



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102156961 B

(45) 授权公告日 2014. 02. 12

(21) 申请号 201010617698. 3

(22) 申请日 2010. 12. 15

(30) 优先权数据

2009-290901 2009. 12. 22 JP

(73) 专利权人 索尼公司

地址 日本东京都

(72) 发明人 城坚诚 野村宜邦 光永知生

(74) 专利代理机构 北京集佳知识产权代理有限公司

公司 11227

代理人 朱胜 李春晖

(51) Int. Cl.

G06T 5/00 (2006. 01)

(56) 对比文件

CN 101505421 A, 2009. 08. 12,

CN 101464998 A, 2009. 06. 24,

JP 特开 2009-253805 A, 2009. 10. 29,

CN 101273640 A, 2008. 09. 24,

Darwin T. Kuan et. al. adaptive noise smoothing filter for images with signal-dependent noise. 《IEEE Transactions on pattern analysis and machine intelligence》. 1985, 第 PAMI-7 卷 (第 2 期),

审查员 马丽莉

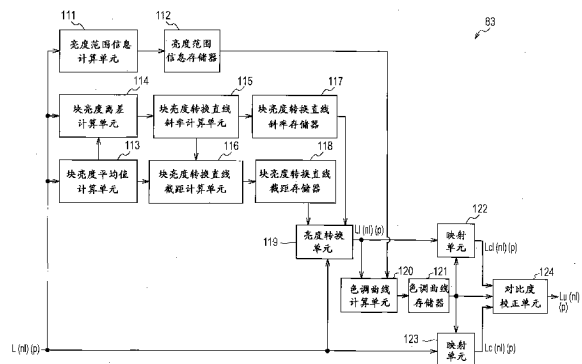
权利要求书3页 说明书38页 附图32页

(54) 发明名称

图像处理设备和图像处理方法

(57) 摘要

本发明公开了一种图像处理设备和图像处理方法,所述图像处理设备包括:特征值计算单元,用于计算块亮度平均值和块亮度离差,其中,该块亮度平均值是通过在空间方向上分割输入图像获得的每个空间块内的亮度值的平均值,以及该块亮度离差是每个空间块内的亮度值的离差;以及边缘保留平滑化单元,用于通过将如下获得的值设置为关注像素的全局亮度值来计算输入图像的像素的全局亮度值;该处理假设每个空间块的亮度值的分布符合基于每个空间块的块亮度平均值和块亮度离差的高斯分布,近似计算包含输入图像的关注像素的关注块的亮度值的加权平均值。



1. 一种图像处理设备,包括:

特征值计算装置,用于计算块亮度平均值和块亮度离差,其中,所述块亮度平均值是通过在空间方向上分割输入图像获得的每个空间块内的亮度值的平均值,以及所述块亮度离差是所述每个空间块内的亮度值的离差;

边缘保留平滑化装置,用于通过将下述处理获得的值设置为关注像素的全局亮度值,来计算所述输入图像的像素的全局亮度值:该处理假设所述每个空间块的亮度值的分布符合基于所述每个空间块的所述块亮度平均值和所述块亮度离差的高斯分布,近似计算关注块的亮度值的加权平均值,其中,所述关注块是所述输入图像的关注像素所属的空间块,所述加权平均值是使用权函数计算的,在所述权函数中,所述亮度值的权重随着所述亮度值接近所述关注像素的亮度值而增大;

色调曲线计算装置,用于基于所述输入图像的像素的全局亮度值,针对所述输入图像的每个像素计算色调曲线的形状;以及

亮度值灰度校正装置,用于使用对于所述输入图像的每个像素的所述色调曲线,来校正所述输入图像的每个像素的亮度值的灰度。

2. 根据权利要求1所述的图像处理设备,

其中,所述权函数是高斯函数,以及

其中,所述边缘保留平滑化装置使用线性函数来计算所述关注像素的全局亮度值,在所述线性函数中,将基于所述权函数的离差和所述关注块的所述块亮度离差的值设置为斜率,并且将基于所述斜率和所述关注块的所述块亮度平均值的值设置为截距。

3. 根据权利要求2所述的图像处理设备,其中,假设所述权函数的所述离差为 V_a ,所述关注块的所述块亮度离差为 V_b ,所述关注块的所述块亮度平均值为 u ,所述斜率为 a ,所述截距为 b ,所述关注像素的亮度值为 L ,以及所述关注像素的全局亮度值为 L_1 ,则所述线性函数为 $L_1 = a \times L + b$,其中,满足 $a = V_b \div (V_a + V_b)$ 和 $b = (1 - a) \times u$ 。

4. 根据权利要求2所述的图像处理设备,

其中,所述特征值计算装置还针对每个空间块计算所述线性函数的斜率和截距,

其中,所述图像处理设备还包括:

保持装置,用于仅在与所述输入图像的一帧相对应的时段期间保持每个空间块的所述线性函数的斜率和截距,以及

其中,所述边缘保留平滑化装置基于由所述保持装置保持的每个空间块的所述线性函数的斜率和截距,计算所述输入图像的像素的全局亮度值。

5. 根据权利要求1所述的图像处理设备,其中,所述边缘保留平滑化装置通过使用每个邻近块的所述块亮度平均值和所述块亮度离差、以及对于所述关注像素的所述权函数来计算邻近块内的全局亮度值、并且通过基于所述邻近块与所述关注像素之间的距离对每个邻近块的全局亮度值进行加权平均,来计算所述关注像素的全局亮度值,其中,所述邻近块是在所述关注像素附近的预定数量的空间块。

6. 根据权利要求1所述的图像处理设备,还包括:

缩小图像生成装置,用于生成通过缩小所述输入图像形成的缩小图像;

其中,所述特征值计算装置计算通过在所述空间方向上分割所述缩小图像获得的每个空间块的所述块亮度平均值和所述块亮度离差,以及

其中,所述边缘保留平滑化装置使用所述缩小图像的所述块亮度平均值和所述块亮度离差,来计算所述输入图像的像素的全局亮度值。

7. 根据权利要求 1 所述的图像处理设备,

其中,所述特征值计算装置在空间上平滑化每个空间块的所述块亮度平均值和所述块亮度离差,以及

其中,所述边缘保留平滑化装置使用在空间上平滑化后的所述块亮度平均值和所述块亮度离差,来计算所述输入图像的像素的全局亮度值。

8. 根据权利要求 1 所述的图像处理设备,

其中,当利用所述色调曲线对所述全局亮度值进行灰度校正时,所述色调曲线计算装置计算所述色调曲线的形状,使得所述全局亮度值被转换成利用所述色调曲线进行了所述灰度校正的亮度值落入的范围的大致中间的值。

9. 根据权利要求 1 所述的图像处理设备,还包括:

全局亮度值灰度校正装置,用于使用所述输入图像的每个像素的色调曲线,来校正所述输入图像的像素的全局亮度值的灰度;以及

对比度校正装置,用于基于通过所述全局亮度值灰度校正装置进行了所述灰度校正的全局亮度值、以及所述色调曲线的形状,校正通过所述亮度值灰度校正装置进行了所述灰度校正的亮度值的对比度。

10. 一种图像处理方法,其由用于执行图像的灰度校正的图像处理设备执行,所述图像处理方法包括以下步骤:

计算块亮度平均值和块亮度离差,其中,所述块亮度平均值是通过在空间方向上分割输入图像获得的每个空间块内的亮度值的平均值,以及所述块亮度离差是所述每个空间块内的亮度值的离差;

通过将通过下述处理获得的值设置为关注像素的全局亮度值,来计算所述输入图像的像素的全局亮度值;该处理假设所述每个空间块的亮度值的分布符合基于所述每个空间块的所述块亮度平均值和所述块亮度离差的高斯分布,近似计算关注块的亮度值的加权平均值,其中,所述关注块是所述输入图像的关注像素所属的空间块,所述加权平均值是使用权函数计算的,在所述权函数中,所述亮度值的权重随着所述亮度值接近所述关注像素的亮度值而增大;

基于所述输入图像的像素的所述全局亮度值,针对所述输入图像的每个像素计算色调曲线的形状;以及

使用对于所述输入图像的每个像素的所述色调曲线,来校正所述输入图像的每个像素的亮度值的灰度。

11. 一种图像处理设备,包括:

特征值计算装置,用于计算块亮度平均值和块亮度离差,其中,所述块亮度平均值是通过在空间方向上分割输入图像获得的每个空间块内的亮度值的平均值,以及所述块亮度离差是所述每个空间块内的亮度值的离差;以及

边缘保留平滑化装置,用于通过将通过下述处理获得的值设置为关注像素的全局亮度值,来计算所述输入图像的像素的全局亮度值;该处理假设所述每个空间块的亮度值的分布符合基于所述每个空间块的所述块亮度平均值和所述块亮度离差的高斯分布,近似计算

关注块的亮度值的加权平均值,其中,所述关注块是所述输入图像的关注像素所属的空间块,所述加权平均值是使用权函数计算的,在所述权函数中,所述亮度值的权重随着所述亮度值接近所述关注像素的亮度值而增大。

12. 根据权利要求 11 所述的图像处理设备,

其中,所述权函数是高斯函数,以及

其中,所述边缘保留平滑化装置使用线性函数来计算所述关注像素的全局亮度值,在所述线性函数中,将基于所述权函数的离差和所述关注块的所述块亮度离差的值设置为斜率,并且将基于所述斜率和所述关注块的块亮度平均值的值设置为截距。

13. 根据权利要求 12 所述的图像处理设备,其中,假设所述权函数的所述离差为 V_a ,所述关注块的所述块亮度离差为 V_b ,所述关注块的所述块亮度平均值为 u ,所述斜率为 a ,所述截距为 b ,所述关注像素的亮度值为 L ,以及所述关注像素的全局亮度值为 L_1 ,则所述线性函数为 $L_1 = a \times L + b$,其中,满足 $a = V_b \div (V_a + V_b)$ 和 $b = (1 - a) \times u$ 。

