[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl[7]
H04N 1/58

[12] 发明专利说明书

[21] ZL 专利号 97120017.3

[45] 授权公告日 2004 年 5 月 12 日

[11] 授权公告号 CN 1149828C

[22] 申请日 1997.9.30 [21] 申请号 97120017.3
[30] 优先权
[32] 1996. 9.30 [33] KR [31] 43133/1996
[71] 专利权人 三星电子株式会社
地址 韩国京畿道
[72] 发明人 金永铎
审查员 张 军

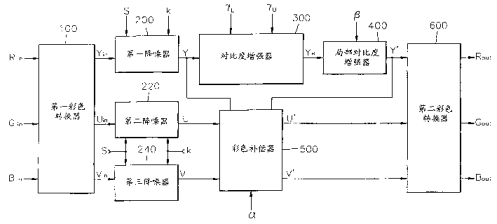
[74] 专利代理机构 北京市柳沈律师事务所
代理人 马 莹

权利要求书 12 页 说明书 23 页 附图 9 页

[54] 发明名称 图像质量增强电路及其方法

[57] 摘要

一种图像质量增强电路及其方法，在每个输入亮度和彩色信号中检测一个脉冲，当检测到此脉冲时，输出预定尺寸窗口的调整的均值，否则旁路输入信号，从而输出降噪的亮度和彩色信号，通过以图像单位接收降噪的亮度信号及对子图像的直方图独立进行均衡来输出增强的亮度信号，根据检测到的局部对比度对输入样本自适应地加权以输出改变的亮度信号，通过根据改变的亮度信号对降噪彩色信号进行补偿来输出补偿的彩色信号。



ISSN1008-4274

1. 一种图像质量增强电路，用于通过对输入图像信号进行预定的图像处理来增强图像质量，所述电路包括:

降噪装置，用来在每个输入亮度信号和输入彩色信号中检测一脉冲噪声，当检测到所述脉冲噪声时，输出窗口的调整的均值，否则，旁路所述输入亮度信号和所述输入彩色信号而不作改变;

对比度增强装置，用来均衡所述降噪装置输出的一个图像单位的亮度信号，并输出增强的亮度信号;

局部对比度增强装置，用来相对于所述对比度增强装置输出的增强的亮度信号产生输入样本和包括所述输入样本的窗口，低通滤波所述窗口的样本以输出低通滤波信号，从输入样本中减去所述低通滤波信号以产生局部对比度信号，和根据所产生的局部对比度，自适应地对输入样本加权以输出一个改变的亮度信号; 及

彩色补偿装置，用来按所述改变的亮度信号对所述降噪装置输出的所述彩色信号进行补偿。

2. 根据权利要求 1 所述的图像质量增强电路，还包括:

第一彩色转换器，用来把输入 RGB 信号转换成亮度信号和彩色信号，并把结果输出到所述降噪装置; 以及

第二彩色转换器，用来输出由所述局部对比度增强装置输出的所述亮度信号和由所述彩色补偿装置输出的 RGB 形式的所述补偿的彩色信号。

3. 根据权利要求 2 所述的图像质量增强电路，其中所述第一彩色转换器把所述输入 RGB 信号转换成信号(Y, U, V)和(Y, I, Q)中的一个。

4. 根据权利要求 1 所述的图像质量增强电路，其中所述降噪装置包括分别对所述亮度信号和所述彩色信号降低脉冲噪声的多个降噪器。

5. 根据权利要求 1 所述的图像质量增强电路，其中所述降噪装置包括:

第一降噪器，用来降低包含在输入亮度信号中的脉冲噪声;

选择器，用来从所述输入彩色信号中选择一个彩色信号;

第二降噪器，用来降低包含在用所述选择器选择的彩色信号中的脉冲噪声; 和

多路分配器，用来把通过所述第二降噪器降低噪声的彩色信号分成与所述输入彩色信号同样多个数的彩色信号。

6. 根据权利要求 5 所述的图像质量增强电路，其中每个所述降噪器包括:

窗口发生器，用来产生包含输入信号的多个不同尺寸的窗口;

多个分离样本值检测器，用来检测每个窗口的平均样本值和样本值的绝对偏离之间的均值，并检测是否输入信号具有分离样本值;

选择控制信号发生器，用来当所有所述输入信号在所述多个分离样本值检测器中被检测为分离样本值时，产生一个选择控制信号;

调整的均值滤波器，用预定尺寸的调整窗口来调整输入信号，并输出一个调整的均值; 及

选择器，用来当一个脉冲分量存在于所述输入信号中时，按照所述选择控制信号输出所述调整的均值作为输出信号，否则输出未改变的输入信号，作为输出信号。

7. 根据权利要求 6 所述的图像质量增强电路，其中所述窗口发生器，根据递归/非递归降噪模式信号，用所述输入信号代替递归降噪模式中的输出信号，然后为下一个输入信号产生多个窗口。

8. 根据权利要求 6 所述的图像质量增强电路，其中所述窗口发生器产生各具有不同尺寸并包括输入信号的第一和第二窗口。

9. 根据权利要求 8 所述的图像质量增强电路，其中，所述多个分离样本值检测器包括:

第一分离样本值检测器，用来当输入信号和所述第一窗口的平均样本值之间的绝对差大于所述第一窗口的绝对偏差的均值乘以降噪参数时，判定在输入信号中包含脉冲分量，并输出第一个分离样本值检测信号; 及

第二分离样本值检测器，用来当输入信号和所述第二窗口的平均样本值之间的绝对差大于所述第二窗口的绝对偏差的均值乘以降噪参数时，判定在输入信号中包含脉冲分量，并输出第二个分离样本值检测信号。

10. 根据权利要求 6 所述的图像质量增强电路，其中所述的调整窗口使用所述多个窗口中的一个窗口。

11. 根据权利要求 1 所述的图像质量增强电路，其中所述对比度增强装置包括一均值分离直方图均衡器，用来通过获得基于所述亮度信号均值划

分的子图像的直方图来独立地均衡由所述降噪装置输出的一个图像单位的亮度信号。

12. 根据权利要求 11 所述的图像质量增强电路，其中所述对比度增强装置包括:

第一计算装置，用来接收一个图像单位中由所述降噪装置输出的除噪的亮度信号，并计算灰度级的分布;

第二计算装置，用来接收一个图像单位的降噪的亮度信号，并计算平均级;

第三计算装置，用来根据所述平均级，把所述被计算的图像单位的灰度级分布划分成预定数量的子图像，并对每个子图像计算累积密度函数;及

映射装置，用来根据每个子图像计算的所述累积密度函数值将所述降噪的亮度信号映射为一灰度级，并输出增强的亮度信号。

13. 根据权利要求 12 所述的图像质量增强电路，其中所述图像单位是帧单位，而所述预定数量为 2。

14. 根据权利要求 12 所述的图像质量增强电路，还包括一个帧存贮器，用来在一个帧单位中延迟所述降噪的亮度信号，以便输入同一帧的信号作为所述第三计算装置计算的累积密度函数给所述映射装置。

15. 根据权利要求 12 所述的图像质量增强电路，还包括一个缓冲器，用来在一个图像单位中更新由所述第三计算装置计算的累积密度函数，并向所述映射装置提供在更新期间存贮的累积密度函数值。

16. 根据权利要求 12 所述的图像质量增强电路，其中所述变换装置包括:

第一映射器，用来当所述降噪的亮度信号是小于或等于平均级的第一子图像时，按照相应的累积密度函数值，把所述降噪的亮度信号映射为具有第一范围的灰度级;

第二映射器，用来当所述降噪的亮度信号是大于所述平均级的第二子图像时，按照相应的累积密度函数值，把所述降噪的亮度信号映射为具有第二范围的灰度级;

比较器，用来把所述降噪的亮度信号同所述平均级进行比较，并产生一个选择控制信号；及

选择器，用来当所述的降噪的亮度信号是所述第一子图像时，按照所述选择控制信号选择所述第一映射器，否则，选择所述第二映射器。

17. 根据权利要求 14 所述的图像质量增强电路，其中所述变换装置包括:

第一映射器，用来当所述帧存贮器输出的所述亮度信号是小于或等于平均级的第一子图像时，按照相应的累积密度函数值，把所述帧存贮器输出的亮度信号映射为具有第一范围的灰度级;

第二映射器，用来当所述帧存贮器输出的所述亮度信号是大于所述平均级的第二子图像时，按照相应的累积密度函数值，把所述帧存贮器输出的亮度信号映射为具有第二范围的灰度级;

比较器，用来把所述帧存贮器输出的所述亮度信号同所述平均级比较，并产生一个选择控制信号；及

选择器，用来当所述帧存贮器输出的所述亮度信号是所述第一子图像时，按照所述选择控制信号，选择所述第一映射器，否则选择所述第二映射器。

18. 根据权利要求 12 所述的图像质量增强电路，其中所述对比度增强装置还包括亮度补偿装置，用来通过把预定校正函数确定的校正值加到所述平均级上来输出补偿的平均级。

19. 根据权利要求 18 所述的图像质量增强电路，其中所述亮度补偿装置当所述平均级非常小时，把大于零的校正值加到所述平均级上，而当所述平均级非常大时，把小于零的校正值加到所述平均级上，以此来输出一补偿的平均级。

20. 根据权利要求 18 所述的图像质量增强电路，其中所述映射装置包括:

第一映射器，用来当所述降噪的亮度信号低于或等于所述平均级时，按照相应的子图像的累积密度函数值，把所述降噪的亮度信号映射为最小灰度级和补偿的平均级(B_m)之间的一个灰度级;

第二映射器，用来当所述亮度信号大于所述平均级时，按照相应的子图像的累积密度函数值，把所述亮度信号映射为改变的补偿平均级(B'_m)和最大灰度级(X_{L-1})之间的一个灰度级，其中 B'_m 等于 $B_m + X_{L-1}/(L-1)$，其中 L 是正整数;

比较器，用来把所述降噪的亮度信号同所述平均级进行比较，并产生选择控制信号；及

选择器，用来当所述降噪的亮度信号是所述第一子图像时，按照所述控制信号，选择所述第一映射器，否则，选择所述第二映射器。

21. 根据权利要求 18 所述的图像质量增强电路，其中所述对比度增强装置还包括增益控制装置，用来根据所述降噪的亮度信号和所述增强的亮度信号之间的灰度级变化量以及所述降噪的亮度信号电平来控制所述增强的亮度信号的增益。

22. 根据权利要求 21 所述的图像质量增强电路，其中所述增益控制装置，根据 Weber 系数，来控制所述增强的亮度信号的增益。

23. 根据权利要求 21 所述的图像质量增强电路，其中所述增益控制装置包括:

减法器，用来从所述增强亮度信号中减去所述降噪的亮度信号，并检测相应于该差的变化量;

增益特征确定器，根据所述降噪的亮度信号电平，来计算最大限定函数值，以便用预定的最大限定函数限制所述降噪的亮度信号的增量;

选择器，把降噪的亮度信号同所述平均级比较，当所述降噪的亮度信号低于或等于所述平均级时，选择第一增益控制参数，否则，选择第二增益控制参数;

乘法器，把所述最大限定函数值乘以由所述选择器选择的增益控制参数，且输出限定函数值;

限制器，把所述限定函数值同所述变化量进行比较，根据比较结果，限制所述变化量，并输出限制的变化量；及

加法器，把所述限制变化量同所述降噪的亮度信号相加。

24. 根据权利要求 23 所述的图像质量增强电路，其中所述最大限定函数 $g(X_k)$是 aX_k，且 a 是一常数，X_k 表示输入图像信号的 L 个离散级中的任一个。

25. 根据权利要求 23 所述的图像质量增强电路，其中所述最大限定函数 $g(X_k)$是 $a\sqrt{X_k}$，且 a 是一个常数，X_k 表示输入图像信号的 L 个离散级中的任一个。

26. 根据权利要求 23 所述的图像质量增强电路，其中当所述变化量的

绝对值小于或等于所述限定函数值时，所述限制器输出所述变化量作为所述受限的变化量，否则输出所述限定函数值作为所述受限的变化量。

27. 根据权利要求 21 所述的图像质量增强电路，其中所述增益控制装置包括：

减法器，用来从所述增强的亮度信号中减去所述降噪的亮度信号，并检测相应于该差的变化量；

增益特征确定器，用来根据所述降噪的亮度信号的电平，来计算最大限定函数值，以便用预定的最大限定函数来限制所述降噪的亮度信号的增强；

乘法器，用来把所述最大限定函数值乘以具有预定值的增益控制参数，并输出限定函数值；

限制器，用来把所述限定函数值同所述变化量进行比较，根据比较结果，限制所述变化量，并输出受限的变化量；

加法器，用来把所述限制变化量同所述降噪的亮度信号相加。

28. 根据权利要求 27 所述的图像质量增强电路，其中所述最大限定函数 $g(X_k)$是 aX_k，且 a 是一个常数，X_k表示输入图像信号的 L 个离散级中的任一个。

29. 根据权利要求 27 所述的图像质量增强电路，其中所述最大限定函数 $g(X_k)$是$a\sqrt{X_K}$，且 a 是一个常数，X_k表示输入图像信号的 L 个离散级中的任一个。

