



JOURNAL OF IMAGE AND GRAPHICS

主办: 中国科学院遥感与数字地球研究所
中国图象图形学学会
北京应用物理与计算数学研究所

中国图象图形学报

2016
01
VOL.21

ISSN1006-8961
CN11-3758/TB



医学图像处理 P69

中国图象图形学报

刊名题字：宋健 | 月刊（1996年创刊）



第21卷第1期（总第237期）
2016年1月16日

中国精品科技期刊
中国国际影响力优秀学术期刊
中国科技核心期刊
中文核心期刊

版权声明

凡向《中国图象图形学报》投稿，均视为同意在本刊网站及CNKI等全文数据库出版，所刊载论文已获得著作权人的授权。本刊所有图片均为非商业目的使用，所有内容，未经许可，不得转载或以其他方式使用。

Copyright

All rights reserved by Journal of Image and Graphics, Institute of Remote Sensing and Digital Earth, CAS. The content (including but not limited text, photo, etc) published in this journal is for non-commercial use.

主管单位 中国科学院
主办单位 中国科学院遥感与数字地球研究所
中国图象图形学学会
北京应用物理与计算数学研究所

主 编 李小文
编辑出版《中国图象图形学报》编辑出版委员会
邮政信箱 北京9718信箱
邮 编 100101
电子信箱 jig@radi.ac.cn
电 话 010-64807995
网 址 www.cjig.cn

广告经营许可证 京朝工商广字第0361号
总 发 行 北京报刊发行局
订 购 全国各地邮局
海外发行 中国国际图书贸易集团有限公司
(邮政信箱: 北京399信箱 邮编: 100048)
印刷装订 北京科信印刷有限公司

Journal of Image and Graphics

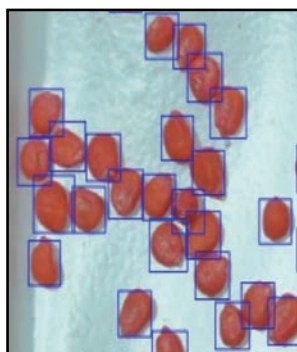
Title inscription: Song Jian | Monthly, Started in 1996

Superintended by Chinese Academy of Sciences
Sponsored by Institute of Remote Sensing and Digital Earth, CAS
China Society of Image and Graphics
Institute of Applied Physics and Computational Mathematics

Editor-in-Chief LI Xiaowen
Editor, Publisher Editorial and Publishing Board of Journal of
Image and Graphics
P.O.Box 9718, Beijing, P.R.China
Zip code 100101
E-mail jig@radi.ac.cn
Telephone 010-64807995
Website www.cjig.cn

Distributed by Beijing Bureau for Distribution of Newspapers and Journals
Domestic All Local Post Offices in China
Overseas China International Book Trading Corporation
(P.O.Box 399, Beijing 100048, P.R.China)
Printed by Beijing Kexin Printing Co., Ltd.

CN 11-3758/TB
ISSN 1006-8961
CODEN ZTTXFZ
国外发行代号 M1406
国内邮发代号 82-831
国内定价 60.00元



多尺度特征融合与极限学习机的玉米种子检测
(第0024页)



深度卷积神经网络的显著性检测(第0053页)



双树复小波域的MRI图像去噪(第0104页)

图像处理和编码

空时形状预测与高效编码

朱仲杰, 王玉儿, 蒋刚毅..... 1

第二小方向导数信息熵的兴趣点检测

卢健, 黄杰, 潘峰..... 8

采用面积采样的反走样字符旋转算法

郑凯文, 刘文波..... 17

图像分析和识别

多尺度特征融合与极限学习机的玉米种子检测

柯道, 杜明智..... 24

图像理解和计算机视觉

结合NSCT和压缩感知的红外与可见光图像融合

陈木生..... 39

Plücker直线描述的空间后方交会

盛庆红, 陈姝文, 肖晖, 张斌, 王青, 费利佳..... 45

深度卷积神经网络的显著性检测

李岳云, 许悦雷, 马时平, 史鹤欢..... 53

计算机图形学

以优先点为中心的Delaunay三角网生长算法

尤磊, 唐守正, 宋新宇..... 60

医学图像处理

快速数字影像重建的2维/3维医学图像配准

刘坤, 吕晓琪, 谷宇, 于荷峰, 任国印, 张明..... 69

小波-Lagrange方法进行医学图像层间插值

武士想, 尚鹏, 王立功..... 78

遥感图像处理

多主体框架下结合最大期望值和遗传算法的SAR图像分割

张金静, 李玉, 赵泉华..... 86

第十届图像图形技术与应用学术会议

视差互信息引导下的立体航空影像与LiDAR点云自动配准

吴军, 胡彦君, 饶云, 彭智勇..... 95

双树复小波域的MRI图像去噪

黄学优, 张长江..... 104

快速定位图像尺度和区域的3维跟踪算法

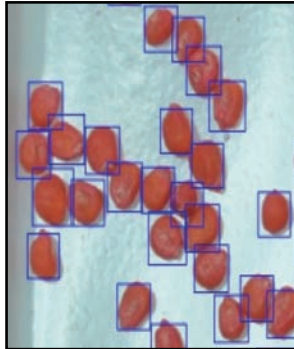
赵奇可, 孙延奎..... 114

局部不变特征点的精度指标

滕日, 周进, 蒋平, 崔雄文..... 122

CONTENTS

JOURNAL OF IMAGE AND GRAPHICS



Detection of maize seeds based on multi-scale feature fusion and extreme learning machine(P0024)