14. 根据权利要求 11 所述的图像处理设备,其中,所述边缘保留平滑化装置通过使用每个邻近块的块亮度平均值和块亮度离差、以及对于所述关注像素的所述权函数来计算邻近块的全局亮度值、并且通过基于所述邻近块与所述关注像素之间的距离对每个邻近块的全局亮度值进行加权平均,来计算所述关注像素的全局亮度值,其中,所述邻近块是在所述关注像素附近的预定数量的空间块。

15. 一种图像处理方法,其由用于对图像执行边缘保留平滑化处理的图像处理设备执行,所述图像处理方法包括以下步骤:

计算块亮度平均值和块亮度离差,其中,所述块亮度平均值是通过在空间方向上分割输入图像获得的每个空间块内的亮度值的平均值,以及所述块亮度离差是所述每个空间块内的亮度值的离差;以及

通过将通过下述处理获得的值设置为关注像素的全局亮度值,来计算所述输入图像的像素的全局亮度值:该处理假设所述每个空间块的亮度值的分布符合基于所述每个空间块的所述块亮度平均值和所述块亮度离差的高斯分布,近似计算关注块的亮度值的加权平均值,其中,所述关注块是所述输入图像的关注像素所属的空间块,所述加权平均值是使用权函数计算的,在所述权函数中,所述亮度值的权重随着所述亮度值接近所述关注像素的亮度值而增大。

图像处理设备和图像处理方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种图像处理设备、图像处理方法以及程序，并且更特别地，涉及适用于对图像执行边缘保留平滑化和灰度校正的图像处理设备、图像处理方法和程序。

[0002] 背景技术

[0003] 边缘保留平滑化处理用作根据现有技术的图像处理技术之一。边缘保留平滑化处理是指为了在图像中的物体的边界等的显著亮度级差仍存在的同时使灰度平滑化而执行的非线性滤波器处理。由于在通过边缘保留平滑化处理保留对可见性具有影响的物体的轮廓的同时去除了微小的亮度变化，因此，过去在噪声降低处理中使用边缘保留平滑化处理（例如，参见 A. Lev, S. W. Zucker, A. Rosenfeld, " Iterative enhancement of noise images (噪声图像的迭代增强)" , IEEE Trans. Systems, Man, and Cybernetics, Vol. SMC-7, 1977 ; D. C. C. Wang, A. H. Vagnucci, C. C. Li, " Gradient inverse weighted smoothing scheme and the evaluation of its performance (梯度倒数加权平滑化方案及其性能的评价)" , CVGIP, Vol. 15, pp. 167-181, 1981 ; M. Nagao, T. Matsuyama, " Edge preserving smoothing (边缘保留平滑化)" , CGIP, Vol. 9, pp. 394-407, 1978 ; 以及 D. T. Kuan, A. A. Sawchuk, T. C. Strand, P. Chavel, " Adaptive noise smoothing filter for images with signal-dependent noise (用于具有取决于信号的噪声的图像的自适应噪声平滑化滤波器)" , IEEE Trans. Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol. Pami-7, No. 21985)

[0004] 此外，还将边缘保留平滑化处理用在灰度校正处理中，其中，利用以下特性来在不改变细节分量的情况下压缩除诸如纹理 (texture) 的细节分量外的其他分量的亮度差：其能够将物体内的纹理的微小亮度变化与物体的轮廓的显著亮度级差区分开（例如，参见 F. Durand, J. Dorsey, " Fast bilateral filtering for the display of high-dynamic-range images (用于显示高动态范围图像的快速双边滤波)" , Proc. Of ACM SIGGRAPH2002, 2002 ; 以及 S. N. Pattanaik, H. Yee, " Adaptive gain control for highdynamic range image display (用于高动态范围图像显示的自适应增益控制)" , Proc. of Spring Conference in Computer Graphics 2002, 2002)。

[0005] 当执行边缘保留平滑化处理时，可以通过扩大在一个像素附近所使用的周边像素的区域（下文中，也称为平滑化区域）来改进使用边缘保留平滑化处理执行的灰度校正处理的能力。另一方面，当扩大平滑区域时，增大了计算量。相应地，提出了一种以更少的计算量执行边缘保留平滑化处理的方法（例如，参见日本未审查专利申请公布第 2009-177558 号）。在下文中，将描述日本未审查专利申请公布第 2009-177558 号中所公开的边缘保留平滑化处理的概述。

[0006] 在日本未审查专利申请公布第 2009-177558 号中所公开的边缘保留平滑化处理中，在空间方向上将对应于一帧的亮度图像分割成多个空间块（区域），并且在亮度方向上将每个空间块进一步分割成多个亮度块。然后，对属于每个空间块的每个亮度块的像素的数量进行计数，并且生成块直方图。另外，对于每个空间块，计算属于每个亮度块的像素的

亮度值的总和来作为块积分值。通过以下表达式 (1) 来计算通过平滑化亮度图像的像素的亮度值 L 而获得的全局亮度值 L1。

[0007] [表达式 1]

[0008]

$$L1(i, j, L) = \frac{[\phi * S](i, j, L)}{[\phi * H](i, j, L)} = \frac{\int \phi(L - \lambda) \cdot S(i, j, \lambda) d\lambda}{\int \phi(L - \lambda) \cdot H(i, j, \lambda) d\lambda} \dots (1)$$

[0009] 在表达式 (1) 中, i 和 j 是表示位于从亮度图像的上侧起第 i 个位置且从亮度图像的左侧起第 j 个位置处的空间块 BK(i, j) 的位置的指数。H(i, j, λ) 是表示在空间块 BK(i, j) 的像素之中具有亮度值 λ 的像素的数量的分布 (即, 空间块 BK(i, j) 中的亮度值 λ 的频率分布) 的函数 (下文中, 称为块亮度分布函数)。S(i, j, λ) 是表示在空间块 BK(i, j) 的像素之中具有亮度值 λ 的像素的亮度值的总和 (块积分值) 的分布的函数 (下文中, 称为块积分值分布函数)。φ(x) 是用于进行平滑化的权函数。例如, 使用以下表达式 (2) 的分布 Va 的高斯函数。

[0010] [表达式 2]

$$\phi(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi Va}} \exp\left(-\frac{x^2}{Va}\right) \dots (2)$$

[0012] 相应地, 表达式 (1) 的权函数 φ(L-λ) 随着 λ 接近亮度值 L 而增大, 并且随着 λ 远离亮度值 L 而减小。

[0013] φ * H 表示权函数 φ 与块亮度分布函数 H 之间在亮度方向上的卷积计算。φ * S 表示权函数 φ 与块积分值分布函数 S 在亮度方向上的卷积计算。

[0014] 通过表达式 (1), 对像素的亮度值加权, 使得权重随着像素接近在属于空间块 BK(i, j) 的像素中要处理的关注像素 (下文中, 称为处理目标像素) 的亮度值 L 而增大, 并且计算空间块 BK(i, j) 内的亮度值的加权平均值, 作为处理目标像素的全局亮度值 L1。结果, 平滑化值接近亮度值的像素连续的区域 (诸如, 亮度图像的平坦部分), 并且保持边缘部分等的显著亮度级差。

发明内容

[0015] 然而, 在日本未审查专利申请公布第 2009-177558 号中所公开的边缘保留平滑化处理中, 需要计算并保持每个空间块 BK(i, j) 的块直方图和块积分值。而且, 需要在亮度方向上执行权函数 φ 与块亮度分布函数 H 的卷积计算以及权函数 φ 与块积分值分布函数 S 的卷积计算。结果, 这些计算所需的计算量和存储器量会增大。

[0016] 期望提供一种能够以更少计算量和更少存储器量执行边缘保留平滑化处理和灰度校正处理的技术。

[0017] 根据本发明的第一实施例, 提供了一种图像处理设备, 该图像处理设备包括: 特征值计算装置, 用于计算块亮度平均值和块亮度离差 (dispersion), 其中, 该块亮度平均值是通过在空间方向上分割输入图像获得的每个空间块内的亮度值的平均值, 以及该块亮度离

差是每个空间块内的亮度值的离差；边缘保留平滑化装置，用于通过将如下获得的值设置为关注像素的全局亮度值，来计算输入图像的像素的全局亮度值；假设每个空间块的亮度值的分布符合基于每个空间块的块亮度平均值和块亮度离差的高斯分布，近似计算关注块的亮度值的加权平均值，其中，该关注块是输入图像的关注像素所属的空间块，该加权平均值是使用权函数来计算的，在该权函数中，亮度值的权重随着亮度值接近关注像素的亮度值而增大；色调曲线计算装置，用于基于输入图像的像素的全局亮度值，针对输入图像的每个像素计算色调曲线的形状；以及亮度值灰度校正装置，用于使用对于输入图像的每个像素的色调曲线，来校正输入图像的每个像素的亮度值的灰度。

[0018] 权函数可以是高斯函数。边缘保留平滑化装置可使用线性函数来计算关注像素的全局亮度值，在该线性函数中，将基于权函数的离差和关注块的块亮度离差的值设置为斜率，并且将基于斜率和关注块的块亮度平均值的值设置为截距。

[0019] 假设权函数的离差为 V_a ，关注块的块亮度离差为 V_b ，关注块的块亮度平均值为 u ，斜率为 a ，截距为 b ，关注像素的亮度值为 L ，以及关注像素的全局亮度值为 L_1 ，则线性函数可以为 $L_1 = a \times L + b$ ，其中，满足 $a = V_b \div (V_a + V_b)$ 和 $b = (1 - a) \times u$ 。

