



## [12] 发明专利说明书

专利号 ZL 200510116636.3

[45] 授权公告日 2008 年 3 月 26 日

[11] 授权公告号 CN 100377567C

[22] 申请日 2005.10.26

[21] 申请号 200510116636.3

[73] 专利权人 北京北大方正电子有限公司  
地址 100085 北京市海淀区上地五街 9 号

方正大厦

共同专利权人 北京大学

[72] 发明人 李海峰 杨斌

[56] 参考文献

JP 6303424A 1994.10.28

CN 1426018A 2003.6.25

审查员 吴爽

[74] 专利代理机构 北京英赛嘉华知识产权代理有限公司

代理人 田明 王达佐

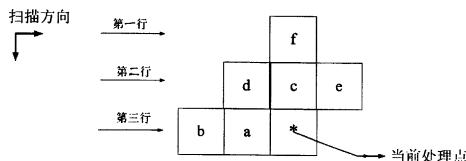
权利要求书 4 页 说明书 10 页 附图 3 页

## [54] 发明名称

在多位成像深度设备上的调频调幅混合网点  
网型控制方法

## [57] 摘要

本发明涉及一种在多位成像深度设备上的调频调幅混合网点网型控制方法。现有技术中，在不同层次阶调上的网型再现完全基于误差随机扩散理论以及受多位网点动态控制输出机制的影响，很难保证在一定层次阶调网点形状的可控性。本发明在现有技术基础上，引入相邻方向输出灰度动态统计算法，保证了网点形状的可控性，解决了因误差扩散的随机性而带来的网型变化的随意性。采用本发明提供的方法，可以在现有的多位调频调幅混合网挂网方法的基础上，根据设备成像对网点的要求，充分发挥多位成像设备的特性，能够在低分辨率下输出网点形状变化可控的调频调幅半色调混合挂网效果，解决了混合半色调网点在实际输出时的颗粒感问题，保证了层次阶调的平滑效果。



1. 一种在多位成像深度设备上的调频调幅混合网点网型控制方法，包括以下步骤：

步骤一：首先根据设备的图像位深度  $n$ ，将 0 到 255 的层次阶调范围均分为  $2^n - 1$  个不同区域：

$$[0, R_1], (R_1, R_2], \dots, (R_{i-1}, R_i], \dots (R_{2^n-2}, 255]$$

与其对应的位输出点阵范围如下：

$$(0, Out_1), (Out_1, Out_2), \dots, (Out_{i-1}, Out_i), \dots (Out_{2^n-2}, 11\dots1)$$

其中： $Out_i$  为  $n$  位深度二进制表示；

在每个区域范围内取中间点的阈值  $M_i$  作为该区域的阈值比较参数；

步骤二：在  $[0, 255]$  的层次阶调范围内，设定  $n$  位成像深度输出概率阈值  $L_i$ ；

步骤三：在  $2^n - 1$  个不同区域  $(R_{i-1}, R_i)$  中，基于误差扩散双反馈的调频调幅混合网挂网方法，分别作相应运算处理；

步骤四：在区域  $(R_{i-1}, R_i)$  内实现混合挂网的同时，根据概率阈值  $L_i$  及当前点的网型控制累积值 ShapeCur，结合原有动态可变层次输出机制采用相邻方向输出灰度动态统计算法，动态计算输出点阵数据控制网型变化。

2. 如权利要求 1 所述的一种多位成像深度设备上的调频调幅混合半色调图像处理方法，其特征是：步骤二中，设定  $2^n - 2$  个整数作为  $n$  位成像深度输出概率阈值： $L_1, L_2, \dots, L_i, \dots, L_{2^n-2}$ ，并根据实际设备输出要求对所述概率阈值的大小做相应调整。

3. 如权利要求 1 所述的一种在多位成像深度设备上的调频调幅混合网点网型控制方法，其特征是：步骤四中动态计算输出点阵数据控制网型变化的具体方法包括以下步骤：

(1). 根据多位成像深度设备稳定性及输出线性化特征，确定网型控制调整密度区域；

(2). 根据多位成像深度设备脉冲宽度调节技术参数要求，结合不同密度区已有随机网型及设备输出稳定性对不同密度区域网点形状的要求，确定需要调整的网点形状；

(3). 根据步骤(2)确定的需要调整的网点形状，结合输出设备的成像特点，确定目标网点形状及应该避免出现的网点形状；

(4). 最终依据网点密度区及已有的输出灰度层次，采用相邻方向输出灰度动态统计算法，设定当前点周围控制点，从而确定多位混合半色调二进制网点输出范围参数。

4. 如权利要求3所述的一种在多位成像深度设备上的调频调幅混合网点网型控制方法，其特征是：步骤(4)中采用的相邻方向输出灰度动态统计方法中的当前点周围控制点设定方法包括以下步骤：

- 1). 设定当前点前一个点的输出灰度值a，a前一个点的输出灰度值为b；
- 2). 设定当前点前一行中的当前点位置的点的灰度值为c，当前点前一个点灰度值为d，当前点后一个点灰度值为e；
- 3). 设定输出灰度值为c的前一行相同位置的点的灰度值为f；
- 4). 设定当前点周围输出灰度统计参数：

$$Sum_1 = a + c + d \quad Sum_2 = a + b \quad Sum_3 = c + f$$

其中， $Sum_1$ 表示当前点周围 $2\times 2$ 矩形区域灰度加全和，

$Sum_2$ 表示当前点水平方向上前两个输出灰度加全和，

$Sum_3$ 表示当前点垂直方向上前两个输出灰度加全和。

5. 如权利要求1、2、3或4所述的一种多位成像深度设备上的调频调幅混合半色调图像处理方法，其特征是：步骤四中，采用的动态可变层次输出机制动态计算输出点阵数据，其算法如下：

