



中国计算机学会文集

China Computer Federation
Proceedings

CAD/CG' 2010

全国第16届 计算机辅助设计与 图形学学术会议

彭群生 边计年 陈俊杰 李华 周强 赵康 主编

清华大学出版社





中国计算机学会文集

China Computer Federation Proceedings

CAD/CG' 2010

全国第16届 计算机辅助设计与 图形学学术会议

彭群生 边计年 陈俊杰 李华 周强 赵康 主编

清华大学出版社
北京

内 容 简 介

计算机辅助设计与图形学是计算机理论和技术的重要研究和发展方向。由中国计算机学会主办,清华大学、太原理工大学共同承办的全国第16届计算机辅助设计与图形学学术会议(CAD/CG'2010)于2010年7月28日在山西太原举行。会议分为图形学,可视化、图像与视觉处理,CAD/CAM/CAE,EDA及VLSI设计与测试,几何造型与处理五个专题,内容涵盖了计算机辅助设计与图形学领域的诸多前沿领域。

本书收录了本届CAD/CG会议的116篇文章,反映了我国在该领域的研究现状和最新进展,既可作为各高等院校计算机、自动化、电子和工程物理等学科的教学参考书,也可供从事相关专业的教学、科研和工程技术人员参考。

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签,无标签者不得销售。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

全国第16届计算机辅助设计与图形学学术会议/彭群生等主编. —北京:清华大学出版社, 2010.7

ISBN 978-7-302-23189-9

I. ①全… II. ①彭… III. ①计算机辅助设计—学术会议—文集 ②计算机图形学—学术会议—文集 IV. ①TP391.72-53 ②TP391.41-53

中国版本图书馆CIP数据核字(2010)第122796号

责任编辑:焦虹

责任校对:李建庄

责任印制:杨艳

出版发行:清华大学出版社

地 址:北京清华大学学研大厦A座

<http://www.tup.com.cn>

邮 编:100084

社 总 机:010-62770175

邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62795954, jsjic@tup.tsinghua.edu.cn

质 量 反 馈:010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

印 装 者:清华大学印刷厂

经 销:全国新华书店

开 本:185×260 印 张:57.25 字 数:1423千字

版 次:2010年7月第1版 印 次:2010年7月第1次印刷

印 数:1~300

定 价:239.00元

产品编号:039326-01

第16届计算机辅助设计与图形学学术会议

CAD/CG'2010

(2010年7月28—30日 中国 山西 太原)

主办单位: 中国计算机学会

承办单位: 清华大学、太原理工大学

大会主席: 彭群生(浙江大学, CAD/CG专业委员会主任)

边计年(清华大学)

陈俊杰(太原理工大学)

程序委员会主席: 李 华(中科院计算所)

周 强(清华大学)

图形学专题

主席 孟祥旭(山东大学)

邹北骖(中南大学)

可视化、图像与视觉处理专题 主席 汪国平(北京大学)

金小刚(浙江大学)

CAD/CAM/CAE 专题

主席 孙林夫(西南交通大学)

刘继红(北京航空航天大学)

EDA 及 VLSI 设计与测试专题 主席 李晓维(中科院计算所)

骆祖莹(北京师范大学)

几何造型与处理专题 主席 马利庄(上海交通大学)

雍俊海(清华大学)

程序委员会秘书长: 赵 康(清华大学)

程序委员会委员: (以姓氏汉语拼音为序)

鲍虎军	边计年	蔡懿慈	陈 为	陈火炎	陈家新	陈发来	陈立潮	陈立平	陈小安
陈正鸣	程利新	戴国忠	邓建松	方家骐	高曙明	高小山	葛 红	宫云战	顾 宁
郭 阳	郭延文	韩俊刚	韩银和	何 涛	胡事民	胡占义	黄樟钦	纪庆革	贾富仓
金小刚	金一丞	孔令富	雷 毅	李 重	李 华	李 茹	李冬果	李桂清	李思昆
李实英	李宗民	李晓维	李自力	林 洵	林守勋	刘 弘	刘利刚	刘继红	刘乃琦
刘新国	刘晓平	刘学慧	刘永进	刘勇奎	卢小林	骆祖莹	吕 涛	马利庄	马维银
孟祥旭	苗振江	潘志庚	彭澄廉	彭群生	齐东旭	全春来	石教英	宋瑞霞	宋顺林
宋慰祖	孙 伟	孙林夫	孙守迁	孙晓鹏	孙延奎	孙正兴	谭建荣	唐卫清	滕东兴
童 欣	屠长河	万华根	汪国平	王长波	王平安	王文成	王习仁	王相海	王毅刚
王兆其	吴 强	吴百锋	吴恩华	吴为民	席 平	夏时洪	向世明	肖春霞	肖立伊
徐 丹	徐 琳	徐 宁	许华虎	徐 岗	徐国良	徐晓刚	徐迎庆	姚志强	杨承磊
杨勋年	于金辉	于俊清	喻文健	余雪丽	雍俊海	查红彬	战晓苏	张彩明	张贵仓