[0020] 特征值计算装置还可针对每个空间块计算线性函数的斜率和截距。图像处理设备还可包括保持装置，其用于仅在与输入图像的一帧相对应的时段期间保持每个空间块的线性函数的斜率和截距。边缘保留平滑化装置可基于由保持装置保持的每个空间块的线性函数的斜率和截距，计算输入图像的像素的全局亮度值。

[0021] 边缘保留平滑化装置可通过使用每个邻近块的块亮度平均值和块亮度离差、以及对于关注像素的权函数来计算邻近块内的全局亮度值，并且通过基于邻近块与关注像素之间的距离对每个邻近块的全局亮度值进行加权平均，来计算关注像素的全局亮度值，其中，邻近块是在关注像素附近的预定数量的空间块。

[0022] 图像处理设备还可包括缩小图像生成装置，其用于生成通过缩小输入图像形成的缩小图像。特征值计算装置可计算通过在空间方向上分割缩小图像获得的每个空间块的块亮度平均值和块亮度离差。边缘保留平滑化装置可使用缩小图像的块亮度平均值和块亮度离差来计算输入图像的像素的全局亮度值。

[0023] 特征值计算装置可在空间上平滑化每个空间块的块亮度平均值和块亮度离差。边缘保留平滑化装置可使用在空间上平滑化后的块亮度平均值和块亮度离差，来计算输入图像的像素的全局亮度值。

[0024] 当可利用色调曲线对全局亮度值进行灰度校正时，色调曲线计算装置可计算色调曲线的形状，使得全局亮度值被转换成利用色调曲线进行了灰度校正的亮度值落入的范围的大致中间的值。

[0025] 该图像处理设备还可包括：全局亮度值灰度校正装置，用于使用输入图像的每个像素的色调曲线，来校正输入图像的像素的全局亮度值的灰度；以及对比度校正装置，用于基于通过全局亮度值灰度校正装置进行了灰度校正的全局亮度值、和色调曲线的形状，校正通过亮度值灰度校正装置进行了灰度校正的亮度值的对比度。

[0026] 根据本发明的第一实施例，提供了一种图像处理方法或程序，该图像处理方法包括以下步骤或者该程序执行以下步骤：计算块亮度平均值和块亮度离差，其中，该块亮度平均值是通过在空间方向上分割输入图像获得的每个空间块内的亮度值的平均值，以及该块

亮度离差是每个空间块内的亮度值的离差；通过将如下获得的值设置为关注像素的全局亮度值，来计算输入图像的像素的全局亮度值：假设每个空间块的亮度值的分布符合基于每个空间块的块亮度平均值和块亮度离差的高斯分布，近似计算关注块的亮度值的加权平均值，其中，该关注块是输入图像的关注像素所属的空间块，该加权平均值是使用权函数来计算的，在该权函数中，亮度值的权重随着亮度值接近关注像素的亮度值而增大；基于输入图像的像素的全局亮度值，针对输入图像的每个像素计算色调曲线的形状；以及使用对于输入图像的每个像素的色调曲线，来校正输入图像的每个像素的亮度值的灰度。

[0027] 根据本发明的第一实施例，计算块亮度平均值和块亮度离差，其中，该块亮度平均值是通过在空间方向上分割输入图像获得的每个空间块内的亮度值的平均值，以及该块亮度离差是每个空间块内的亮度值的离差；通过将如下获得的值设置为关注像素的全局亮度值，来计算输入图像的像素的全局亮度值：假设每个空间块的亮度值的分布符合基于每个空间块的块亮度平均值和块亮度离差的高斯分布，近似计算关注块的亮度值的加权平均值，其中，该关注块是输入图像的关注像素所属的空间块，该加权平均值是使用权函数来计算的，在该权函数中，亮度值的权重随着亮度值接近关注像素的亮度值而增大；基于输入图像的像素的全局亮度值，计算对于输入图像的每个像素的色调曲线的形状；以及使用对于输入图像的每个像素的色调曲线，来校正输入图像的每个像素的亮度值的灰度。

[0028] 根据本发明的第二实施例，提供了一种图像处理设备，该图像处理设备包括：特征值计算装置，用于计算块亮度平均值和块亮度离差，其中，该块亮度平均值是通过在空间方向上分割输入图像获得的每个空间块内的亮度值的平均值，以及该块亮度离差是每个空间块内的亮度值的离差；以及边缘保留平滑化装置，用于通过将如下获得的值设置为关注像素的全局亮度值，来计算输入图像的像素的全局亮度值：假设每个空间块的亮度值的分布符合基于每个空间块的块亮度平均值和块亮度离差的高斯分布，近似计算关注块的亮度值的加权平均值，其中，该关注块是输入图像的关注像素所属的空间块，该加权平均值是使用权函数来计算的，在该权函数中，亮度值的权重随着亮度值接近关注像素的亮度值而增大。

[0029] 权函数可以是高斯函数。边缘保留平滑化装置可使用线性函数来计算关注像素的全局亮度值，在该线性函数中，将基于权函数的离差和关注块的块亮度离差的值设置为斜率，并且将基于该斜率和关注块的块亮度平均值的值设置为截距。

[0030] 假设权函数的离差为 V_a ，关注块的块亮度离差为 V_b ，关注块的块亮度平均值为 u ，斜率为 a ，截距为 b ，关注像素的亮度值为 L ，以及关注像素的全局亮度值为 L_1 ，则线性函数可以是 $L_1 = a \times L + b$ ，其中，满足 $a = V_b \div (V_a + V_b)$ 和 $b = (1 - a) \times u$ 。

[0031] 边缘保留平滑化装置可通过使用每个邻近块的块亮度平均值和块亮度离差、以及对于关注像素的权函数来计算邻近块的全局亮度值，并且通过基于邻近块与关注像素之间的距离对每个邻近块的全局亮度值进行加权平均，来计算关注像素的全局亮度值，其中，邻近块是在关注像素附近的预定数量的空间块。

[0032] 根据本发明的第二实施例，提供了一种图像处理方法或程序，该图像处理方法包括以下步骤或者该程序执行以下步骤：计算块亮度平均值和块亮度离差，其中，该块亮度平均值是通过在空间方向上分割输入图像获得的每个空间块内的亮度值的平均值，以及该块亮度离差是每个空间块内的亮度值的离差；以及通过将如下获得的值设置为关注像素的全

局亮度值,来计算输入图像的像素的全局亮度值:假设每个空间块的亮度值的分布符合基于每个空间块的块亮度平均值和块亮度离差的高斯分布,近似计算关注块的亮度值的加权平均值,其中,该关注块是输入图像的关注像素所属的空间块,该加权平均值是使用权函数来计算的,在该权函数中,亮度值的权重随着亮度值接近关注像素的亮度值而增大。

[0033] 根据本发明的第二实施例,计算块亮度平均值和块亮度离差,其中,该块亮度平均值是通过在空间方向上分割输入图像获得的每个空间块内的亮度值的平均值,以及该块亮度离差是每个空间块内的亮度值的离差;以及通过将如下获得的值设置为关注像素的全局亮度值,来计算输入图像的像素的全局亮度值:假设每个空间块的亮度值的分布符合基于每个空间块的块亮度平均值和块亮度离差的高斯分布,近似计算关注块的亮度值的加权平均值,其中,该关注块是输入图像的关注像素所属的空间块,该加权平均值是使用权函数来计算的,在该权函数中,亮度值的权重随着亮度值接近关注像素的亮度值而增大。

[0034] 根据本发明的第一实施例,可以以更少的计算量和更少的存储器量执行灰度校正处理。

[0035] 根据本发明的第二实施例,可以以更少的计算量和更少的存储器量执行边缘保留平滑化处理。

附图说明

[0036] 图 1 是示出根据本发明的第一实施例的数字摄像机的框图。

[0037] 图 2 是示出 DSP(数字信号处理器)块的示例性配置的框图。

[0038] 图 3 是示出马赛克图像(mosaic image)的像素的示例性布置的图。

[0039] 图 4 是示出灰度校正处理单元的示例性配置的框图。

[0040] 图 5 是示出亮度灰度校正单元的示例性配置的框图。

[0041] 图 6 是示出亮度范围信息计算单元的示例性配置的框图。

[0042] 图 7 是示出块亮度平均值计算单元的示例性配置的框图。

[0043] 图 8 是示出块亮度离差计算单元的示例性配置的框图。

[0044] 图 9 是示出亮度转换单元的示例性配置的框图。

[0045] 图 10 是示出线性计算单元的示例性配置的框图。

[0046] 图 11 是示出对比度校正单元的示例性配置的框图。

[0047] 图 12 是示出图像处理的流程图。

[0048] 图 13 是示出灰度校正处理的流程图。

[0049] 图 14 是示出灰度校正处理的流程图。

[0050] 图 15 是示出色调曲线的图。

[0051] 图 16 是示出计算亮度范围信息的像素处理的流程图。

[0052] 图 17 是示出计算块亮度平均值的像素处理的流程图。

[0053] 图 18 是示出计算块亮度离差的像素处理的流程图。

[0054] 图 19 是示出全局亮度计算处理的流程图。

[0055] 图 20 是示出对比度校正处理的流程图。

[0056] 图 21 是示出增益值的图。

[0057] 图 22 是示出亮度灰度校正单元的第二示例性配置的框图。

- [0058] 图 23 是示出平滑化块亮度平均值计算单元和平滑化块亮度离差计算单元的示例性配置的框图。
- [0059] 图 24 是示出亮度转换单元的第二示例性配置的框图。
- [0060] 图 25 是示出灰度校正处理的流程图。
- [0061] 图 26 是示出灰度校正处理的流程图。
- [0062] 图 27 是示出全局亮度计算处理的流程图。
- [0063] 图 28 是示出亮度灰度校正单元的第三示例性配置的框图。
- [0064] 图 29 是示出灰度校正处理的流程图。
- [0065] 图 30 是示出灰度校正处理的流程图。
- [0066] 图 31 是示出灰度校正处理的流程图。
- [0067] 图 32 是示出 DSP 块的第二示例性配置的图。
- [0068] 图 33 是示出灰度校正处理单元的第二示例性配置的图。
- [0069] 图 34 是示出 DSP 块的第三示例性配置的图。
- [0070] 图 35 是示出灰度校正处理单元的第三示例性配置的图。
- [0071] 图 36 是示出所计算出的亮度值的位置的图。
- [0072] 图 37 是示出计算机的示例性配置的框图。

