

文章编号:1007-2780(2009)01-0130-05

全罗盘画面中的刻度线反走样技术

姜丹丹,李成贵

(北京航空航天大学 仪器科学与光电工程学院,北京 100083,E-mail:jdd198401@sohu.com)

摘 要: 随着计算机及图形学技术的发展,座舱仪表对图形显示的质量提出了更高的要求。由于硬件系统采用的是光栅图形显示系统,罗盘画面旋转受光栅扫描显示器的限制存在着锯齿形失真、扭曲等走样现象。针对这个问题,通过分析走样现象产生的原因,采用 Bresenham 算法应用于罗盘刻度线的生成,获得了明显的反走样效果。利用直线对称性和圆的对称性,提高了全罗盘画面的生成速度。

关 键 词: 走样;Bresenham 算法;对称性

中图分类号: TN873+.93; TN911.73

文献标识码: A

1 引 言

在矩阵式液晶显示器中,像素以点阵式分布,其驱动通常为逐行扫描方式,有时也采用随机点扫描方式。在矩阵式液晶显示器上绘制非水平且非垂直直线或多边形边界时,由于直线或多边形边界在矩阵式液晶显示器的对应图形都是由一系列相同亮度的离散像素构成的,所以视像素尺寸和分辨率的不同,或多或少会呈现锯齿状。这种用离散量表示连续量引起的失真,称为走样;而用于减少或消除这种效果的技术,就称为反走样。提高分辨率、非加权区域采样和加权区域采样^[1]是常用的几种反走样方法。

本文针对飞机座舱显示,提出了基于 Bresenham 算法的精确的反走样算法,有效地消除了直线在旋转时产生的走样和扭曲现象。

2 二维图形生成和变换技术

由计算机产生的图形和日常见到的图形和照片一样,根据图形实际所在的空间,分为二维图形和三维图形。二维图形又称为平面图形,三维图形又称为立体图形。在当前的技术条件下,三维图形最终还得在二维平面显示设备上表示^[2]。

一幅图最简单的几何成分是点和直线,此外还有曲线、多边形区域以及字符等。在输出设备上输出一个点,就是把应用程序中的坐标信息转

换成所用输出设备的相应指令。对于 CRT 监视器而言,输出一个点就是要在指定的屏幕位置上开启(接通)电子束,使该位置上的荧光点发光;对于光栅显示器而言,则是要将帧缓存中指定坐标位置处的值置为“1”,然后当电子扫视每一条水平扫描线时,一旦遇到帧缓存中值为“1”的点,就发射一亮光^[2];对于随机扫描显示器而言,画点的指令保存在显示文件中,该指令把坐标值转化成偏转电压,并在每一个刷新周期内,使电子束偏转到相应位置。

图形输出的最基本图形是直线图形,图形显示器屏幕上的像素组成的点阵是直线网格状点阵。无论什么复杂图形,都是由直线段和曲线段组成(三维图形经投影后最终变成二维图形),而图形设备显示曲线段时,最终还是将曲线段转化成一系列直线段来逼近表示。因此,所有图形都可以看成是由直线段组成^[3]。

一般而言,任何图形输出设备都能准确地画出水平线段和垂直线段,但要画出一条准确的斜线则并非易事。图形显示器是由一个个排列有序的像素所构成,单位面积内的像素越多则分辨率越高。VGA 显示器的分辨率为 640×480 ,可视为由 640 条竖线和 480 条横线组成的矩阵,横线和竖线的交点为像素。显示器上的一条线段就是由一些离散的像素所组成的,如图 1 所示。

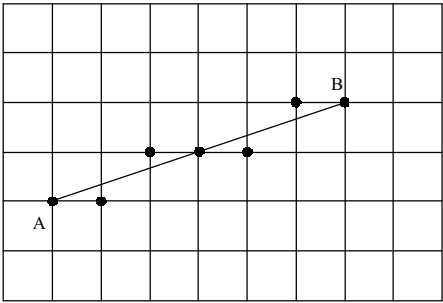


图 1 由像素组成的线段
Fig. 1 Line consisted of pixels

3 直线段的生成

直线段是最基本的图形。直线段生成的质量好坏与速度快慢直接影响整个图形生成的质量和速度,所以,直线生成算法在图形软件设计中起着关键的作用。在显示器上,最基本的绘图方式是画 X 方向或 Y 方向上的直线段。由于所画的这种直线段可以很短,所以可以通过一系列这样很短的直线段来近似生成任意位置上的一条直线段。在光栅显示器上,显示图形是指将线段上所有像素点点亮的过程。如果已知直线段的 2 个端点,那么可以有多种不同的数学方法来决定应改变在两端点之间的哪些像素的亮度值才能显示出两点间的直线^[4]。常用的扫描转换方法有数值微分法和 Bresenham 算法。