根据ShapeCur产生当前点的伪随机值：

$$F_i = random(ShapeCur), \quad \text{公式 1}$$

其中：伪随机函数random可在编译环境下自动产生， $F_i \in [0, 255]$ ；  
动态计算输出点阵数据：

$$OUT = \begin{cases} I_1 = \begin{cases} 0 & F_i \in [0, L_1] \\ Out_1 & F_i \in (L_1, L_2] \\ \dots \\ Out_{i-1} & F_i \in (L_{i-2}, L_{i-1}] \end{cases} \\ I_2 = \begin{cases} Out_i & F_i \in (L_{i-1}, L_i] \\ Out_{i+1} & F_i \in (L_i, L_{i+1}] \\ \dots \\ 11\dots1 & F_i \in (L_{2^m-2}, 255] \end{cases} \end{cases} \quad \text{公式 2。}$$

6. 如权利要求5所述的一种在多位成像深度设备上的调频调幅混合网点网型控制方法，其特征是：步骤四中同时采用以下两种动态控制输出灰度值

的方法：动态可变层次输出方法和相邻方向输出灰度动态统计方法。

7. 如权利要求1所述的一种多位成像深度设备上的调频调幅混合网点网型控制方法，其特征是：步骤三中，所作的相应处理包括基于误差扩散双反馈的调频调幅混合网挂网方法，包括以下步骤：

(1) 首先扫描并输入原稿图像，对原稿图像的最终输入像素  $g''(m,t)$  进行域值比较运算 T，运算的结果被转换成为半色调图像的相应像素  $b(m,t)$ ；

(2) 将此结果像素  $b(m,t)$  和被求域值的输入像素  $g'(m,t)$  进行比较，并计算两者的差值即误差值  $e(m,t)$ ；

(3) 将误差值  $e(m,t)$  通过误差扩散滤波器 e 与预设的权重分配值作乘积运算后扩散到当前处理像素周围未处理的像素上，被扩散位置的原稿像素值  $g(m,t)$  将和被扩散到此像素上的误差值加全求和得到新的原稿像素输入值  $g'(m,t)$ ；

(4) 与上面步骤(2)、(3)操作并行，将当前处理后的像素输出值  $b(m,t)$  与扩散滤波器 w 进行乘积运算并进行抖动处理后扩散到周围相应的未处理像素上并与上面两步中误差扩散的参数累加后，再与原稿输入像素  $g(m,t)$  作最终的加全求和作为最终的输入像素值  $g''(m,t)$ ；

(5) 循环上面(1)到(4)，直到将所有输入像素  $g(m,t)$  处理完成。

8. 如权利要求7所述的一种多位成像深度设备上的调频调幅混合半色调图像处理方法，其特征是：步骤(1)中扫描原稿图像时采用双向扫描的方法，即针对连续扫描的原稿每一行，扫描首先是从左到右扫描一行，紧接着下一行的扫描采用由右到左进行，依次类推交错进行，直到所有行扫描完毕。

9. 如权利要求7或8所述的一种多位成像深度设备上的调频调幅混合半色调图像处理方法，其特征是：步骤(3)中的误差扩散滤波器 e 采用下表的扩散原理和权重分配方向：

	**	$d_5$	$d_3$	
$d_2$	$d_4$	$d_5$	$d_4$	$d_2$
$d_1$	$d_2$	$d_3$	$d_2$	$d_1$

其中\*\*代表了当前点像素位置，其它位置的算术比值代表了与当前像素相对位置上的扩散权重值，取值范围在 [0, 1]，且满足：

$$2 \times d_1 + 4 \times d_2 + 2 \times d_3 + 2 \times d_4 + 2 \times d_5 \in [0,1]。$$

10. 如权利要求9所述的一种多位成像深度设备上的调频调幅混合半色调图像处理方法，其特征是：步骤(4)中的扩散滤波器 w 的扩散方向设置如下：

\*\*                     $w_0$

$w_3$                  $w_2$                  $w_1$

其中：扫描方向由左到右，\*\*代表了当前点像素位置，其它位置的参数代表了与当前像素相对位置上的扩散权重值，取值范围在[0, 1]，且满足：

$$w_0 + w_1 + w_2 + w_3 \in [0,1];$$

步骤（4）中对扩散滤波器 w 的抖动算法采用如下的方法进行处理：

$$fRand = (R(m,t) / R\_MAX - 0.5) \times cDither$$

$$dw_0 = w_0 - fRand$$

$$dw_2 = w_2 + fRand$$

$$dw_1 = w_1 + fRand$$

$$dw_3 = w_3 - fRand$$

上述公式中：  $fRand$  为抖动微调参数；  $R(m,t)$  为扫描当前点的随机取值参数；  $R\_MAX$  为随机参数  $R(i)$  的最大值；  $cDither$  为抖动幅度调整参数，  $dw_0 \sim dw_3$  为抖动后扩散滤波器 w 不同方向上的权重扩散值。