具体实施方式

[0073] 下文中,将描述本发明的参考实施例(下文中,称为实施例)。将按照以下顺序描述实施例。

[0074] 1. 本发明的实施例的概述

[0075] 2. 第一实施例(使用块亮度平均值和块亮度离差执行边缘保留平滑化处理的示例)

[0076] 3. 第二实施例(使用在空间上平滑化后的块亮度平均值和块亮度离差执行边缘保留平滑化处理的示例)

[0077] 4. 第三实施例(使用以缩小图像计算出的块亮度平均值和块亮度离差执行边缘保留平滑化处理的示例)

[0078] 5. 变型示例

[0079] 1. 本发明的实施例的概述

[0080] 如在上述的日本未审查专利申请公布第 2009-177558 号中所公开的,当通过在空间方向上将一帧亮度图像分割成多个空间块 $BK(i, j)$ 来生成表示每个空间块 $BK(i, j)$ 内的亮度值 λ 的分布的直方图(块直方图)时,大多数块直方图具有单模态(monomodality)。在本发明的实施例中,假设每个空间块 $BK(i, j)$ 内的亮度值 λ 的分布(频率分布)符合以下表达式(3)的高斯函数 H' 。即,上述表达式(1)的块亮度分布函数 $H(i, j, \lambda)$ 对以下表达式(3)的高斯函数 H' 进行近似。

[0081] [表达式 3]

[0082]

$$H'(i, j, \lambda) = \frac{c}{\sqrt{2\pi Vb(i, j)}} \exp\left(-\frac{[\lambda - u(i, j)]^2}{Vb(i, j)}\right) \dots (3)$$

[0083] 在该表达式中, $u(i, j)$ 表示空间块 $BK(i, j)$ 内的亮度值的平均值 (下文中, 称为块亮度平均值), 以及 $Vb(i, j)$ 表示空间块 $BK(i, j)$ 内的亮度值的分布 (下文中, 称为块亮度分布)。另外, c 表示空间块 $BK(i, j)$ 内的像素的总数。

[0084] 然后, 上述表达式 (1) 的块积分值分布函数 S 可以对通过将表达式 (3) 的高斯函数 H' 乘以亮度值 λ 而获得的表达式 (4) 进行近似。

[0085] [表达式 4]

[0086]

$$S'(i, j, \lambda) = \frac{c\lambda}{\sqrt{2\pi Vb(i, j)}} \exp\left(-\frac{[\lambda - u(i, j)]^2}{Vb(i, j)}\right) \dots (4)$$

[0087] 当在上述表达式 (1) 的分母中以表达式 (3) 的高斯函数 H' 替代块亮度分布函数 H 时, 获得以下表达式 (5)。

[0088] [表达式 5]

[0089]

$$[\phi * H'](i, j, L) = \frac{c}{\sqrt{2\pi [Va + Vb(i, j)]}} \exp\left(-\frac{[L - u(i, j)]^2}{2[Va + Vb(i, j)]}\right) \dots (5)$$

[0090] 通过表达式 (5), 假设空间块 $BK(i, j)$ 的亮度值的分布符合高斯函数 H' , 计算针对空间块 $BK(i, j)$ 内具有亮度值 L 的像素的、空间块 $BK(i, j)$ 内基于权函数 ϕ 的权重的总和的近似值。

[0091] 当在上述表达式 (1) 中以表达式 (4) 的函数 S' 替代块积分分布函数 S 时, 获得以下表达式 (6)。

[0092] [表达式 6]

[0093] $[\phi * S'](i, j, L) =$

[0094]

$$\frac{c}{\sqrt{2\pi [Va + Vb(i, j)]}} \left[\frac{Vb(i, j)}{[Va + Vb(i, j)]} L + \frac{Va}{[Va + Vb(i, j)]} u(i, j) \right]$$

[0095]

$$\times \exp\left(-\frac{[L - u(i, j)]^2}{2[Va + Vb(i, j)]}\right) \dots (6)$$

[0096] 通过表达式 (6), 当假设空间块 $BK(i, j)$ 的亮度值的分布符合高斯函数 H' 时, 计算空间块 $BK(i, j)$ 内亮度值为 L 的像素的、空间块 $BK(i, j)$ 内使用权函数 ϕ 的亮度值的加权总和的近似值。

[0097] 当分别以表达式 (5) 的 $[\phi * H'](i, j, L)$ 和表达式 (6) 的 $[\phi * S'](i, j,$

L) 来替代表式 (1) 的分母 $[\phi * H](i, j, L)$ 和分子 $[\phi * S](i, j, L)$ 时, 导出了针对空间块 $BK(i, j)$ 内亮度值为 L 的像素而计算全局亮度值 $L1'(i, j, L)$ 的表达式 (7)。

[0098] [表达式 7]

[0099]

$$L1'(i, j, L) = \frac{[\phi * S'](i, j, L)}{[\phi * H'](i, j, L)} = a(i, j) \cdot L + [1 - a(i, j)] \cdot u(i, j) \dots (7)$$

[0100] 另外, 表达式 (7) 的 $a(i, j)$ 表示加权平均系数, 并且由以下表达式 (8) 表示。

[0101] [表达式 8]

$$a(i, j) = \frac{Vb(i, j)}{Va + Vb(i, j)} \dots (8)$$

[0103] 即, 通过表达式 (7), 计算空间块 $BK(i, j)$ 内的亮度值的、使用权函数 ϕ 的加权平均值的近似值, 作为空间块 $BK(i, j)$ 内亮度值为 L 的像素的全局亮度值 $L1'(i, j, L)$ 。

[0104] 表达式 (7) 的右侧的第二项是每个空间块 $BK(i, j)$ 所固有的常数。这里, 当以表达式 (9) 中所表示的 $b(i, j)$ 替代表式 (7) 的右侧的第二项时, 获得以下表达式。

[0105] [表达式 9]

$$b(i, j) = [1 - a(i, j)] \cdot u(i, j) \dots (9)$$

[0107] 表达式 (7) 变成以下表达式 (10)。

[0108] [表达式 10]

$$L1'(i, j, L) = a(i, j) \cdot L + b(i, j) \dots (10)$$

[0110] 即, 可以通过简单的线性函数 (线性表达式) 计算全局亮度值 $L1'(i, j, L)$ 。

[0111] 在 D. T. Kuan, A. A. Sawchuk, T. C. Strand, P. Chavel, " Adaptive noise smoothing filter for images with signal-dependent noise", IEEE Trans. Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol. Pami-7, No. 2 1985 中还公开了一种用于通过使用像素值的平均值和离差值的线性表达式来降低噪声的方法。在 D. T. Kuan, A. A. Sawchuk, T. C. Strand, P. Chavel, " Adaptive noise smoothing filter for images with signal-dependent noise", IEEE Trans. Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol. Pami-7, No. 2 1985 中所公开的方法不同于计算对应于 $a(i, j)$ 的系数的方法。

[0112] 在 D. T. Kuan, A. A. Sawchuk, T. C. Strand, P. Chavel, " Adaptive noise smoothing filter for images with signal-dependent noise", IEEE Trans. Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol. Pami-7, No. 2 1985 中, 针对各个处理目标像素计算邻近像素的像素值的平均值和离差值。因此, 当扩大平滑化区域时, 增大了计算量。

[0113] 根据本发明的实施例, 通过表达式 (8) 和表达式 (9), 针对每个空间块 $BK(i, j)$ 计算常数 $a(i, j)$ 和常数 $b(i, j)$, 并保持这些常数。通过计算表达式 (10) 的线性表达式, 计算亮度图像的像素的全局亮度值 $L1'$, 并且执行边缘保留平滑化处理。

[0114] 下文中, 将常数 $a(i, j)$ 称为块亮度转换直线斜率, 以及将常数 $b(i, j)$ 称为块亮度转换直线截距。

[0115] 根据本发明的实施例, 执行插值处理, 使得不会呈现空间块 $BK(i, j)$ 之间的非自

然边界（块噪声）。具体地，当假设给定像素位置 p 的像素的亮度值为 $L(p)$ 时，通过以下表达式 (11) 计算亮度值 $L(p)$ 的全局亮度值 $L1(p)$ 。

[0116] [表达式 11]

[0117]

$$L1(p) = \frac{\sum_{i,j} \omega(i, j, p) \cdot L1'[i, j, L(p)]}{\sum_{i,j} \omega(i, j, p)} \quad \dots (11)$$

[0118] 在该表达式中， $\omega(i, j, p)$ 表示根据像素位置 p 与空间块 $BK(i, j)$ 之间的相对位置关系确定的权函数。

[0119] 因此，可以通过基于邻近空间块 $BK(i, j)$ 与像素位置 p 之间的相对位置，对使用在像素位置 p 处的像素的邻近空间块 $BK(i, j)$ 的信息 ($a(i, j)$, $b(i, j)$) 算出的亮度值 $L1'(i, j, L(p))$ 进行加权平均，来获得在空间方向上进行了插值处理的全局亮度值 $L1(i, j, L(p))$ 。