30. 根据权利要求 27 所述的图像质量增强电路，其中当所述变化量的绝对值小于或等于所述限定函数值时，所述限制器输出所述变化量作为所述受限的变化量，否则输出所述限定函数值作为所述受限的变化量。

31. 根据权利要求 1 所述的图像质量增强电路，其中所述局部对比度增强装置包括：

窗口发生器，它根据所述对比度增强装置输出的增强的亮度信号产生一个输入样本，并产生包括所述输入样本的预定尺寸的窗口；

低通滤波器，对由所述窗口发生器产生的所述窗口的样本进行低通滤波，并输出一个经低通滤波的信号；

减法器，从所述窗口发生器输出的输入样本中减去所述经低通滤波的信号，并产生一个与人能视觉感受的对比度相应的局部对比度信号；

绝对值计算器，用来计算所述局部对比度信号的绝对值，并检测具有高或低对比度的区域；

加权单元，把通过预定的加权函数得到的加权值加到所述绝对值计算器的输出端；

第一乘法器，把所述加权器的输出乘以一个参数以控制局部对比度增强量；

第二乘法器，把所述局部对比度信号乘以所述第一乘法器的输出；及

加法器，把所述第二乘法器的输出加到所述窗口发生器输出的输入样本上，并输出一个改变的亮度信号。

32. 根据权利要求 31 所述的图像质量增强电路，其中当所述局部对比度信号的绝对值小于预定值时，所述加权函数增强所述局部对比度信号，而当所述局部对比度信号的绝对值大于或等于所述预定值时，旁路所述局部对比度信号，不予增强。

33. 根据权利要求 1 所述的图像质量增强电路，其中所述彩色补偿装置包括：

运算器，用来运算由所述降噪装置输出的亮度信号和由所述局部对比度增强装置输出的改变的亮度信号之间的比率；及

乘法器，用来把所述降噪装置输出的彩色信号乘以由所述运算器输出的比率，并且输出补偿的彩色信号。

34. 根据权利要求 2 所述的图像质量增强电路，其中所述彩色补偿装置包括：

运算器，用来运算由所述降噪装置输出的亮度信号和由所述局部对比度增强装置输出的改变的亮度信号之间的比率；及

多个调节器，用来接收由所述的降噪装置输出的彩色信号、由所述运算器输出的比率、及预定参数，并使用预定补偿线，通过改变彩色信号的值来输出补偿的彩色信号。

35. 根据权利要求 34 所述的图像质量增强电路，其中，当所述降噪装置输出的亮度信号和由所述局部对比度增强装置输出的改变的亮度信号之间的比率 q 给定时，所述补偿线用下面方程来表示：

$$(R', G', B') = q(R, G, B)$$

36. 根据权利要求 34 所述的图像质量增强电路，其中，当所述降噪装

置输出的亮度信号和所述局部对比度增强装置输出的改变的亮度信号之间的比率 q 给定时，所述补偿线可用下面方程来表示：

$$(R', G', B') = A(R, G, B) + K$$

其中 A 为 $\frac{q(1-\alpha)}{q-1}$，K 为 $\frac{(q-1)\alpha}{q-1}Max = \alpha Max$，α 大于或等于 0 且小于或等于 1，α 是一预定参数，而 Max 为最大值。

37. 一种图像质量增强方法，通过对所述输入图像信号进行一预定的图像处理，来增强输入图像信号的图像质量，所述方法包括下面步骤：

(a)在每个输入亮度和彩色信号中检测一个脉冲噪声，当检测到所述脉冲噪声时，输出窗口的一个调整的均值，当没有检测到所述脉冲时，旁路所述输入亮度信号和所述输入彩色信号，从而输出降噪的亮度和彩色信号；

(b)按照图像单位接收所述降噪的亮度信号，均衡所述降噪的亮度信号，并输出一个增强的亮度信号；

(c)用来相对于所述对比度增强装置输出的增强的亮度信号产生输入样本和包括所述输入样本的窗口，低通滤波所述窗口的样本以输出低通滤波信号，从输入样本中减去所述低通滤波信号以产生局部对比度信号，和根据所产生的局部对比度，自适应地对输入样本加权以输出一个改变的亮度信号；及

(d)根据所述改变的亮度信号，对所述降噪的彩色信号进行补偿，并输出补偿的彩色信号。

38. 根据权利要求 37 所述的图像质量增强方法，还包括下列步骤：

(e1)把输入 RGB 信号转换为亮度信号和彩色信号，并在所述步骤(a)之前输出结果；及

(e2)在所述步骤(d)之后，以 RGB 信号形式，转换和输出所述改变的亮度信号和所述补偿的彩色信号。

39. 根据权利要求 38 所述的图像质量增强方法，其中在步骤(e1)中接收的所述 RGB 信号，被转换成信号(Y, U, V), (Y, R－Y, B－Y)和(Y, I, Q)中的一个。

40. 根据权利要求 37 所述的图像质量增强方法，其中所述的步骤(a)包括下列子步骤：

(a1)产生多个包含输入信号的不同尺寸的窗口；

(a2)求得每个所述窗口的平均样本值和样本之间的绝对偏离的均值；

(a3)利用所述得到的每个窗口的平均样本值和所述样本之间的绝对偏离的均值，检测在输入信号中是否存在脉冲分量；及

(a4)当在所述输入信号中检测出脉冲分量时，通过在预定尺寸的调整窗口中对样本进行调整来输出调整的均值。

41. 根据权利要求 40 所述的图像质量增强方法，其中，在步骤(a3)中至少在两个窗口内，从所述输入信号中检测到所述脉冲分量时，判定所述脉冲分量存在于所述输入信号中。

42. 根据权利要求 40 所述的图像质量增强方法，其中所述调整窗口是多个窗口中的一个。

43. 根据权利要求 40 所述的图像质量增强方法，其中所述步骤(a)还包括用所述输出信号替代输入信号、把它移到下一个输入信号并返回到步骤(a1)的步骤(a5)。

44. 根据权利要求 37 所述的图像质量增强方法，其中步骤(b)包括下列子步骤：

(b1)按照图像单位接收所述降噪的亮度信号，并计算平均级；

(b2)根据灰度级的分布，对基于所述计算的平均级划分的每个子图像，计算累积密度函数；及

(b3)根据对每个所述子图像得到的累积密度函数，对每个子图像进行独立的直方图均衡，以此输出增强的亮度信号。

45. 根据权利要求 44 所述的图像质量增强方法，其中，在步骤(b2)中，根据所述平均级，一个图像单位的所述降噪的亮度信号被分成两个子图像。

46. 根据权利要求 44 所述的图像质量增强方法，其中所述步骤(b3)包括下列子步骤：

(b31)根据从每个子图像得到的所述累积密度函数值，把每个子图像的样本映射为一个灰度级；及

(b32)把所述降噪的亮度信号级同所述平均级进行比较，并根据比较结果，在每个所述子图像中从所述映射为灰度级的信号中选择一个。

47. 根据权利要求 46 所述的图像质量增强方法，还包括按照图像单位

延迟所述降噪的亮度信号并输出所述延迟信号到步骤(b32)的步骤(b33)。

48. 根据权利要求 44 所述的图像质量增强方法，其中所述步骤(b)还包括根据预定校正函数把校正的值加到所述平均级上来输出补偿的平均级的步骤(b4)。

49. 根据权利要求 48 所述的图像质量增强方法，其中，在步骤(b4)中，当所述平均级非常小时，将大于零的校正值加到所述平均级上，而当所述平均级非常大时，将小于零的校正值加到所述平均级上，以此来输出所述补偿的平均级。

50. 根据权利要求 48 所述的图像质量增强方法，其中所述步骤(b3)包括下列子步骤:

(b31)当所述降噪的亮度信号低于或等于所述平均级时，根据相应子图像的累积密度函数值，把所述降噪的亮度信号映射为最小灰度级和补偿的平均级(B_m)之间的一个灰度级;

(b32')当所述的亮度信号大于平均级时，根据相应子图像的累积密度函数值，把所述亮度信号映射为已改变的补偿的平均级(B_m')到最大灰度级(X_{L-1})之间的一个灰度级，其中 B'_m 等于 $B_m + X_{L-1}/(L-1)$，其中 L 是正整数。

51. 根据权利要求 48 所述的图像质量增强方法，其中步骤(b)还包括步骤(b5)，所述步骤(b5)根据所述降噪的亮度信号和所述增强的亮度信号之间的灰度值变化量和所述降噪的亮度信号的电平来控制增强的信号的增益。

52. 根据权利要求 51 所述的图像质量增强方法，其中在步骤(b5)中所述增强的亮度信号的增益控制是基于 Weber 系数的。

53. 根据权利要求 51 所述的图像质量增强方法，其中所述步骤(b5)包括下列子步骤:

(b51)从所述增强的信号中减去所述亮度信号，并检测相应于该差的变化量;

(b52)利用预定的最大限定函数和预定的增益控制参数计算所述亮度信号的限制增强量;

(b53)把所述限制增强量同所述变化量进行比较，根据比较结果限制所述变化量，并输出受限的变化量; 及

(b54)把所述受限的变化量加到所述降噪的亮度信号中。

54. 根据权利要求 53 所述的图像质量增强方法，其中所述步骤(b52)包

括下列子步骤:

(b521)为了限制所述降噪的亮度信号的增强,用预定最大限定函数根据所述降噪的亮度信号的电平计算最大限定函数值;及

(b522)将所述最大限定函数值乘以预定增益控制参数并输出限制增强量。

55. 根据权利要求 54 所述的图像质量增强方法,其中所述预定增益控制参数包括多个用于每个划分的子图像的增益控制参数。

56. 根据权利要求 54 所述的图像质量增强方法,其中所述预定增益控制参数包括通常用于所述降噪的亮度信号的增益控制参数。

57. 根据权利要求 54 所述的图像质量增强方法,其中所述最大限定函数 $g(X_k)$是 aX_k,且 a 是一个常数,X_k 表示输入图像信号的 L 个离散级中的任一个。

58. 根据权利要求 54 所述的图像质量增强方法,其中所述最大限定函数 $g(X_k)$是 $a\sqrt{X_K}$,且 a 是一个常数,X_k 表示输入图像信号的 L 个离散级中的任一个。

59. 根据权利要求 53 所述的图像质量增强方法,其中在步骤(b53)中,当所述变化量的绝对值小于或等于所述限制增强量时,所述变化量被输出作为受限的变化量,否则限制增强量被输出作为受限的变化量。

60. 根据权利要求 37 所述的图像质量增强方法,其中所述步骤(c)包括下列子步骤:

(c1)检测对应于所述增强亮度信号的输入样本值和对包含输入样本的预定尺寸窗口中的样本进行低通滤波得到的每个值之差的局部对比度;及

(c2)按所述的检测到的局部对比度值,根据预定加权函数自适应地对输入样本值进行加权。

61. 根据权利要求 60 所述的图像质量增强方法,其中当所述检测到的局部对比度值小于预定值时,所述加权函数增强所述局部对比度值,而当所述检测到的局部对比度值大于或等于预定值时,旁路所述未增强的局部对比度值。

62. 根据权利要求 37 所述的图像质量增强方法,其中所述补偿的彩色信号,按与步骤(d)中所述降噪的彩色信号同样的方向被改变。

63. 根据权利要求 37 所述的图像质量增强方法,其中,在所述步骤(d)

中，所述改变的亮度信号形成在彩色信号空间改变的亮度平面，在所述形成的亮度平面中，每个彩色信号的亮度值是相同的。

64. 根据权利要求 63 所述的图像质量增强方法，其中，在步骤(d)中，所述补偿彩色信号从连接所述降噪彩色信号方向的线同改变的亮度平面的交点得到。

65. 根据权利要求 64 所述的图像质量增强方法，其中，当所述降噪的亮度信号和所述改变的亮度信号之比 q 给定时，所述补偿线用如下方程来表示:

$$(R', G', B') = q(R, G, B)$$

66. 根据权利要求 64 所述的图像质量增强方法，其中，当所述降噪的亮度信号和所述改变的亮度信号之比 q 给定时，所述补偿线用如下方程来表示:

$$(R', G', B') = A(R, G, B) + K$$

其中 A 为 $\frac{q(1-\alpha)}{q-1}$，K 为 $\frac{(q-1)\alpha}{q-1}Max = \alpha Max$，α 大于或等于 0 且小于或等于 1，α是一预定参数，Max 是最大值。

图像质量增强电路及其方法

技术领域

本发明涉及图像质量增强，尤其涉及具有例如降噪、基于直方图均衡的对比度增强、局部对比度增强和彩色补偿等功能的图像质量增强电路及其方法。

背景技术

通常，视频信号的图像质量会由于各种因素而恶化。低对比度可能是图像质量降低的许多代表因素中的一个因素。作为校正图像质量降低的方法，有伽马校正(用于根据亮度变化进行校正)和直方图均衡等。

直方图均衡的主要工作原理是根据输入图像的直方图转换给定的输入图像。这里，直方图表示一幅给定输入图像的灰度级分布。这种灰度级直方图提供一幅图像外观的完整描述。根据图像的样本分布适当地调整灰度级能增强图像的外观及对比度。