## 在多位成像深度设备上的调频调幅混合网点网型控制方法

### 技术领域

本发明属于图像硬拷贝复制领域的半色调网点生成方法，具体涉及一种在多位成像深度设备上的调频调幅混合网点网型控制方法。

### 背景技术

图象的硬拷贝复制主要涉及打印机及高档印刷制版设备的挂网制版技术。用于图像硬拷贝复制的挂网技术又称为数字图象半色调技术。数字图象半色调技术可以分为两类，分别是调幅挂网和调频挂网。调幅挂网又称为聚集点有序抖动技术，其特征是所生成的半色调图象的染色点在几何位置上是两两相邻地聚合在一起的，从而形成了一簇一簇的染色区域，这些染色区域又被称为网点，由于聚集点有序抖动技术采用控制网点面积的方法再现原稿图象灰度，因而被称为调幅网点。

现有技术中，基于调频网与调幅网混合挂网的技术，主要有申请人提交的中国专利申请“一种基于双反馈的误差扩散调频挂网方法”（申请号：200510068127.8，公开日 2005 年 9 月 14 日）。该项专利申请所公开的技术方案中的调频调幅混合网点技术主要是基于一位或多层成像深度设备基础上的网点生成通用算法，在实际设备输出网点时，由于已有技术中的网点在不同层次阶调上的网型再现完全基于误差随机扩散理论，不能保证在一定层次阶调网点形状的可控性。同时在多位深度成像设备上受多位网点动态控制输出机制的影响，多位网点在网型可控性上就更加难以操作，最终导致输出的多位网点形状和特性不完全具备多位网点所应具有的网点层次递增均匀性等特点，在实际设备输出时主要表现为网点大小不一致，及由此造成的图像整体出现颗粒感等不平滑的质量问题，影响图像输出质量。

对于多位成像深度设备输出的调频调幅半色调混合网点，由于其具有调幅网点的网点大小的特性，因此在不同层次上网点的大小变化也类似于调幅网点，是随着层次的提高网点大小不断增长，其在低密度区网点是独立变化，相互分离的；在中间密度区内，网点大小随着增大，逐渐开始相互搭接相连，从而在该密度区独立的网点和相互搭接的网点并存。基于上面两个密度区的网点特性受随机性的影响，从而导致了网点形状特性的不同，造成了网点输出质量不平滑的一系列问题，因此在解决多位混合网点

质量问题的需求上，其主要矛盾在于如何解决低密度与中密度区网点形状协调性上的控制方法的问题。

## 发明内容

针对现有技术中存在的缺陷，本发明的目的是提出一种在多位成像深度设备上的调频调幅混合网点网型控制方法。该方法不仅能够保证原有的调频调幅多位混合网点技术具有网点形状的可控性，而且能够解决因误差扩散的随机性而带来的网型变化的随意性，从而能够有效地发挥多位成像深度设备的混合半色调混合网点在打印上等成像设备的输出效果，提高混合网点的输出质量。

为达到以上目的，本发明采用的技术方案是：一种在多位成像深度设备上的调频调幅混合网点网型控制方法，包括以下步骤：

步骤一：首先根据设备的图像位深度  $n$ ，将 0 到 255 的层次阶调范围均分为  $2^n - 1$  个不同区域：

$$[0, R_1], (R_1, R_2], \dots, (R_{i-1}, R_i], \dots (R_{2^n-2}, 255]$$

与其对应的位输出点阵范围如下：

$$(0, Out_1), (Out_1, Out_2), \dots, (Out_{i-1}, Out_i), \dots (Out_{2^n-2}, 11\dots1)$$

其中： $Out_i$  为  $n$  位深度二进制表示；

在每个区域范围内取中间点的阈值  $M_i$  作为该区域的阈值比较参数；

步骤二：在  $[0, 255]$  的层次阶调范围内，设定  $n$  位成像深度输出概率阈值  $L_i$ ；

更进一步，在  $[0, 255]$  的层次阶调范围内，设定  $2^n - 2$  个整数作为  $n$  位成像深度输出概率阈值： $L_1, L_2, \dots, L_i, \dots, L_{2^n-2}$ ，该概率阈值的大小可调，可根据实际设备输出要求作相应改变，以达到最佳输出质量；

步骤三：在  $2^n - 1$  个不同区域  $(R_{i-1}, R_i]$  中，基于误差扩散双反馈的调频调幅混合网挂网方法，分别作相应运算处理，其具体处理方法包括以下步骤：

(1) 首先扫描并输入原稿图像，对原稿图像的最终输入像素  $g''(m, t)$  进行域值比较运算  $T$ ，运算的结果被转换成为半色调图像的相应像素  $b(m, t)$ ；

更进一步，扫描并输入原稿图像时采用双向扫描的方法，即针对连续扫描的原稿每一行，扫描首先是从左到右扫描一行，紧接着下一行的扫

描采用由右到左进行，依次类推交错进行，直到所有行扫描完毕。

(2) 将此结果像素  $b(m,t)$  和被求域值的输入像素  $g'(m,t)$  进行比较，并计算两者的差值即误差值  $e(m,t)$ ；

(3) 将误差值  $e(m,t)$  通过误差扩散滤波器  $e$  与预设的权重分配值作乘机运算后扩散到当前处理像素周围未处理的像素上，被扩散位置的原稿像素值  $g(m,t)$  将和被扩散到此像素上的误差值加全求和得到新的原稿像素输入值  $g'(m,t)$ ；

更进一步，这里的误差扩散滤波器  $e$ ，采用下表的扩散原理和权重分配系数：

		**	$d_5$	$d_3$
$d_2$	$d_4$	$d_5$	$d_4$	$d_2$
$d_1$	$d_2$	$d_3$	$d_2$	$d_1$

其中\*\*代表了当前点像素位置，其它位置的算术比值代表了与当前像素相对位置上的扩散权重值，取值范围在  $[0, 1]$ ，且满足：

$$2 \times d_1 + 4 \times d_2 + 2 \times d_3 + 2 \times d_4 + 2 \times d_5 \in [0,1]。$$