[0120] 下文中，将空间块 $BK(i, j)$ 简称为空间块。

[0121] 2. 第一实施例

[0122] 数字摄像机的示例性配置

[0123] 图 1 是示出根据本发明的第一实施例的数字摄像机的框图。数字摄像机包括透镜 11、光圈 12、图像传感器 13、相关双采样 (CDS) 电路 14、A/D (模拟 / 数字) 转换器 15、DSP (数字信号处理器) 块 16、定时发生器 (TG) 17、LCD (液晶显示器) 驱动器 18、LCD 19、CODEC (压缩 / 解压缩) 20、存储器 21、CPU (中央处理单元) 22、输入装置 23、和总线 24。DSP 块 16 是包括用于信号处理的处理器 (例如，DSP) 和用于存储图像数据的存储器 (诸如，RAM (随机存取存储器)) 的块。DSP 块 16 通过由处理器执行预定程序来执行以下所述的图像处理。下文中，将 DSP 块 16 简称为 DSP 16。

[0124] 穿过包括透镜 11 和光圈 12 的光学系统、来自对象的入射光首先到达图像传感器 13 的成像面上的各光接收元件，并且通过各光接收元件的光电转换被转换成电信号。通过相关双采样电路 14 对从图像传感器 13 输出的电信号进行去噪，并且通过 A/D 转换器 15 对其进行数字化。然后，将数字化后的图像数据暂时存储在 DSP 16 的存储器中。定时发生器 17 控制包括相关双采样电路 14、A/D 转换器 15 和 DSP 16 的信号处理系统，使得以固定帧速率接收图像数据。即，以固定帧速率将图像数据流提供给 DSP 16。

[0125] 图像传感器 13 能够在不引起饱和或噪声的情况下，在比普通 CCD (电荷耦合器件) 等的动态范围大的动态范围内使对象从暗部分到亮部分成像。因此，A/D 转换器 15 将所输入的电信号转换成灰度数 (例如，由从约 14 位到约 16 位的范围内的数据表示的灰度数) 比普通数字摄像机的灰度数 (例如，由从约 10 位到约 12 位的范围内的数据表示的灰度数) 大的图像数据。

[0126] DSP 16 对图像数据执行以下所述的图像处理，例如使得图像数据的动态范围变为可以通过 LCD 19 显示的动态范围，并且如果需要，然后将经过了图像处理的图像数据提供给 LCD 驱动器 18 和 CODEC 20。

[0127] LCD 驱动器 18 将从 DSP 16 提供的图像数据转换成模拟图像信号。LCD 驱动器 18

将模拟图像信号提供给作为数字摄像机的取景器的 LCD19,并且基于图像信号显示图像。

[0128] CODEC 20 根据预定方法对从 DSP 16 提供的图像数据编码,并且将编码后的图像数据记录在由半导体、磁性记录介质、磁光记录介质、光学记录介质等配置的存储器 21 中。

[0129] CPU 22 基于例如通过用户操作包括操作按钮(诸如,快门按钮)的输入装置 23 而输入的指令,控制数字摄像机的全部处理。DSP 16、定时发生器 17、CODEC 20、存储器 21、LCD 19、CPU 22、和输入装置 23 经由总线 24 彼此连接。

[0130] 通过数字照相机的 DSP 块实现的示例性功能配置

[0131] 图 2 是示出通过 DSP 16 的内部处理器(算术单元)执行预定程序来实现的示例性功能配置的框图。通过 DSP 16 的内部处理器执行预定程序,实现包括白平衡处理单元 51、去马赛克(demosaic)处理单元 52、灰度校正处理单元 53、伽马校正处理单元 54 和 YC 转换处理单元 55 的功能。

[0132] 白平衡处理单元 51 获取通过 A/D 转换器 15 进行了 A/D 转换并且作为诸如视频的图像数据的马赛克图像。例如,如图 3 所示,马赛克图像是与若干个 R 颜色分量、G 颜色分量和 B 颜色分量相对应的数据存储在像素中的图像,并且根据被称为拜尔(Bayer)布置的颜色布置来布置像素。马赛克图像也被称为 RAW(原始)数据。

[0133] 在图 3 中,一个正方形代表一个像素,并且正方形中的字符 R、G 和 B 分别代表 R 像素、G 像素和 B 像素。以方格图案(check pattern)形式布置 G 像素,并且在剩余正方形中在每行交替布置 R 像素和 B 像素。

[0134] 返回参照图 2,白平衡处理单元 51 通过将所获取的马赛克图像的每个像素的像素值乘以适当系数,来调节马赛克图像的白平衡,使得对象的无色部分的色平衡变成无色。白平衡处理单元 51 将调节了白平衡后的马赛克图像提供给去马赛克处理单元 52。下文将调节了白平衡后的马赛克图像称为 M_w 。

[0135] 去马赛克处理单元 52 对从白平衡处理单元 51 提供的马赛克图像 M_w 执行去马赛克处理,使得一个像素包括全部 R 分量、G 分量和 B 分量。由此,生成分别与 R、G 和 B 三种颜色分量相对应的 R 图像、G 图像和 B 图像的三种图像数据。去马赛克处理单元 52 将所生成的 R 图像、G 图像和 B 图像的三种图像数据提供给灰度校正处理单元 53。

[0136] 下文中,将 R 图像、G 图像和 B 图像的三种图像数据统称为 RGB 图像。另外,以下将在马赛克图像的像素位置 p 处的像素值称为 $M(p)$ 。另外,以下将在进行了去马赛克处理的图像数据的像素位置 p 处的像素值称为 $[R_w(p), G_w(p), B_w(p)]$ 。这里, $R_w(p)$ 是 R 分量的像素值, $G_w(p)$ 是 G 分量的像素值,以及 $B_w(p)$ 是 B 分量的像素值。

[0137] 灰度校正处理单元 53 对 RGB 图像执行灰度校正处理,并且将进行了灰度校正处理的 RGB 图像提供给伽马校正处理单元 54。另外,以下将在进行了灰度校正处理的图像数据的像素位置 p 处的像素值称为 $[R_u(p), G_u(p), B_u(p)]$,这里, $R_u(p)$ 是 R 分量的像素值, $G_u(p)$ 是 G 分量的像素值,以及 $B_u(p)$ 是 B 分量的像素值。

[0138] 伽马校正处理单元 54 对灰度校正后的 RGB 图像执行伽马校正。伽马校正处理单元 54 将进行了伽马校正的 RGB 图像提供给 YC 转换处理单元 55。另外,以下将在进行了伽马校正的图像数据的像素位置 p 处的像素值称为 $[R_{u\gamma}(p), G_{u\gamma}(p), B_{u\gamma}(p)]$ 。这里, $R_{u\gamma}(p)$ 是 R 分量的像素值, $G_{u\gamma}(p)$ 是 G 分量的像素值,以及 $B_{u\gamma}(p)$ 是 B 分量的像素值。

[0139] YC 转换处理单元 55 对进行了伽马校正的 RGB 图像执行 YC 矩阵处理和色度分量频

带限制,并且生成包括亮度分量(Y分量)的Y图像和包括色分量(Cb或Cr分量)的C图像。如果需要,YC转换处理单元55将所生成的Y图像和C图像提供给LCD驱动器18或CODEC 20。下文中,将在从YC转换处理单元55输出的图像数据的像素位置p处的像素值称为 $[Y(p), C(p)]$ 。这里, $Y(p)$ 是Y图像中的亮度分量的值,以及 $C(p)$ 是C图像中的色分量的值。下文中,将C图像的Cb分量称为 $C_b(p)$,以及将C图像的Cr分量称为 $C_r(p)$ 。

[0140] 灰度校正处理单元的示例性功能配置

[0141] 图4是示出灰度校正处理单元53的示例性功能配置的框图。灰度校正处理单元53包括亮度计算单元81、非线性转换单元82、亮度灰度校正单元83、非线性转换单元84-1至84-3、灰度校正单元85-1至85-3、以及非线性逆转换单元86-1至86-3。

[0142] 亮度计算单元81根据从去马赛克处理单元52提供的RGB图像的像素值 $R_w(p)$ 、 $G_w(p)$ 和 $B_w(p)$,计算与该像素位置相对应的亮度分量的值(亮度值 $L(p)$),并且将这些值提供给非线性转换单元82。非线性转换单元82对来自亮度计算单元81的亮度值 $L(p)$ 执行非线性转换,并且将作为结果获得的亮度值 $L(n1)(p)$ 和像素位置p提供给亮度灰度校正单元83和灰度校正单元85-1至85-3。

[0143] 亮度灰度校正单元83通过对来自非线性转换单元82的亮度值 $L(n1)(p)$ 的灰度进行压缩来校正亮度值 $L(n1)(p)$ 的灰度,并且将通过灰度校正所获得的亮度值 $L_u(n1)(p)$ 提供给灰度校正单元85-1至85-3。

[0144] 非线性转换单元84-1至84-3分别转换从去马赛克处理单元52提供的RGB图像的像素值 $R_w(p)$ 、 $G_w(p)$ 和 $B_w(p)$ 。非线性转换单元84-1至84-3将通过非线性转换所获得的像素值 $R(n1)(p)$ 、 $G(n1)(p)$ 和 $B(n1)(p)$ 分别提供给灰度校正单元85-1至85-3。下文中,当不需要将非线性转换单元84-1至84-3彼此区分开时,将非线性转换单元84-1至84-3简称为非线性转换单元84。

[0145] 灰度校正单元85-1至85-3使用来自非线性转换单元82的亮度值 $L(n1)(p)$ 和来自亮度灰度校正单元83的亮度值 $L_u(n1)(p)$,来校正来自非线性转换单元84-1至84-3的像素值 $R(n1)(p)$ 、 $G(n1)(p)$ 和 $B(n1)(p)$ 的灰度。灰度校正单元85-1至85-3将通过灰度校正所获得的像素值 $R_u(n1)(p)$ 、 $G_u(n1)(p)$ 和 $B_u(n1)(p)$ 分别提供给非线性逆转换单元86-1至86-3。

