义 (146)
The Prediction of Stock Price Based on the Recurrent Neural Network with Bias	FANG Yixian WANG Baowen WANG Yongmao (151)
基于贝叶斯算法的垃圾邮件检测中数据预处理技术的研究	许小林 唐文忠 (155)
User's Interests Navigation Model Based on Hidden Markov Mode	SUN Tieli JIAO Weiwei (160)
径向基函数神经网络在心律失常识别中的应用	张美慧 (166)
群智能与演化计算对比研究	李 岚 (170)
改进的单亲遗传算法在 TSP 中的应用	许文方 胡学钢 (176)
The Study Of Genetic Algorithms In Timetable Problem	ZHOU Xiangning (180)
基于蚁群算法的敏捷供应链伙伴选择	蒋建国 夏 娜 张国富 尹 翔 (185)
进化模糊神经网络在时序预测的应用	林 雄 张福金 黄槐仁 刘 煜 (189)
基于粒子群算法求解约束优化问题	赵志刚 韦兆文 (194)
模糊—可拓与集对的综合及其应用	张 珏 李晨阳 贺仲雄 (199)
一种改进的基于切线的机器人路径规划算法	王仲宾 魏闯先 田卫东 周红娟 (203)
基于神经网络 BP 模型分类器的武器装备水平年代评估	郑全第 李 飞 张宏达 (207)
一种新的概念格结构:粗糙概念格	杨海峰 张继福 (212)
A Quantitative Management Method for Software Quality Assurance	LIN Junxing ZHANG Tao (217)
基于概念格的分类规则提取算法及其应用	胡立华 张继福 张素兰 (221)
多层次属性值下概念格的动态转化	张 亮 胡学钢 (225)
量子系统的物理特征与 Hilbert 空间的数学表示	于筑国 张佑生 (230)
基于区间类信息熵的连续属性离散化方法	阙 夏 胡学钢 张玉红 (236)
客户关系管理中的关联规则挖掘技术	崔海莉 袁兆山 (240)
应用模式统计预报法制作温度客观预报	张彦春 (246)
基于词向量空间模型的文本分类方法	董学春 胡学钢 谢 飞 吴共庆 (250)
基于自组织特征映射神经网络的数据挖掘研究	常 郝 周国祥 (255)
高并发环境下多维索引结构的算法研究	吴国凤 顾 巍 (260)
数据库与系统设计	
保险公司电子影像管理系统的设计	韩新超 (266)
GDS: A High Performance and Flexible Publishing	LI Guanggao WANG Jun JING Zhiyuan CHEN Yi (271)
基于角色的访问控制方法研究与应用	张国平 张孝天 (276)
企业并购价值评估数据仓库设计	张 璐 仲秋雁 (281)
基于 DCOM 技术的省级农业气象业务服务系统软件开发	张爱民 丁湘琳 杨太明 (286)
中小型应用软件遗留系统的 Web 服务提取与实现	高 尚 袁兆山 (292)
基于指纹信息的身份认证系统的研究	程元斌 (297)
结构化网络教学系统设计与关键技术分析	程仁洪 刘明铭 周庭宇 缪 纶 (302)
一种基于 LSI 的用户兴趣模型构建方法	米晓红 (308)
SMI-S 开放式管理环境与互操作实现机制分析	张慧成 谢向辉 (315)

基于关键词识别的股票查询系统的实现	朱 莉 赵铁军 (321)
基于 Spring 架构向已有 Web 软件注入方面	金兆毅 袁兆山 (326)
Research on The Implementation of A Database Encryption system	LI Lian ZHU Aihong (331)
无纸化考试系统设计与实现	王俊峰 (337)
我国证券公司网上交易系统的发展探讨	刘远林 (343)

