

一种新的半色调方法

卜佳俊 陈纯 马凌洲

(浙江大学计算机系, 杭州 310027)

摘要 印花行业中的半色调技术来源于印刷行业. 众所周知, 彩色印刷中的半色调技术主要采用调幅和调频两种方法, 但是由于印花行业与印刷行业具体工艺的不同, 两者的半色调技术存在许多不同的特点, 而彩色印刷中的半色调方法并不能直接应用于印花行业, 因此需要研究适合印花行业的半色调方法. 针对印花行业的特点, 本文提出了一种全新的挂网算法. 该算法不仅能够满足印花行业特定工艺的需要, 而且从根本上解决了印制云纹图案时容易产生龟纹的现象. 此算法已在 Windows 98 平台上实现, 并在实际生产中应用.

关键词 半色调 龟纹

中图法分类号: TS194.37-39 文献标识码: A 文章编号: 1006-8961(2000)05-0385-05

A Novel Algorithm for Halftone

BU Jia-jun, CHEN Chun, MA Lingzhou

(Department computer science, Zhejiang University, Hangzhou 310027)

Abstract Halftone is first used in color printing systems. The two main methods used in halftone of color printing systems are amplitude modulation and frequency modulation. But because the difference in techniques, we cannot use the methods in color printing directly into the system of textile printing. With the development of CAD/CAM and modern textile techniques, more and more researches focus on the design and manufacture of gradient patterns in textile printing. Based on the algorithm in color printing systems, a novel algorithm for halftone used in textile printing is presented. It can satisfy the techniques of textile printing. At the same time it overcomes the disadvantage of the old halftone algorithms and will not produce moiré patterns again. At the end of the paper, some improvements on the algorithm are also mentioned so that it can be more suitable for the idiographic techniques in textile printing.

The algorithm it has been realized under Windows 98 and has been used in the textile oriented CAD/CAM system (Top98) in real factories.

Keywords Halftone, Moiré patterns

0 引言

自从我们首先在国内推出 CAPSP 系统^[1,2], 辅助印花行业的印前制版至今, 计算机辅助制版已经基本替代了原先的手工描稿. 计算机辅助印花系统集成当代世界最先进的计算机技术、激光技术、精密机械技术、印染技术等高新技术于一体, 其中半色调技术(Halftone)是其中的一个十分重要的技术.

在印花行业中, 半色调技术主要用于云纹图案

的制作. 大家知道, 传统的云纹制作首先是通过手工描稿, 然后利用照相加网的方法制作出云纹单色片, 再通过将云纹单色片上网印制, 最后在布样上形成彩色云纹图案. 采用计算机辅助印花分色系统后, 则首先通过云纹分色、云纹提取、云纹生成等手段形成连续色调云纹彩稿或灰度图象, 然后利用半色调技术将其转换成二值的半色调图象, 由激光照排机输出制成云纹单色片. 这个过程称之为挂网.

挂网技术最早应用于彩色印刷系统. 众所周知, 彩色印刷系统一般采用 CMYK 四色印刷. 四色印

刷就是将任何一幅彩色图象分成C(青)、M(品红)、Y(黄)、K(黑)四个频率的颜色成分,即四原色,然后通过挂网形成单色片,再进行叠印,利用人眼的视差,产生一种好象连续色调的彩色图案。

为了在印花图案中充分表现云纹的效果,在计算机辅助印花分色系统中借鉴了彩色印刷中挂网的技术,但彩色印刷中的半色调技术主要包括调幅(AM)和调频(FM)两种手段.其中,调幅的方法是采用不同大小的网点放置在一个规则的网格中,而每个网点中心之间的距离都是相等的;调频的方法则是将固定尺寸的网点放置在看似随机的位置,但网点中心之间的距离是变化的.由于印花工艺的特殊性,一般采用调幅的技术,也就是采用基于网模的半色调方法来进行挂网.大家知道,在彩色印刷中采用的网模一般是规则的,如圆点、菱形、方形、六角形等.然而采用规则的网模,容易在实际的印刷过程中出现龟纹^[3].

产生龟纹的原因很多、很复杂,但主要有以下几种:

- (1) 当图象中包含有与网屏图案相干扰的矩形图案时(如织物或数字化底纹).
- (2) 定位不准或彩色印刷版排列不当.
- (3) 再一次印制半色调原稿,对于印花行业这个问题一般不存在.