[0146] 非线性逆转换单元86-1至86-3对分别来自灰度校正单元85-1至85-3的像素值 $R_u(n1)(p)$ 、 $G_u(n1)(p)$ 和 $B_u(n1)(p)$ 执行非线性逆转换,该非线性逆转换是对通过非线性转换单元84执行的非线性转换的逆转换。非线性逆转换单元86-1至86-3各自将通过非线性逆转换所获得的像素值 $R_u(p)$ 、 $G_u(p)$ 和 $B_u(p)$ 提供给伽马校正处理单元54。

[0147] 下文中,当不需要将灰度校正单元85-1至85-3彼此区分开时,将灰度校正单元85-1至85-3简称为灰度校正单元85。下文中,当不需要将非线性逆转换单元86-1至86-3彼此区分开时,将非线性逆转换单元86-1至86-3简称为非线性逆转换单元86。

[0148] 亮度灰度校正单元的示例性功能配置

[0149] 图5是示出图4中的亮度灰度校正单元83的示例性功能配置的框图。亮度灰度校正单元83包括亮度范围信息计算单元111、亮度范围信息存储器112、块亮度平均值计算单元113、块亮度离差计算单元114、块亮度转换直线斜率计算单元115、块亮度转换直线截距计算单元116、块亮度转换直线斜率存储器117、块亮度转换直线截距存储器118、亮度转

换单元 119、色调曲线计算单元 120、色调曲线存储器 121、映射单元 122、映射单元 123 和对比度校正单元 124。

[0150] 亮度范围信息计算单元 111、块亮度平均值计算单元 113、块亮度离差计算单元 114、块亮度转换直线斜率计算单元 115 和块亮度转换直线截距计算单元 116 计算亮度图像的特征值,并且执行更新关于每帧的亮度图像的信息的处理。

[0151] 即,亮度范围信息计算单元 111 计算山麓 (foot) 值,该山麓值为在由从非线性转换单元 82 提供的亮度值 $L(n1)(p)$ 形成的一帧亮度图像的亮度值的直方图中的暗亮度侧和明亮度侧山麓的亮度值。亮度范围信息计算单元 111 将所计算出的山麓值作为亮度范围信息存储在亮度范围信息存储器 112 中。亮度范围信息存储器 112 暂时记录从亮度范围信息计算单元 111 提供的亮度范围信息,并且将该亮度范围信息提供给色调曲线计算单元 120。

[0152] 块亮度平均值计算单元 113 将由从非线性转换单元 82 提供的亮度值 $L(n1)(p)$ 形成的一帧亮度图像在空间方向上分割成多个空间块 (区域),并且计算每个空间块内的亮度值的平均值 (块亮度平均值)。块亮度平均值计算单元 113 将所计算出的每个空间块的块亮度平均值提供给块亮度离差计算单元 114 和块亮度转换直线截距计算单元 116。

[0153] 块亮度离差计算单元 114 将由从非线性转换单元 82 提供的亮度值 $L(n1)(p)$ 形成的一帧亮度图像在空间方向上分割成多个空间块 (区域),并且计算每个空间块内的亮度值的离差 (块亮度离差)。块亮度离差计算单元 114 将所计算出的每个空间块的块亮度离差提供给块亮度转换直线斜率计算单元 115。

[0154] 块亮度转换直线斜率计算单元 115 基于每个空间块的块亮度离差,通过上述表达式 (8) 计算每个空间块的块亮度转换直线斜率。块亮度转换直线斜率计算单元 115 将所计算出的每个空间块的块亮度转换直线斜率提供给块亮度转换直线截距计算单元 116 和块亮度转换直线斜率存储器 117。块亮度转换直线斜率存储器 117 暂时记录从块亮度转换直线斜率计算单元 115 提供的块亮度转换直线斜率,并且将块亮度转换直线斜率提供给亮度转换单元 119。

[0155] 块亮度转换直线截距计算单元 116 基于每个空间块的块亮度平均值和每个空间块的块亮度转换直线斜率,通过上述表达式 (9) 计算每个空间块的块亮度转换直线截距。块亮度转换直线截距计算单元 116 将所计算出的每个空间块的块亮度转换直线截距存储到块亮度转换直线截距存储器 118。块亮度转换直线截距存储器 118 暂时存储从块亮度转换直线截距计算单元 116 提供的块亮度转换直线截距,并且将块亮度转换直线截距提供给亮度转换单元 119。

[0156] 下文中,将亮度范围信息、块亮度转换直线斜率、和块亮度转换直线截距称为中间数据。仅在与亮度图像 (RGB 图像) 的一帧相对应的时间将作为中间数据的亮度范围信息、块亮度转换直线斜率、和块亮度转换直线截距存储在亮度范围信息存储器 112、块亮度转换直线斜率存储器 117、和块亮度转换直线截距存储器 118 中,并且针对每帧更新亮度范围信息、块亮度转换直线斜率、和块亮度转换直线截距。

[0157] 由于计算中间数据几乎花费对应于一帧的时间,因此,当根据现有技术输入关于后续帧的图像信息时,实际上使用了所计算出的中间数据。然而,由于灰度校正处理单元 53 并行地执行计算中间数据的处理和使用中间数据校正 RGB 图像的灰度的处理,因此还可以

实时处理视频数据。

[0158] 亮度转换单元 119 根据从非线性转换单元 82 提供的亮度值 $L(n1)(p)$ 、来自块亮度转换直线斜率存储器 117 的块亮度转换直线斜率、以及来自块亮度转换直线截距存储器 118 的块亮度转换直线截距, 计算全局亮度值 $L1(n1)(p)$, 该全局亮度值是由亮度值为 $L(n1)(p)$ 的亮度图像的极低频分量形成的图像(下文中, 被称为全局亮度图像)的亮度值。

[0159] 即, 使用根据要处理的帧在时间上的前一帧的亮度图像(RGB 图像) 计算出的块亮度转换直线斜率和块亮度转换直线截距, 计算所提供的亮度值 $L(n1)(p)$ 的像素的全局亮度值 $L1(n1)(p)$ 。这里, 全局亮度值是指表示与属于 RGB 图像上的像素的物体区域的平均亮度相对应的一种信息的亮度值, 即, 表示包括 RGB 图像上的像素的物体区域的平均明亮度的亮度值。

[0160] 下文中, 还将要处理的像素(所谓的关注像素)(例如, 提供给亮度灰度校正单元 83 的亮度值为 $L(n1)(p)$ 的像素)称为处理目标像素。

[0161] 亮度转换单元 119 将所计算出的全局亮度值 $L1(n1)(p)$ 提供给色调曲线计算单元 120 和映射单元 122。

[0162] 色调曲线计算单元 120 根据来自亮度范围信息存储器 112 的亮度范围信息和来自亮度转换单元 119 的全局亮度值 $L1(n1)(p)$, 计算要应用于压缩亮度值的灰度的色调曲线的形状, 并且将计算结果提供给色调曲线存储器 121。色调曲线存储器 121 记录来自色调曲线计算单元 120 的色调曲线, 并且将所记录的色调曲线提供给映射单元 122、映射单元 123 和对比度校正单元 124。

[0163] 映射单元 122 基于色调曲线存储器 121 中所记录的色调曲线压缩(校正)来自亮度转换单元 119 的全局亮度值 $L1(n1)(p)$ 的灰度, 并且将通过灰度校正所获得的全局亮度值 $Lc1(n1)(p)$ 提供给对比度校正单元 124。映射单元 123 基于色调曲线存储器 121 中所记录的色调曲线, 压缩(校正)从非线性转换单元 82 提供的亮度值 $L(n1)(p)$ 的灰度, 并且将通过灰度校正所获得的亮度值 $Lc(n1)(p)$ 提供给对比度校正单元 124。

[0164] 对比度校正单元 124 基于来自映射单元 122 的全局亮度值 $Lc1(n1)(p)$ 、来自映射单元 123 的亮度值 $Lc(n1)(p)$ 、和色调曲线存储器 121 中所记录的色调曲线, 校正由灰度压缩后的亮度值 $Lc(n1)(p)$ 形成的亮度图像的对 比度。对比度校正单元 124 将对对比度校正后的亮度值 $Lu(n1)(p)$ 提供给灰度校正单元 85。

[0165] 亮度范围信息计算单元的示例性功能配置

[0166] 图 6 是示出图 5 中的亮度范围信息计算单元 111 的示例性功能配置的框图。亮度范围信息计算单元 111 包括细化(thinning)单元 151、饱和像素排除单元 152、排序单元 153 和排序单元 154。

[0167] 细化单元 151 以预定间隔对按照光栅扫描顺序提供的亮度图像的像素的亮度值 $L(n1)(p)$ 进行采样并输出。即, 细化单元 151 确定从非线性转换单元 82 提供的亮度值 $L(n1)(p)$ 的像素位置 p 是否与位于预定间隔处的采样位置一致。当确定为像素位置 p 与采样位置一致时, 细化单元 151 将亮度值 $L(n1)(p)$ 提供给饱和像素排除单元 152。因此, 输出至后级的排序单元 153 和 154 的亮度值的数量不等于或大于给定数量。

[0168] 饱和像素排除单元 152 从 DSP 16 的内部存储器(未示出)读取噪声电平 $(n1)$ 和饱和电平 $(n1)$ 。这里, 噪声电平 $(n1)$ 和饱和电平 $(n1)$ 分别是表示每个噪声电平的亮度值