张树生 张严辞 张丽艳 周秉锋 周 强 周明全 邹北骥 赵瑞莲 祝永新 庄越挺

组织委员会主席：段 富（太原理工大学）

蔡懿慈（清华大学）

孙晓鹏（辽宁师范大学）

组织委员会秘书长：彭新光（太原理工大学）

组织委员会委员：李海芳 王庆生 段利国 孟亮 赵康 吕勇强

前 言

由中国计算机学会主办，清华大学、太原理工大学共同承办的全国第 16 届计算机辅助设计与图形学学术会议（CAD/CG'2010）于 2010 年 7 月 28 日在山西太原市举行。会议以计算机辅助设计与图形学为主题，以展示交流我国在计算机辅助设计与图形学领域的技术与发展为目的，讨论工业应用中需要解决的关键问题和难点问题，开展各种形式的学术交流和讨论。会议共分为图形学，可视化、图像与视觉处理，CAD/CAM/CAE，EDA 及 VLSI 设计与测试，几何造型与处理五个专题，内容涵盖了计算机辅助设计与图形学领域的诸多前沿领域。该会议反映了国内计算机辅助设计与图形学的最新研究成果，促进了学术界和工业界的密切结合。

会议邀请了国内外著名的专家学者就计算机辅助设计与图形学的最新动态和热点问题做特邀报告，他们是清华大学的洪先龙教授、中国科学技术大学的陈发来教授和邓建松教授、北京应用物理与计算数学研究所莫则尧研究员、香港中文大学贾佳亚助理教授等知名学者。

此次会议共受到投稿文章 267 篇，内容涉及计算机图形学、计算机辅助设计、计算机辅助几何设计、几何造型与处理、图像与视频处理、虚拟现实、计算机仿真与可视化、电子设计自动化、图像图形应用等方面。其中既有理论研究，也有应用技术研究。经专家评审、程序委员会会议决定，总共录用 116 篇论文，全文收录到本论文集。其中《计算机辅助设计与图形学学报》48 篇，《计算机科学》9 篇，《中国图像图形学报》5 篇，《工程图学学报》7 篇，《系统仿真学报》5 篇，《小型微型计算机系统》10 篇，《微电子学》4 篇，《太原理工大学学报》3 篇。

本次大会特别设立学生优秀论文奖，旨在奖励在学术研究上取得优秀成果的青年学生，表彰他们在学术研究上做出的贡献。随着我国计算机技术的发展和应用的普及，技术的需求日益突显。本次大会通过奖励优秀青年学者，以提升我国学术会议的学术水平，鼓励青年学者积极投身于计算机技术的发展以及学术研究。

感谢向本次会议投稿的每位作者，没有他们的大力支持，本论文集的出版是不可能的；感谢大会程序委员会专题主席及全体委员和参与审稿的各位专家的辛勤劳动；感谢会议组织者为本会议的成功召开而做的长时间的准备和筹划。