Saliency detection based on deep convolutional neural network(P0053)



MRI denoising based on dual-tree complex wavelet transform(P0104)

Image Processing and Coding

- Spatio-temporal shape prediction and efficient coding
Zhu Zhongjie, Wang Yuer, Jiang Gangyi 1
- Interest point detection by using information entropy of the second small direction derivative
Lu Jian, Huang Jie, Pan Feng 8
- Anti-aliasing algorithm for character rotation based on area sampling
Zheng Kaiwen, Liu Wenbo 17

Image Analysis and Recognition

- Detection of maize seeds based on multi-scale feature fusion and extreme learning machine
Ke Xiao, Du Mingzhi 24

Image Understanding and Computer Vision

- Image fusion of visual and infrared image based on NSCT and compressed sensing
Chen Musheng 39
- Space resection method based on Plücker line
Sheng Qinghong, Chen Shuwen, Xiao Hui, Zhang Bin, Wang Qing, Fei Lijiao 45
- Saliency detection based on deep convolutional neural network
Li Yueyun, Xu Yuelei, Ma Shiping, Shi Hehuan 53

Computer Graphics

- Growth algorithm centered on priority point for constructing the Delaunay triangulation
You Lei, Tang Shouzheng, Song Xinyu 60

Medical Image Processing

- The 2D/3D medical image registration algorithm based on rapid digital image reconstruction
Liu Kun, Lyu Xiaoqi, Gu Yu, Yu Hefeng, Ren Guoyin, Zhang Ming 69
- Inter-slice interpolation for medical images by using the wavelet-lagrange method
Wu Shixiang, Shang Peng, Wang Ligong 78

Remote Sensing Image Processing

- Combining the expectation maximization and genetic algorithms for SAR image segmentation within a MAS framework
Zhang Jinjing, Li Yu, Zhao Quanhua 86

Column of IGIA' 2015

- Automatic registration of aerial stereo imagery to LiDAR data through iterative parallax mutual information computation
Wu Jun, Hu Yanjun, Rao Yun, Peng Zhiyong 95
- MRI denoising based on dual-tree complex wavelet transform
Huang Xueyou, Zhang Changjiang 104
- Three dimensional tracking with fast locating of image scale and area
Zhao Qike, Sun Yankui 114
- Extraction precision of local invariant feature points
Teng Ri, Zhou Jin, Jiang Ping, Cui Xiongwen 122

中图法分类号: TP391 文献标识码: A 文章编号: 1006-8961(2016)01-0017-07

论文引用格式: Zheng K W, Liu W B. Anti-aliasing algorithm for character rotation based on area sampling[J]. Journal of Image and Graphics, 2016, 21(1):0017-0023. [郑凯文, 刘文波. 采用面积采样的反走样字符旋转算法[J]. 中国图象图形学报, 2016, 21(1):0017-0023.] [DOI: 10.11834/jig.20160103]

采用面积采样的反走样字符旋转算法

郑凯文, 刘文波

南京航空航天大学自动化学院, 南京 210016

摘要: **目的** 针对现有字符反走样算法中灰度分配不准确导致的字符抖动、实时性较差等问题, 提出一种高效的反走样算法。**方法** 首先, 算法基于面积采样原理, 根据周围邻域的像素点来分配灰度, 使像素点的坐标定位更加准确, 从而解决了字符动态显示时抖动的问题; 其次, 通过反向坐标变换消除了字符旋转后出现的空洞现象; 最后, 算法充分利用了 FPGA 的并行计算能力, 在时间和空间上都做到了优化。**结果** 实验结果表明, 本文算法很好地解决了字符抖动问题, 并且新算法的仿真速度约为传统算法的 6 倍以上, 比五株排列算法提高了 30%。**结论** 相比其他算法, 新算法的优势体现在两个方面, 一是字符的灰度过渡平滑, 反走样效果更好; 二是速度快, 实时性高, 新算法适用于工程中各种场合下点阵字符的显示, 尤其是实时性要求高的环境。

关键词: 反走样; 面积采样; 字符旋转; 灰度分配; 现场可编程门阵列

Anti-aliasing algorithm for character rotation based on area sampling

Zheng Kaiwen, Liu Wenbo

College of Automation Engineering, Nanjing University of Aeronautics and Astronautics, Nanjing 210016, China