3.1 数值微分法(DDA 法)

数值微分法即 DDA 法(Digital Differential Analyzer),是一种基于直线的微分方程来生成直线的方法。

设 (x_1, y_1) 和 (x_2, y_2) 分别为所求直线的端点坐标,由直线的微分方程可知 $\frac{dy}{dx}$ 为直线的斜率,即

$$\frac{\Delta y}{\Delta x} = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1} \tag{1}$$

可通过计算由 x 方向的增量 Δx 引起 y 的改变来生成直线,由 $y_{i+1} = y_i + \Delta y$ (y_i 为直线上某步的初值)可得:

$$y_{i+1} = y_i + \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1} \Delta x \tag{2}$$

也可通过计算由 y 方向的增量 Δy 引起 x 的改变来生成直线,若设 $x_{i+1} = x_i + \Delta x$,则由式(1)

可得:

$$x_{i+1} = x_i + \frac{x_2 - x_1}{y_2 - y_1} \cdot \Delta y \tag{3}$$

式(2)和(3)是递推的。

该算法的基本思想是:选定 $x_2 - x_1$ 和 $y_2 - y_1$ 中较大者作为步进方向(假设 $x_2 - x_1$ 较大)。取该方向上的 Δx 为一个像素单位长,即 x 每次递增一个像素,然后利用式(2)计算相应的 y 值,把每次计算出的 (x_{i+1}, y_{i+1}) 经取整后顺序输出到显示器,则得光栅化后的直线^[5]。

3.2 Bresenham 法

Bresenham 画线算法是计算机图形学领域中使用最广泛的直线扫描转换算法。该算法最初是为数字绘图仪设计的,后来被广泛用于直线的扫描转换与其它一些应用。为了讨论方便,本文在假定直线的斜率在 0~1 之间。其它情况类似处理。每次循环生成真线上一点的算法称为单点直线生成算法,作为单点直线生成算法,Bresenham 算法已经使用了最小的计算量。

图 2 显示了该算法的原理。设直线的斜率 $e = dy/dx$,起点坐标为 $(0,0)$, $0 < e < 1$,x 轴每向右增加 1,y 坐标便增加 e,到底是点亮 $(1,1)$ 还是 $(1,0)$,取决于这 2 个像素哪一个距离实际直线近。如图 2 所示,对直线 1, $e_1 < 1/2$,于是点亮点 $(1,0)$;而直线 2 的斜率 $e_2 > 1/2$,所以点亮点 $(1,1)$ 。以后每向 x 轴前进一个像素,通过对 y 轴增量的比较,依次点亮距离实际直线最近的像素,便可完成直线的绘制^[6]。

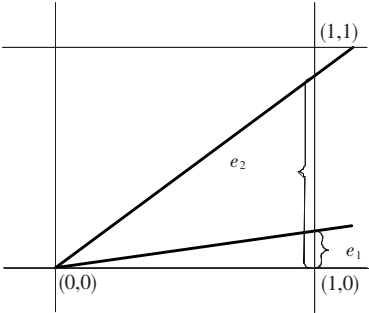


图 2 Bresenham 算法示意图
Fig. 2 Sketch map of Bresenham arithmetic

上述 Bresenham 算法在计算直线斜率和误差项时要用到浮点算术运算和除法。采用整数算术运算和避免除法可以加快算法的速度。由于上述算法只用到误差项的符号,因此可以进行简单

变换,可把 $e=dy/dx$ 放大 dx 倍即可得到整数运算。

单用数值微分法和 Bresenham 算法在光栅显示器中画直线都会产生锯齿。相对于数值微分法,Bresenham 算法的巧妙之处在于采用增量计算,使得对于每一列,只要检查一个误差项的符号就可以确定该列的所求像素,计算量小。

本文在 Bresenham 算法的基础上结合图形反走样原理提出了改进的 Bresenham 反走样法。

4 图形的反走样算法

4.1 反走样算法的原理

图形的反走样算法,一般的思想是把像素看作一个有限区域,而不是一个点。本文所采用的直线反走样算法的基本原理是:在算法中,直线段每向主轴(长轴)方向前进一个像素单位,则沿从轴方向在该线段两侧各绘制一个像素点,每个像素点都以绘制颜色的亮度乘以某个权作为实际亮度,每个像素点的权等于 1 减去该像素点在从轴方向上与理想线段之间的距离。图 3 为图解算法的原理。图中的直线段是以亮度不同的 3 对像素点来绘制,这是和 Bresenham 法用相同亮度的 3 个像素点绘制线段的不同之处。