(4) 与上面步骤(2)、(3)操作并行，将当前处理后的像素输出值  $b(m,t)$  与扩散滤波器  $w$  进行乘积运算并进行抖动处理后扩散到周围相应的未处理像素上并与上面两步中误差扩散的参数累加后，再与原稿输入像素  $g(m,t)$  作最终的加全求和作为最终的输入像素值  $g''(m,t)$ ；

更进一步，这里扩散滤波器  $w$  的扩散方向设置如下：

	**	$w_0$
$w_3$	$w_2$	$w_1$

其中：扫描方向由左到右，\*\*代表了当前点像素位置，其它位置的参数代表了与当前像素相对位置上的扩散权重值，取值范围在  $[0, 1]$ ，且满足：

$$w_0 + w_1 + w_2 + w_3 \in [0,1]。$$

更进一步，对扩散滤波器  $w$  的抖动算法采用如下的方法进行处理：

$$fRand = (R(m,t) / R\_MAX - 0.5) \times cDither$$

$$dw_0 = w_0 - fRand$$

$$dw_2 = w_2 + fRand$$

$$dw_1 = w_1 + fRand$$

$$dw_3 = w_3 - fRand$$

上述公式中： $fRand$  为抖动微调参数； $R(m,t)$  为扫描当前点的随机取值参数； $R\_MAX$  为随机参数  $R(i)$  的最大值； $cDither$  为抖动幅度调整参数，该参数决定了调幅特性质量优劣； $dw_0 \sim dw_3$  为抖动后扩散滤波器  $w$  不同方向上的权重扩散值。

(5) 循环上面步骤 1) 到步骤 4)，直到将所有输入像素  $g(m,t)$  处理完成。

步骤四：在区域  $(R_{i-1}, R_i)$  内实现混合挂网的同时，根据概率阈值  $L_i$  及当前点的网型控制累积值  $ShapeCur$ ，结合原有的动态可变层次输出机制采用相邻方向输出灰度动态统计方法：

其动态可变层次输出方法包括如下计算公式：

根据  $ShapeCur$  产生当前点的伪随机值：

$$F_i = random(ShapeCur), \quad \text{公式 1}$$

其中：伪随机函数  $random$  可在编译环境下自动产生， $F_i \in [0, 255]$ ；  
动态计算输出点阵数据：

$$OUT = \begin{cases} I_1 = \begin{cases} 0 & F_i \in [0, L_1] \\ Out_1 & F_i \in (L_1, L_2] \\ \dots \\ Out_{i-1} & F_i \in (L_{i-2}, L_{i-1}] \end{cases} \\ I_2 = \begin{cases} Out_i & F_i \in (L_{i-1}, L_i] \\ Out_{i+1} & F_i \in (L_i, L_{i+1}] \\ \dots \\ 11\dots1 & F_i \in (L_{2^n-2}, 255] \end{cases} \end{cases} \quad \text{公式 2}$$

相邻方向输出灰度动态计算输出点阵数据控制网型具体步骤如下：

- (1). 根据多位成像深度设备稳定性及输出线性化特征，确定网型控制调整密度区域；
- (2). 根据多位成像深度设备脉冲宽度调节技术参数要求，结合不同密度区已有随机网型及设备输出稳定性对不同密度区域网点形状的要求，确定需要调整的网点形状；
- (3). 根据步骤(2)确定的需要调整的网点形状，结合输出设备的成像特点，确定目标网点形状及应该避免出现的网点形状；
- (4). 最终依据网点密度区及已有的输出灰度层次，采用相邻方向输出

灰度动态统计算法，确定多位混合半色调二进制网点输出范围参数，算法中的控制点设定方法包括以下步骤：

- 1). 设定当前点前一个点的输出灰度值 a, a 前一个点的输出灰度值为 b;
- 2). 设定当前点前一行中的当前点位置的点的灰度值为 c, c 前一个点灰度值为 d, c 后一个点灰度值为 e;
- 3). 设定输出灰度值为 c 的前一行相同位置的点的灰度值为 f;
- 4). 设定当前点周围输出灰度统计参数：

$$Sum_1 = a + c + d \quad Sum_2 = a + b \quad Sum_3 = c + f$$

其中， $Sum_1$  表示当前点周围  $2 \times 2$  矩形区域灰度加全和，  
 $Sum_2$  表示当前点水平方向上前两个输出灰度加全和，  
 $Sum_3$  表示当前点垂直方向上前两个输出灰度加全和。

再进一步，步骤四中同时采用两种动态控制输出灰度值的方法。所述的两种动态控制输出灰度值的方法分别是：动态可变层次输出方法，相邻方向输出灰度动态统计方法。两种方法缺一不可。

本发明的效果在于：使用本发明提供的方法，可以在原有误差扩散双反馈的多位调频调幅混合网挂网方法的基础上，根据设备成像对网点的要求，充分发挥了多位成像设备的特性，能够在低分辨率下输出网点形状变化可控的调频调幅半色调混合挂网效果，解决了混合半色调网点在实际输出时的颗粒感问题，保证了层次阶调的平滑效果。