图像与多媒体技术

基于 JPWL 标准的无线图像传输技术分析和研究	王旭启 宋永红 (350)
一种 H.264 视频流实时传输控制算法研究	魏聪颖 牛建伟 胡建平 (356)
一种改进的等范数最近邻码本矢量搜索算法	蒋建国 彭兴邦 聂秋玉 (362)
一种基于小波数据形态学描述的图像编码算法	卢辉斌 耿玉静 赵 华 (367)
基于神经网络与向量小波的图像融合算法	王振飞 范刚龙 王能超 (370)
一种新型图像编码算法的设计与实现	路敬祯 路敬伟 王冬梅 (375)
DVB-T 系统加密视频可靠传输方案设计与仿真	高 欣 郁 滨 (379)
基于 CNN 通用编程的指纹识别算法研究	雷国伟 舒 强 郭东辉 (384)
用 DCT 块空间关系实现 DCT 域图像尺度的变换	胡 敏 许良凤 郭锡琴 (390)
基于模拟退火的模糊 C-均值聚类图像分割算法	刘晓龙 张佑生 (394)
通过声音广播信道发送的电子报纸	吴乐南 (398)
Java 虚拟机面向数字媒体的应用研究	林 红 (402)
一种视频图像退化帧的恢复新法	严圣华 罗 兵 (407)
文档图像分割技术研究	付 旻 高 芸 黄祥林 (411)
基于切比雪夫多项式拟合的肿瘤体积算例验证	李国丽 邓 娜 胡存刚 韩卫星 (415)
基于 PNX1500 多媒体 DSP 的音视频通信终端	朱 江 刘 心 全子一 (418)
面向图像修复的随机顺序纹理合成算法	江 涛 张佑生 薛 峰 (423)
基于 LDPC 码的压缩图像传输	徐 荧 单承赣 (428)
基于小波多分辨性质的边缘检测	贾 超 翟渊博 张树壮 (433)
数字视频监控系统中的情报整编	李景颀 郑 锦 李 波 (437)
使用小波神经网络的图像压缩	李国丽 刘 辉 邓 娜 (442)
基于 BP 神经网络和支持向量机的文物分类研究	周像金 耿国华 周明全 朱 翔 (446)
一种彩色图像自适应中值滤波方法	韩晓微 晏 磊 原忠虎 徐心和 (450)
基于摄像头的人机交互技术研究与应	钟 旭 姚丹霖 (454)
一种基于能量-过零率比的端点检测方法	尹洪兵 秦 斌 张 凡 黄云森 (459)
基于加权 Fisher 统计不相关鉴别分析的人脸识别	郭 娟 林 冬 戚文芽 (464)
一种车型识别算法及其应用	邓天民 邵毅明 崔建江 (471)
多分辨率纹理块图拼贴算法研究	陈家新 郑丽娜 (475)
彩色图像水印嵌入彩色水印算法	韩翠青 陈家新 (479)

下 册

仪器仪表与检测控制

一种眼动型脑机接口的设计原理	岳 鹏 苗丹民 邱玉辉 (485)
基于 DSP 和 FPGA 的绣花机控制器研究	杜建铭 王建军 (489)

基于 PCI 桥的双 CPUs 通信技术	胡永宁	窦文华	(493)
气--MRF 非对称阻尼缸动力机构特性分析	田 玲	张 琳	(498)
基于模糊加权的动态自适应分支预测算法研究	焦 永	赵 锐	陈跃跃 (502)
一种新的心音心电数据采集仪信号调理电路设计	徐昆良	杜海涛	全海燕 王威廉 (506)
一种基于 IEEE—1394 的质检系统的设计	张尚启	鲁昌华	刘 春 (511)
一种外场数据采集系统的设计	张庆伟	高海军	吴海涛 (514)
基于 Labview 的多功能声级计设计	罗长更	曹广忠	(519)
基于 VxWorks 的相控阵雷达系统软件开发		倪世道	(524)
基于高Q滤波器的水声跳频通信鉴频系统	郑康煌	欧晓丽	孙 博 程 恩 (528)
一种新的逻辑电路初始划分算法	袁小龙	张文渊	郝利波 (533)
一种仿生水下机器人控制系统的设计与实现	张代兵	谢海斌	林龙信 (538)
基于广义 $d-q$ 坐标变换的电力谐波检测算法研究	严 宇	陈云洽	(542)
基于 ARM 与 uC/OS-II 的电力参数实时监测系统的研究和设计	陈云洽	徐 胤	陈荣斌 许 剑 (546)
基于 LabVIEW 的生理信号处理研究	李国丽	史利杰	胡存刚 张 萍 詹月红 (551)
ESO-Fuzzy Control for Integral Plants with Time Delay	ZHENG Enrang	HUI Lichuan	WANG Xinmin (555)
神经网络 BP 算法的改进及应用	左旭坤	李国丽	姜卫东 (558)
小型水下航行器模态试验与分析技术研究	王国维	张 严	(562)
基于负载分析与遗传算法的工业以太网控制器设计	王跃飞	韩江洪	张 利 张建军 毕 翔 (567)
基于频率响应法的厂级控制系统结构设计与仿真	陈爱军	宋执环	(571)
CMOS 射频集成电路研究成果与进展	张根选	柯导明	陈军宁 (575)
射频 CMOS 混频器的研究	马 强	陈军宁	柯导明 (580)
带隙基准电压源原理分析与应用	孟少鹏	柯导明	陈军宁 (584)
快速低功耗高低压转换电路结构设计技术	周蚌艳	陈军宁	柯导明 (588)
电荷泵在锁相环电路中的应用现状	曲凤玲	陈军宁	柯导明 (592)
输送控制系统的三层面向对象体系结构	黄 咏	庄 诚	高东杰 (596)
基于 GSM 的汽车防盗监控系统的设计与实现	任明仑	束 剑	(602)