为了避免龟纹,传统的方法是采用不同的角度来印刷四个单色片,靠角度的扭转来避免龟纹的产生,但这种方法对定位的要求很高^[4,5].在这个基础上,人们又提出了不少改进的方法^[6-9].然而,这些都不能从根本上避免龟纹的产生.特别是印花行业采用的网目数往往比较低,更加容易产生龟纹.为此,我们提出了一种全新的挂网算法,它从根本上避免了龟纹的产生,且实际的印制效果也非常好.

1 算 法

我们提出的适合印花行业的半色调算法是一个将基于六角形的7个圆作为一个基本挂网单元(基准挂网单元,见定义1)的方法(如图1所示).为了便于说明该算法,我们先定义以下几个概念:

定义1 基准挂网单元

用于挂网的具有规律性的最小单元,即图1中的基于六角形的7个圆.

定义2 挂网单元圆及挂网单元圆心距

组成基准挂网单元的每个小圆叫做挂网单元

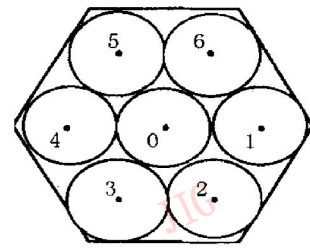


图 1

圆,如图1中的每个圆,其中每两个圆心之间的距离叫做挂网单元圆心距,记为 u_n .

定义3 临界半径

判断某一点是否应该置黑的挂网单元圆的半径.若经过变换后的点位于临界半径之内,则置黑,否则置白.临界半径记为 $r(i)$,其中 i 为图象中象素点的灰度.

定义4 挂网回头

实际的挂网图象中具有规律性的最小矩形的大小,若采用图1所示的基准挂网单元,则两个这样的基准挂网单元组成一个挂网回头,如图2所示.挂网回头的宽和高分别记做 u_w 和 u_h .

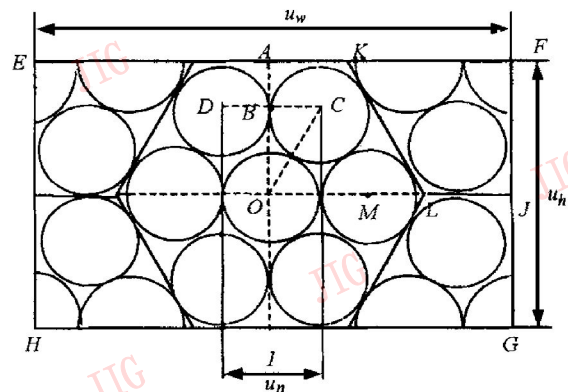


图 2

由图2可知,

$$u_h = 2 \overline{AO} = 2(\overline{AB} + \overline{BO})$$

$$= 2 \left[\frac{u_n}{2} + \sqrt{u_n^2 - \left(\frac{u_n}{2}\right)^2} \right] = |1 + \sqrt{3}| u_n$$

$$u_w = \sqrt{3} u_h = |3 + \sqrt{3}| u_n$$

具体的挂网算法如下(输入图象指需要挂网的源图象,输出图象指挂网后生成的半色调图象):

- (1) 根据输入、输出图象的分辨率、网目数等参数确定输出图象的大小及其它各个参数的值;
- (2) 确定基准挂网单元的各个圆的圆心位置,确定对应于各个灰度值的临界半径大小;
- (3) 对于输出图象中的每一象素点,计算经变换后是否处于临界半径之内,若是,则置黑,否则,则

置白, 从而完成整个挂网过程, 具体的流程如下:

```

for (x= 输出图象的每一行){
    取得输入图象相应行的图象信息;
    for (y= 输出图象一行中的每个象素){
        i= 输入图象相应象素点的灰度值;
        变换(x,y)使之映射到基准挂网单元中;
        if(x×x+y×y≤ri×ri) / ri为灰度为i时的临界半径 /
            输出图象的象素点为黑
        else
            输出图象的象素点为白
    }
}
    
```

下面分三个部分来详细介绍一下这个算法:

(1) 输出图象大小的计算比较简单. 这里不妨假设输入图象水平方向和垂直方向的分辨率一样, 则

$$\text{输出图象宽度} = \frac{\text{输出图象分辨率}}{\text{输入图象分辨率}} \times \text{输入图象宽度}$$

$$\text{输出图象高度} = \frac{\text{输出图象分辨率}}{\text{输入图象分辨率}} \times \text{输入图象高度}$$

同时, 我们可以得到挂网单元的圆心距, 即 u_n 的值

$$u_n = \frac{\text{输出图象的分辨率(dpi)}}{\text{挂网的线密度(lpi)}}$$

(2) 基准挂网单元中各个圆的圆心位置如下 (如图 1 所示, 以圆 0 的圆心为坐标原点):