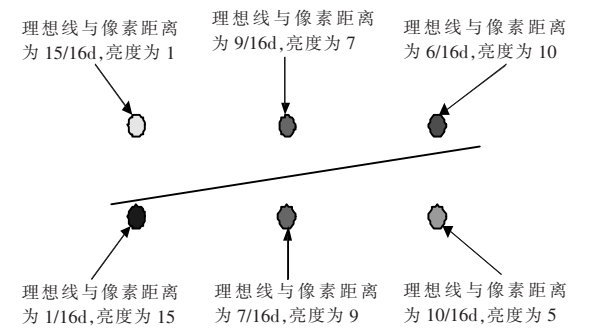


图 3 直线的反走样原理

现将包含线段的每 2 个像素点的亮度之和设置为 1,就是说,它们亮度的和正好是绘制时的颜色。这意味着,这样绘制出来的线段每一步处的亮度与只精确绘制一个像素点的亮度相同,而且由于亮度的权值分布关系,使得亮度以理想线段为中心。比如设灰度级别为 G ,如果两个像素与实际线段的距离分别为 $1/4$ 和 $3/4$ 像素间距,则其灰度分别为 $3/4G$ 和 $1/4G$ 。如图 2,设相邻像素距离为 d ,且图形共有 16 个灰度级别^[7]。

4.2 直线及罗盘的对称生成

本文提出了一种利用对称性生成直线的算法,原理如下:以直线中点为界,其两边是对称的。算法利用这个对称性,每进行一次判断便生成对于直线的中点的 2 个对称点。这样,直线的生成是从两端向中间进行的。该算法采用 Bresenham 算法的基本思想,但由于利用了直线的对称性,可使直线的生成速度得到提高。

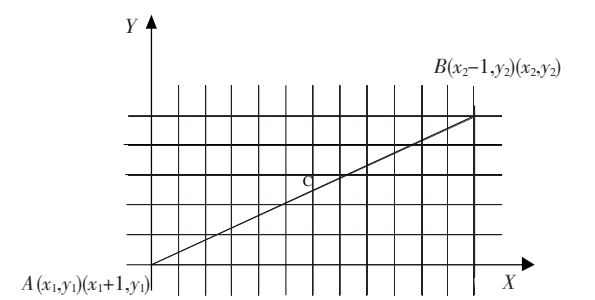


图 4 直线的对称生成示意图

如图 4 所示,对称生成点 A 到点 B 的直线,可以以中点 C 为对称,同时从 A 和 B 出发,由于直线对称,每次增减的量都是 e ,故主循环可以减半,每次循环画 2 个像素,加快直线的生成。

另外,考虑到罗盘的特殊性,在绘制刻度线时可以利用其对称性,来加快单幅罗盘画面的生成速度,提高画面质量。如图 5 所示,设全罗盘画面的中心为点 O,很明显,罗盘中有很多刻度线关于此点对称。如直线 AB 对称 A_1B_1 ,直线 CD 对称 C_1D_1 ,这样在绘制时可以一次对称生成 2 条直线。这样的好处是明显的,在反走样绘制刻度线

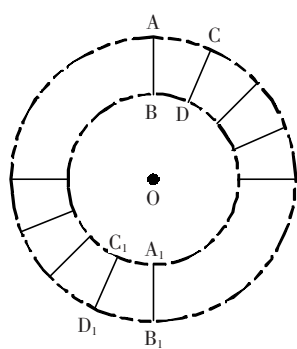


图 5 刻度线的对称性

Fig. 5 Scale line's symmetry

时,可以将一次点亮的点数增加 1 倍,使浮点运算量减半,大幅加快图形生成速度,同时保证了整个罗盘的对称性,提高了动画效果^[8]。

5 仪表刻度线的绘制

整个仪表刻度线共有 72 根,相邻两根长刻度线相差 10°,这里以仪表刻度盘上相邻的 2 根长刻度线为例说明其绘制方法。考虑仪表的特殊性,在绘制刻度线时可以利用其对称性来加快单幅仪表画面的生成速度,提高画面质量。把仪表刻度线的绘制分成绘制刻度线主体部分和绘制刻度线端点 2 个过程。

5.1 绘制刻度线 A_0B_0 的主体部分

如图 5 所示,在线段 A_0B_0 上取得 $A_1、B_1$ 。 $A_1、B_1$ 的取法是: A_1 为线段 A_0B_0 上离端点 A_0 距离最近且纵坐标为整数的点(即纵坐标为像素点距的整数倍), B_1 为线段 A_0B_0 上离端点距离 B_0 最近且纵坐标为整数的点,根据反走样原理,线段 A_1B_1 上的每一点都可用夹在其两边最近的像素点对来绘制,绘制出的 A_1B_1 即为刻度线 A_0B_0 的主体部分。