计算机辅助设计与图形学

基于伪卫星的北斗定位系统精度淡化因子的研究	谢维华	左继章	(606)
静态测试功耗优化技术	王伟	李晓维	张佑生 方 芳 (610)
并行八叉树碰撞检测算法	曹 力	郑利平	刘晓平 (615)
基于自由度分析的三维模型几何约束求解	王远志	孙立镌	(619)
创新设计中不同知识表示的比较	秦 晋	路 强	刘晓平 (623)
NURBS 曲面造型中一种快速求取 B 样条基函数的方法	陈良骥	王永章	(627)
基于协同模板的面向对象分类模型	毛峥强	路 强	刘晓平 (631)
虚拟设计技术在带式输送机设计中的应用	何 青	居敬杰	董大仟 杜冬梅 刘天军 (635)
有限元软件建模中的多态模型理论研究	金 灿	刘晓平	王 军 (639)
智能 P&ID 系统中基于实体逻辑关系的数据同步方法的研究	裴海港	朱 明	(643)
地形图道路提取及道路网拓扑结构的生成	王海梅	周献中	(647)
基于可拓学的产品功能创新模型	李书杰	刘晓平	(651)

面向 Vrplatform 的现代建筑优化建模技术	张乐珊 韩 勇 于 辉 陈 戈 (655)
海量空间数据点边界的快速搜索算法	郑 冕 朱宝利 吴丽娟 (659)
一种基于 TRIZ 的计算机辅助创新原型系统	唐益明 刘晓平 (663)
基于纹理延伸和三角块拼接的快速曲面纹理合成	薛 峰 张佑生 江巨浪 胡 敏 江 涛 (667)
四边形网格划分过程中的边界处理	吴丽娟 郑 冕 张彩明 (671)
规律维问题初探	刘晓平 李书杰 石 慧 (675)
GIS 在微观交通仿真路网建模中的应用	李伯建 李 平 (679)
测试集划分的多扫描链二次测试数据压缩方法	张 磊 梁华国 陶珏辉 (683)
一种新颖的多核并行测试方法	于 静 梁华国 (689)
基于量化扩展概念格模板优化组合的规则挖掘	王德兴 刘晓平 (693)
基于知识的活塞式压缩机选型设计 CAD 系统研究	蒋工亮 唐海波 陈永光 (697)
汽车底盘大规模定制与专家系统研究	张建军 赵 斌 张 利 (702)
基于样条曲线的物体运动路线多样化模拟	曹 力 李 琳 刘晓平 (707)
行星变速箱传动方案 CAD 建模与实现方法	蒋工亮 (711)
圆度误差测量的数学模型及算法	李 颖 (716)
CSCW 设计中的数据传播管理	王 军 水 泱 李 菊 (721)

网络与信息安全

对 TNC 规范的分析与改进研究	颜 菲 王志英 戴 葵 任江春 (726)
军用气象传感器网络与入侵容忍技术	贺轶斐 郑君杰 尹 路 戴 洁 (731)
一种带宽自适应的包对测量算法	王运鹏 胡修林 (735)
一种部分可验证的密钥托管方案	石晓华 余梅生 (739)
可信计算的研究与发展	蔡永泉 晏 翔 (743)
基于对称密码体制与 RSA 协议的 iSCSI 认证模型研究	江国庆 周国祥 (748)
WebGIS 服务的动态调度策略	杨晓春 智 明 秦国锋 李启炎 (752)
Research and Taxonomy of Replay Attacks on Security Protocols	LIU Jiafen ZHOU Mingtian (760)
基于软交换的应用服务器负载均衡机制的研究	李 瀛 洪 波 马春遐 王光兴 (768)
基于 XML/SVG 技术的 WEBGIS 平台的设计与实现	朱 勇 高素青 (775)
基于 GF(2 ⁿ) 的椭圆曲线加密算法的 FPGA 实现	蔡振国 郁 滨 陈 韬 (780)
网络诱骗系统的原理与实现	郭卫东 王 娜 杨 材 (786)
基于属性证书的 RBAC 授权模型的研究	李志壮 刘连忠 (790)
基于改进遗传算法的 QoS 路由选择	于战科 倪明放 (794)
基于主成分分析的 Ad Hoc 路由协议仿真性能指标体系研究	杨盘龙 田 畅 于 雍 (799)
一种面向生态系统的网格计算平台	赵开芹 王 峰 于伟海 李明楚 (805)
一种支持快速查询的敏感数据加密机制	周香凝 (809)
A QoS-aware Traffic Control Mechanism for Wireless Mobile Network	SUN Danning KANG MoonSik (812)
RBAC 系统中静态职责分离的实现	王谋林 刘连忠 (816)
利用属性证书实现基于角色的访问控制	张 斌 陈性元 张红旗 任志宇 包义保 杨 智 (820)
基于 P2P 网络应用的单点登录系统的设计	刘晶晶 陈梦东 (825)
基于 MILD 复制机制的改进策略	吴春辉 郑淑丽 侯整风 (831)
BPM 时间信号提取模型研究	段玲琳 崔忠林 路 强 (835)
基于分层网络实现高效的自稳定的选举算法	林克旺 (840)