## 附图说明

图 1 是相邻输出灰度动态统计原理图

图 2 是调整前低密度区的网点形状示意图

图 3 是调整前中密度区的网点形状示意图

图 4 是调整后的低密度区网点形状示意图

图 5 是调整后的中间密度区网点形状示意图

图 6 是网点输出效果对比图

## 具体实施方式

下面结合附图和实施例对本发明作进一步的描述：

本发明基于已有的误差扩散双反馈的多位成像深度的调频调幅混合网挂网方法，采用了网点形状动态精确控制生成算法，实现了一种在多位成像深度设备上的调频调幅混合网点网型控制方法，其具体实施方式如下：

本实施例中，设定输出设备的成像深度为两位，即  $n = 2$ ，设备已有的脉冲宽度调节技术对网点的要求是：（设定纯白为 255， 纯黑为 0）

低密度区（171~255）中：由于网点没有搭接，相互独立，要求单象素的网点输出值为 3（二进制 11），两象素网点输出组合为 3 与 1 的组合，三个象素或更多的网点组合要求不能存在 3 与 3 的水平或纵向排列。

中密度区（84~171）中：由于独立的网点于与搭接后的网点同时存在，因此除了低密度区的要求外，要遵循网点大小同层次多数一致性原则和网点象素排列层次的递增性原则，从而使得网点的输出更接近于 2 位成像深度网点的特征。

高密度区（0~84）中：由于实例中输出设备为低分辩激光打印机，因此，其打印线性特征对该密度区的要求不设限制，该密度区仍按原有多位网点的输出原则输出。

根据上面输出设备的要求，其具体实际解决方案如下：

步骤一：首先根据设备的图像位深度  $n = 2$ ，将 0 到 255 的层次阶调范围均分为  $2^n - 1 = 3$  个不同区域：

$$[0, 84], [84, 171], [171, 255]$$

与其对应的位输出点阵范围如下：

$$(11, 10), (10, 01), (01, 00)$$

其中：本实施例实际输出时，设定纯黑为 0， 纯白为 255。

在每个区域范围内取中间点的阈值  $M_i$  作为该区域的阈值比较参数，则：

$$M_1 = 42 \quad M_2 = 127 \quad M_3 = 212$$

步骤二：在 [0, 255] 的层次阶调范围内，设定  $2^n - 2 = 2$  个整数作为 n 位成像深度输出概率阈值： $L_1 = 8$ ， $L_2 = 24$ ，通过该阈值概率控制了 11，10，01，00 的输出概率，从而达到 2 位混合网点的输出效果；

步骤三：在上面 3 个不同区域中，基于已有的误差扩散双反馈的调频调幅混合网挂网方法，分别作相应运算处理，其具体处理方法如下：

(1) 首先扫描并输入原稿图像，对原稿图像的象素  $g''(m,t)$  进行域值比较运算 T，运算的结果被转换成为半色调图像的相应象素  $b(m,t)$ ；

这里扫描原稿象素数据时，为避免由于扫描方向与随机分布的网点频率产生干涉现象，俗称“撞网”，本实施例中采取双向扫描的方法。

(2) 将此结果象素  $b(m,t)$  和被求域值的输入象素  $g'(m,t)$  进行比较，并计算两者的差值即误差值  $e(m,t)$ ；

(3) 将误差值  $e(m, t)$  通过一个扩散滤波器  $e$  与一定的权重分配值作乘积运算后扩散到当前处理象素周围未处理的象素上，被扩散位置的原稿象素值  $g(m, t)$  将和被扩散到此象素上的误差值加全求和得到新的原稿象素输入值  $g'(m, t)$ 。所述的误差扩散滤波器，采用下表的扩散原理和权重分配系数：

	**	$d_5$	$d_3$
$d_2$	$d_4$	$d_5$	$d_4$
$d_1$	$d_2$	$d_3$	$d_2$

其中\*\*代表了当前点象素位置，其它位置的算术比值代表了与当前象素相对位置上的扩散权重值，在本实施例中，采用如下参数取值：

$$d_1 = 1/44 \quad d_2 = 2/44 \quad d_3 = 5/44 \quad d_4 = 4/44 \quad d_5 = 8/44$$

上面步骤2、3完成了第一次扩散反馈操作，实现了误差扩散的基本原理。

(4) 与上面步骤(2)、(3)操作并行，将当前处理后的象素输出值  $b(m, t)$  与第二个扩散滤波器  $w$  进行乘积运算并进行抖动处理后扩散到周围相应的未处理象素上并与上面两步中误差扩散的参数累加后，再与原稿输入象素  $g(m, t)$  作最终的加全求和作为最终的输入象素值  $g''(m, t)$ 。这里第二个滤波器  $w$  的扩散方向设置如下：

	**	$w_0$
$w_3$	$w_2$	$w_1$

其中：扫描方向由左到右，\*\*代表了当前点象素位置，其它位置的参数代表了与当前象素相对位置上的扩散权重值，取值范围在  $[0, 1]$ ，且满足：

$$w_{sum} = (w_0 + w_1 + w_2 + w_3) \in [0, 1]。$$

本实施例中的抖动算法采用如下的算法进行处理：

$$fRand = (R(m, t) / R\_MAX - 0.5) \times cDither$$

$$dw_0 = w_0 - fRand$$

$$dw_2 = w_2 + fRand$$

$$dw_1 = w_1 + fRand$$

$$dw_3 = w_3 - fRand$$

上述公式中： $fRand$  为抖动微调参数；  $R(m, t)$  为扫描当前点的随机取值

参数； $R\_MAX$  为随机参数  $R(i)$  的最大值； $cDither$  为抖动幅度调整参数，该参数决定了调幅特性质量优劣； $dw_0 \sim dw_3$  为抖动后滤波器  $w$  不同方向上的权重扩散值。