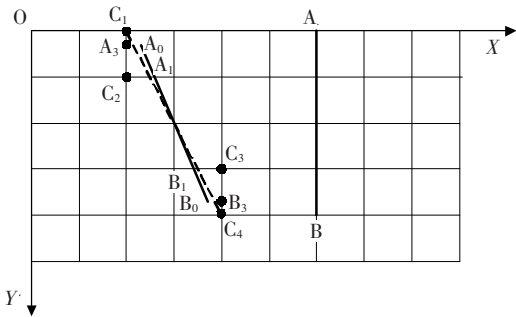


图 6 仪表刻度线绘制图例

Fig. 6 Legend of protracting the instrument's scale line

5.2 绘制线段 A_0B_0 的两个端点 A_0 和 B_0

$A_0、B_0$ 的横纵坐标都不为整数(即不是像素点距的整数倍),无法找出与其对应的像素对进行绘制。可以应用一种近似处理方法:先判断端点 A_0 位于包围它的 4 个像素点所形成正方形的左半部,还是右半部。若位于左半部分,可用 A_3 近

似, A_3 为离 A_0 最近且横坐标为整数的点(即 A_3 的横坐标为像素点距的整数倍),这样 A_3 可用夹在其两边最近的一对像素点 $C_1、C_2$ 来绘制, B_3 点处理方法同 A_3 ^[9]。

经过处理后,罗盘刻度线显示质量明显提高,具体罗盘画面参见图 7 和图 8。其中图 7 显示了反走样前的产生锯齿的罗盘画面,图 8 显示了反走样后的罗盘画面。

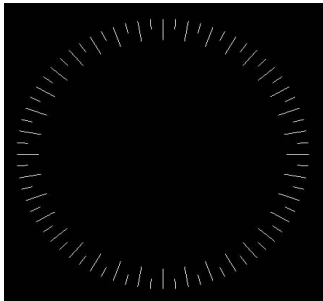


图 7 反走样前产生锯齿的罗盘画面

Fig. 7 Compass screen of saw teeth before anti-aliasing

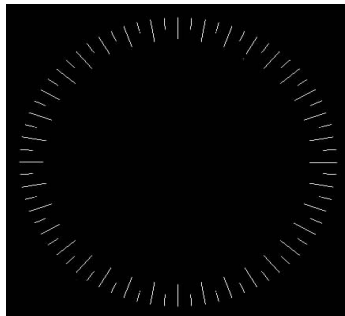


图 8 反走样后的罗盘画面

Fig. 8 Compass screen after anti-aliasing

6 结 论

针对飞机座舱画面提出基于 Bresenham 算法的精确的反走样算法,有效地消除了直线在旋转时产生的走样和扭曲现象。采用该算法显示直线旋转时清晰平滑,减轻了反走样,可以满足航空显示的要求。

参 考 文 献:

[1] 杨蕾 赵慕奇. 飞机座舱显示系统的反走样技术研究 [J]. 液晶与显示, 2006, 21(6): 686-691.
[2] Bresenham J E. A liner algorithm for incremental digital display of circular arcs [J]. Communications of the ACM,

1997,20(2):100-106.

- [3] Hearn Donald, Baker M Paulino. *Computer Graphics* [M]. Version 2nd. 北京:清华大学,1998.
- [4] 张波 张焕春. 罗盘刻度线反走样快速绘制算法的改进研究 [J]. 计算机辅助设计与图形学学报,1992,11(4):55-61.
- [5] 孙家广. 计算机图形学 [M]. 第三版,北京:清华大学出版社,1999:209-215.
- [6] 刘勇奎. 一个对称的快速直线生成算法 [J]. 微计算机应用,1993,10(5):86-89.
- [7] 江修 张焕春. 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,2003,12(2):76-80.
- [8] 杜晨辉 经亚枝. 全罗盘画面反走样算法的研究和实现 [J]. 南京航空航天大学学报,2002,18(4):36-40.
- [9] 舒若. 机载电子综合显示系统图形反走样技术的研究 [M]. 南京:南京航空航天大学,2003.

Research and Implementation of Anti-Aliasing Technology on Compass Screen-Scale

JIANG Dan-dan, LI Cheng-gui

(Beijing University of Aeronautics and Astronautics, School of Instrument Science and
Opto-Electronics Engineering, Beijing 100083, China, E-mail: jdd198401@sohu.com)

Abstract

With the development of computer and graphics technology, the cockpit instruments have brought about a great challenge to the quality of the graphics. As hardware system using grating graphics display system, there are saw tooth-shaped distortion in compass screen when it rotates owing to the restrictions of the grating scan display. Based on this problem, by analyzing the causes of the aliasing, using a method of arithmetic of Bresenham to get rid of it, the effect of anti-aliasing has been proved obviously. With the application of the symmetry of line and circularity, the speed of the generation of a whole compass screen is highly advanced.

Key words: aliasing; arithmetic of bresenham; symmetry

作者简介:姜丹丹(1984—),女,江苏海门人,硕士研究生,主要研究方向为数字图像处理、嵌入式系统、计算机图形学。