Abstract: **Objective** Character is a basic element of graphics. Its anti-aliasing algorithm is one of the basic content of computer graphic research. To solve the jitter and bad real-time capability problems caused by inaccurate grayscale distribution in the traditional anti-aliasing algorithm for character rotation, an efficient anti-aliasing algorithm is proposed. **Method** First, the algorithm is based on the principle of area sampling and assigns grayscales according to the four pixels around the neighborhood. This feature increases the preciseness of the coordinate positioning of each pixel and solves jitter problems when the character is dynamically displayed. Second, the void phenomenon appearing after the character rotation is eliminated by the reverse coordinate transformation. Finally, the algorithm makes full use of the parallel computing ability of FPGA and is optimized in time and space. **Result** Experimental results show that the proposed algorithm solves the problem of character jitter well. The simulation speed obtained by the new algorithm is nearly six times more than that obtained by the traditional algorithm and is also faster than that of the Quincunx algorithm by 30%. **Conclusion** Compared with other algorithms, the advantages of the new algorithm are reflected in two aspects. On one hand, the grayscale of characters has smooth transitions and better anti-aliasing effects; on the other, it is fast and operates in real time. The new algorithm is applicable to the display of dot matrix characters on various occasions in engineering, particularly in high real-time environments.

Key words: anti-aliasing; area sampling; character rotation; grayscale distribution; field programmable gate array

收稿日期: 2015-06-18; 修回日期: 2015-09-20

第一作者简介: 郑凯文 (1990—), 男, 南京航空航天大学测试计量技术及仪器专业在读硕士研究生, 主要研究方向为计算机图形学、信号处理等。E-mail: nuaakevin@nuaa.edu.cn

0 引言

目前,光栅图形显示器是一类应用很广泛的图形显示器,它由一系列离散的像素点组成,当用它显示直线、圆弧等图元时,会出现明显的锯齿状现象,严重影响了显示效果。这是用离散量表示连续量引起的失真走样现象。走样会使图元变形,甚至产生误解,工程上需要减少或消除这种现象,称为反走样^[1]。经过反走样算法处理后图元具有很好的视觉效果。

直线、圆和字符等基本图元的生成算法对光栅图形系统的计算效率和显示效果有着重要影响。自20世纪70年代起,这些图元的反走样算法已经开始研究,至今仍受到关注^[2-7]。

常用的反走样方法分为两类:提高分辨率和区域采样。提高分辨率可以使图形显示更加平滑,但这依赖于硬件水平的提高,代价非常大,所以这种方法使用较少。区域采样是反走样的主流方法,它把像素点看成一块区域,像素点的灰度与图元覆盖的面积成正比,并且反走样效果较好^[8-10]。

直线和圆的反走样研究比较深入,形成了一些成熟的算法。文献[11]提出了根据像素点到理想直线的近似距离来分配不同的灰度,从而实现反走样,这种算法计算效率很高。文献[12]提出把实际像素点划分成更小的子像素,再计算子像素的个数作为灰度的大小,有效地提高了反走样效果,但是增加了内存开销。文献[13]提出了一种基于矩形区域采样的圆弧反走样算法,算法中需要进行平方运算,计算量较大。为了提高反走样速度,文献[14]提出了针对对称直线的圆锥滤波算法,比传统圆锥滤波算法速度提高了一倍,但要求直线的斜率较小。

字符根据旋转类型可以分成两类:非自身旋转字符(即字符整体平移或绕某一非字符中心旋转)和自身旋转字符(即字符整体绕字符中心旋转)。两类字符在旋转后也会出现明显的锯齿状现象,走样严重时将变得难以识别,需要进行必要的反走样处理。本文对字符反走样技术进行了研究,提出了一种反走样字符旋转算法。该算法根据面积采样原理,使字符中像素点的灰度计算准确,可以达到良好的视觉效果。同时,在基于现场可编程门阵列(FPGA)的测试系统下验证了字符旋转算法的正确性。

1 相关工作分析

1.1 传统字符旋转反走样

传统字符旋转反走样算法通过旋转大号字符点阵,加权区域采样后生成对应小号字符的多灰度级点阵。其实质是在高分辨率下采用加权平均算法进行计算,再把结果转化到低分辨率上进行显示^[15-16]。

以 16×16 字符为例,先从 48×48 字库提取字符点阵并按要求旋转,旋转后的字符点阵存入缓冲区;将缓冲区划分为若干个相等的小区域,每个小区域包含9个像素点,对每个小区域进行加权采样,权值如图1所示,结果保存到数组对应位置中;用数组中信息来显示 16×16 的字符。