聚集度相关的网络节点搜索算法	吴 艾	刘心松	皮建勇	刘克剑 (845)
来自双线性配对的前向安全的代理签名方案	殷新春	陈决伟	汪彩梅 (850)	
Research on application of Sensor Networks in Command and Control System				
.....	CHENG Yuanguo	YANG Lujing	LI Qiyuan (855)	
基于服务网络的资源共享框架研究	李宏芒	吴 雷	袁兆山	谢 芸 (862)
嵌入式系统中 IPv6 协议栈的研究	魏振春	石小兰	韩江洪	李正荣 (867)
基于博弈论的 IP 网络拥塞控制	钟伯成	韩江洪	杜兆芳	张 杰 (871)
一种 BCH/CRC 混合差错控制编码方法	聂秋玉	蒋建国	朱婷婷 (875)	
并行计算在数值 SEA 效能评估中的应用研究	李 冬	王学进	周航宇 (880)	
一种 RSA 数字签名算法的快速实现		马希敏	付 冲 (884)	
基于数据流的新型网络处理器体系结构设计	李 韬	张晓明	孙志刚 (889)	
网络设备传输层安全防范原理研究及实现		杭 波	陈先国 (894)	
基于 Windows CE 下自定义协议栈的 IP 电话研究与实现	贺文明	常会友	陈 川 (898)	
基于会话状态的控制对攻击响应中的应用		侯整风	李书全 (902)	
OPNET 在网络规划设计中的应用			浦 江 (907)	
基于 AES 与 ECC 的混合密码体制的研究与实现	董 尼	沈明玉	罗维思 (912)	
基于 Windows CE 4.2 嵌入式操作系统短信通讯的应用研究		王旭东	徐 刚 (916)	
MANET 中若干路由算法性能的比较和评价		肖安林	张 亮 (921)	
基于变步长搜索的遗传算法搜索空间减缩策略		安竹林	刘晓平 (927)	
网络化多视觉传感器检测系统的应用研究		吴 晔	张本宏 (931)	
基于 ZigBee 的无线家庭网络节点的设计	冯 琳	刘国田	石 雷	张本宏 (937)
基于混合模式的信息化集成模型的研究	张 利	任启乐	陆 军	姚奋超 (941)
校园计算机网络病毒检测系统设计与实现		张 莲	钟 诚 (945)	
嵌入式技术在多功能小车设计中的应用	刘征宇	夏 海	毕 翔	张 利 (949)
MVC 设计模式在 Web 系统中应用	徐 晟	吴传胜	陈岳阳	崔 雷 (953)

单体航天器姿态运动的动态-测量系统建模及应用*

胡绍林^{1,3} 陈如山² Meinke Karl³

1 中国科学技术大学 合肥 230027

2 南京理工大学 南京 210094

3 瑞典皇家理工大学

摘 要: 模型化处理是航天器测控工程的重要技术之一。本文以单体航天器的在轨姿态运动为研究对象,采用动力学分析的方法,建立了航天器姿态运动的动态-测量系统模型,并简要指出上述模型在航天器姿态估计、姿态预报、故障诊断、动力系统仿真和控制工程等方面的应用。