本次会议承办单位清华大学计算机系和太原理工大学计算机学院对会议作了精心的组织和周密的安排，他们的大力支持保证了会议的顺利召开，在此表示衷心的感谢！

第 16 届计算机辅助设计与图形学学术会议（CAD/CG'2010）

大 会 主 席：彭群生 边计年 陈俊杰

程序委员会主席：李 华 周 强

目 录

图形学专题

基于纹理规则性分析的图像填补方法	郝川艳 陈 昕 吴恩华 (3)
GPU 上通用计算的存储优化	陈钢 李国波 张珂良 吴百锋 (10)
基于 GPU 预计算大规模场景的环境遮挡	刘 浏 周 炜 李 华 (15)
三维模型的对应关系计算的研究现状与展望	党 岗 程志全 李 宝 徐 凯 王彦臻 金士尧 (22)
GPU 上的水彩画风格实时渲染及动画绘制	王妙一 王 斌 雍俊海 (29)
一种快速并行碰撞检测算法	杜 鹏 唐 敏 童若锋 (37)
利用拓片恢复汉画像的浮雕效果	王 松 李著文 于金辉 (44)
基于混合模式的缓存优化的三角形条带化	秦爱红 石教英 (50)
自适应的改进克里金空间插值算法	王 琳 范家骅 何 涛 (57)
计算机生成三维卡通溅水效果	廖 菁 于金辉 (65)
基于 GPU 的实时光束绘制	公 明 周 炜 刘 浏 李 华 (71)
图形处理器仿真平台的研究与设计	曹小鹏 韩 炜 韩俊刚 董 良 任刚刚 崔 凯 侯洪朝 殷诚信 (79)
基于骨架的移动最小二乘法图像变形	林瑶磊 梁荣华 缪永伟 (86)
三维模型结构语义的半监督标注方法	潘 翔 陈启华 (93)
动态光照下的实时全局光照绘制	吴向阳 柴学梁 王毅刚 张 龙 (101)
基于频谱分析的运动模糊图像 PSF 估计	汪 丹 蒋慕蓉 唐 芳 (109)
融合复杂信息的桌面地理虚拟环境中用户界面关键技术研究	纪连恩 路 游 (116)
基于样条曲线的人体运动建模	蔡美玲 邹北骥 史 操 辛国江 李建峰 (124)
基于感知的视点自动选取	潘 斌 王 帅 陈 为 彭群生 (132)
基于 GPU 的大规模海洋场景双向交互效果的实时绘制	王 帅 王章野 何 戡 彭群生 (139)
基于 GPU 的自由立体显示器通用渲染算法	丁剑飞 徐 昆 胡国桥 (149)
基于 GF 系统的散乱数据最佳平方逼近及其分析	蔡占川 陈 伟 叶梦杰 齐东旭 (158)
基于边界强度的三维网格模型的分割算法	孙晓鹏 纪燕杰 (164)
虚拟家居定制系统中自适应用户界面实现机制研究	樊银亭 滕东兴 汪恭正 杨海燕 王宏安 戴国忠 (169)
透视正确的线性插值纹理映射方法	韩红雷 王文成 (177)
SPH 算法的修正及其在混合流模拟中的应用	蔡海滨 纪庆革 伍文明 (185)
网格表面的飞镖采样算法	丁 忆 何 涛 冯 洁 周秉锋 (197)

可视化、图像与视觉处理专题

图像连通区计数的分枝度方法	杨四海 (207)
基于四阶偏微分方程与冲击滤波的图像去噪和增强	张九星 黑保琴 李盛阳 (215)
秩约束多帧特征对应算法	郭继东 李学庆 (223)
嫦娥一号太阳风离子流数据在月表向阳、背阳面的可视化	张 田 孙延奎 唐泽圣 (238)
基于 Agent 的群体模拟中的朝向处理方法	叶 青 夏时洪 毛天露 蒋浩 (244)
反射折射几何元统一成像及标定性讨论	段慧仙 吴毅红 (251)
基于自适应结构图的二维外形的变形和注册算法	方 皓 程志全 李 俊 李宏华 陈 寅 党 岗 (258)
基于 SPH 方法的二维流体实时模拟	常元章 鲍 凯 朱 鉴 吴恩华 (264)
嫦娥一号高能粒子数据的可视化技术	毛凯彪 孙延奎 张 田 唐泽圣 (271)
人脸表情动画与语音的典型相关性分析	范懿文 柳学成 夏时洪 (277)
基于非均匀 B 样条滤波的 GPU 光线投射	袁斌 (286)
基于准稠密匹配的结构化场景三维重建	秦茜茜 李晓明 (294)
基于运动峰值的动画角色肢体运动混合算法	郑利平 王玉培 李 琳 刘晓平 (302)
实时三维人体卡通运动的设计与实现	刘登志 卢书芳 万贤美 金小刚 (312)
连续子邻域内的双边滤波	肖秀春 王章野 张雨浓 姜孝华 彭群生 (322)
多投影仪自由立体显示的几何校正和亮度校正技术	周艳霞 秦开怀 罗建利 (327)
基于参数化混合元球体表示的高分辨率 DTI 纤维丛可视化	陈海东 周 敏 王桂珍 彭志毅 陈 为 (334)
用于切割中的形状匹配变形算法	刘 梅 向 辉 (341)
基于三边滤波算法的地震数据增强	华 岗 刘 芳 林 海 孙劲光 (348)
一种基于多全景图的虚拟漫游新方法	王海颖 秦开怀 (355)
论坛数据的动态可视化	许彦如 王长波 刘玉华 余祥永 李司力 嵇金泽 (362)
基于年龄曲线和稀疏表示的人脸老化模拟	徐 莹 刘凌波 梁毅雄 李建锋 (367)
基于立体视觉的机械零件几何尺寸测量方法研究	张学武 徐立中 范新南 张 卓 (375)
保色调的黑白卡通图像着色算法	朱 薇 刘利刚 (384)
风暴潮可视化	王少荣 陈毅松 李 胜 汪国平 (391)