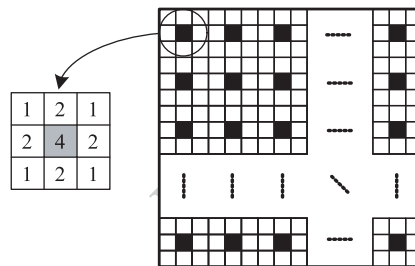


图1 权值分配及加权区域采样

Fig. 1 Weight distribution and weighted area sampling

传统算法可以实现非自身、自身旋转字符的反走样,一定程度上消除了锯齿,但是灰度级范围为 $0 \sim 16$ 共17级,字符显示时存在亮度较低的问题。

1.2 五株排列(Quincunx)反走样

五株排列反走样算法先将原字符点阵旋转,把旋转后的新字符点阵坐标取整后存入缓存,对缓存中的点阵作“五株排列”反走样^[17]。

五株排列的基本原理如下:如图2所示,获取对同一个字符点阵的两个样本A、B(两者完全相同),将其中一个样本B分别在 x 、 y 方向上平移半个像素单位,然后和另一个样本A叠加,这样在一个像素周围就有4个像素,形成了五株排列的图形。在此基础上计算,一个像素点的灰度由该点和它周围4个像素点的灰度加权平均得到,图中给出了权值。

五株排列反走样算法对自身旋转和非自身旋转字符都适用,同时硬件实现比较简单,只有加法和移位运算。但是,在实际应用中存在问题:字符旋转后会出现空洞、断点等现象,这是由于旋转后多个点取

整的坐标重叠导致的,并且点阵的灰度过渡不平滑,反走样效果较差。

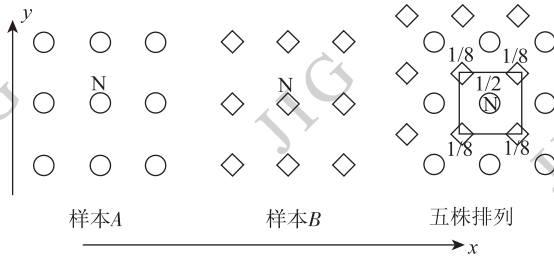


图2 五株排列反走样

Fig. 2 Quincunx anti-aliasing

1.3 现有反走样算法的局限性

现有的两种反走样算法可以在一定程度上提高字符的显示效果,但这些方法有其局限性:

1) 加权区域采样后再求灰度的过程计算量比较大;计算中频繁的访问缓冲区,时间开销非常大,不适合应用在实时性要求高的场合。

2) 两种算法的坐标取整引入误差以及灰度分级数目较小使得很难精确每一个点的灰度值。当显示连续的多帧动态画面时,字符在旋转过程中会出现明显的跳动现象。

通过对现有字符旋转反走样算法的分析,提出一种新的反走样字符旋转算法,该算法基于面积采样原理,像素的灰度计算准确,字符显示效果良好,很好地解决了上述问题。

2 新的字符旋转反走样算法

2.1 面积采样思路

实际的像素并不是一个点,而是一个有限的区域,图元都是由这些有限区域组成的。本文采用面积采样的方法,也称作不加权的区域采样,如图3所示,图中黑色正方形表示实际像素点。

当图元(如直线、圆弧、字符)中的理想点经过实际像素点时,所有与理想点相交的实际像素点(一般情况下有周围4个)都应分配适当的灰度,灰度大小应该与其所占理想点的面积大小成正比,即 $G_A = G_I \times S_A$,如图3所示,其中 G_A 表示实际像素点A的灰度, S_A 表示点A所占理想点I的面积, G_I 表示理想点I本身的灰度。这样就可以通过周围像素点灰度的起伏变化来减轻锯齿效应,从而提高画面真实感。

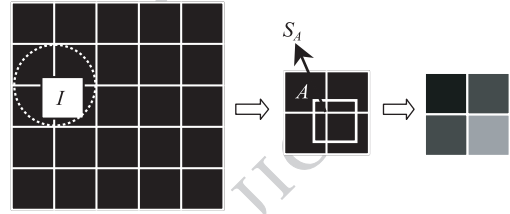


图3 基于面积采样的灰度分配

Fig. 3 Grayscale distribution based on area sampling

2.2 非自身旋转字符反走样

字符的旋转只需考虑字符中心点的旋转,根据点与点之间固定的距离,就可以获得整个点阵旋转后的位置。一般地,旋转后的点阵坐标不再是整数,和屏幕像素点不能一一对应,显示时需要进行栅格化。此时字符点阵可以通过面积采样原理完成像素点的灰度变化,从而实现反走样效果。

如图4所示,为了计算简便放大了像素点之间的距离,圆形代表实际屏幕像素点,方形代表非自身旋转字符点阵。记字符点阵左上角点A坐标为 $(x_i + x_f, y_i + y_f)$ (其中 x_i 和 y_i 分别为横纵坐标的整数部分, x_f 和 y_f 分别为横纵坐标的小数部分)。