上述步骤（4）完成第二次扩散反馈操作，实现了调频网的调幅特性。在本实施例中，设定上面的参数如下：

$$w_0 = w_2 = 0.175, \quad w_1 = w_3 = 0.025, \quad \text{则 } w_{sum} = 0.4 \\ cDither = 0.2$$

挂网过程中，通过调整  $w_{sum}$ ，改变调频网点大小，通过  $w_0 \sim w_3$  取值分配，来调整调频网点的形状。

（5）循环上面步骤（1）到步骤（4），直到将所有输入象素  $g(m,t)$  处理完成。

步骤四：在 3 个均等区域内实现混合挂网的同时，根据概率阈值  $L_1 = 8$ ， $L_2 = 24$  及当前点的网型控制累积值 ShapeCur，动态可变层次输出机制，算法如下公式：

根据 ShapeCur，结合公式 1 产生当前点的伪随机值：

$$F = random(ShapeCur),$$

其中：伪随机函数 random 可在编译环境下自动产生。 $F \in [0,255]$

根据公式 2，动态计算输出点阵数据。

相邻方向输出灰度动态计算输出点阵数据控制网型实现如下：

1). 根据多位成像深度设备稳定性及输出线性化特征，确定网型控制调整密度区域。

本实施例中确定的调整密度区域是：低密度区（171 ~ 255）和中密度区（84 ~ 171）。

2). 根据多位成像深度设备的脉冲宽度调节技术参数要求，结合不同密度区已有随机网型及设备输出稳定性对不同密度区域网点形状的要求，确定需要调整的网点形状；

本实施例中，低密度区（171 ~ 255）需要调整的网点形状可参考图 2，中密度区（84 ~ 171）需要调整的网点形状参考图 3。

3). 根据步骤 2) 确定的需要调整的网点形状，结合输出设备的成像特点，确定目标网点形状及应该避免出现的网点形状。

本实施例中，低密度区目标网点形状参见图 4，图中符号\*代表需要调

整的输出灰度，其值为 1 或 0；中密度区目标网点形状参见图 5。图 4 与图 5 中，理想状态下，2 位网点的中心灰度值为 3。

4). 最终依据网点密度区及已有的输出灰度层次，采用相邻方向输出灰度动态统计算法，确定多位混合半色调二进制网点输出范围参数。根据步骤二，步骤三所确定的目标，本实施例采用如下的伪代码实现如上步骤：

根据相邻方向输出灰度动态统计算法中，控制点设定的方法如下：

- 1). 设定当前点前一个点的输出灰度值 a，a 前一个点的输出灰度值为 b；
- 2). 设定当前点前一行中的当前点位置的点的灰度值为 c，c 前一个点灰度值为 d，c 后一个点灰度值为 e；
- 3). 设定输出灰度值为 c 的前一行相同位置的点的灰度值为 f。
- 4). 设定当前点周围输出灰度统计参数：

$$Sum_1 = a + c + d \quad Sum_2 = a + b \quad Sum_3 = c + f$$

上面  $a, b, c, d, e, f \in [0, 3]$  (实例中，二位网点具有 4 个输出层次)，其具体分布图参见附图 1 (相邻输出灰度动态统计原理图)。

二位网点统计伪码实现逻辑如下：

```

IF ( 输入象素值  $\in [84 \sim 171]$  ) 中密度区
{
    IF (  $Sum_1 == 9$  )
        输出灰度值二进制范围 [10, 01]
    ELSE IF ( $a != 0 \&& c != 0 \&& d != 0 \&&$  输入象素值  $\in [123, 171]$ )
        输出灰度值二进制范围 [00, 00]
    ELSE IF ( $Sum_3 >= 5$ )  $\&\&$  输入象素值  $\in [123, 171]$ )
        输出灰度值二进制范围 [00, 00]
    ELSE IF ( $Sum_1 < 3 \&\&$  输入象素值  $\in [139, 171]$ )
        输出灰度值二进制范围 [11, 00]

    ELSE IF ( $Sum_2 == 6 \&\&$  输入象素值  $\in [123, 171]$ )
        输出灰度值二进制范围 [00, 00]
    ELSE IF ( $Sum_1 >= 7 \&\&$  输入象素值  $\in [139, 171]$ )
        输出灰度值二进制范围 [00, 00]
    ELSE
        依照“动态可变层次机制”输出
}

IF ( 输入象素值  $\in (171, 255]$  ) 低密度区

```

```
{  
    IF (a==3 || c==3)  
    {  
        IF ( (a==3 && c==3) ||  
            (a==3 && (c!=3 && c!=0)) ||  
            (a!=3 && a!=0) && c==3))  
            输出灰度值二进制范围 [00, 00]  
        ELSE  
            输出灰度值二进制范围 [01, 00]  
    }  
    ELSE IF ( ((a!=3 && a!=0) && (c!=3 && c!=0)) ||  
              (c!=3 && c!=0 && d==0 && e==0) ||  
              a!=3 && a!=0 && b == 3)  
        输出灰度值二进制范围 [00, 00]  
    ELSE  
        输出灰度值二进制范围 [11, 00]  
}
```

基于 2 位深度成像深度设备，结合上面的具体实施例的各个步骤，可以实现 2 位调频调幅混合挂网，其挂网效果图与原有的 2 位混合网点对比可参见图 6，图中第一行中的图为修正前的网点样例，第二行中的图为修改后的样例。