关键词: 航天器 姿态运动 动态-测量系统

1 引 言

广义地说,模型是被研究对象或系统的整体或某一局部方面本质特征的抽象表示,它与被研究系统之间具有某种等价、同构或同态关系。模型化处理技术的基本思想是通过对系统模型的分析,达到对对象实体的特性、特征及其变化规律的了解。模型化处理技术在航天器测控工程系统理论分析和科学研究中有着十分重要的作用。事实上,无论是航天器受力分析、系统设计、弹/轨道确定、姿态调整、轨道转移,还是安全控制、过程监控、故障检测与诊断,都离不开适当形式模型。正如比利时统计学家 F R Hampel 所说“没有比好的理论更有效的实践”。

本文以在轨航天器姿态运动为研究对象,采用动力学分析的方法,建立单体航天器姿态运动的动态-测量系统模型,并简要指出上述模型在航天器故障检测、故障诊断、姿态预报、动力系统仿真和航天控制工程中的应用。

2 单刚体航天器姿态动力学方程

在轨飞行器受各种扰动力与姿控力矩作用不可避免地存在着几何体绕质心转动,即所谓的姿态运动。一般地,描述航天器空间姿态常用的参量是三个 Euler 角^[1,2](进动角 ψ 、章动角 ϕ 和自旋角 φ)或三个 Cardan 角(偏航角 ξ 、滚动角 η 和俯仰角 ζ)。可以证明,姿态 Euler 角和 Cardan 角之间存在如下关系^[2]

$$\operatorname{tg} \xi = \cos \psi \operatorname{tg} \phi, \quad \sin \eta = \sin \psi \sin \phi, \quad \operatorname{tg}(\zeta - \varphi) = \operatorname{tg} \psi \cos \phi \quad (1)$$

本文建模过程中,将根据需要适当选一组作为模型描述的对象。

假定航天器在惯性空间中绕质心转动的角速度为矢量 $\boldsymbol{\omega}$,轨道运动带来的牵连角速度为 $\boldsymbol{\omega}_v$,则星体在轨道坐标系中摆动的相对角速度矢量为 (ξ, η, ζ) 可由下式给出^[2]:

*基金资助:国家自然科学基金(90305007)和中国博士后科学基金(2005037732)资助项目。

作者简介:胡绍林,1964年生,男,研究员,研究方向为计算机控制、航天测控系统工程;陈如山,1965年生,男,博士,教授,近期研究方向为信息与通信工程;Meinke Karl,男,瑞典皇家理工大学教授,近期研究方向为系统建模与软件测试技术。

$$\begin{pmatrix} \dot{\xi} \\ \dot{\eta} \\ \dot{\zeta} \end{pmatrix} = \frac{1}{\cos \eta} \begin{pmatrix} \cos \zeta & -\sin \zeta & 0 \\ \cos \eta \sin \zeta & \cos \eta \cos \zeta & 0 \\ -\sin \eta \cos \zeta & \sin \eta \sin \zeta & \cos \eta \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \omega_x \\ \omega_y \\ \omega_z \end{pmatrix} + \frac{\omega_r}{\cos \eta} \begin{pmatrix} \cos \xi \sin \eta \\ \sin \xi \cos \eta \\ \cos \xi \end{pmatrix} \quad (2)$$

式中 $(\omega_x, \omega_y, \omega_z)$ 为 ω 在航天器固联质心主轴坐标系 O-xyz 下的投影, ω_r 为轨道坐标系的转动角速度。

假定航天器中心惯量张量为矩阵 J , 作用在该航天器上的合力矩为 $\vec{M}$, 航天器结构体相对质心的动量矩为 $\vec{H}$, 则由 Euler 动量矩定理^[1,2] $\vec{M} = \dot{\vec{H}}$ 可导出如下关系:

$$\vec{M} = J \cdot \dot{\omega} + \omega \times (J \cdot \omega) \quad (3)$$

式(3)给出了航天器在惯性空间中绕质心转动角速度矢量 ω 的一阶微分方程。具体地, 简记

$$J_x = \iiint (y^2 + z^2) dm, J_y = \iiint (x^2 + z^2) dm, J_z = \iiint (x^2 + y^2) dm$$

$$\begin{cases} \dot{\omega}_x = \frac{M_x}{J_x} - \frac{J_z - J_y}{J_x} \omega_y \omega_z = \frac{1}{J_x} \{M_x + (J_y - J_z) \omega_y \omega_z\} \\ \dot{\omega}_y = \frac{M_y}{J_y} - \frac{J_x - J_z}{J_y} \omega_x \omega_z = \frac{1}{J_y} \{M_y + (J_z - J_x) \omega_x \omega_z\} \\ \dot{\omega}_z = \frac{M_z}{J_z} - \frac{J_y - J_x}{J_z} \omega_x \omega_y = \frac{1}{J_z} \{M_z + (J_x - J_y) \omega_x \omega_y\} \end{cases} \quad (4)$$