的阈值和表示饱和电平的亮度值的阈值。

[0169] 当从细化单元 151 提供的亮度值 $L(n1)(p)$ 等于或大于噪声电平 ($n1$) 并等于或小于饱和电平 ($n1$) 时,饱和像素排除单元 152 将亮度值 $L(n1)(p)$ 提供给排序单元 153 和 154。因此,等于或小于噪声电平的亮度值以及等于或大于饱和电平的亮度值被阻断,并且由此不输出到后级。因此,后级的排序单元 153 和 154 不对未落入有效亮度范围内的像素进行计数。

[0170] 排序单元 153 包括比较单元 161-1 至 161-k 以及分别与比较单元相对应的寄存器 162-1 至 162-k。比较单元 161-1 至 161-k 将从饱和像素排除单元 152 和比较单元 161-1 至 161-(k-1) 提供的亮度值 $L(n1)(p)$ 与寄存器 162-1 至 162-k 的值进行比较。

[0171] 当亮度值 $L(n1)(p)$ 分别小于寄存器 162-1 至 162-k 的值时,比较单元 161-1 至 161-k 将寄存器 162-1 至 162-k 的值分别输出至后级,并且将亮度值 $L(n1)(p)$ 分别记录在寄存器 162-1 至 162-k 中。当亮度值 $L(n1)(p)$ 分别等于或大于寄存器 162-1 至 162-k 的值时,比较单元 161-1 至 161-k 将寄存器 162-1 至 162-k 的亮度值 $L(n1)(p)$ 分别输出至后级而无需记录。

[0172] 因此,按照升序将所提供的亮度值 $L(n1)(p)$ 之中的最小值到第 k 小的值记录在寄存器 162-1 至 162-k 中。排序单元 153 对一帧亮度图像的亮度值 $L(n1)(p)$ 进行排序,并且然后将寄存器 162-k 中所记录的值作为暗亮度侧山麓值 $L_{dark}(n1)$ 提供给亮度范围信息存储器 112。

[0173] 下文中,当不需要将比较单元 161-1 至 161-k 彼此区分开时,将比较单元 161-1 至 161-k 简称为比较单元 161。下文中,当不需要将寄存器 162-1 至 162-k 彼此区分开时,将寄存器 162-1 至 162-k 简称为寄存器 162。

[0174] 排序单元 154 包括比较单元 171-1 至 171-k 以及分别与这些比较单元相对应的寄存器 172-1 至 172-k。比较单元 171-1 至 171-k 将从饱和像素排除单元 152 和比较单元 171-1 至 171-(k-1) 提供的亮度值 $L(n1)(p)$ 与寄存器 172-1 至 172-k 的值进行比较。

[0175] 当亮度值 $L(n1)(p)$ 分别大于寄存器 172-1 至 172-k 的值时,比较单元 171-1 至 171-k 将寄存器 172-1 至 172-k 的值分别输出至后级,并且将亮度值 $L(n1)(p)$ 分别记录在寄存器 172-1 至 172-k 中。当亮度值 $L(n1)(p)$ 分别等于或小于寄存器 172-1 至 172-k 的值时,比较单元 171-1 至 171-k 分别将亮度值 $L(n1)(p)$ 输出至后级而无需记录。

[0176] 因此,按照降序将所提供的亮度值 $L(n1)(p)$ 之中的最大值到第 k 大的值记录在寄存器 172-1 至 172-k 中。排序单元 154 对一帧亮度图像的亮度值 $L(n1)(p)$ 进行排序,并且然后将寄存器 172-k 中所记录的值作为明亮度侧山麓值 $L_{bright}(n1)$ 提供给亮度范围信息存储器 112。

[0177] 在下文中,当不需要将比较单元 171-1 至 171-k 彼此区分开时,将比较单元 171-1 至 171-k 简称为比较单元 171。下文中,当不需要将寄存器 172-1 至 172-k 彼此区分开时,将寄存器 172-1 至 172-k 简称为寄存器 172。

[0178] 这里,根据亮度值相对于亮度值的直方图的面积比的多少百分比被计算作为山麓值,确定比较单元 161 和寄存器 162 的数量以及比较单元 171 和寄存器 172 的数量。

[0179] 例如,当期望对于暗亮度侧和明亮度侧与 0.5% 相对应的亮度值被计算作为山麓值时,控制细化单元 151 的操作,使得将输入至排序单元 153 和 154 的亮度值的最大数量限

制为 1200。安装在排序单元 153 中的比较单元 161 和寄存器 162 的组数和安装在排序单元 154 中的比较单元 171 和寄存器 172 的组数均认为是六。

[0180] 然后,当完全输入全部像素的亮度值时,将相对于面积比与 0.5% 相对应的亮度值记录在寄存器 162-k 和 172-k (其中, $k = 6$) 中。因此,输出这些亮度值,作为暗亮度侧山麓值和明亮度侧山麓值。

[0181] 块亮度平均值计算单元的示例性功能配置

[0182] 图 7 是示出图 5 中的块亮度平均值计算单元 113 的示例性功能配置的框图。块亮度平均值计算单元 113 包括块选择单元 201 和平均值计算单元 202-1 至 202-N。

[0183] 块选择单元 201 根据从非线性转换单元 82 提供的处理目标像素的位置 p , 指定属于处理目标像素的空间块。块选择单元 201 将亮度值 $L(n1)(p)$ 提供给在对应于各空间块的平均值计算单元 202-1 至 202-N 之中与所指定的空间块相对应的平均值计算单元

[0184] 这里,将亮度图像在宽度方向上分割成 W 个空间块,并且在高度方向上分割成 H 个空间块。因此,将亮度图像分割成总共 $N (= W \times H)$ 个空间块。在这种情况下,块亮度平均值计算单元 113 包括与 N 个空间块相对应的 N 个平均值计算单元 202-1 至 202-N。当指定了空间块时,块选择单元 201 将亮度值 $L(n1)(p)$ 提供给与该空间块相对应的平均值计算单元。

[0185] 平均值计算单元 202-1 至 202-N 分别包括加法单元 211-1 至 211-N、寄存器 212-1 至 212-N、计数器 213-1 至 213-N、以及除法单元 214-1 至 214-N。

[0186] 加法单元 211-1 至 211-N 将从块选择单元 201 提供的亮度值 $L(n1)(p)$ 与寄存器 212-1 至 212-N 中所记录的值分别相加,并且将这些结果分别记录在寄存器 212-1 至 212-N 中。即,寄存器 212-1 至 212-N 各自记录从块选择单元 201 提供的亮度值 $L(n1)(p)$ 的总和。

[0187] 计数器 213-1 至 213-N 各自记录从块选择单元 201 提供的亮度值 $L(n1)(p)$ 的数量。即,计数器 213-1 至 213-N 各自对在对应的空间块内的像素的数量进行计数。

[0188] 除法单元 214-1 至 214-N 将寄存器 212-1 至 212-N 中所记录的值分别除以计数器 213-1 至 213-N 中所记录的值,并且将所获得的值提供给块亮度离差计算单元 114 和块亮度转换直线截距计算单元 116。

[0189] 即,平均值计算单元 202-1 至 202-N 各自计算对应空间块的亮度值的平均值(块亮度平均值),并且将所计算出的块亮度平均值提供给块亮度离差计算单元 114 和块亮度转换直线截距计算单元 116。

[0190] 下文中,当不需要将平均值计算单元 202-1 至 202-N 彼此区分开时,将平均值计算单元 202-1 至 202-N 简称为平均值计算单元 202。下文中,当不需要将加法单元 211-1 至 211-N 彼此区分开时,将加法单元 211-1 至 211-N 简称为加法单元 211。下文中,当不需要将寄存器 212-1 至 212-N 彼此区分开时,将寄存器 212-1 至 212-N 简称为寄存器 212。下文中,当不需要将计数器 213-1 至 213-N 彼此区分开时,将计数器 213-1 至 213-N 简称为计数器 213。下文中,当不需要将除法单元 214-1 至 214-N 彼此区分开时,将除法单元 214-1 至 214-N 简称为除法单元 214。

[0191] 当预先已知每个空间块内的像素的数量时,可不为每个平均值计算单元 202 提供计数器 213。

[0192] 块亮度离差计算单元的示例性功能配置

[0193] 图 8 是示出图 5 中的块亮度离差计算单元 114 的示例性功能配置的框图。块亮度离差计算单元 114 包括块亮度平方平均值计算单元 231 和离差计算单元 232。块亮度平方平均值计算单元 231 包括块选择单元 241 和平方平均值计算单元 242-1 至 242-N。

[0194] 块选择单元 241 根据从非线性转换单元 82 提供的处理目标像素的亮度值 $L(n1)$ (p) 的位置 p , 指定属于该处理目标像素的空间块。块选择单元 241 将亮度值 $L(n1)$ (p) 提供给在与每个空间块相对应的平方平均值计算单元 242-1 至 242-N 之中与所指定的空间块相对应的平方平均值计算单元。

[0195] 平方平均值计算单元 242-1 至 242-N 分别包括求平方单元 251-1 至 251-N、加法单元 252-1 至 252-N、寄存器 253-1 至 253-N、计数器 254-1 至 254-N、和除法单元 255-1 至 255-N。

[0196] 求平方单元 251-1 至 251-N 各自对从块选择单元 241 提供的亮度值 $L(n1)$ (p) 求平方, 并且将结果分别提供给加法单元 252-1 至 252-N。

[0197] 加法单元 252-1 至 252-N 将从求平方单元 251-1 至 251-N 提供的亮度值 $L(n1)$ (p) 的平方值分别与记录在寄存器 253-1 至 253-N 中的值相加, 并且将结果分别记录在寄存器 253-1 至 253-N 中。即, 寄存器 253-1 至 253-N 各自记录所提供的亮度值 $L(n1)$ (p) 的平方值的总和。