本发明所述的方法并不限于具体实施方式中所述的实施例，本领域技术人员根据本发明的技术方案得出其他的实施方式，同样属于本发明的技术创新范围。

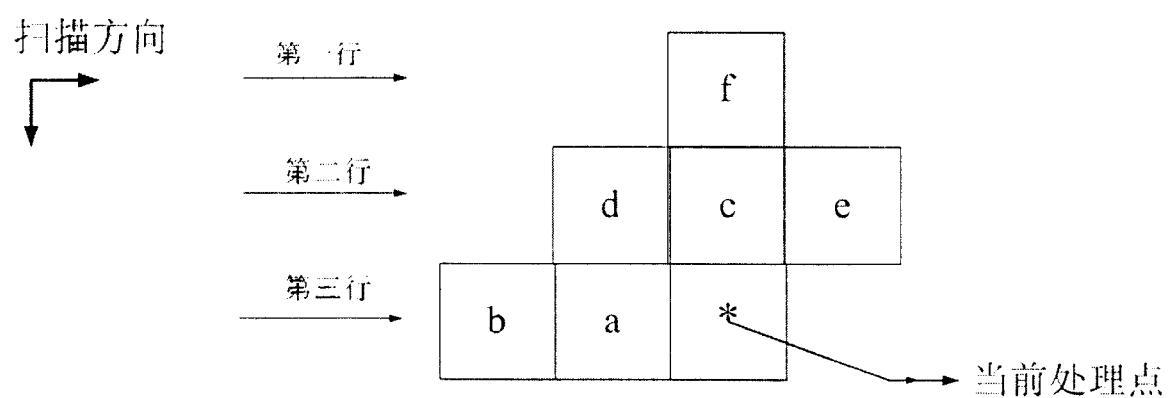


图 1

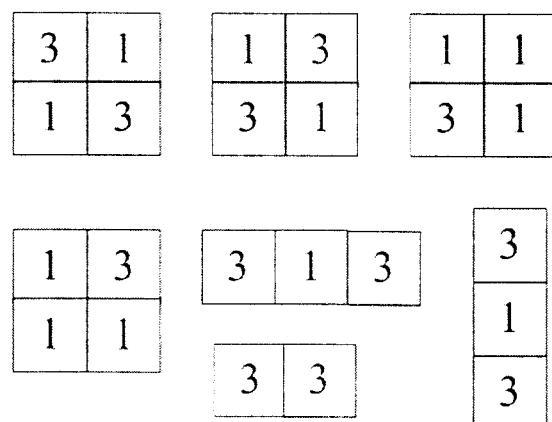


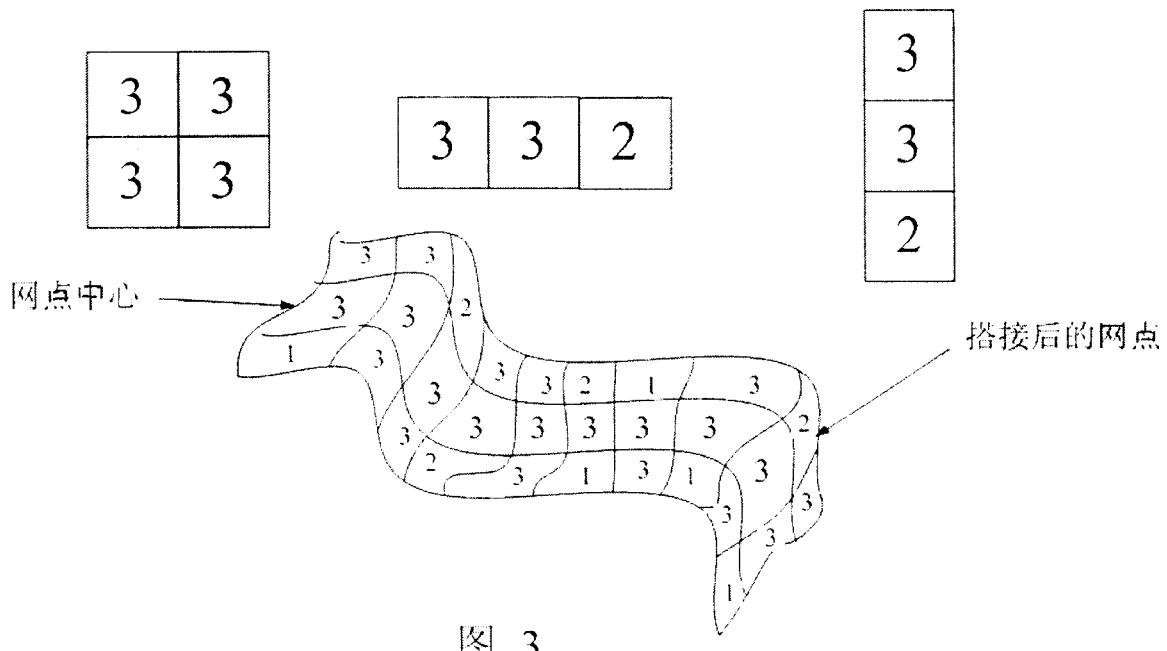