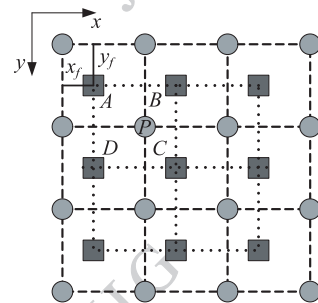


图4 非自身旋转字符反走样

Fig. 4 Anti-aliasing characters of non-self rotation

根据面积采样原理,字符点阵中每一个点对其周围相邻的4个屏幕像素点进行灰度分配,灰度分配计算方法为

$$\begin{cases} G_{tl} = G_{\text{char}} \cdot (1 - x_f) \cdot (1 - y_f) \\ G_{tlb} = G_{\text{char}} \cdot (1 - x_f) \cdot y_f \\ G_{tr} = G_{\text{char}} \cdot x_f \cdot (1 - y_f) \\ G_{trb} = G_{\text{char}} \cdot x_f \cdot y_f \end{cases} \quad (1)$$

式中, G_{tl} 为分配给左上点的灰度值, G_{tr} 为分配给右上点的灰度值, G_{tlb} 为分配给左下点的灰度值, G_{trb} 为分配给右下点的灰度值, G_{char} 为字符点阵中某一点的灰度值(点亮为1对应满灰度值,不点亮为0对应零灰度值)。以图中屏幕像素点P为例,点P的灰

度仅受 A 、 B 、 C 、 D 点影响,记这 4 点的灰度分别为 G_A 、 G_B 、 G_C 、 G_D ,根据式(1),这 4 个点对点 P 的灰度贡献值为

$$\begin{cases} G_A' = G_{A_{rb}} = G_A \cdot x_f \cdot y_f \\ G_B' = G_{B_{lb}} = G_B \cdot (1 - x_f) \cdot y_f \\ G_C' = G_{C_{lt}} = G_C \cdot (1 - x_f) \cdot (1 - y_f) \\ G_D' = G_{D_{rt}} = G_D \cdot x_f \cdot (1 - y_f) \end{cases} \quad (2)$$

进而得到像素点 P 的灰度值 G_P ,即

$$G_P = G_A' + G_B' + G_C' + G_D' \quad (3)$$

其余屏幕像素点的灰度值计算方法和点 P 类似。经过灰度分配,字符点阵不仅完成了栅格化,而且提高了点阵的坐标精度,从而解决了字符点阵动态显示时抖动的问题。

2.3 自身旋转字符反走样

自身旋转字符旋转过程如图 5 所示。由于现有字符旋转反走样算法存在坐标定位精度不高、时间开销大等问题,提出了一种新的方法——点阵反求法。以 24×24 点阵字符为例,字符旋转后点阵最大扩大 $\sqrt{2}$ 倍,为 34×34 点阵。按照“反求”的思路,把 34×34 点阵中的每一个点反向旋转,如图 6 所示。若反向旋转后的点在原点阵外,那么这个点的灰度为零;若反向旋转后的点在原点阵内,这个点一定被原点阵中的 4 个点包围,按照面积采样原理,这 4 个点对反向旋转点进行灰度分配。

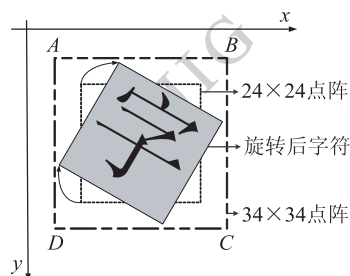


图 5 字符点阵自身旋转示意

Fig. 5 Character dot matrix self-rotation

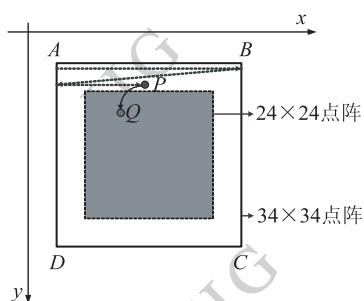


图 6 反求法遍历字符点阵

Fig. 6 Traversal character dot matrix using inverse method

本文算法步骤如下:

1) 记原字符点阵左上角点坐标 (x, y) , 计算点阵中心坐标为 $(x + 12, y + 12)$, 以此为中心求出对应的 34×34 点阵, 范围是以顶点 $(x - 5, y - 5)$ 、 $(x + 28, y + 28)$ 为对角线的矩形区域 $ABCD$;

2) 反向旋转 34×34 点阵中的点, 坐标点 $P(x - 5 + i, y - 5 + j)$ ($0 \leq i < 34, 0 \leq j < 34$) 反向旋转后的坐标 Q 记为 $(x_i + x_{if}, y_j + y_{jf})$ 。

3) 若点 Q 不在原字符点阵范围内, 那么点 P 不会被正向旋转所影响, 将其灰度置为零; 若点 Q 在原字符点阵范围内, 那么点 P 会被正向旋转所影响 (即 $P \Leftrightarrow Q$), 计算原点阵中包围点 Q 的 4 个点对点 Q 的灰度影响程度, 如图 7 所示。