则有

显然, 转动角速度 ω 的变化率既与所受作用力矩大小有关, 也与航天器形状及质量分布情况有关。

至于力矩 M 的计算, 文[3]讨论了地心引力、大气阻力、地球磁场等扰动产生的力矩, 文[1]则给出了感应旋涡章动阻尼力矩的解析表达式。从文[3]和[1]可以看出, 力矩 M 是 Cardan 角的非线性函数。

3 单体航天器姿态运动的状态演化方程

由于航天器姿态动力学模型涉及到结构十分复杂的多变量二阶微分方程, 其理论分析、控制方案设计以及技术实现的难度比较大。因此, 本节试图改用以一阶微分方程组为基础的状态空间模型来描述飞行器姿态运动, 这对于采用现代控制理论处理姿态控制问题具有重要工程价值。具体地, 构造多维状态变量

$X_{att} = (\xi, \eta, \zeta, \omega_x, \omega_y, \omega_z)^T$, 由式(2)和式(4)可得单体航天器姿态运动的多变量一阶微分方程模型:

$$\dot{X}_{att} = \begin{bmatrix} \cos \eta I_3 & 0 \\ 0 & \text{diag}(J_x, J_y, J_z) \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} F_{att1}(X_{att}) \\ F_{att2}(X_{att}, t) \end{bmatrix} \quad (5)$$

$$\text{式中 } F_{att1}(X_{att}) = \begin{pmatrix} \cos \zeta & -\sin \zeta & 0 \\ \cos \eta \sin \zeta & \cos \eta \cos \zeta & 0 \\ -\sin \eta \cos \zeta & \sin \eta \sin \zeta & \cos \eta \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \omega_x \\ \omega_y \\ \omega_z \end{pmatrix} + \omega_r \begin{pmatrix} \cos \xi \sin \eta \\ \sin \xi \cos \eta \\ \cos \xi \end{pmatrix} \text{ 和 } F_{att2}(X_{att}, t) = \begin{pmatrix} M_x + (J_y - J_z) \omega_y \omega_z \\ M_y + (J_z - J_x) \omega_x \omega_z \\ M_z + (J_x - J_y) \omega_x \omega_y \end{pmatrix}.$$

进一步地, 考虑到第2节力矩分析模型仅仅是影响航天器姿态的诸多扰动力矩中影响量级较大部分, 也考虑到空间环境和航天器结构的高度复杂性, 有相当多数微小扰动力矩是难以用模型描叙的, 还有一些

扰动影响是不确定性的。因此, 姿态运动状态演化方程可以表示为一阶多变量随机微分方程形式

$$\dot{X}_{att} = \begin{bmatrix} \cos \eta I_3 & 0 \\ 0 & \text{diag}(J_x, J_y, J_z) \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} F_{att1}(X_{att}) \\ F_{att2}(X_{att}, t) \end{bmatrix} + \bar{\epsilon}_{att}(t) \quad (6)$$

式中 $\bar{\epsilon}_{att}(t)$ 表示模型拟合误差、非模型分量和随机扰动对航天器姿态的综合影响。

4 航天器姿态测量系统的数学建模

姿态测量是对航天器在轨姿态维护、控制管理和使用的前提。用于在轨飞行器姿态测量的方法较多, 本文考虑基于星载设备的姿态测量方程。常用星载惯性测量设备有机械陀螺、激光陀螺或惯性平台, 它们具有测定飞行器姿态角 (ψ, ϕ, φ) 或 (ξ, η, ζ) 及其变化率的功能。假定惯性设备姿态测量数据为 $(\dot{\xi}, \dot{\eta}, \dot{\zeta}, \xi, \eta, \zeta)$ 或其部分分量, 记测姿数据为向量 $\bar{Y}_{att}^{(1)}$, 则当测姿数据 $\bar{Y}_{att}^{(1)} = (\xi, \eta, \zeta)^T$ 时, 若测量误差满足线性叠加关系, 姿态系统测量方程为

$$\bar{Y}_{att}^{(1)} = \begin{pmatrix} I_3 \\ 0_3 \end{pmatrix} X_{att}(t) + \bar{\eta}(t) \quad (7)$$