图 2

1	3
1	1

3	1
1	3

1	3
3	1

1	1
3	1



3	1
1	*

1	3
1	*

1	1
3	*

3	1	*
3	*	

3
1
*

图 4

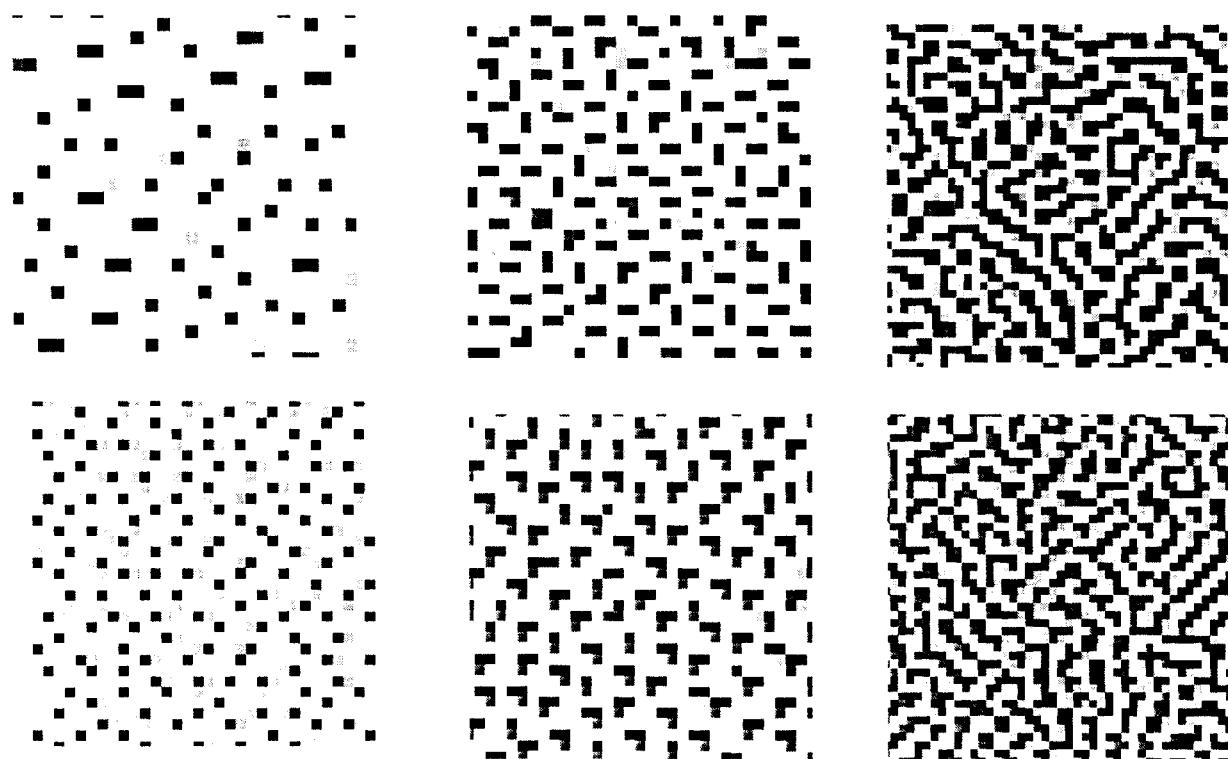
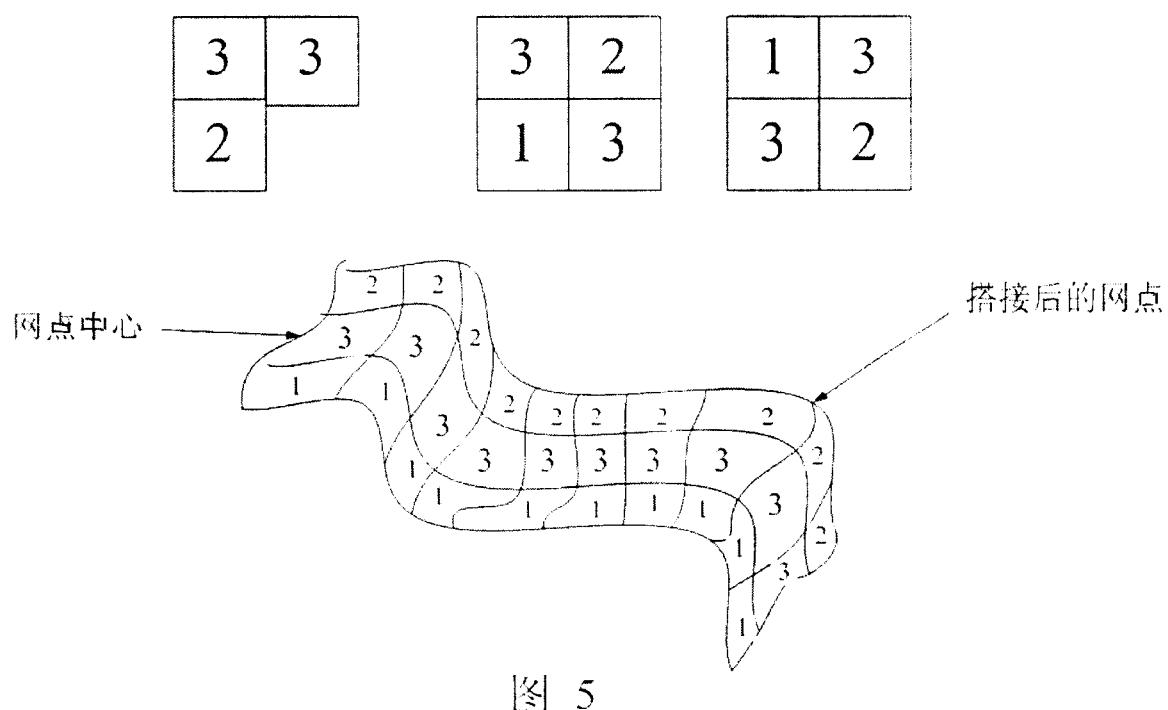


图 6