CAD/CAM/CAE 专题

一种基于笔交互的表格组件设计方法	李贵现 樊银亭 滕东兴 戴国忠 (401)
三轴数控车键槽加工的刀具轨迹生成算法研究	郑秋月 闫光荣 贾喜存 (410)
基于组播和操作意图冲突检测的协同实验	艾列富 于俊清 欧阳星明 唐九飞 (417)

基于关键点的海底地形模型简化生成方法研究

..... 孙元元 徐晓刚 (426)

计算机辅助结构设计与分析系统的集成方法

..... 熊胜华 谢正坚 何 涛 (433)

星载软件辅助设计环境的研究与实现

..... 李 轩 宁 洪 李 瞰 (442)

基于可信计算的 DRM 认证的研究 闫建红 彭新光 (451)

组合夹具元件库的集成建模方法研究 蔡瑾 段国林 姚 涛 许红静 (460)

基于独立知识库的产品建模系统 胡毕富 席 平 (468)

基于随机搜索算法求解不等圆排样问题的一种方法

..... 尚 颖 楚纪正 (476)

基于性格、心情和情感的多层情感建模方法研究

..... 李海芳 何海鹏 陈俊杰 (484)

面向掩模精化的表面微加工 MEMS 器件几何建模

..... 赵晓霞 李建华 凌 浩 刘玉生 郭卫斌 何高奇 (491)

基于自适应细分的保刚性变形算法 徐 寅 刘利刚 (500)

3D 多点触控交互展示研究 戴金球 王长波 陈嘉唯 李 昂 王 龙 (507)

基于形态学操作的刻线浮雕生成 刘胜兰 徐小燕 李 博 张丽艳 (512)

面向局部检索的设计特征建模与应用研究 白 静 周广平 (518)

EDA 及 VLSI 设计与测试专题

时钟级图形处理器仿真平台中片元生成器设计与实现 殷诚信 韩俊刚 (529)

选择性 Zigzag 电源屏蔽开关管面积及最小空闲时间优化

..... 黄 琨 骆祖莹 张青青 (537)

基于输入向量控制的衬底偏置技术面积优化算法 孙朝珊 黄 琨 骆祖莹 (547)

安全处理器体系结构的现状与展望 李 超 张美琳 杨旭 徐勇军 骆祖莹 (554)

动态可重构计算时域划分技术 陈乃金 江建慧 陈 昕 周 洲 徐 莹 (563)

图形处理器中光照和纹理映射的研究与设计 董 梁 刘 海 韩俊刚 (571)

一种面向可重构片上网络技术的研究框架 陈延仓 谢伦国 李晋文 张民选 (583)

GPU 仿真平台中图元装配器的设计与实现

..... 任刚刚 韩俊刚 蒋 林 崔 凯 曹小鹏 (592)

GPU 仿真平台中几何变换的设计与实现

..... 崔 凯 韩俊刚 蒋 林 侯红朝 曹小鹏 (602)

GPU 仿真平台中背面剔除设计与实现

..... 侯红朝 韩俊刚 蒋 林 任刚刚 曹小鹏 (610)