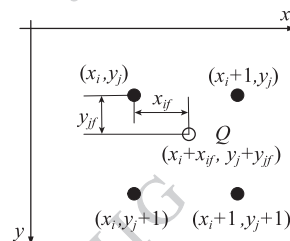


图 7 自身旋转字符反走样

Fig. 7 Anti-aliasing characters of self-rotation

4) 记点 (x_i, y_j) 的灰度值为 $G(x_i, y_j)$ (点亮为 1 对应满灰度, 不点亮为 0 对应零灰度), 根据面积采样原理可求出点 $Q(x_i + x_{if}, y_j + y_{jf})$ 的灰度值为

$$\begin{aligned} G(x_i + x_{if}, y_j + y_{jf}) = & G(x_i, y_j) \cdot (1 - x_{if}) \cdot (1 - y_{jf}) + \\ & G(x_i + 1, y_j) \cdot x_{if} \cdot (1 - y_{jf}) + \\ & G(x_i, y_j + 1) \cdot (1 - x_{if}) \cdot y_{jf} + \\ & G(x_i + 1, y_j + 1) \cdot x_{if} \cdot y_{jf} \end{aligned} \quad (4)$$

即求得旋转后字符点阵中点 $P(x - 5 + i, y - 5 + j)$ 的灰度。

5) 按照从左往右、从上往下的顺序, 依次反向旋转 34×34 点阵即可求出完整的自身旋转字符点阵。

点阵反求法不仅可以消除字符旋转后出现的空洞现象, 而且新算法不需要对旋转点阵进行缓存, 点阵反求后根据面积采样定理直接分配灰度, 相比现有算法, 在时间和空间上都进行了优化。

3 算法简化与实现

3.1 算法简化

不论哪一种算法都需要进行点的旋转,点旋转公式为

$$\begin{cases} x' = (x - x_c) \cos(\theta) - (y - y_c) \sin(\theta) + x_c \\ y' = (y - y_c) \cos(\theta) + (x - x_c) \sin(\theta) + y_c \end{cases} \quad (5)$$

式中, (x_c, y_c) 为旋转中心, (x, y) 为待旋转点, (x', y') 为旋转后对应点, θ 为旋转角度。

点旋转需要进行乘法和三角函数运算,不利于提高效率和硬件实现。然而,旋转计算必须用到乘法,只能考虑消除更加复杂的三角函数运算。

为了简化运算,采用查表法根据 θ 获取 $\sin(\theta)$ 和 $\cos(\theta)$ 。旋转角 θ 的范围为 $[0^\circ, 90^\circ]$,最小分辨率为 0.1° , θ 每个三角函数需要存储 901 个单元的函数值。计算中,旋转角度 θ 需要根据三角函数的性质变换到 $[0^\circ, 90^\circ]$ 的范围中。

根据式(3)(4),非自身、自身旋转字符在进行灰度分配时都要进行加法和乘法运算,而灰度分配主要依赖旋转后点 (x', y') 的小数部分,即 x_f 和 y_f 。为了避免乘法运算以及简化计算,根据 x_f 和 y_f 的组合量查表(查找表存放在指定的存储空间)获取邻域 4 个点对旋转后点的灰度影响值。

3 种算法对每生成一点计算量的比较如表 1。

表 1 3 种算法每一点的计算量

Table 1 Calculation of each point in three algorithms

算法	点旋转				反走样处理		
	三角函数	乘法	加法	查表	加法	移位	查表
传统	2	4	8	0	8	5	0
五株排列	2	4	8	0	4	2	0
本文	0	4	8	1	3	0	1

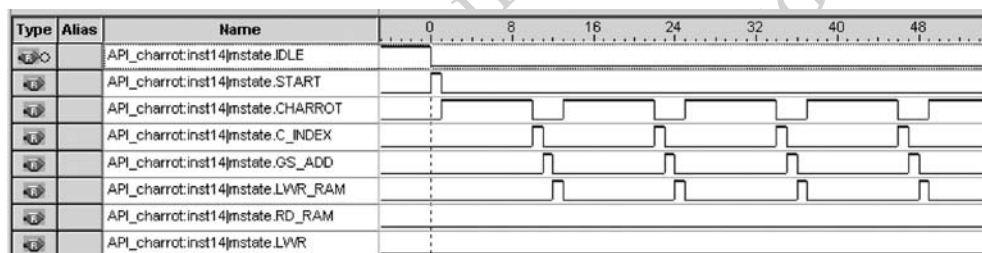


图 9 字符旋转计算过程

Fig. 9 Character rotation calculations

3.2 硬件实现

算法硬件实现的步骤如下:

- 1)加载字符点阵,将点阵数据保存到内部寄存器;
- 2)根据旋转角查找表获取 $\sin(\theta)$ 和 $\cos(\theta)$, 进行旋转;
- 3)判断字符旋转类型,选择对应的 $x_f - y_f$ 查找表获取邻域 4 个点的灰度影响值,并叠加;
- 4)输出反走样点阵。