- 圆 0 (0, 0)
- 圆 1 ($u_n, 0$)
- 圆 2 ($\frac{u_n}{2}, -\frac{\sqrt{3}}{2}u_n$)
- 圆 3 ($-\frac{u_n}{2}, -\frac{\sqrt{3}}{2}u_n$)
- 圆 4 ($-u_n, 0$)
- 圆 5 ($-\frac{u_n}{2}, \frac{\sqrt{3}}{2}u_n$)
- 圆 6 ($\frac{u_n}{2}, \frac{\sqrt{3}}{2}u_n$)

与输入图象各个灰度值 i 对应的临界半径:

$$r(i) \quad 0 \leq i \leq 255, \text{ 其中 } i = \begin{cases} 0 & \text{黑色} \\ 255 & \text{白色} \end{cases}$$

其计算公式为

$$\frac{255-i}{255} \times 100\% = \frac{7\pi r^2(i)}{2u_w u_h} \times 100\%$$

即

$$r(i) = \sqrt{\frac{255-i}{255 \times 2 \times 7\pi} u_w u_h}$$

由于临界半径 $r(i) > \frac{u_n}{2}$ 时, 基准挂网单元内的 7 个圆会产生重叠, 势必造成这 7 个圆所占的实际

面积小于 7 倍的圆面积, 所以当 $r(i) > \frac{u_n}{2}$ 时, 需要对 $r(i)$ 作校正. 我们注意到, 最理想的情况是当灰度为 0 (黑色) 时, 7 个圆恰好覆盖整个六角形 (如图 3 所示). 而当灰度为非 0 时, 7 个圆覆盖后六角形空白的面积占整个六角形面积的百分比 (P_s) 应该跟当前灰度值与最大灰度值 (255) 之比 (P_i) 相同, 我们不妨设当灰度值 $i (i \neq 0)$ 为时的情况 (如图 4 所示), 此时:

$$P_i = \frac{i}{255} \times 100\%$$

$$P_s = \frac{24s_1 + 12s_2}{s} \times 100\%$$

其中, s 为六角形的面积, s_1 和 s_2 为 7 个圆覆盖后两种不同空白部分的面积, 则

$$\begin{aligned}
 s &= \frac{1}{2} u_w u_h \\
 s_1 &= S_{\triangle ABO} - S_{\triangle ABC} - 2S_{\text{扇形}ACD} \\
 &= \frac{\sqrt{3}}{12} u_n^2 - \frac{1}{2} u_n \sqrt{r^2(i) - \left(\frac{u_n}{2}\right)^2} - \frac{r^2(i)}{2} \left| \frac{\pi}{3} - 2\arccos \frac{u_n}{2r(i)} \right|
 \end{aligned} \tag{1}$$

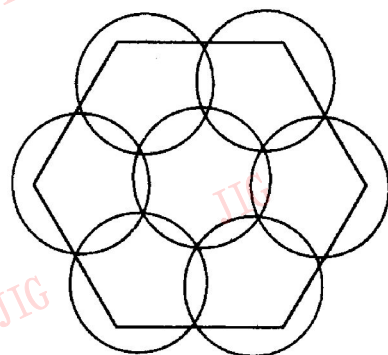


图 3

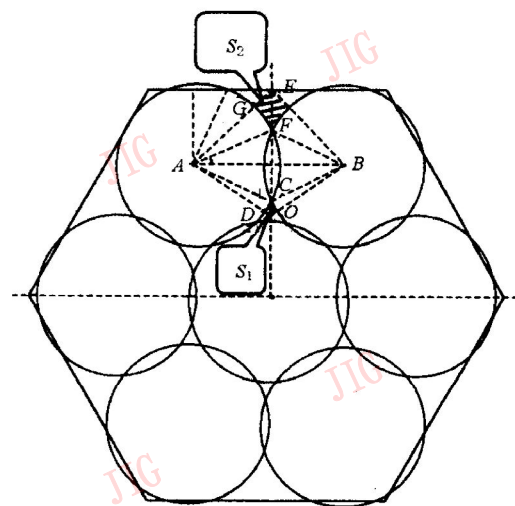


图 4

$$\begin{aligned}
s_2 &= S_{\triangle ABE} - S_{\triangle ABF} - 2S_{\text{扇形}AFG} \\
&= \frac{u_n^2}{4} - \frac{1}{2}u_n \sqrt{r^2(i) - \left|\frac{u_n}{2}\right|^2} - \frac{r^2(i)}{2} \left| \frac{\pi}{2} - 2\arccos \frac{u_n}{2r(i)} \right| \quad (2)
\end{aligned}$$