根据图像的样本分布进行直方图均衡以增强给定图像的对比度是各种对比度增强方法中最广为人知的一种，该方法被公开于下述文件中：[1]J.S.Lim, "Two－Dimensional Signal and Image Processing(二维信号和图像处理)"，Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey, 1990; 及[2]R.C.Gonzalez and P.Wints, "Digital Image Processing(数字图像处理)"，Addison－Wesley, Reading, Massachusetts, 1977。

另外，包括医学图像处理和雷达图像处理的直方图均衡的有益应用被公开于下述文件中：[3]J.Zimmerman, S.Pizer, E.staab, E.Perry, W.McCartney, and B.Brenton, "Evaluation of the effectiveness of adaptive histogram equalization for contrast enhancement(对用于对比度增强的自适应直方图均衡效率的评价)"，IEEE Tr. on Medical Imaging, pp.304－312, Dec.1998; 及[4]Y.Li, W.Wang, and D.Y.Yu, "Application of adaptive histogram equalization to x－ray chest image(自适应直方图均衡在X射线胸部图像中的应用)" Proc.

of the SPIE, pp. 513 - 514, Vol. 2321, 1994。因此，采用给定图像的直方图的技术已有效地应用于各种领域中，如医学图像处理、红外线图像处理、及雷达图像处理中。

通常，由于直方图均衡具有扩展动态范围的作用，它使得结果图像的密度分布变得平坦。因此，增强了图像的对比度。直方图均衡的这种熟知的特性在某些实际情况中成为一个缺点。这就是说，因为直方图均衡的这一特性使输出密度变得平坦，使输出图像的平均亮度接近一个中间灰度级。实际上，对于模拟图像的直方图均衡，直方图均衡的输出图像的平均亮度正好为中间灰度级，而与输入图像的平均亮度无关。显然，上述特性在实际应用中是不希望的。例如，会产生夜间拍摄的景物在直方图均衡后太亮的问题。

图像质量降低的另一个因素是存在脉冲噪声。独立的脉冲噪声在一个频率范围内是均匀分布的。其结果是，应用简单的线性滤波器会使图像的细节变得模糊，而且脉冲噪声的高频分量不能被有效去除。

图像质量降低还有一个因素是用于增强低对比度的伽马校正或直方图均衡增强了视频信号的整个对比度，但并不能有效增强作为视觉上更重要的信息的细节部分的对比度，即局部对比度。

图像质量降低的还有另一个因素是，如果不按照对亮度信号进行预定的增强对比度的亮度处理(如直方图均衡)时发生的亮度变化对彩色信号进行彩色补偿，则基色信号将失真。

发明内容

因此，本发明的目的是提供一种图像质量增强电路，这种电路具有降噪、基于均值分离(mean - seperation)直方图均衡的对比度增强、局部对比度增强、及彩色补偿等功能。

本发明的另一目的是提供一种图像质量增强方法，这种方法具有降噪、基于均值分离直方图均衡的对比度增强、局部对比度增强、及彩色补偿等功能。

为实现第一个目的，在本发明的图像质量增强电路中，降噪装置在每个输入亮度信号和输入彩色信号中检测一个脉冲。当检测到此脉冲时，输出预定尺寸窗口的调整的均值，否则旁路该输入信号而不作改变。对比度

增强装置通过获得按亮度信号均值划分所得的各个子图像的直方图来独立地均衡由降噪器输出的一个图像单位的亮度信号，并输出增强的亮度信号。局部对比度增强装置检测局部对比度(该局部对比度定义为关于增强的亮度信号的一个输入样本值和对包含该输入样本的预定尺寸窗口中的样本进行低通滤波所得到的每个值之差)，根据检测到的局部对比度自适应地对输入样本值进行加权，并输出一个改变的亮度信号。另外，彩色补偿装置根据改变的亮度信号，对降噪装置输出的彩色信号进行补偿。

最好，上述图像质量增强电路中的降噪装置包括第一降噪器，用来降低包含在输入亮度信号中的脉冲噪声；选择器，用来从两个输入彩色信号中选择一个信号；第二降噪器，用来降低包含在用所述选择器选择的彩色信号中的脉冲噪声；和多路分配器，用来把通过所述第二降噪器降低噪声的彩色信号分成两类彩色信号。

最好，每个上述降噪器包括窗口发生器，用来产生包含输入信号的多个不同尺寸的窗口；多个分离样本值检测器，用来检测每个窗口的平均样本值和样本值的绝对偏离之间的均值，并检测是否输入信号具有分离样本值；选择控制信号发生器，用来当所有所述输入信号在所述多个分离样本值检测器中被检测为分离样本值时，产生一个选择控制信号；调整的均值滤波器，用预定尺寸的调整窗口来调整输入信号，并输出一个调整的均值；及选择器，用来当一个脉冲分量存在于所述输入信号中时，按照所述选择控制信号输出所述调整的均值作为输出信号，否则输出未改变的输入信号，作为输出信号。

最好，上述窗口发生器根据递归/非递归降噪模式信号，用所述输入信号代替递归降噪模式中的输出信号，然后为下一个输入信号产生多个窗口。

最好，上述窗口发生器产生各具有不同尺寸并包括输入信号的第一和第二窗口。

最好，上述多个分离样本值检测器包括第一分离样本值检测器，用来当输入信号和所述第一窗口的平均样本值之间的绝对差大于所述第一窗口的绝对值偏差的均值乘以预定降噪参数时，判定在输入信号中包含脉冲分量，并输出第一个分离样本值检测信号；及第二分离样本值检测器，用来当输入信号和所述第二窗口的平均样本值之间的绝对差大于所述第二窗口

的绝对偏差的均值乘以预定降噪参数时，判定在输入信号中包含脉冲分量，并输出第二个分离样本值检测信号。

最好，上述调整窗口使用所述多个窗口中的一个窗口。

最好，上述对比度增强装置包括一均值分离直方图均衡器，用来通过获得基于所述亮度信号均值划分的子图像的直方图来独立地均衡由所述降噪装置输出的一个图像单位的亮度信号。

最好，上述对比度增强装置包括第一计算装置，用来接收一个图像单位中由所述降噪装置输出的除噪的亮度信号，并计算灰度级的分布；第二计算装置，用来接收一个图像单位的降噪的亮度信号，并计算平均级；第三计算装置，用来根据所述平均级，把所述被计算的图像单位的灰度级分布划分成预定数量的子图像，并对每个子图像计算累积密度函数；及映射装置，用来根据每个子图像计算的所述累积密度函数值将所述降噪的亮度信号映射为一灰度级，并输出增强的亮度信号。

为实现第二个目的，本发明的图像质量增强方法包括以下步骤：在每个输入亮度和彩色信号中检测一个脉冲，当检测到此脉冲时，输出预定尺寸窗口调整的均值，当未检测到此脉冲时则旁路该输入信号，从而输出降噪的亮度和彩色信号；在图像单元中接收降噪的亮度信号，利用按降噪的亮度信号的均值划分所得的各个子图像的直方图独立地均衡该降噪的亮度信号，并输出增强的亮度信号；检测局部对比度(该局部对比度定义为关于增强的亮度信号的输入样本值和对包含该输入样本的预定尺寸窗口中的样本进行低通滤波所得到的每个值之差)，并输出根据检测到的局部对比度自适应地对输入样本值进行加权而改变的亮度信号；及根据改变的亮度信号对降噪的彩色信号进行补偿并输出补偿的彩色信号。

附图说明

通过参照附图对本发明的优选实施例进行详细说明，本发明的上述目的及优点将会变得更明显，其中：

图 1 是本发明一实施例的图像质量增强电路的方框图；

图 2 是图 1 所示的第一降噪器的详细方框图；

图 3 是图 2 所示的窗口发生器的详细方框图；

图 4 是图 1 所示的具有增益控制和亮度补偿的基于均值分离直方图均

衡的对比度增强器的详细方框图；

图 5a 和图 5b 示出用于图 4 所示的亮度补偿器的亮度校正函数的例子；

图 6a 和图 6b 分别示出由图 5a 和图 5b 所示亮度校正函数补偿的平均级与输入图像的平均级之间的关系；

图 7 是图 1 所示的局部对比度增强器的详细方框图；

图 8 是图 7 所示的 M×N 窗口发生器的详细电路图；

图 9 示出用于图 7 所示的加权单元的加权函数的特性；

图 10 是说明根据亮度变化进行的彩色补偿的视图；

图 11 示出防止彩色饱和的彩色补偿线；

图 12 是根据本发明一实施例的示于图 1 的彩色补偿器的详细电路图；及

图 13 是根据本发明另一实施例的示于图 1 的彩色补偿器的详细电路图。

具体实施方式

参考图 1，第一彩色转换器 100 接收用 R_{in}、G_{in} 和 B_{in} 表示的基带数字彩色信号，并把它们转换成用 Y_{in}、U_{in} 及 V_{in} 表示的数字亮度信号和制式定义的彩色信号。

这里，R、G 及 B 信号按照信号处理方法可转换成各种不同的彩色信号，像(Y, I, Q)、(Y, U, V)及(Y, R－Y, B－Y)等彩色制式。R、G 和 B 信号和新彩色信号 Y、U 和 V 之间的关系可用下面的方程式 1 来表示。

$$\begin{bmatrix} Y \\ U \\ V \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a_1 & a_2 & a_3 \\ b_1 & b_2 & b_3 \\ c_1 & c_2 & c_3 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix} \qquad \ldots(1)$$

在本发明中，(Y, U, V)由彩色制式定义，Y 表示亮度信号，U 和 V 表示制式定义的彩色信号。

图像质量增强电路的第一个功能是除去脉冲噪声。第一到第三降噪器 200、220 和 240 分别根据样本的统计检测分离样本(outlier)值并调整该结果，以便除去脉冲噪声。换言之，当从一个输入样本中检测出脉冲时，第一到第三降噪器 200、220 和 240 输出给定窗口的调整的均值，否则旁路该

输入样本。

另外，用不同尺寸的两个窗口计算的样本的统计对降低脉冲的漏检是有用的。漏检可能是视频信号细节模糊的主要因素。分离样本值的检测度由参数 k 确定。

因此，具有独立而相同的结构的降噪器 200、220 和 240 被用来降低 Y_{in}、U_{in} 和 V_{in} 信号的脉冲噪声。

然而，因为典型的数字标准图像有 4:2:0 格式或 4:2:2 格式，所以单个降噪器可被用来代替用于 U_{in} 和 V_{in} 信号的第二和第三降噪器 220 和 240。为了用单个降噪模块，在降噪模块前可安装一个用于选择 U_{in} 或 V_{in} 信号的多路选择器，而在降噪模块后可提供一个用于分离降噪的 U_{in} 或 V_{in} 信号的多路分配器。

图像质量增强电路的一个主要作用是利用具有增益控制和亮度补偿的基于均值分离直方图均衡的对比度增强器 300(以后称作对比度增强器)来增强对比度。

根据本发明提出的均值分离直方图均衡的基本概念，一给定图像根据该给定图像的均值，被分成独立的两个组，而对分得的子图像独立进行均衡。

如果应用该提出的均值分离直方图均衡，则可以有效地防止亮度突变和赝象，当输入图像有一集中分布的直方图时，在一般直方图均衡后，可能产生所述的亮度突变和赝象。另外，增益控制和亮度补偿的功能可与均值分离直方图均衡结合。然而，直方图均衡的其它实施方案及提出的均值分离直方图均衡也能用于本发明中。

通过在均值分离直方图均衡期间把当前均值映射为希望的输出均值，能简单地实现亮度补偿。另外，增益控制的作用是根据输入信号电平，控制通过均值分离直方图均衡增强了的信号的增益，来防止过度的对比度增强。

用于锐化增强的局部对比度增强器 400 检测局部对比度(该局部对比度定义为输入样本值和包含该输入样本的预定尺寸窗口内相应的一个低通滤波过的样本值之差)，并根据检测到的局部对比度的幅度用依赖于该局部对比度的加权函数的权值自适应地加权输入样本。

彩色补偿器 500 根据第一降噪器 200 输出的亮度信号 Y 和局部对比度

增强器 400 输出的已改变的亮度信号 Y'，对第二和第三降噪器 220 和 240 输出的彩色信号 U 和 V 进行适当的补偿。彩色补偿器 500 把放在给定亮度平面上的当前彩色信号映射为在 RGB 空间按一彩色方向移动直到与一增强的亮度平面相交所得到的彩色信号。从而，用与亮度信号变化的比例相同的比例改变彩色信号 U 和 V 来输出补偿的彩色信号 U'和 V'。

第二彩色转换器 600 接收由局部对比度增强器 400 输出的信号 Y'和由彩色补偿器 500 输出的信号 U'和 V'，并通过第一彩色转换器 100 执行的转换的逆处理输出 R_{out}、G_{out}和 B_{out}。

图 1 所示的外部参数是有用的，并刻划了图像质量增强电路的全部功能的特性。其中参数(k)为降噪度，参数(S)用于选择递归/非递归降噪模式，增益控制参数(γ_u，γ_L)输入给对比度增强器 300，锐化控制参数(β)输入给局部对比度增强器 400，而彩色控制参数(α)输入给彩色补偿器 500。

图 2 是图 1 所示的第一降噪器 200 的详细方框图。这里，由于第二和第三降噪器 220 和 240 具有同样的结构，因而仅对除去 Y_{in} 信号的脉冲噪声的第一降噪器予以说明。