本文设计了以 FPGA 为核心的图形生成硬件加速测试系统,系统由核心处理器 FPGA、帧存储器 A 和 B、液晶显示器 LCD、字库 Flash、时钟电源模块等部分组成,硬件架构如图 8 所示,其中 CB、AB、DB 分别表示控制、地址、数据总线,CLK 表示显示驱动时钟。

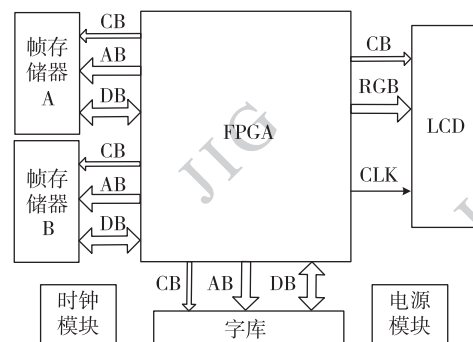


图 8 图形生成测试系统

Fig. 8 Graphics generation test system

系统运行时,从字库加载点阵信息,在 FPGA 内部计算,把当前字符的计算结果保存在一片帧存储器中,同时从另一片帧存储器读出已经计算完成的字符用于显示,完成计算和显示的乒乓操作,实现了字符旋转反走样的动态显示。

通过 Signaltap II 逻辑分析仪可以获取算法在 FPGA 内部的计算过程,如图 9 所示。

4 算法对比

分别从仿真速度、反走样效果两个方面对传统字符旋转反走样算法、五株排列字符反走样算法和本文算法进行对比。

4.1 仿真速度

为了比较各种算法的仿真速度,在 Pentium(R) 2.1 GHz 双核、内存 4 GB 的计算机,用 MATLAB 编程实现 3 种反走样算法。以 24×24 点阵字符为例,表 2 给出了 3 种算法在不同旋转角下完成非自身和自身旋转字符的单个运算时间。

表 2 3 种算法单次运行时间

Table 2 Single runtime of three algorithms

算法	/ms					
	非自身旋转字符			自身旋转字符		
	10°	45°	80°	10°	45°	80°
传统	5.298	5.262	5.275	9.992	9.959	9.937
五株排列	1.101	1.115	1.109	1.469	1.443	1.432
本文	0.855	0.832	0.856	1.087	1.061	1.039

由表 2 可知,本文算法在软件平台上实现非自身、自身旋转字符的速度比传统算法分别快 6 倍和 9 倍;同时本文算法的效率相比五株排列算法也提高了 30%,因此本文算法的实时性较高。在硬件实现方面,现有两种算法计算中频繁访问缓冲区,时间开销大,不利于在硬件上提高效率;而本文算法将三角函数、乘法运算转化为查表,减少了计算量,易于 FPGA 硬件加速实现。

4.2 反走样效果

以自身旋转字符为例,3 种算法在不同旋转角下生成的字符效果如图 10 所示。

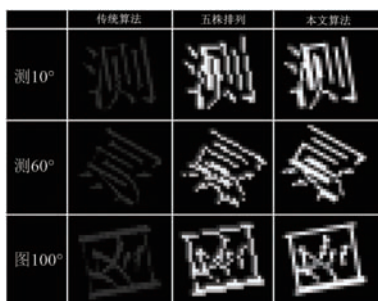


图 10 3 种算法的反走样效果

Fig. 10 Anti-aliasing effect of three algorithms

从图 10 中可以看出,传统算法的字符灰度过渡相对平滑,但是字符亮度明显不足,这是由于算法的灰度级范围太小造成的;五株排列算法的字符会出现区域的锯齿现象,灰度过渡不平滑,反走样效果不佳;相比上述两种算法,本文算法的字符亮度合适,灰度过渡平滑,视觉效果更好。

5 结论

提出的反走样字符旋转算法,根据面积采样原理,通过对周围邻域 4 个点进行灰度分配,保证了每一个像素点灰度的准确性,大大改善了字符动态显示时抖动的问题;反求法对自身旋转字符点阵每一点坐标的定位更加精确,消除了字符旋转后出现的空洞现象,并且在时间和空间上都做到了优化,实时性高。本文将算法移植到 FPGA 上,充分利用 FPGA 并行计算能力,可获得良好的反走样视觉效果。

由于矢量字符具有放缩不失真的特性,矢量字符比点阵字符具有更好的视觉效果。今后将进一步研究矢量字符的数学模型以及它在光栅显示器下显示的反走样算法。

参考文献 (References)