一种基于测试位重组的对称编码压缩技术 刘 杰 梁华国 徐三子 (618)

基于时序等价性检查的软错误敏感点筛选 朱 丹 李 瞰 李思昆 (629)

基于混合遗传算法的 CMOL 电路单元映射 储著飞 夏银水 王伦耀 (636)

面向统计互连电容提取的随机变动几何建模	胡 超	喻文健	(644)
FeatureVerilog: 扩展 Verilog 以支持面向特征的开发	叶 俊	谭庆平	李 瞰
一种基于嵌入式处理器的 FPGA 内建自测试方法研究	顾昊晖	冯建华	罗宏伟
一种功率门控电路地反射效应的数学模型	孙 宇	肖立伊	刘 园
基于 BICS 的抗多位翻转 CAM 加固	李书豪	肖立伊	祝 名
基于 Slice 的总线宏设计	刘 杰	吴 强	赵全伟
通过器件共享实现的双向无阻塞光互连片上网络	巴音达拉	韩银和	李晓维
三维随机行走电容提取算法的实现	刘 志	戴 挺	喻文健
基于面向对象软件多态特性的 MM 路径自动生成	曾恒烽	何 伟	赵瑞莲
基于 SAT 的固定型和时延故障的自动测试向量生成	付 宇	吴为民	(714)
数据流综合解空间平滑算法研究	程利新	边计年	刘云云
面向 FPGA 的非线性布局技术	高文超	吕勇强	钱 旭
基于有向限制图的宏模块合法化算法	刁 屹	吴 鑫	闫海霞
应用于宏模块的合法化算法	陈福真	高文超	闫海霞
基于 FastPlace 全局布局算法的实现	马小伟	王似飞	闫海霞

几何造型与处理专题

基于侧影轮廓的网格模型交互式编辑	南亮亮	刘伟军	(755)
基于光顺度的约束优化光顺算法	王爱增	赵 罡	(765)
用双圆弧逼近两条相容圆锥曲线的卷积曲线	黄伟贤	王国瑾	(771)
空间采样点的隐式曲面表示与优化	刘圣军	韩旭里	金小刚
一种面向重用的三维 CAD 模型检索算法	张开兴	张树生	白晓亮
用三次 PH 曲线构造平面代数曲线的等距线算法	寿华好	江瑜	缪永伟
B 样条曲线与其控制多边形的局部偏差上界	刘 鹏	雍俊海	古和今
基于交互变形的三维植物叶片建模	苗腾	赵春江	陆声链
常平均曲率细分曲面的构造	潘 青	徐国良	(813)
基于经验模式分解的几何模型基网格提取方法	张成堡	王孝通	徐晓刚
基于 GPU 和区间分析的隐式曲面绘制和网格化	秦 阳	蔺宏伟	冼楚华
基于波前法的三角网格孔洞修补算法	王小超	王 鄂	曹俊杰
保持特征散乱数据的曲面重构——变分水平集方法	荆竹翠	李 明	徐国良

三角域上曲面模型的正交重构方法	宋瑞霞 张巧霞 李 坚 李亚楠 姚东星	(848)
圆域有理 Bézier 参数曲线	石 茂 叶正麟 康宝生	(857)
基于特征面匹配的机械零部件检索算法	高 艺 王 斌 胡楷模 郑国勤	(864)
基于控制顶点插值的光滑 B 样条曲线构造方法	刘 晶 施侃乐 雍俊海 古和今	(872)
层次多结点样条曲线逼近	蔡占川 郑才目 唐泽圣	(880)
基于法向保持的三维人脸表情跟踪	迟 静 屠长河 陈 雪	(887)
广义重心坐标编辑中的等距 Cage 生成	李 琳 李桂清 黄力慰	(895)

图形学专题

基于纹理规则性分析的图像填补方法*

郝川艳¹⁺ 陈昕²⁺ 吴恩华³

¹ (福建师范大学协和学院 信息技术系, 福建福州 350108)

² (福建师范大学协和学院 信息技术系, 福建福州 350108)

³ (澳门大学科技学院, 计算机与信息科学系, 澳门 999078)