参考图 2，窗口发生器 202 输出用下面方程表达的两个窗口及当前的输入样本 Y[i][j]。

$$W_L = \begin{vmatrix} W_{L1}^{L2} \cdots W_{L1}^{0} \cdots W_{L1}^{L2} \\ W_0^{L2} \cdots W_0^{0} \cdots W_0^{L2} \\ W_{L1}^{L2} \cdots W_{L1}^{0} \cdots W_{L1}^{L2} \end{vmatrix} \quad \ldots(2)$$

$$W_M = \begin{vmatrix} W_{M1}^{M2} \cdots W_{M1}^{0} \cdots W_{M1}^{M2} \\ W_0^{M2} \cdots W_0^{0} \cdots W_0^{M2} \\ W_{M1}^{M2} \cdots W_{M1}^{0} \cdots W_{M1}^{M2} \end{vmatrix} \quad \ldots(3)$$

这里，W_L和W_M分别称为大窗口和小窗口。也就是说L_1大于M_1。由窗口发生器202输出的大窗口和小窗口的合成样本随递归/非递归降噪模式信号(S)而变化。为了说明，采用$L_1 = L_2 = 2$及$M_1 = M_2 = 1$的例子。

也就是说，在非递归降噪模式情况中，由窗口发生器202产生的5 × 5大窗口(W_L)和3 × 3小窗口(W_M)如下所示。

$$W_L = \begin{vmatrix} Y[i-2][j-2], Y[i-2][j-1], Y[i-2][j], Y[i-2][j+1], Y[i-2][j+2] \\ Y[i-2][j-2], Y[i-1][j-1], Y[i-1][j], Y[i-1][j+1], Y[i-1][j+2] \\ Y[i][j-2], \quad Y[i][j-1], \quad Y[i][j], \quad Y[i][j+1], \quad Y[i][j+2] \\ Y[i+1][j-2], Y[i+1][j-1], Y[i+1][j], Y[i+1][j+1], Y[i+1][j+2] \\ Y[i+2][j-2], Y[i+2][j-1], Y[i+2][j], Y[i+2][j+1], Y[i+2][j+2] \end{vmatrix} \quad \ldots(4)$$

$$W_M = \begin{vmatrix} Y[i-1][j-1], Y[i-1][j], Y[i-1][j+1] \\ Y[i][j-1], \quad Y[i][j], \quad Y[i][j+1] \\ Y[i+1][j-1], Y[i+1][j], Y[i+1][j-1] \end{vmatrix} \quad \ldots(5)$$

另外，在递归降噪模式中，由窗口发生器202产生的5 × 5大窗口(W_L)和3 × 3小窗口(W_M)如下所示。

$$W_L = \begin{vmatrix} Y_N[i-2][j-2], & Y_N[i-2][j-1], & Y_N[i-2][j], & Y_N[i-2][j+1], & Y_N[i-2][j+2] \\ Y_N[i-2][j-2], & Y_N[i-1][j-1], & Y_N[i-1][j], & Y_N[i-1][j+1], & Y_N[i-1][j+2] \\ Y_N[i][j-2], & Y_N[i][j-1], & Y[i][j], & Y[i][j+1], & Y[i][j+2] \\ Y[i+1][j-2], & Y[i+1][j-1], & Y[i+1][j], & Y[i+1][j+1], & Y[i+1][j+2] \\ Y[i+2][j-2], & Y[i+2][j-1], & Y[i+2][j], & Y[i+2][j+1], & Y[i+2][j+2] \end{vmatrix} \quad \ldots(6)$$

$$W_M = \begin{vmatrix} Y_N[i-1][j-1], & Y_N[i-1][j], & Y_N[i-1][j+1] \\ Y_N[i][j-1], & Y[i][j], & Y[i][j+1] \\ Y[i+1][j-1], & Y[i+1][j], & Y[i+1][j+1] \end{vmatrix} \quad \ldots(7)$$

这里，$Y_N[\ ][\ ]$表示本发明图 2 中所示的降噪器 200 输出的一信号，即经滤波的信号。

如图 3 所示，窗口发生器 202 的详细电路图包括多个样本延迟器 261 到 280，4 个线延迟器 281 到 284，及一个多路选择器 285．这里，多路选择器 285 根据外部递归/非递归降噪模式信号(S)，在非递归降噪模式时选择输入样本 Y[i][j]，在递归降噪模式时选择由选择器 216 输出的最终输出信号 $Y_N[i][j]$．此外，D 和 H 分别表示样本延迟器和线存贮器．

第一均值和偏差计算器 204 接收由窗口发生器 202 产生的大窗口(W_L)的样本，用下面方程 8 得到大窗口(W_L)的平均样本值(A_L)，并用下面方程 9 计算该大窗口(W_L)的样本绝对偏差的均值(D_L)．

$$A_L = \frac{1}{(2L_1+1)(2L_2+1)} \sum_{l=-L_1}^{L_1} \sum_{m=-L_2}^{L_2} W_l^m \quad \ldots(8)$$

$$D_L = \frac{1}{(2L_1+1)(2L_2+1)} \sum_{l=-L_1}^{L_1} \sum_{m=-L_2}^{L_2} |W_l^m - A_L| \quad \ldots(9)$$

当输入样本 Y[i][j]和大窗口(W_L)的平均样本值(A_L)之间的绝对差大于绝对偏差乘以预定参数(k)的均值(kD_L)，即 $|Y[i][j] - A_L| > kD_L$ 时，第一分离样本值检测器 206 通过确定一个脉冲分量包含在输入样本 Y[i][j]中来输出

一个第一分离样本值检测信号，这里，k表示降噪参数。

第二均值和偏差计算器 208 接收由窗口发生器 202 产生的小窗口(W_M)的样本，用下面方程 10 得到小窗口(W_M)的平均样本值(A_M)，并用下面方程 11 计算小窗口(W_M)的样本的绝对偏差的均值(D_M)。

$$A_M = \frac{1}{(2M_1+1)(2M_2+1)} \sum_{l=-M_1}^{M_1} \sum_{m=-M_2}^{M_2} W_l^m \qquad \ldots(10)$$

$$D_M = \frac{1}{(2M_1+1)(2M_2+1)} \sum_{l=-M_1}^{M_1} \sum_{m=-M_2}^{M_2} |W_l^m - A_M| \qquad \ldots(11)$$

当输入样本 Y[i][j]和小窗口(W_M)的平均样本值 A(M)之间的绝对差大于绝对偏离乘以参数(k)的均值(kD_M)，即 $|Y[i][j] - A_M| > kD_M$ 时，第二分离样本值检测器 210 通过确定一个脉冲分量包含在输入样本 Y[i][j]中来输出一个第二分离样本值检测信号。

当第一和第二分离样本值检测器 206 和 210 产生的第一和第二分离样本值检测信号均产生时，选择控制信号发生器 212 产生一个选择控制信号，以选择调整的均值滤波器 214 的输出，否则旁路该输入样本而不作改变。

同时，调整的均值滤波器 214 用下面方程 12 调整由窗口发生器 202 产生的小窗口 W_M 的样本，并通过取残留样本的均值来输出一个输出信号 $y_u[i][j]$。

$$y_{ti}[i][j] = \frac{1}{|T_M|} \sum_{l=-M_1}^{M_1} \sum_{m=-M_2}^{M_2} W_l^m T_l^m$$

其中，

$$T_l^m = \begin{cases} 1, & if\ |W_l^m - A_M| \le kD_M \\ 0, & \text{其它} \end{cases} \quad \text{且} \quad |T_M| = \sum_{l=-M_1}^{M_1} \sum_{m=-M_2}^{M_2} T_l^m \qquad \ldots(12)$$

$|T_M|$表示未调整的样本数或未被确定为分离样本值的样本数. 本发明的实施例用小窗口作为调整窗口，而调整窗口的尺寸是可变化的.

仅当分离样本值在第一和第二分离样本值检测器206和210中均被检测到时，选择器216根据选择控制信号发生器212产生的选择控制信号，选择调整的均值滤波器214的输出信号$y_{tr}[i][j]$. 否则，选择器216通过旁路由窗口发生器202输出的未加改变的输入样本Y[i][j]来输出一个输出信号($Y = Y_N[i][j]$). 该输出信号($Y = Y_N[i][j]$)被反馈到窗口发生器202，并同时输出到对比度增强器300和彩色补偿器500.

图4是图1所示的对比度增强器300的详细方框图. 参考图4，帧直方图计算器302接收图1所示的第一降噪器200输出的亮度信号(Y)，并以一幅图像为单位计算直方图. 即，计算一帧图像的灰度级的分布. 图像单位可以是一场，但这里设为一帧. 这时，输入图像信号{Y}由$\{X_0, X_1, \ldots, X_{L-1}\}$表示的L个离散级组成.

帧均值计算器304以帧为单位计算第一降噪器200输出的亮度信号的平均级(X_m). 这时$X_m \in \{X_0, X_1, \ldots, X_{L-1}\}$. 分割器306根据帧均值计算器304计算的均值电平(X_m)把帧直方图计算器302计算的灰度级分布分成预定数目(在此为2)的子图像$\{X\}_L$和$\{X\}_U$，并输出两个子图像的概率密度函数$p_L(X_k)$和$p_U(X_k)$. 概率密度函数$p_L(X_k)$和$p_U(X_k)$可用下面方程13和14计算.

$$p_L(X_k) = \frac{n_k^L}{n_L}, \quad for \ k = 0, 1, \ldots, m \qquad \ldots(13)$$

$$p_U(X_k) = \frac{n_k^U}{n_U}, \quad for \ k = m+1, m+2, \ldots, L-1 \qquad \ldots(14)$$

这里L是级数，$p_L(X_k)$是子图像$\{X\}_L$中第k级灰度(X_k)的概率，$p_U(X_k)$是子图像$\{X\}_U$中第k级灰度(X_k)的概率，n_k^L和n_k^U表示级X_k出现在每个子图像中的次数，而n_L和n_U是在子图像$\{X\}_L$和$\{X\}_U$中相应的全部样本数.

第一CDF计算器308从分割器306接收一个子图像(以后称第一子图像)的概率密度函数$p_L(X_k)$，所述子图像具有的样本均低于或等于平均级(X_m)，

并用下面方程 15 计算累积密度函数(CDF) $c_L(X_k)$。

$$c_L(X_k) = \sum_{j=0}^{k} p_L(X_j) \quad \ldots(15)$$

第二 CDF 计算器 310 从分割器 306 接收一个子图像(以后称第二子图像)的概率密度函数 $p_U(X_k)$，所述子图像具有的样本均大于平均级(X_m)，并用下面方程 16 计算累积密度函数 $c_U(X_k)$。

$$c_U(X_k) = \sum_{j=m+1}^{k} p_U(X_j) \quad \ldots(16)$$

CDF 存贮器 312 根据一个同步信号(SYNC)来更新以帧为单位由第一和第二 CDF 计算器 308 和 310 计算的累积密度函数 $c_L(X_k)$和 $c_U(X_k)$。并在更新期间分别提供前面存贮的一帧之前(prior - to - one - frame)的累积密度函数 $c_L(X_k)$和 $c_U(X_k)$给第一和第二映射器 316 和 318。这里，当图像单位是场时，所述同步信号为场同步信号，当图像单位是帧时，所述同步信号为帧同步信号。CDF 存贮器 312 用作缓冲器。

同时，亮度补偿器 314 接收由帧均值计算器 304 输出的平均级(X_m)，根据输入到对比度增强器 300 的平均亮度，如下面方程 17 所示，把校正值(Δ)加到平均级(X_m)上，并输出补偿的平均级(B_m)。

$$B_m = X_m + \Delta \quad \ldots(17)$$

即，当 B_m 是补偿的平均级，而Δ是根据平均亮度用预定的校正函数得到的校正值时，补偿后的平均级(B_m)成为校正值(Δ)加平均级(X_m)所得的结果。这时，$B_m \subset \{ X_0, X_1, \ldots, X_{L-1} \}$。

校正值(Δ)由图 5a 和 5b 所示的校正函数确定。本发明并不限于如图 5a 和 5b 所示的校正函数的例子，也可以有其它的应用例子。

增强的信号(Y_o)的亮度由图 5a 和 5b 所示的校正函数决定的校正值来控制。也就是当平均级(X_m)很小时，即当图像很暗时，大于零的校正值(Δ)被加到平均级(X_m)上，然后进行本发明提出的均值分离直方图均衡，从而，增强的信号(Y_o)的平均亮度变高。

另外，当平均级(X_m)很大时，即当图像很亮时，小于零的校正值(Δ)被加到平均级(X_m)上，然后进行本发明提出的均值分离直方图均衡。从而，增

强的信号(Y_o)的平均亮度变低。所以，当根据平均级(X_m)利用按预定的合适的校正值(Δ)补偿的平均级(B_m)进行均值分离直方图均衡时，输入图像的图像质量能显著增强。

图 6a 和 6b 示出平均级(X_m)和补偿的平均级(B_m)之间的关系，由图 5a 和 5b 所示的亮度校正函数决定的校正值(Δ)被加到所述补偿的平均级上。

同时，图 4 所示的第一映射器 316 接收由第一 CDF 计算器 308 计算的累积密度函数 $c_L(X_k)$、从第一降噪器 200 输出的信号(X_k)、及由亮度补偿器 314 输出的补偿的平均级(B_m)，并根据累积密度函数，把第一子图像的样本 $\{X\}_L$ 映射到范围从 0 到 B_m 的灰度级。