当 $\bar{Y}_{att}^{(1)} = (\dot{\xi}, \dot{\eta}, \dot{\zeta})^T$ 时, 对于加性测量误差, 姿态系统测量方程

$$\bar{Y}_{att}^{(1)} = \begin{pmatrix} \frac{\cos \zeta}{\cos \eta} \varpi_x - \frac{\sin \zeta}{\cos \eta} \varpi_y + \frac{\cos \xi \sin \eta}{\cos \eta} \varpi_v \\ \sin \zeta \varpi_x + \cos \zeta \varpi_y + \sin \xi \varpi_v \\ (-\varpi_x \cos \zeta + \varpi_y \sin \zeta) g \eta + \varpi_z + \varpi_v \frac{\cos \xi}{\cos \eta} \end{pmatrix} + \bar{\eta}(t) \quad (8)$$

式中 $\bar{\eta}(t)$ 为姿态测量误差。

一般地, 假定姿态测量数据为适当维数的向量 $\bar{Y}_{att}^{(1)}$, 且假定测量误差与对象之间为“加性”的, 对于前文定义的航天器姿态系统状态向量 X_{att} , 类似可建立起 $\bar{Y}_{att}^{(1)}$ 与 X_{att} 之间数学关系

$$\bar{Y}_{att}^{(1)} = G(X_{att}(t), t) + \bar{\eta}(t) \quad (9)$$

式中 G 为多变量的多维非线性函数向量, $\bar{\eta}(t)$ 为姿态测量误差。

5 姿态运动过程模型的综合与应用

在第 1-4 节中, 通过航天器的受力(或力矩)分析, 建立起了刚体航天器姿态运动的状态演化方程(5); 另一方面, 若假定跟踪测量设备或传感器(含敏感器)的第 i 测量通道的输出信息为 y_i , 则测量系统的数学模型可以表示成如下形式:

$$y_i(t) = h_i(X(t), \theta_2^{(i)}) + \eta_i(t) \quad (10)$$

式中 $X(t)$ 为 t 时刻飞行器所处状态, η_i 为测量误差, $\theta_2^{(i)}$ 为设备参量。

假定测控网有 m 台传感器/敏感器参与飞行器质心运动的跟踪测量或姿态转动的测定, 简记测量信息形成的向量为 $Y = (y_1, \dots, y_m)^T$, 结合式(5)和式(10)可建立如下形式的单体航天飞行器在轨运行过程姿态运动的系统模型

$$\begin{cases} \dot{X} = A(X, \theta_1) \begin{bmatrix} F^{(1)}(X, \theta_1) \\ F^{(2)}(X, \theta_1, t) \end{bmatrix} + \bar{\epsilon}(t) \\ Y(t) = H(X(t), \theta_2) + \eta(t) \end{cases} \quad (11)$$

式中参量 θ_1 为与飞行器结构、动力系统及运行环境有关的常值参数或时变参数, 参量 θ_2 为由参数集

$\bigcup_{i=1,\dots,m} \{\theta_{2,j}^{(i)}, j=1,\dots,k_i\}$ 形成的向量; $\bar{\varepsilon}(t)$ 表示各种非模型误差、模型拟合残差和系统噪声的综合影响, $\bar{\eta} = (\eta_1, \dots, \eta_m)^T$ 为测量误差; $X \in R^n$ 为状态向量, $H = (h_1, \dots, h_m)^T$ 为测量数据与状态之间转换关系。

式(11-1)描述的是姿态系统动态演化过程, 称为动态系统方程; 式(11-2)反映的是系统姿态状态向量与测量信息之间关系, 称为测量系统方程; 二者相结合, 构成航天器姿态运动的动态-测量系统模型。

模型(11)在航天器的姿态诊断、姿态推断和姿态控制等不同方面有着广泛应用。例如, 采用动态-测量系统基于解析冗余的故障检测与诊断技术^[5, 6], 可实现对姿态异常变化和测姿设备工作故障的监视与诊断; 采用 Kalman 滤波与容错 Kalman 预报算法^[7], 可以在线估计航天器姿态和预报航天器姿态变化; 采用现代最优控制理论, 可以建立和优化姿态控制策略。限于篇幅, 具体细节拟另文介绍。

参考文献

- [1] 刘延柱. 航天器姿态动力学, 北京: 国防工业出版社, 1995.
- [2] 雷穆禄, 郁永熙. 卫星转动动力学, 上海交通大学出版社, 1995.
- [3] 李济生. 人造卫星精密轨道确定, 北京: 解放军出版社, 1995.
- [4] H.F. Bauer. Environmental Effects on Micro-Gravity Experiments, Z. Flug. Welt., 1982.
- [5] 周东华, 叶银忠. 现代故障诊断与容错控制, 北京: 清华大学出版社, 2000.
- [6] 胡绍林, 孙国基. 过程监控技术及其应用, 北京: 国防工业出版社, 2001.
- [7] 胡绍林, 范金城. 动态-测量系统抗扰性预报算法. 宇航学报, 1995, 16(1): 75-78.