摘要: 本文提出了一种利用纹理规则性分析和纹理合成技术进行高效图像填充的新方法。该方法可以自动地抽取图像前景区域并且合理的复原被遮挡区域的原始内容。对于前景抽取问题, 一般的做法为了得到准确的结果往往需要引入交互操作。为了实现自动化的抽取, 本文着重考虑前景为近似规则纹理(NRT)的场景区域。近似规则纹理具有强烈的信号规则性, 利用对这种规则性的分析可以有效而准确的分割前景部分。对于背景恢复问题, 我们基于纹理合成技术提出了一个新的背景填补算法, 并且通过引入合成优先度概念将图像修补算法结合进来。因此该方法具有两种方法共同的优点。

关键词: 图像填补; 纹理规则性; 纹理合成; 近似规则纹理; 图像绘制; 前景分割; 填充

An Efficient Image Editing Method by Texture Regularity and Texture Synthesis

Hao Chuanyan¹⁺, Chen Xin²⁺, Wu Enhua³

¹(Department of Information Technology, Concord University College, Fujian Normal University, FuZhou, 350108, China)

²(Department of Information Technology, Concord University College, Fujian Normal University, FuZhou, 350108, China)

³(Department of Computer and Information Science, Faculty of Science and Technology, Macau University, Macau, 999078, China)

+ Corresponding author: HaoChuanyan Phn: +86-13763800690, Fax: +86-**-****-****, E-mail: waterwu_zz@yahoo.com.cn, http://****

+ Corresponding author: ChenXin Phn: +86-13696886539, Fax: +86-**-****-****, E-mail: c_risine@tom.com, http://****

Abstract: This paper presents a new method for image completion based on texture regularity analysis. It extracts foreground information within image, fully and automatically for certain scenes, and fills the overlapping regions in a visually plausible way. Compared with previous works that usually select foreground objects interactively for a robust extraction, our work focuses on a special kind of foreground content called

* 作者简介: 郝川艳(1982—), 女, 重庆市人, 硕士研究生, 助教, 主要研究领域为计算机图形学; 陈昕(1982—), 男, 学士, 助教, 主要研究领域为音视频处理, 多媒体技术; 吴恩华(1947—), 男, 博士, 教授, 主要研究领域为计算机图形学。

near-regular textures(NRT). Near-regular texture has strong regularity for various features that can be used to ease the automatically foreground segmentation and to help improving precision. In filling phase, we propose a combined framework by taking advantages both of "texture synthesis" and "inpainting". This framework reconstructs the background by introducing priority into exemplar-based texture synthesis. This priority determines the synthesis strategy for each patch to be synthesized and propagates texture and structure information simultaneously as well.

Key words: image completion; texture regularity; texture synthesis; inpainting; foreground removal; filling; near-regular texture

1 引言

图像填充问题是计算机图形学和图像处理中的一个重要问题。这个问题通常含有两个步骤,前景抽取和内容填充。关于前景抽取,已经有很多基于交互的方法提出。但这也意味着相当精细和繁琐的工作。而对所有的场合都适用的自动化抽取方法目前似乎并不可能。因此我们的工作着重研究一类前景内容为近似规则纹理的场景[1], [3]。尽管近似规则纹理只是一类特殊纹理,但是它能够为真实世界中大量的纹理建立起模型。这篇文章扩展了James Hays 等的工作[1],提出了一个自动检测算法提取出目标元素。图像填充研究通常有两类方法:纹理合成算法[4-10]和图像绘制技术[2], [11]。纹理合成技术适合用来填充静态纹理区域和结构性纹理的区域。图像绘制技术常用于复原和修补图像中小缺陷,比如裂缝,污点等。我们的方法尝试将两者结合到一起,既保证基于样例的合成算法的效率和效果,又充分考虑图像中含有的结构信息。

本文的剩下部分是这样组织的。第二节陈述相关工作,第三节和第四节给出算法基本理论和算法实现细节,第五节展示试验结果,最后在第六节我们给出总结。

2 相关工作

与图像填充问题相关的工作大致有两个方面:一是纹理规则性分析,二是纹理合成算法研究。

纹理规则性分析是一个非常困难又很重要的问题。除了交互式方法外[3],自动化的分析始终是研究的重点和难点。Leung 和 Malik[1]将检测和分类纹理元素这个问题建立在一种跟踪原理上。而 Lobay 和 Forsyth[1]是通过建立一个全局的纹素结构解决这个问题。不同于上面的方法,Schaffalitzky et al.[1]和 Turning et al.[1]假设纹理是完全规则的和一个平面上的,建立了一个很强的转换模型。综合考虑了上面方法的优缺点后,James et al.[1]提出了高阶特征匹配算法。这个算法的优势在于它运用了纹理的基本结构,却又没有在可允许的变形中加入过多的限制。