根据以上的结论,可以通过以下的叠代算法得到 $r(i)$ 校正后的值:

```

Pi = i / 255.0;
do{
  r(i) + = step;
  Ps = (24 × s1 + 12 × s2) / s;
}while(Ps - Pi > delta);

```

其中 s_1 和 s_2 的值可由式(1)和式(2)获得, step 和 delta 的值可根据系统要求的精度而定。

(3) 在挂网计算的流程中,关键是要对坐标 $(x,$

$y)$ 作变换,使之映射到基准挂网单元之中,具体的变换过程如下(如图2所示):

① 将坐标 (x, y) 变换到挂网回头所在的矩形 $EFGH$ 之中;

② 根据左右对称性,将坐标 (x, y) 变换到矩形 $AFGI$ 之中;

③ 根据上下对称性,将坐标 (x, y) 变换到矩形 $AFJO$ 之中;

④ 同时由于四边形 $AKLO$ 和四边形 $KFJL$ 是全等的,不失一般性,我们可以将坐标变换到四边形 $AKLO$ 中,这样我们可以确定象素点 (x, y) 是位于以点 O 为圆心的圆内,还是在以点 C, M 为圆心的圆内,从而完成挂网的算法。

图5是两组实际应用的例子。

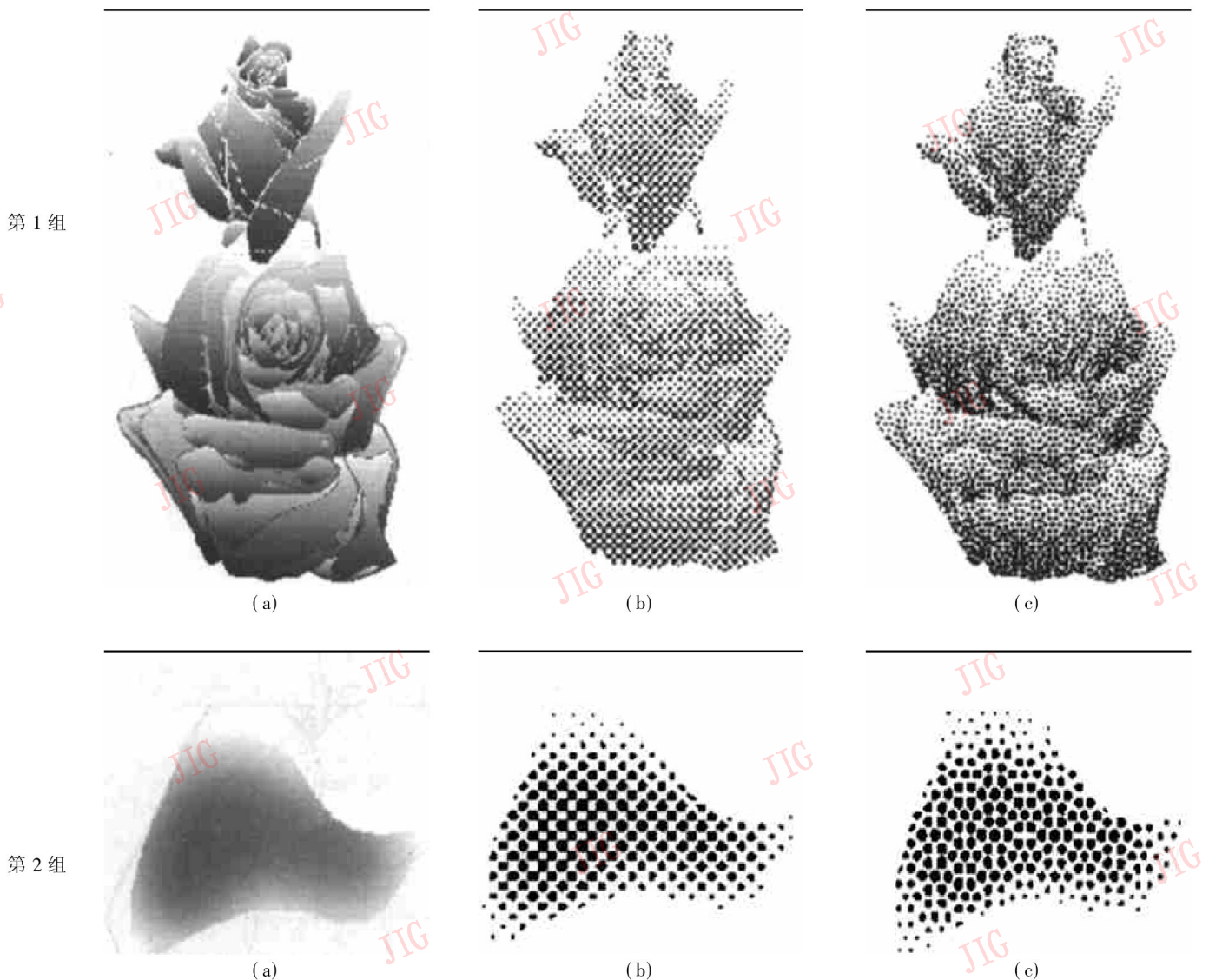


图5 采用不同方法挂网的效果对比
(a) 原图象(灰度); (b) 用圆点挂网后的图象(45°, 参考文献4中方法); (c) 用本文中算法挂网后的图象

3 改进

以上的算法已经在 Windows 98 的环境下用 Visual C++ 4.0 实现,并在实际的印花 CAD/CAM 系统 Top98 中应用.实践证明,它的效果是相当好的.在实际的使用中,我们根据具体的工艺,对该算法作了一些改进,使之能够符合接回头的工艺(这个对于圆网的花样往往是必须的),同时使云纹彩色稿能够直接挂网,而且在挂网的过程中能够根据一个经验公式自动校正源图象的灰度值,使实际的印花效果达到最好.由于这些跟具体的工艺有关,且随实际印花系统的不同而不同,我们在这里不再累赘.

4 结束语

我们提出的挂网算法本质上是一种调幅的算法,由于基准挂网单元中 7 个挂网单元圆的圆心位置排列的特殊性,用该算法产生的网点在任何一个方向上都不会存在有规律的直线,从而克服了规则网点对挂网图案本身的依赖,不管图案本身是否包含容易与网屏图案相干扰的矩形图案,我们的算法均能适应;同时由于网点位置的特殊性,在制版的过程中不存在各个单色版的定位问题,因此从根本上避免了印花工艺中容易产生的龟纹现象.在实际使用中的效果是相当好的.但是由于该算法需要对输出图象中每个象素点的坐标作变换,计算量比较大,因而该算法的效率不是很高,这有待于今后作改进.

参 考 文 献

- 1 Chen Chun, He Zhijun, Xu Duanqing. An intelligent CAD/CAM system for silk printing. Chinese Journal of Automation, 1993, 4 (1).