第二映射器 318 接收由第二 CDF 计算器 310 计算的累积密度函数 $c_U(X_k)$、由第一降噪器 200 输出的信号(X_k)、及由亮度补偿器 314 输出的补偿的平均级(B_m)，并根据累积密度函数把第二子图像的样本值 $\{X\}_U$ 映射到范围从 B'_m 到 X_{L-1} 的灰度级。

由第一和第二映射器 316 和 318 映射的输出用下面方程 18 来表示，B'_m 用下面方程 19 来表示。

$$Y_o = \begin{cases} c_L(X_k) B_m & if\ X_k \le X_m \\ B_m' + (X_{L-1} - B_m') c_U(X_k) & if\ X_k > X_m \end{cases} \quad \ldots (18)$$

$$B_m' = B_m + X_{L-1}/(L-1) \quad \ldots (19)$$

这里，B'_m 表示映射在比补偿的平均级(B_m)更高的区域中的第一灰度级。

因而方程 18 显示了当输入样本等于或小于平均级(X_m)时将输入样本映射到(0, B_m)及当输入样本大于平均级(X_m)时，将输入样本映射到(B'_m，X_{L-1})的结果。

另外，当校正值大于 0(即 $\Delta > 0$)时，均衡过的输出(Y_o)变亮，而当它小于 0(即 $\Delta < 0$)时，均衡过的输出(Y_o)变暗。当 Δ 增加时，低区域上的动态范围增强，当 Δ 减小时，高区域上的动态范围增强。取决于平均级(X_m)的预定的合适的补偿的平均级(B_m)大大地增强了输入图像的图像质量。

比较器 320 把第一降噪器 200 输出的信号(X_k)同帧均值计算器 304 输出

的平均级(X_m)比较，并产生一个选择控制信号。当第一降噪器 200 输出的信号(X_k)低于平均级(X_m)时，第一选择器 322 选择第一映射器 316，否则，选择第二映射器 318。

这里，输入给第一和第二映射器 316 和 318 的信号(X_k)是这样一个帧的信号，该帧紧接着对应于 CDF 存贮器 312 输出累积密度函数值的帧。因此，可另外提供一个将第一降噪器 200 输出的信号延迟一帧的帧存贮器，以便将与 CDF 存贮器 312 输出的累积密度函数的帧相同的帧的信号输入给第一和第二映射器 316 和 318。而且，利用相邻帧之间存在高度相关性的特性，可省略帧存贮器，从而减少硬件。

而且，不用分别使用帧直方图计算器 302 和 CDF 计算器 308 和 310，用没有帧直方图计算器 302 的 CDF 计算器 308 和 310 可计算每个子组的图像信号的灰度级分布，且基于该结果可计算 CDF。

同时，减法器 324 和加法器 334 实现控制增强的信号(Y_o)的增益的作用。这里增益控制的一个基本概念是，当用均值分离直方图均衡增强对比度时，按照对比度增强的程度限制输入信号(Y)的最大灰度级的变化。

首先，输入信号($Y = X_k$)和增强的信号(Y_o)之间的关系可用下面方程 20 或 21 来表示；

$$Y_o = X_k + \Delta_k \qquad \ldots(20)$$

或

$$Y_o - X_k = \Delta_k \qquad \ldots(21)$$

其中 Δ_k 是当输入样本是 X_k，即输入信号($Y = X_k$)的电平和由均值分离直方图均衡映射到新灰度级的级(Y_o)之差时，由均值分离直方图均衡形成的变化量(增强度)。

为了防止由于直方图均衡造成的过度增强，根据本发明的变化量 Δ_k 作如下限制。

$$|\Delta_k| \leqslant \gamma \cdot g(X_k) \qquad \ldots(22)$$

其中 $g(X_k)$表示最大限定函数，$g(X_k)$是输入信号($Y = X_k$)的函数且通常为正值(即 $g(X_k) \geqslant 0$)，而 γ ($\gamma \geqslant 0$)是增益控制参数。上面方程 22 可用下面方程 23 表示为同一方程。

$$-r \cdot g(X_k) \leqslant \Delta_i \leqslant r \cdot g(X_k) \qquad \ldots(23)$$

如方程22表示的限制变化量Δ_k的概念涉及Weber系数。事实上，若$g(X_k)$等于X_k，从上面方程22可得到下面的方程24。

$$\frac{|\Delta_k|}{X_k} \leq Y \qquad \ldots(24)$$

其中$\frac{|\Delta_k|}{X_k}$是对应于Weber系数的量。

Weber系数是人感觉到的实验事实，当X_1用γX_1替换，X_2用γX_2替换时，变化度相同。因此，用于本发明的增益控制概念是用具有基于Weber系数的亮度补偿功能的均值分离直方图来控制增益，即增强的信号的增强度。

图4中所示的减法器324从第一选择器322输出的增强的信号(Y_o)中减去第一降噪器200输出的输入信号($Y = X_k$)，得到由具有亮度补偿功能的均值分离直方图均衡形成的变化量(Δ_k)。

增益特征确定器326通过输出作为输入信号(X_k)的函数的最大限定函数$g(X_k)$来限制输入信号(X_k)的增强。例如，当$g(X_k)$是K_1且K_1是常数时，$g(X_k)$以同一量限制输入增强，而不管输入灰度级值为何。最大限定函数$g(X_k)$可等于aX_k或$a\sqrt{X_k}$(这里a是常数)，且根据输入灰度级值，有区别地限制输入图像的增强量。

第二选择器328把输入信号(X_k)同帧均值计算器304输出的平均级(X_m)进行比较，当输入信号(X_k)低于或等于平均级(X_m)时选择第一增益控制参数(γ_L)，否则，选择第二增益控制参数(γ_U)。这里，第一增益控制参数(γ_L)是用于第一子图像信号的参数，而第二增益控制参数(γ_U)是用于第二子图像信号的参数。这里，第一和第二增益控制参数(γ_L)和(γ_U)可以以同样值给予输入信号，这与为每个子图像提供不同的增益控制参数形成对比。

乘法器330把增益特征确定器326输出的最大限定函数$g(X_k)$的值乘以第二选择器328选择的增益控制参数(γ)并输出限制值$\gamma \cdot g(X_k)$。这里，限制值$\gamma \cdot g(X_k)$是本发明的增益控制的特性。

限制器332把减法器324输出的变化量(Δ_k)同乘法器330输出的限制值$\gamma \cdot g(X_k)$相比较，限制变化量(Δ_k)，并按下面方程25输出一个受限的变化

量(Δ'_k)。

$$\Delta_k' = \begin{cases} \Delta_k, & 若\ |\Delta_k| \le \gamma \cdot g(X_k) \\ \gamma \cdot g(X_k), & 若\ \Delta_k > \gamma \cdot g(X_k) \\ -\gamma \cdot g(X_k), & 若\ \Delta_k < -\gamma \cdot g(X_k) \end{cases} \quad \ldots(25)$$

也就是说，当变化量(Δ_k)的绝对值等于或小于 $\gamma \cdot g(X_k)$时，变化量(Δ_k)用作受限变化量(Δ'_k)。当变化量(Δ_k)大于 $\gamma \cdot g(X_k)$时，变化量(Δ_k)被限制为 $\gamma \cdot g(X_k)$。当变化量(Δ_k)小于 $-\gamma \cdot g(X_k)$时，变化量(Δ_k)被限制为 $-\gamma \cdot g(X_k)$，由此控制增强的信号(Y_o)的增益。

加法器 334 把输入信号(X_k)加至限制器 332 输出的受限变化量(Δ'_k)上，并输出一个如下面方程 26 所示的输出信号(Y_H)。因此，对比度增强器 300 的最终输出信号(Y_H)可如下表达。

$$Y_H = X_k + \Delta k' \quad \ldots(26)$$

图 7 是图 1 所示的局部对比度增强器 400 的详细方框图，其中 M×N 窗口发生器 402 接收图 1 所示的对比度增强器 300 的输出(Y_H)，产生可用下面方程 27 表达的 M×N 窗口(W)，并把它输出到 M×N 低通滤波器(LPF)404 中。

$$W = \begin{bmatrix} W_{11}, W_{12}, \ldots, W_{1N} \\ W_{21}, W_{22}, \ldots, W_{2N} \\ W_{M1}, W_{M2}, \ldots, W_{MN} \end{bmatrix} \quad \ldots(27)$$

另外，M×N 窗口(W)的中心线的中间样本(x)被输入到减法器 406 和加法器 416。这里，中心线的中间样本(x)是用于改进对比度的输入样本。

图 8 是当 M 和 N 都等于 3 时，M×N 窗口发生器 402 的详细电路图。参考图 8，D 和 H 分别表示样本延迟器和线存贮器。图 7 表示的 M×N LPF 404 的输出信号(m)，可用下面方程 28 来表示。

$$m = \sum_{i=1}^{M} \sum_{j=1}^{N} b_{ij} W_{ij} \quad \ldots(28)$$

其中 b_{ij} 是预定的系数，而 $\begin{vmatrix} b_{11}, \cdots, b_{1N} \\ \cdots\cdots\cdots\cdots \\ b_{M1}, \cdots, b_{MN} \end{vmatrix}$

相当于 M × N LPF 404 的脉冲响应。

减法器 406 从中间样本值(x)中减去 M × N LPF 404 的输出信号(m)。绝对值计算器 408 计算减法器 406 输出的绝对值，加权单元 410 输出一个用预定的加权函数 f(| x - m |)对绝对值计算器 408 的输出进行加权而得到的值。第一乘法器 412 把预定参数(β)乘以加权单元 410 的输出。

第二乘法器 414 把减法器 406 的输出同第一乘法器 412 的输出相乘并输出乘得的结果 β · f(| x - m |)(x - m)。加法器 416 把乘得的结果加到 M × N 窗口发生器 402 的中间样本(x)上。

这时，M × N 窗口发生器 402 的中间样本(x)和 M × N LPF 404 的输出信号(m)之差能用人视觉感觉的对比度即局部对比度来定义。换句话说，值 | x - m | 大的地方，可被称为有高对比度的区域，值 | x - m | 小的地方，可被称为有低对比度的区域。根据上面定义的局部对比度，把值 | x - m | 放大为 f(| x - m |)并把结果加到原始信号(x)中来增强局部对比度。加法器 416 的输出(Y')用下面方程 29 来表示。

$$Y' = x + \beta \cdot f(|x - m|)(x - m) \qquad \ldots(29)$$

其中，加权函数 f()是 | x - m | 的函数。通过适当地选择加权函数，能实现用于局部对比度的各种类型增强特性。另外，β 是用来调节整个局部对比度的增强量的参数。

例如，当 f(| x - m |)等于 0 时，Y'等于 x，也就是无对比度增强作用。因此，如果当 | x - m | 比 T 小时 f(| x - m |)为 K2，并且当 | x-m | 比 T 大时，f(| x - m |)为 0，(这里，T 和 K2 是常数)，则在局部对比度小(即，| x - m | < T)的区域，局部对比度被扩大 K2 倍。另一方面，在已经确定局部对比度大的区域中，进行旁路输入样本的自适应局部对比度增强。

图 9 显示了根据 | x - m | 确定局部对比度的加权值的加权函数的例子。通过使用(a)和(b)表示的加权函数能得到各种对比度增强特性。

同时，在说明图 1 中所示的彩色补偿器 500 以前，先参照图 10 和 11 来

说明一种彩色补偿方法。

彩色信号C用R、G和B信号给出，方程1中所示的亮度信号Y用a1R + a2G + a3B给出，通过对比度增强器300和局部对比度增强器400将Y转换成Y'。这时，彩色补偿的目标是根据Y到Y'的变化，适当地变化原始彩色信号C = (R, G, B)。

本发明的彩色补偿的基本概念是把给定的彩色变成(R, G, B)空间中的彩色方向。

首先，在Y等于a1R + a2G + a3B的地方，均具有一常数值Y的R、G和B在(R, G, B)空间中形成一平面。即，Y等于a1R + a2G + a3B的平面上的每个彩色信号具有相同亮度值。从Y到Y'的亮度变化涉及如下事实，即所给的彩色C被移到图10所示的Y'平面上的一个位置。这时，在本发明中，假设彩色C和C'具有同一彩色方向。这里，当C'等于(R', G', B')时，这意味着直线OC同直线OC'重合。因此，在Y'平面上经补偿的彩色C'通过检测直线OC'和Y'平面的交点而得到。简言之，当亮度值从Y变成Y'时，图10所示的原始彩色信号C被映射为新的彩色信号C'，它是直线OC和Y'平面的交点。