纹理合成方法可以分成两类,一类是过程纹理合成,另一类是基于样图的纹理合成。而后者由于可以避免纹理映射和过程纹理合成方法的缺陷而成为目前更为流行的方法。典型的基于样图的纹理合成方法是Efros 和 Leung[4]于1999年提出的以Markov Random Field (MRF)为模型的非参数特征匹配方法。Wei 和 Levoy[5]扩展了Efros/Leung的工作,通过基

于金字塔[7], [8]的合成方法大大加快了纹理合成的速度。Ashiknmin[9]提出了更强的连贯性搜索方式, 其重要的意义就在于减少了搜索空间和取得了交互式的速率。在 2001 年, Efros[6]等又提出了基于块的纹理合成方法, 在大大地加快了合成速度的同时也保持了很好的效果。

3 纹理规则性模型与带优先级的纹理合成

3.1 近似规则纹理分析模型

近似规则纹理被定义为由一个严格规则纹理经过几何、光照或颜色等小幅变换后得到的纹理[3]。即: $p = d(p_r)$, 其中 $d = d_{color} \times d_{light} \times d_{geo}$ 分别表示颜色、光照、几何变换及其组合变换, p_r 是对应的严格规则纹理。根据平面镶嵌理论[12], 所有可平移对称的纹理都能够由一对最短的向量 (t_1, t_2) 产生。向量的轨迹就形成了二维的四边形网格, 这些四边形网格定义了所有 2D 的纹素和纹素间的拓扑结构。因此近似规则纹理能够近似的由它所对应的严格规则纹理的生成向量对 (t_1, t_2) 表示。基于上面的理论, 纹理分析模型可通过重复下面四个步骤得到: 提出纹素, 分配格, 改善已形成的格和薄平面样条卷积。基于 James 等的工作, 本文的算法也着重以近似规则纹理为研究对象。我们应用了聚类算法, 纹理合成算法和基于向量的掩模修改方法实现了自动掩模提取, 并可完全地和精确地的覆盖目标区域。算法细节将在第四节详细说明。

3.2 带优先级的纹理合成

本文采用基于金字塔的多分辨率纹理合成算法[7], [8]。同时, 考虑到问题本身的特点, 我们引入了优先级计算到合成算法中以更好的保持纹理的结构。

一般纹理合成的模型为: $I_{syn} = \sum_i M \left[P \left(\begin{matrix} S \\ d(I_i, I_{syn}) < \zeta \end{matrix} (I_i) \right) \right]$, 其中 I_{syn} 是需要合成的图像,

M 是边界融合算子, P 是重置算子, I_i 是样本纹理按照一定设定取出的基本合成单位, S 是搜索算子, d 是图像距离, ζ 是视觉相似性阈值。可以看到在这个框架中, 主要有四个因素可以调节: 基本合成单位, 搜索规则, 重组方式和边界融合方法。而合成顺序是纹理合成传递结构信息的关键。普通合成算法是按照扫描线顺序进行合成的, 这并不能在我们的问题中取得最好的结果。受 Criminisi[2]等的工作的启发, 我们为每个候选块赋予不同的优先级, 能方便地控制更适合于填充问题的合成顺序。

如同[2]中提到的, 高的优先级应该赋予给位于具有强连续性的边界上, 并且周围都是具有高置信度的像素的候选块(图 2)。优先级的计算定义为: $P(p) = C(p)D(p)$, 其中 $C(p)$ 代表块的置信度, $D(p)$ 称为数据项, 用于描述边界上点的连续性。而 $C(p)$ 和 $D(p)$ 又定义

如下: $C(p) = \frac{\sum_{q \in \psi_p \cap (I - \Omega)} C(p)}{|\psi_p|}$ $D(p) = \frac{|\nabla I_p^\perp \cdot n_p|}{\alpha}$, 其中 $|\psi_p|$ 是 ψ_p 的面积, α 是一个规范化因子, n_p 是在点 p 处正交于边界 $\partial\Omega$ 的单位正交向量, $\perp$ 指出了正交操作。我们为每个边界