- [1] James D F. Introduction to Computer Graphics [M]. Beijing: China Machine Press, 2004: 48-56. [James D F. 计算机图形学导论 [M]. 北京: 机械工业出版社, 2004: 48-56.]
- [2] Waller M D, Ewins J P, White M, et al. Efficient coverage mask generation for antialiasing [J]. IEEE Computer Graphics and Applications, 2000, 20(6): 86-93.
- [3] Boyer V, Bourdin J. Auto-adaptive step straight-line algorithm [J]. IEEE Computer Graphics and Applications, 2000, 20(5): 67-69. [DOI:10.1109/38.865882]
- [4] Jiang X, Zhang H C, Jing Y Z. Study on algorithms for three pixel thick straight line with antialiasing [J]. Journal of Nanjing University of Aeronautics & Astronautics, 2003, 35(2): 148-151. [江修, 张焕春, 经亚枝. 三像素宽反走样直线的绘制算法研究[J]. 南京航空航天大学学报, 2003, 35(2): 148-151.] [DOI:10.3969/j.issn.1005-2615.2003.02.008]
- [5] Liu Y K, Shi J Y. Double-step circle drawing algorithm with and without grey scale [J]. Journal of Computer-Aided Design & Computer Graphics, 2005, 17(1): 34-41. [刘勇奎, 石教英. 圆的像素级生成及反走样算法[J]. 计算机辅助设计与图形学学报, 2005, 17(1): 34-41.] [DOI:10.3321/j.issn:1003-9775.2005.01.005]

- [6] Jia Y L, Zhang H C, Jing Y Z. Integral algorithm for circle anti-aliasing [J]. Journal of Image and Graphics, 2012, 17(1): 130-136. [贾银亮, 张焕春, 经亚枝. 圆的整数反走样生成算法[J]. 中国图象图形学报, 2012, 17(1): 130-136] [DOI: 10.11834/jig.20120118]
- [7] Niu L Q, Zhang S N, Zhong L. Integral algorithm for generating anti-aliased straight line controlled by gray iteration [J]. Journal of Image and Graphics, 2013, 18(1): 115-122. [牛连强, 张胜男, 钟玲. 反走样直线的灰度循环生成算法[J]. 中国图象图形学报, 2013, 18(1): 115-122.] [DOI: 10.11834/jig.20130115]
- [8] Rokita, P. Depth-based selective antialiasing [J]. Journal of Graphics Tools, 2005, 10(3): 19-26.
- [9] Xu X L, Hong B. A sub-pixel regional sampling anti-aliasing algorithm based on integer coordinate [J]. Journal of Image and Graphics, 2009, 14(12): 2438-2442. [徐小良, 洪波. 一种基于整数坐标的亚像素精度区域采样反走样算法[J]. 中国图象图形学报, 2009, 14(12): 2438-2442.] [DOI: 10.11834/jig.20091202]
- [10] Kong L D. Research on area-weighted antialiasing algorithm [J]. Journal of Engineering Graphics, 2009, 30(4): 49-54. [孔令德. 基于面积加权反走样算法的研究[J]. 工程图学报, 2009, 30(4): 49-54.] [DOI: 10.3969/j.issn.1003-0158.2009.04.009]
- [11] Wu X. An efficient antialiasing technique [J]. Computer Graphics, 1991, 25(4): 143-152. [DOI: 10.1145/127719.122734]
- [12] Schilling A. A new simple and efficient antialiasing with subpixel masks [J]. Computer Graphics, 1991, 25(4): 133-141.
- [13] Field D. Algorithms for drawing anti aliased circles and ellipses [J]. Computer Vision, Graphics, and Image Processing, 1986, 33(1): 1-15. [DOI: 10.1016/0734-189X(86)90218-5]
- [14] Liu T, Gao Q W, Zhao G R. A new antialiasing technique for drawing straight line based on cone filter [J]. Journal of Engineering Graphics, 2006, 3(1): 61-64. [刘涛, 高青伟, 赵国荣. 一种新的基于圆锥滤波的直线反走样生成技术[J]. 工程图学学报, 2006, 3(1): 61-64.] [DOI: 10.3969/j.issn.1003-0158.2006.03.011]
- [15] Du H T, Kang X H, Jing Y Z. Antialiasing rotation of small chinese character [J]. Journal of Data Acquisition & Processing, 1999, 14(4): 480-484. [杜海涛, 康旭红, 经亚枝. 小号汉字反走样旋转算法的研究与实现[J]. 数据采集与处理, 1999, 14(4): 480-484.] [DOI: 10.3969/j.issn.1004-9037.1999.04.017]
- [16] Beaudoin P, Poulin P. Compressed multisampling for efficient hardware edge anti-aliasing [C]//Proceedings of Graphics Interface 2004. London, Ontario, Canada: AK Peters/CRC Press, 2004: 169-176.
- [17] Jia Y L. Research on combined graphics display system in aircraft cockpit based on FPGA + DSP [D]. Nanjing: Nanjing University of Aeronautics and Astronautics, 2011. [贾银亮. 基于FPGA + DSP的飞机座舱综合图形显示技术研究[D]. 南京: 南京航空航天大学, 2011.]