现在，为了得到彩色C'，(l, m, n)被定义为给定彩色C的方向余弦，它将用下面方程30来表示;

$$l = R/r, \quad m = G/r, \quad n = B/r \qquad \ldots(30)$$

其中r等于$\sqrt{R^2 + G^2 + B^2}$。类似地，输出彩色信号R'、G'和B'的方向余弦l'、m'、n'可用下面方程31来表示;

$$l' = R'/r', \quad m' = G'/r', \quad n' = B'/r' \qquad \ldots(31)$$

其中r'等于$\sqrt{R'^2 + G'^2 + B'^2}$。为使这两类彩色具有相同的彩色方向，应该满足下面方程32和33所示的关系。

$$l = l', m = m', n = n' \qquad \ldots(32)$$

$$R'/r' = R/r, G'/r' = G/r, \quad B'/r' = B/r \qquad \ldots(33)$$

因此，得到了下面方程34、35和36。

$$R' = \frac{r'}{r} R \qquad \ldots(34)$$

$$G' = \frac{r'}{r} G \qquad \ldots(35)$$

$$B' = \frac{r'}{r} B \qquad \ldots(36)$$

当用方程34、35和36给出的关系代入Y' = a1R' + a2G' + a3B'时，得到下面方程37、38和39；

$$Y' = a_1 \frac{r'}{r} R + a_2 \frac{r'}{r} G + a_3 \frac{r'}{r} B \qquad \ldots(37)$$

$$Y' = \frac{r'}{r} (a_1 R + a_2 G + a_3 B) \qquad \ldots(38)$$

$$Y' = \frac{r'}{r} Y \qquad \ldots(39).$$

因此，得到如下面方程40的结果。

$$\frac{Y'}{Y} = \frac{r'}{r} \qquad \ldots(40)$$

同时，利用方程40的结果，方程34到36亦可以表示成如下面方程41到43。

$$R' = \frac{Y'}{Y} R \qquad \ldots(41)$$

$$G' = \frac{Y'}{Y} G \qquad \ldots(42)$$

$$B' = \frac{Y'}{Y} B \qquad \ldots(43)$$

从而，C'能如下得到

$$C' = (R', G', B') \qquad \ldots(44)$$

$$C' = (qR, qG, qB) \qquad \ldots(45)$$

其中 q 等于 Y'/Y，它是原始亮度信号和结果亮度信号之比。由于这意味着亮度变化的比例等于彩色变化的比例，所以本发明通过按照亮度变化改变彩色值来实现彩色补偿。

利用方程 45 的结果，在其它彩色制式中能很容易地实现彩色补偿。也就是说例如方程 1 中给出的(Y, U, V)信号(它是方程 45 给出的彩色补偿的结果)应当被转换成(qY, qU, qV)，如方程 46 到 51 所示:

$$U' = b_1R' + b_2G' + b_3B' \quad ...(46)$$

$$U = q(b_1R + b_2G + b_3B) \quad ...(47)$$

$$U = qU \quad ...(48)$$

和，

$$V' = c_1R' + c_2G' + c_3B' \quad ...(49)$$

$$V = q(c_1R + c_2G + c_3B) \quad ...(50)$$

$$V = qV \quad ...(51).$$

接着将进行彩色补偿，以防止由上述图像质量增强方法引起的彩色饱和。

亮度比用 q 给出，当用图 11 所示的补偿线(R', G', B') = q(R, G, B)进行彩色补偿时，在 b(= Max/q)电平和最大(Max)电平之间的彩色信号被补偿到一最大值(Max)，这样就引起饱和。这是因为参考上面所述的补偿方法，在 b 和 Max 之间的彩色由此映射为 Max，彼此之间无法区别。

为了防止彩色饱和，对 a(= α b)电平和最大电平(Max)之间的彩色信号，补偿线(R', G', B') = q(R, G, B)被近似为补偿线(R', G', B') = A(R, G, B) + K。这里参数(α)大于或等于 0 且低于或等于 1，而 A 和 K 可用下面方程 52 和 53 来表示;

$$A = \frac{q(1-\alpha)}{(q-1)} \qquad \ldots(52)$$

和，

$$K = \frac{(q-1)\alpha}{q-1} Max \qquad \ldots(53).$$

图 12 是按照本发明一实施例的图 1 所示的彩色补偿器 500 的详细电路图，其中，运算器 502 运算由图 1 的第一降噪器 200 输出的信号 Y 和局部对比度增强器 400 输出的信号 Y'之间的比率(q)，即 Y'/Y。

第一乘法器 504 把图 1 的第二降噪器 220 输出的信号 U 乘以运算器 502 输出的比率(q)并输出信号 U'。第二乘法器 506 把图 1 的第三降噪器 240 输出的信号 V 乘以运算器 502 输出的比率(q)并输出信号 V'。

图 13 是按照本发明另一实施例的图 1 所示的彩色补偿器 500 的详细电路图，其中运算器 512 运算由图 1 的第一降噪器 200 输出的信号 Y 和局部对比度增强器 400 输出的信号 Y'之间的比率(q)，即 Y'/Y。

第一近似值调节器 514 和第二近似值调节器 516 用图 11 所示的近似补偿线来防止彩色饱和。第一近似值调节器 514 接收由图 1 的第二降噪器 220 输出的信号 U、由运算器 512 输出的比率(q)、及参数(α)，并且，当输入信号 U 在最小电平和 a(= αb)电平之间时，输出经补偿线(R', G', B') = q(R, G, B)补偿的信号 U'，而当输入信号 U 在“a”电平和最大电平(Max)之间时，输出经近似补偿线(R', G', B') = A(R, G, B) + K 补偿的信号 U'。

这时，信号 U 既可通过补偿线(R', G', B') = q(R, G, B)补偿，也可通过近似补偿线(R', G', B') = A(R, G, B) + K 补偿，这取决于参数值(α)。即，当参数值(α)为 1 时，信号 U 用补偿线(R', G', B') = q(R, G, B)补偿。当参数值(α)大于 0 且小于 1 时，在最小电平和“a”(= αb)电平之间的信号 U 由补偿线(R', G', B') = q(R, G, B)补偿，而在“a”电平和最大电平之间的信号 U 由近似补偿线(R', G', B') = A(R, G, B) + K 补偿。

第二近似值调节器 516 接收图 1 的第三降噪器 240 输出的信号 V、运算器 512 输出的比率(q)、及参数(α)，并且，当输入信号 V 在最小电平和“a”电平之间时，输出用补偿线(R', G', B') = q(R, G, B)补偿的信号 V'，而当输入信号 V 在“a”电平和最大电平(Max)之间时，输出用近似补偿线(R',

G', B')

= A(R, G, B) + K 补偿的信号 V'.

因此，本发明可用于同图像信号的图像质量增强有关的范围很宽的领域. 即，本发明可用在广播设备、雷达信号处理系统、医用设备、家用电器等.

如上所述，本发明根据输入图像的平均亮度考虑校正值，用具有增益控制功能的均值分离直方图均衡来防止过量增强，有效地减少了亮度突变和在传统直方图均衡期间产生的赝象，从而增强了对比度，并大大地改进了输入图像的图像质量. 而且，本发明通过双脉冲检测方法来增加可靠性，从而有效地除去脉冲噪声，因此，改进了图像质量. 通过局部对比度的增强也能提高图像质量. 另外，当预定的对比度增强处理改变了亮度时，本发明根据该变化来改变彩色值，由此提供一种不失真的彩色信号.

图 1

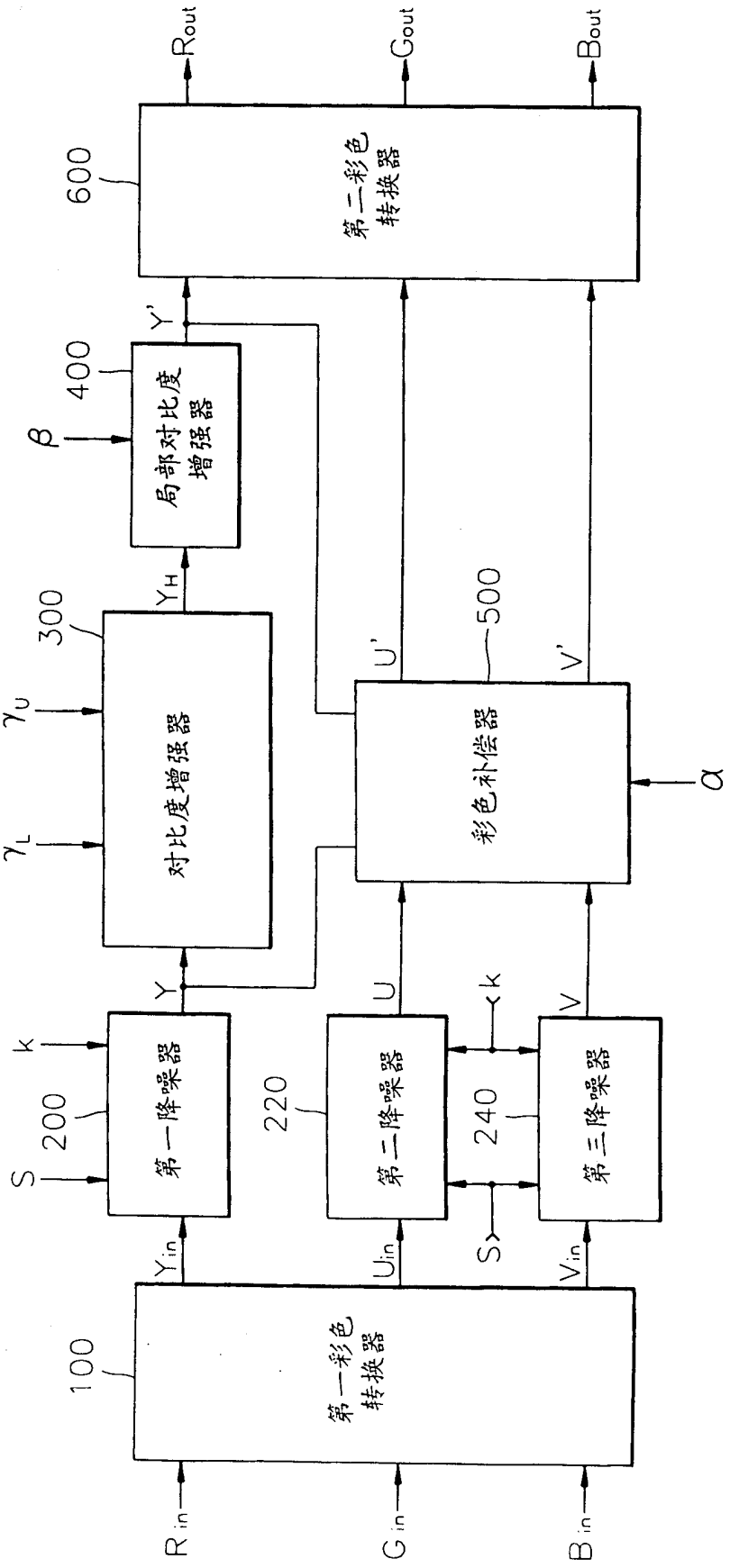

Rout
Gout
Bout
600
第二彩色转换器
Y'
400
局部对比度增强器
β
YH
300
对比度增强器
γU
γL
U'
500
V'
彩色补偿器
α
Y
U
V
k
S
200
第一降噪器
220
第二降噪器
240
第三降噪器
Yin
Uin
Vin
100
第一彩色转换器
Rin
Gin
Bin