- 2 许端清, 陈纯. 纺织智能 CAD/CAM 系统(CAPSP)的研究与实现. 见: 中国青年计算机研究新进展'96 会议论文集, 1996, 447 ~ 451.
- 3 Amidror Isacc. The moiré phenomenon in color separation. Raster Imaging and Digital Typography II, Cambridge University Press, 1991, 98~ 119.

- 4 Robert Ulichney. Digital halftoning. The MIT Press, Cambridge.
- 5 Yang F S, Zakhor A. Block based halftoning at 45 degree "screen" angle. Conference Record of the Twenty-seventh Asilomar Conference on Signals, Systems and Computers, 1993, 2: 940~ 945.
- 6 V Andreyeva, A Popova, N Nechiporenko. 不用常规网屏制取胶印版的工艺研究. USSR Research Institute for Complex Problems of Graphic Arts(Moscow).
- 7 Amidror Isacc, Hersch Roger D, Ostromoukhov Victor. Spectral analysis and minimization of moiré patterns in color separation. Journal of Electronic Imaging, 1994, 3(37): 295~ 317.
- 8 Ching-Yu Yang, J Wen-Hsiang Tsai. Suppression of moiré patterns in scanned halftone images by double scans with grid movements. Pattern Recognition Letters, 18(3): 213~ 227.
- 9 Qing Yu, Panker K J. Stochastic screen halftoning for electronic imaging devices. Journal of Visual Communication and Image Representation, 1997, 8(4): 423~ 440.



卜佳俊 1973 年生, 博士生, 主要研究方向是计算机图形图象处理、CAD/CAM.



陈纯 1955 年生, 教授, 博士生导师, 主要研究方向是计算机图形图象处理、CAD/CAM、人工智能、CSCW 等.



马凌洲 1976 年生, 博士生, 主要研究方向是计算机图形图象处理、CAD/CAM.