候选块计算其优先级 $P(p)$ 。

4 算法实现细节

我们的算法应用上述两个方面的模型制定了图像填充框架。接下来，我们会分两个部分说明我们的算法。第一个部分就是怎样自动地提取出目标区域的掩模，第二个部分就是通过基于优先级的纹理合成算法恢复原始图像。

(1) 基于向量对 (t_1, t_2) ，从格中得到所有有效的纹素（图 1）。

(2) 通过 k 均值聚类算法为每一个纹素分类前景和背景，再通过前向映射将得到的对应于每个纹素的掩模映射回原图像中纹素的对应位置。 k 均值聚类算法中每一个样本点有六个采样数据（红，绿，蓝，红标准差，绿标准差，蓝标准差）如图 2 中 a 所示，图 2b 中是单个纹素对应的掩模，而 c 是映射回原图像后的结果。

(3) 用纹理合成算法补全图 2c 中未检测到的前景元素，并利用从格中得到的向量信息 $(t_1, t_2, lattice)$ 对其进行修改以得到更精确的掩模。通过计算每一对纹素之间 t_1s 和 t_2s 的偏移量，我们定义了一个圆形滑动窗口如图 3c 所示，它沿着格拓扑结构移动，在窗口内的像素会被赋予白色，否则被赋予黑色，如图 3 所示。

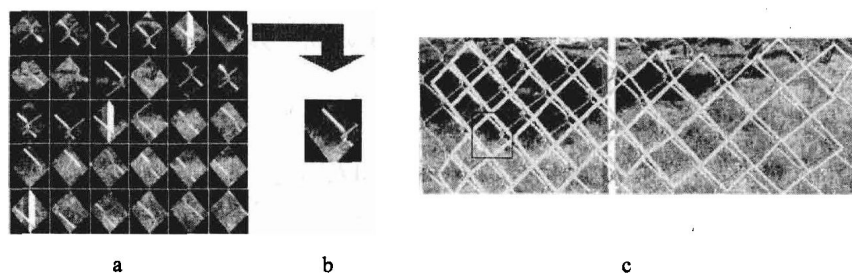


图 1 从格中提取出的所有有效纹素。所有有效纹素用黄色标记在图 c 中，b 是从 c 中取得的一个纹素（由蓝色的矩形框标记），a 展示了从 c 中得到的纹素块。

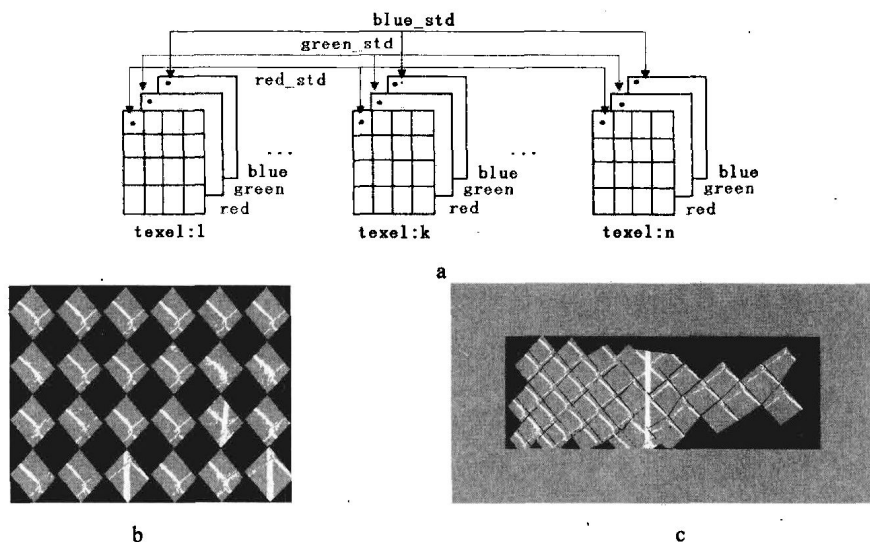


图 2 为每一个纹素提取掩模。a 采样空间。b 单个纹素的掩模。c 映射后的图像。