图 2

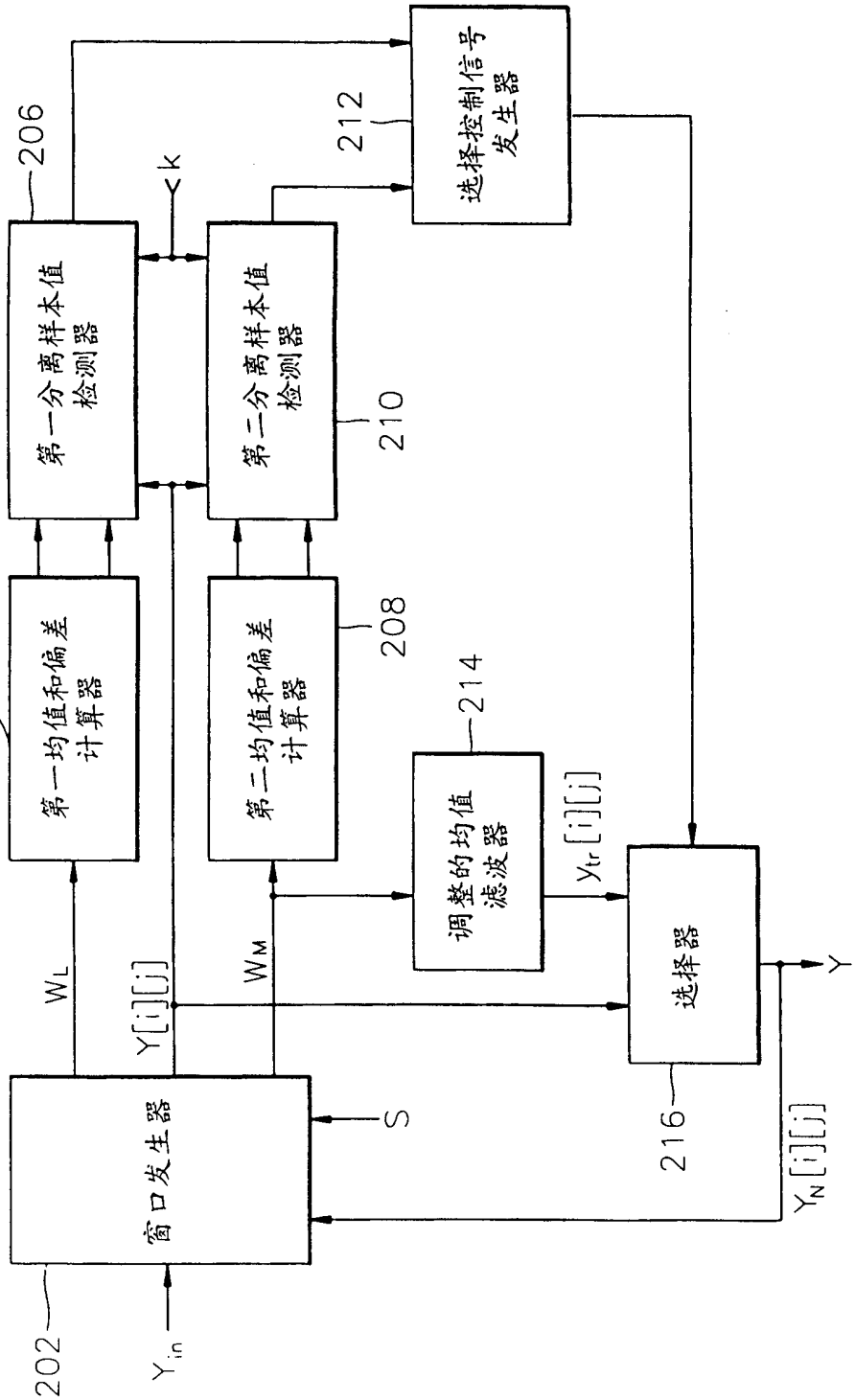
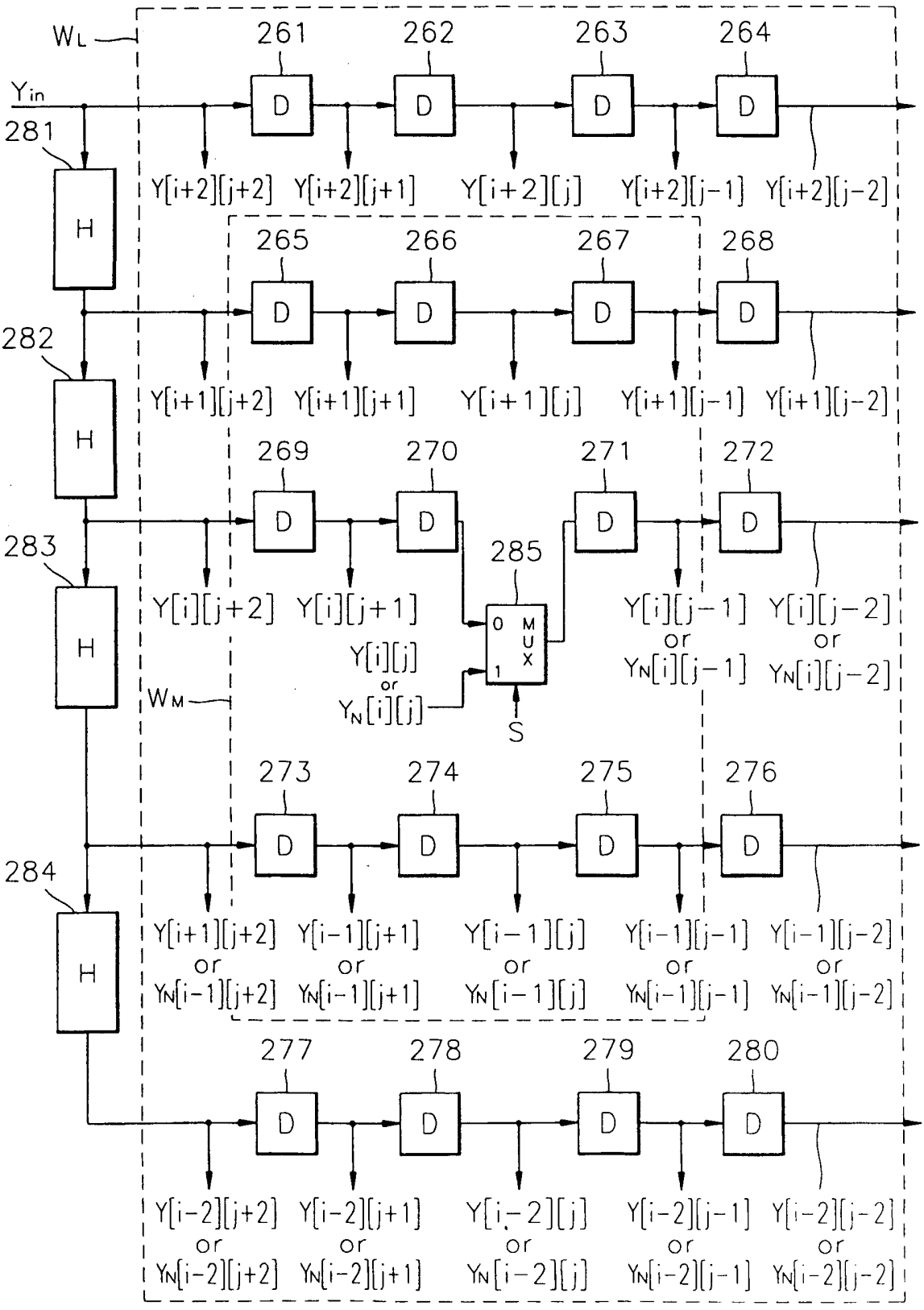

206
k
212
选择控制信号发生器
第一分离样本值检测器
第二分离样本值检测器
210
204
第一均值和偏差计算器
第二均值和偏差计算器
208
214
调整的均值滤波器
$y_{tr}[i][j]$
W_L
$Y[i][j]$
W_M
选择器
Y
S
216
$Y_N[i][j]$
窗口发生器
202
Y_{in}

图 3


WL
Yin
281
282
283
284
H
261
262
263
264
265
266
267
268
269
270
271
272
273
274
275
276
277
278
279
280
D
285
MUX
0
1
S
WM
Y[i+2][j+2] Y[i+2][j+1] Y[i+2][j] Y[i+2][j-1] Y[i+2][j-2]
Y[i+1][j+2] Y[i+1][j+1] Y[i+1][j] Y[i+1][j-1] Y[i+1][j-2]
Y[i][j+2] Y[i][j+1] Y[i][j] or YN[i][j] Y[i][j-1] or YN[i][j-1] Y[i][j-2] or YN[i][j-2]
Y[i+1][j+2] or YN[i-1][j+2] Y[i-1][j+1] or YN[i-1][j+1] Y[i-1][j] or YN[i-1][j] Y[i-1][j-1] or YN[i-1][j-1] Y[i-1][j-2] or YN[i-1][j-2]
Y[i-2][j+2] or YN[i-2][j+2] Y[i-2][j+1] or YN[i-2][j+1] Y[i-2][j] or YN[i-2][j] Y[i-2][j-1] or YN[i-2][j-1] Y[i-2][j-2] or YN[i-2][j-2]

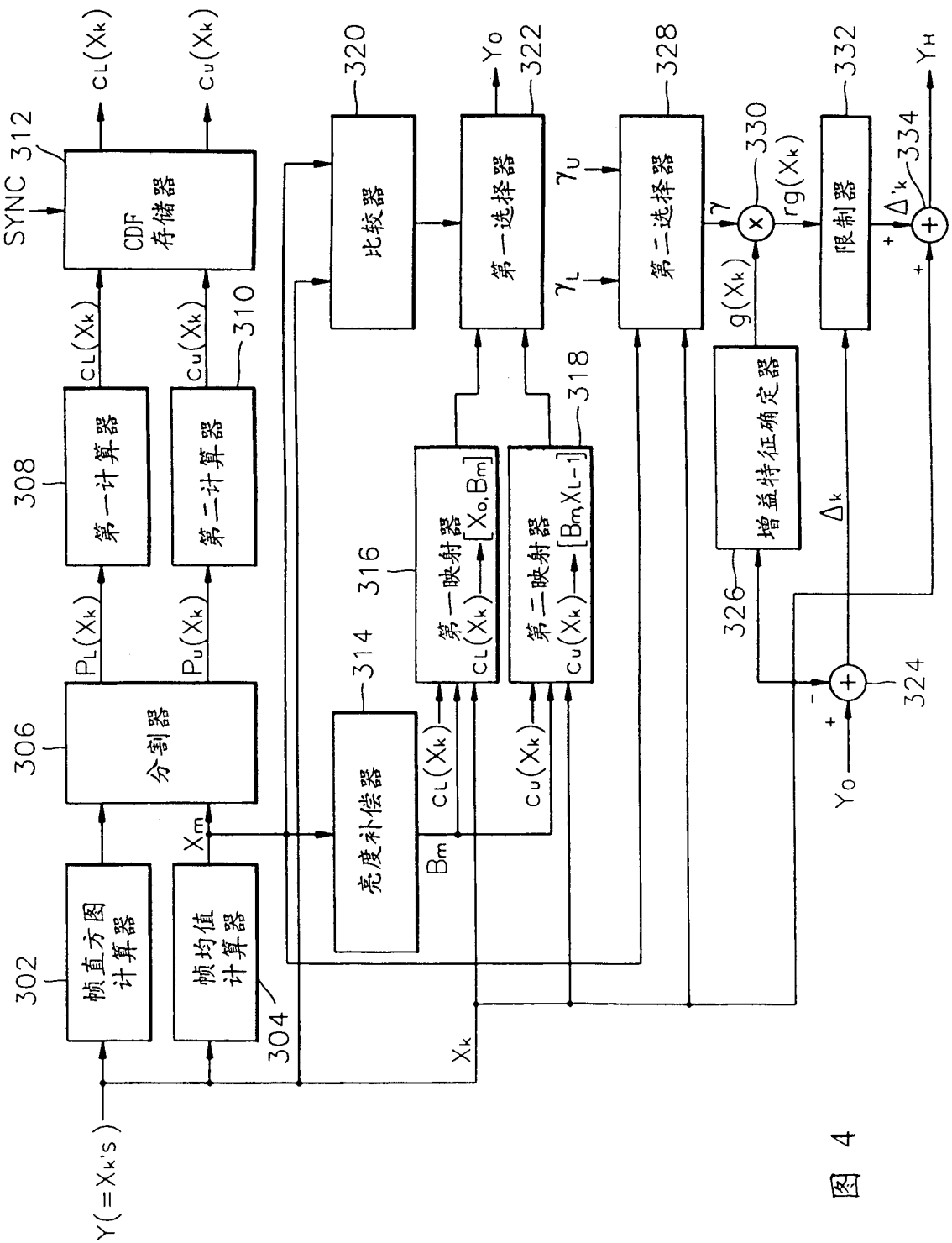

Y(=Xk's)
302
帧直方图计算器
304
帧均值计算器
306
分割器
308
第一计算器
310
第二计算器
312
SYNC
CDF存储器
314
亮度补偿器
316
第一映射器
第二映射器
318
320
比较器
322
第一选择器
324
326
增益特征确定器
328
第二选择器
330
332
限制器
334
Xm
Xk
Bm
PL(Xk)
Pu(Xk)
CL(Xk)
Cu(Xk)
[Xo,Bm]
[BmXL-1]
γL
γu
γ
g(Xk)
rg(Xk)
Δk
Δ'k
Yo
YH