Dynamic-Measurement Model of Spacecraft Attitude with Applications

HU Shaolin^{1,3} CHEN Rushan² Meinke Karl³

1 University of Science & Technology of China, Hefei, 230027;

2 Nanjing University of Science and Technology, Nanjing, 210094;

3 Royal Technology Institute of Sweden

Abstract: Modelling analysis technique is one of the most important means in processing spaceflight mission. In this paper a series of dynamic-measurement system models are built for the attitude motion of a single rigid body spacecraft. At the end of this paper, it is pointed out that these models can be used in detecting faults, in forecasting attitudes of the spacecraft, in simulation of attitude motion and in designing the control strategies, etc.

Keywords: Spacecraft; Attitude Motion; Dynamic-Measurement System

模板在虚拟现实平台中的应用

陈皓 郑利平 刘晓平

合肥工业大学计算机与信息学院 VCC 研究室 合肥 230009

摘 要: 随着虚拟现实技术在科技展示领域应用的推广, 虚拟现实类科技展品开发中出现了开发周期长、难度大等问题, 针对这些问题, 本文探索了科技展示产品的特征及其开发流程, 设计并实现了一个面向科技展示的虚拟现实开发平台 AndShow_VRToolkit。该平台使用模板为指导思想, 通过对虚拟现实场景模板文件的解释和执行, 提高了虚拟现实产品编辑、制作的效率, 并利用模板重用的特性, 达到了科技展品制作过程中重复利用已有虚拟现实资源的目的。文章着重介绍了虚拟现实场景模板的结构以及对其进行解释和执行的流程、原理。实践证明基于模板的虚拟现实平台 AndShow_VRToolkit 在科技展示领域具有良好的应用价值。

关键词: 计算机应用 虚拟现实 模板 AndShow_VRToolkit

1 引 言

当今虚拟现实技术发展迅速, 并且在许多场合得到了应用, 如军事、培训、教学、手术和娱乐等。但是复杂的技术细节问题长久以来一直成为了开发虚拟现实系统的瓶颈问题^[1], 所以需要一个一般性的虚拟现实应用程序开发界面来解决这个问题, 这样的开发界面应能够隐藏底层的虚拟现实细节技术, 为应用程序开发者提供一个方便的开发平台。本文以模板思想为基础, 提出了基于模板的虚拟现实平台, 通过对虚拟现实场景模板的解释生成虚拟现实场景, 同时使用面向对象的方式封装图形对象操作, 从而提高了编辑、制作虚拟现实场景的效率。

2 相关工作

在科技展示类虚拟现实产品的制作过程中, 针对每一个项目, 都需要经过模型制作、图形编程、模型载入、连接输入输出硬件接口以及调试等过程。这些过程中, 图形编程、模型载入等阶段存在严重的重复工作, 占用了大量的制作时间。同样的问题, 也存在于其他虚拟现实应用程序的制作过程中。针对解决这些问题, 当今存在不少用于开发虚拟现实应用程序的软件开发包, 如文献[2]介绍的 WorldToolkit, 是美国 Sense8 公司研制的虚拟环境应用程序开发包, 它为用户提供一个完整的三维虚拟环境开发平台; VRJuggler^[1]在底层技术的支持下提供了快速开发实时、交互的虚拟现实软件的面向对象的开发环境; 另外如 CAVE Library^[3], 是一个针对多屏虚拟现实软件开发的商业工具; 其他还有许多虚拟现实开发工具如 OpenInventor, VEGA 等; 国内也有不少对于虚拟现实平台或在已有虚拟现实平台基础上的研究, 如文献[4]利用 OpenGL 和 C++ 开发了虚拟环境原型 InteVR, 文献[5、6、7]等一系列文献介绍了一个分布式虚拟环境 DVENET 的研究进展。另外存在一些针对专门领域的仿真、虚拟现实平台的研究, 文献[8]针对 EAST 装

*基金项目: 协同模板的设计机理与关键技术研究 (60273044), 协同模板中的约束信息可视化 (60573174)。

作者简介: 陈皓(1981-), 男, 浙江上虞人, 博士研究生, 研究方向为计算机图形学; 郑利平(1978-), 男, 湖北麻城人, 博士生, 研究方向为仿真可信性和 VV&A; 刘晓平(1964-), 男, 山东济南人, 教授, 博导, 研究方向为建模、仿真与协同计算。