图 4

图 5a

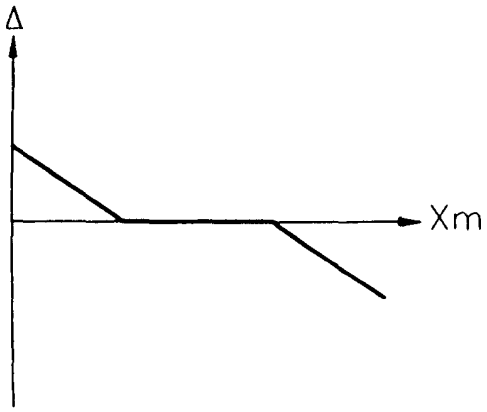


图 5b

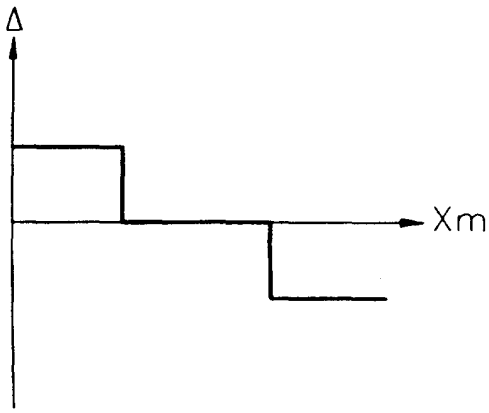


图 6a

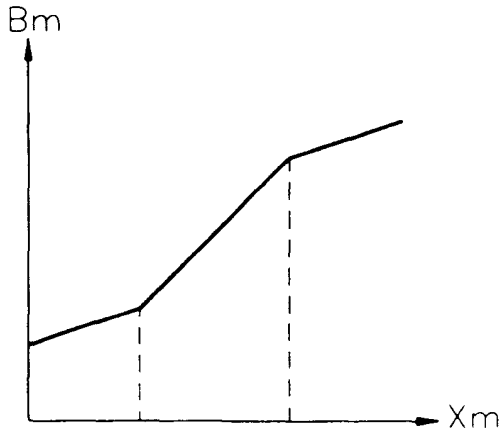


图 6b

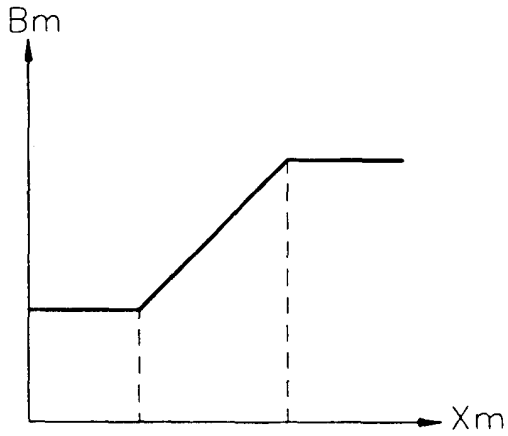


图 7

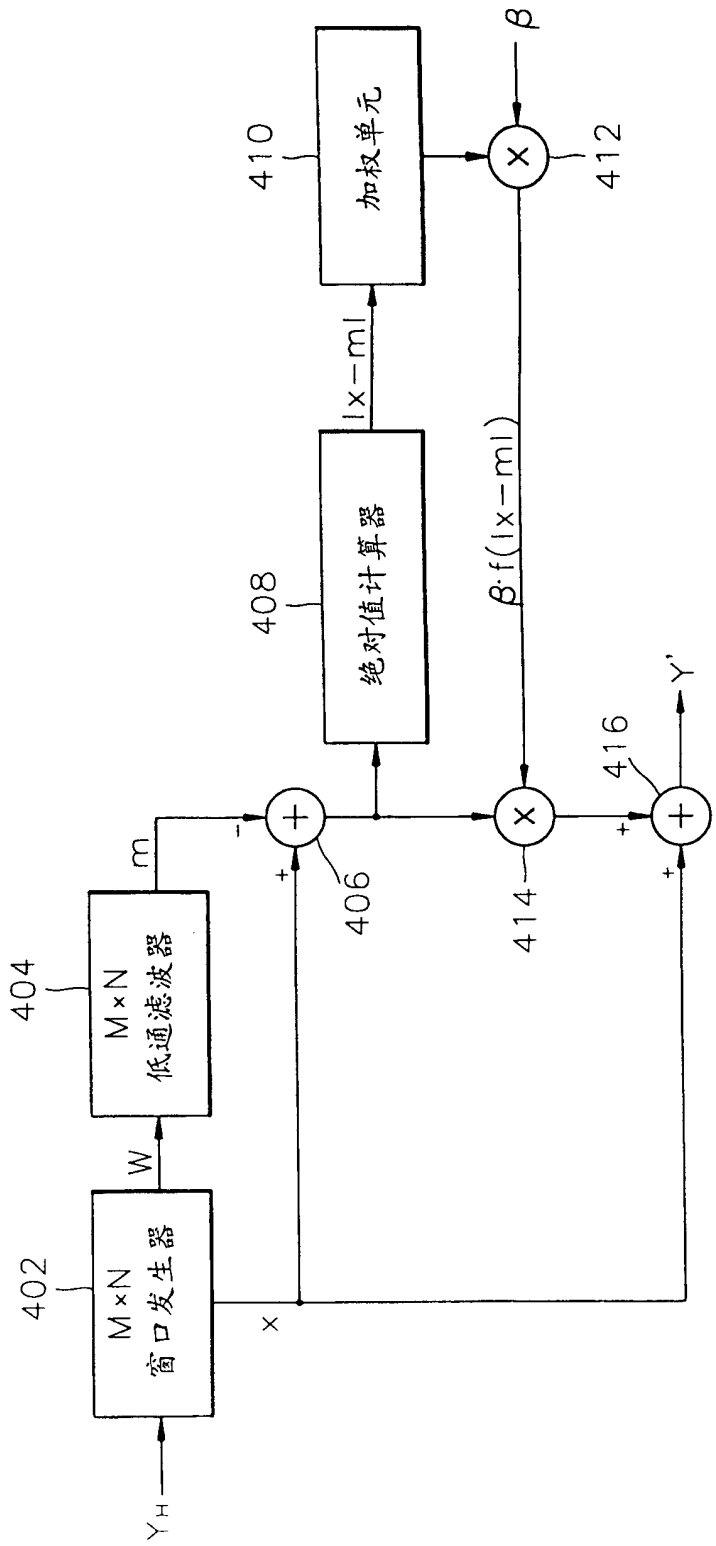

M×N
窗口发生器
402
W
M×N
低通滤波器
404
m
406
408
绝对值计算器
|x−m|
410
加权单元
β
412
414
β·f(|x−m|)
416
Y'
x
Y_H

图 8

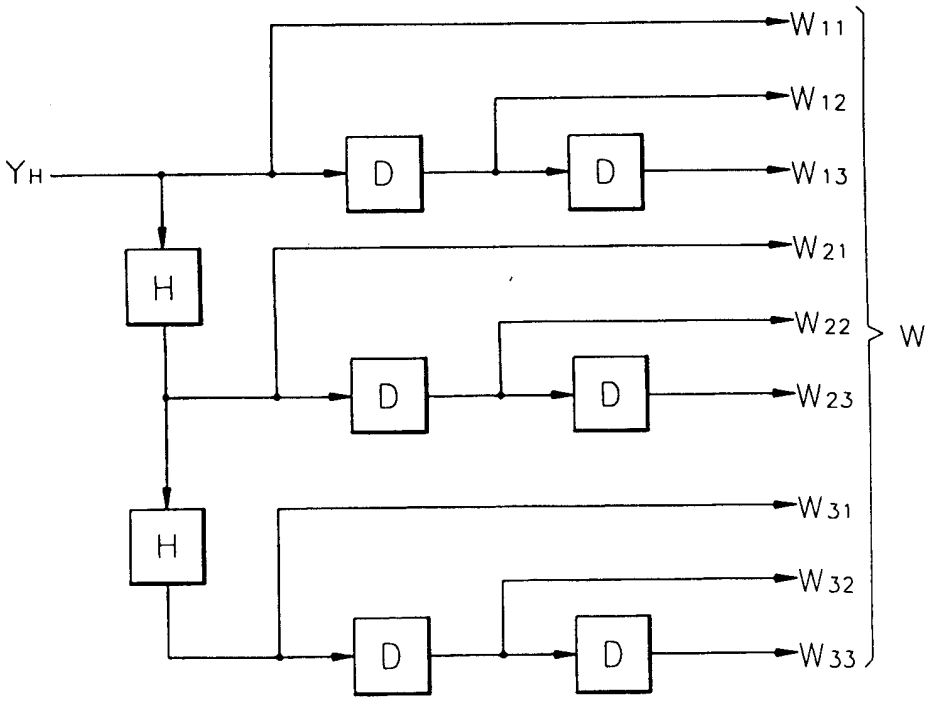


图 9

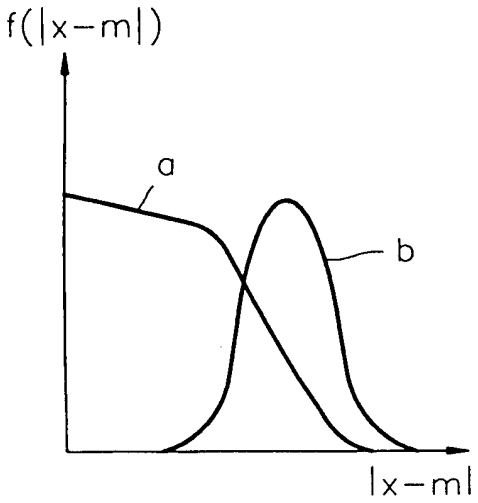

f(|x−m|)
a
b
|x−m|

图 10

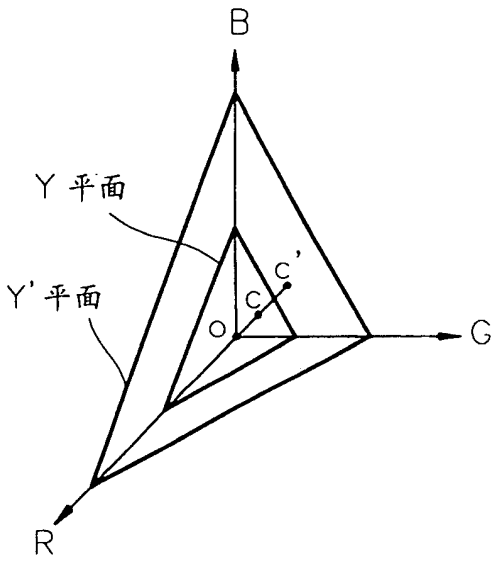

B
Y 平面
Y' 平面
C'
C
O
G
R

图 11

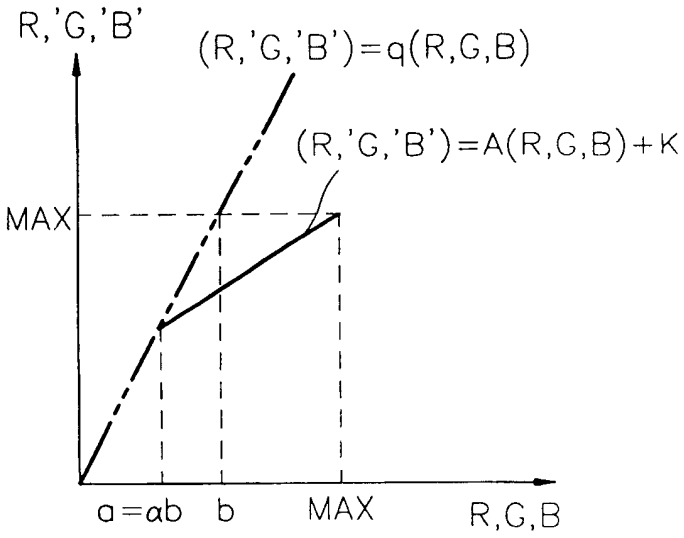

R,'G,'B'
(R,'G,'B')=q(R,G,B)
(R,'G,'B')=A(R,G,B)+K
MAX
a=ab
b
MAX
R,G,B

图 12

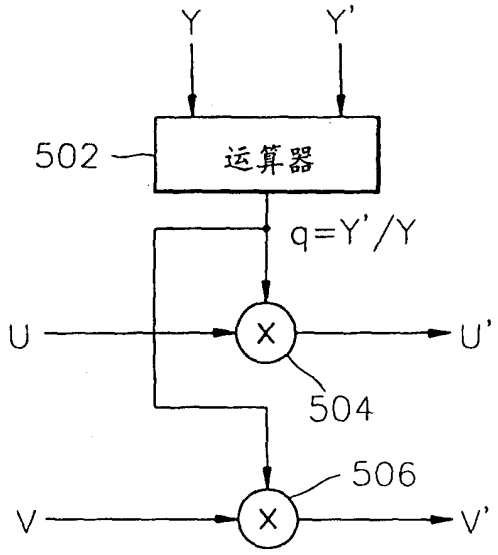
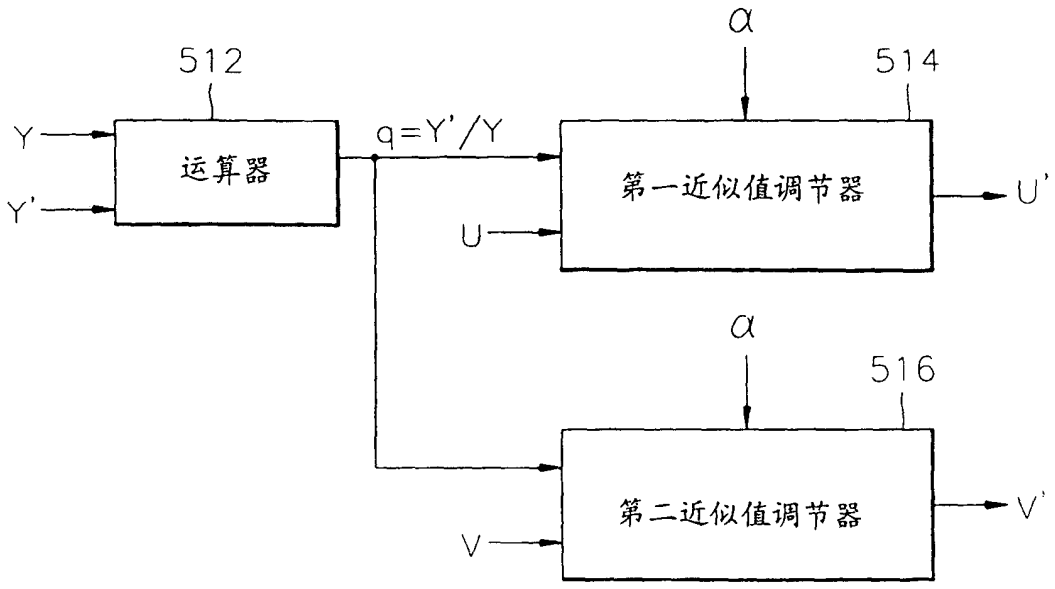

Y
Y'
502
运算器
q=Y'/Y
U
X
U'
504
506
V
X
V'

图 13


α
512
514
Y
运算器
q=Y'/Y
第一近似值调节器
Y'
U
U'
α
516
第二近似值调节器
V
V'