[0198] 寄存器 253-1 至 253-N 各自存储从加法单元 252-1 至 252-N 提供的值, 并且将所记录的值分别提供给加法单元 252-1 至 252-N 和除法单元 255-1 至 255-N。

[0199] 计数器 254-1 至 254-N 各自针对每帧对从块选择单元 241 提供的亮度值 $L(n1)$ (p) 的数量进行计数。即, 计数器 254-1 至 254-N 各自对在对空间块内的像素的数量进行计数。

[0200] 除法单元 255-1 至 255-N 各自通过将寄存器 253-1 至 253-N 中所记录的值分别除以计数器 254-1 至 254-N 中所记录的值, 来计算对应空间块内的像素的亮度值 $L(n1)$ (p) 的平方平均值。除法单元 255-1 至 255-N 各自将所计算出的每个空间块的亮度值 $L(n1)$ (p) 的平方平均值 (下文中, 还称为块亮度平方平均值) 提供给离差计算单元 232。

[0201] 下文中, 当不需要将平方平均值计算单元 242-1 至 242-N 彼此区分开时, 将平方平均值计算单元 242-1 至 242-N 简称为平方平均值计算单元 242。下文中, 当不需要将求平方单元 251-1 至 251-N 彼此区分开时, 将求平方单元 251-1 至 251-N 简称为求平方单元 251。下文中, 当不需要将加法单元 252-1 至 252-N 彼此区分开时, 将加法单元 252-1 至 252-N 简称为加法单元 252。下文中, 当不需要将寄存器 253-1 至 253-N 彼此区分开时, 将寄存器 253-1 至 253-N 简称为寄存器 253。下文中, 当不需要将计数器 254-1 至 254-N 彼此区分开时, 将计数器 254-1 至 254-N 简称为计数器 254。下文中, 当不需要将除法单元 255-1 至 255-N 彼此区分开时, 将除法单元 255-1 至 255-N 简称为除法单元 255。

[0202] 基于从块亮度平均值计算单元 113 提供的每个空间块的块亮度平均值和从平方平均值计算单元 242 提供的每个空间块的块亮度平方平均值, 离差计算单元 232 计算每个空间块的亮度值的离差 (块亮度离差)。离差计算单元 232 将所计算出的每个空间块的块亮度离差提供给块亮度转换直线斜率计算单元 115。

[0203] 当预先已知每个空间块内的像素的数量时, 可不为每个平方平均值计算单元 242

提供计数器 254。

[0204] 亮度转换单元的示例性功能配置

[0205] 图 9 是示出图 5 中的亮度转换单元 119 的示例性功能配置的框图。亮度转换单元 119 包括邻近块选择单元 271、线性计算单元 272-1 至 272-16、块权重系数计算单元 273、和加权平均单元 274。

[0206] 邻近块选择单元 271 从块亮度转换直线斜率存储器 117 和块亮度转换直线截距存储器 118 读取每个空间块的块亮度转换直线斜率 $a(i, j)$ 和块亮度转换直线截距 $b(i, j)$ 。基于从非线性转换单元 82 提供的处理目标像素的位置 p ，邻近块选择单元 271 选择在处理目标像素周围的 4 个垂直空间块 \times 4 个水平空间块，即，总共十六个空间块（下文中，还称为邻近块）。邻近块选择单元 271 将所选择的十六个邻近块中的每一个的块亮度转换直线斜率 $a(i, j)$ 和块亮度转换直线截距 $b(i, j)$ 提供给与每个邻近块相对应的线性计算单元 272-1 至 272-16。

[0207] 基于 4×4 个邻近块的区域内的每个邻近块的位置，选择与线性计算单元 272-1 至 272-16 中的每一个相对应的每个邻近块。例如，线性计算单元 272-1 对应于 4×4 个邻近块之中在左上角上的邻近块。线性计算单元 272-16 对应于 4×4 个邻近块之中在右下角上的邻近块。

[0208] 基于处理目标像素的亮度值 $L(n1)(p)$ 、对应邻近块的块亮度转换直线斜率 $a(i, j)$ 、和对应邻近块的块亮度转换直线截距 $b(i, j)$ ，线性计算单元 272-1 至 272-16 各自计算在对应邻近块的中心位置处的全局亮度值 $La(n1)(i, j, p)$ 。然后，线性计算单元 272-1 至 272-16 各自将全局亮度值 $La(n1)(i, j, p)$ 提供给加权平均单元 274。

[0209] 块权重系数计算单元 273 基于每个邻近块的中心位置与处理目标像素之间的相对距离，计算对于每个邻近块的权重系数 $\omega(i, j, p)$ ，并且将该权重系数 $\omega(i, j, p)$ 提供给加权平均单元 274。

[0210] 加权平均单元 274 使用权重系数 $\omega(i, j, p)$ ，来计算各个邻近块的全局亮度值 $La(n1)(i, j, p)$ 的加权平均值作为处理目标像素的全局亮度值 $L1(n1)(p)$ 。然后，加权平均单元 274 将全局亮度值 $L1(n1)(p)$ 提供给色调曲线计算单元 120 和映射单元 122。

[0211] 下文中，当不需要将线性计算单元 272-1 至 272-16 彼此区分开时，将线性计算单元 272-1 至 272-16 简称为线性计算单元 272。

[0212] 线性计算单元的示例性功能配置

[0213] 图 10 是示出图 9 中的线性计算单元 272 的示例性功能配置的框图。线性计算单元 272 包括乘法单元 281 和加法单元 282。

[0214] 乘法单元 281 将从邻近块选择单元 271 提供的块亮度转换直线斜率 $a(i, j)$ 与从非线性转换单元 82 提供的亮度值 $L(n1)(p)$ 相乘，并且将结果提供给加法单元 282。

[0215] 加法单元 282 将乘法单元 281 的计算结果与从邻近块选择单元 271 提供的块亮度转换直线截距 $b(i, j)$ 相加，并且将结果提供给加权平均单元 274。

[0216] 即，线性计算单元 272 使用所提供的亮度值 $L(n1)(p)$ 、块亮度转换直线斜率 $a(i, j)$ 和块亮度转换直线截距 $b(i, j)$ ，执行上述表达式 (10) 的计算。对比度校正单元的示例性功能配置

[0217] 图 11 是示出图 5 中的对比度校正单元 124 的示例性功能配置的框图。对比度校

正单元 124 包括增益值计算单元 301 和对比度强调单元 302。

[0218] 增益值计算单元 301 根据色调曲线存储器 121 中所记录的色调曲线, 计算作为色调曲线的代表斜率值的参数 γ -comp。基于参数 γ -comp 和来自映射单元 123 的亮度值 $L_c(n1)(p)$, 增益值计算单元 301 计算在对亮度值 $L_c(n1)(p)$ 进行对比度校正时要使用的增益值 $g(p)$ 。然后, 增益值计算单元 301 将增益值 $g(p)$ 提供给对比度强调单元 302。

[0219] 对比度强调单元 302 使用来自增益值计算单元 301 的增益值 $g(p)$ 和来自映射单元 122 的全局亮度值 $L_{cl}(n1)(p)$, 来校正由来自映射单元 123 的亮度值 $L_c(n1)(p)$ 形成的亮度图像的对比度, 以强调亮度图像的对比度。对比度强调单元 302 将通过校正对比度所获得的亮度值 $L_u(n1)(p)$ 提供给灰度校正单元 85-1 至 85-3。

[0220] 数字照相机的 DSP 块的图像处理的描述

[0221] 接下来, 将参照图 12 的流程图描述由 DSP 16 执行的图像处理。例如, 当通过图 1 中的数字摄像机开始成像并且开始将图像数据 (马赛克图像) 流从 A/D 转换器 15 提供给 DSP 16 时, 该图像处理开始。将提供给 DSP 16 的图像数据顺序地存储在 DSP 16 的内部存储器 (未示出) 中。

[0222] 在步骤 S11 中, 白平衡处理单元 51 读取马赛克图像。具体地, 白平衡处理单元 51 读取存储在 DSP 16 的内部存储器 (未示出) 中的头帧的马赛克图像。

[0223] 在步骤 S12 中, 白平衡处理单元 51 调节所获取的马赛克图像的白平衡, 并且将马赛克图像提供给去马赛克处理单元 52。

[0224] 在步骤 S13 中, 去马赛克处理单元 52 执行去马赛克处理。即, 去马赛克处理单元 52 对来自白平衡处理单元 51 的马赛克图像执行去马赛克处理, 以生成 RGB 图像, 并且将 RGB 图像提供给灰度校正处理单元 53。

[0225] 在步骤 S14 中, 灰度校正处理单元 53 执行灰度校正处理, 以校正来自去马赛克处理单元 52 的 RGB 图像的灰度。灰度校正处理单元 53 将进行了灰度校正的 RGB 图像提供给伽马校正处理单元 54。以下将详细地描述灰度校正处理。

[0226] 在步骤 S15 中, 伽马校正处理单元 54 对来自灰度校正处理单元 53 的 RGB 图像执行伽马校正, 并且将 RGB 图像提供给 YC 转换处理单元 55。

[0227] 在步骤 S16 中, YC 转换处理单元 55 执行 YC 转换处理。例如, YC 转换处理单元 55 通过对来自伽马校正处理单元 54 的 RGB 图像执行 YC 矩阵处理并对色度分量执行频带限制处理, 来根据 RGB 图像生成 Y 图像和 C 图像。在步骤 S17 中, YC 转换处理单元 55 输出 Y 图像和 C 图像。例如, 如果需要, YC 转换处理单元 55 将 Y 图像和 C 图像输出至 LCD 驱动器 18 或 CODEC 20。

[0228] 在步骤 S18 中, 白平衡处理单元 51 确定是否存在后续帧。例如, 当在 DSP 16 的内部存储器 (未示出) 中累积后续帧的马赛克图像时, 白平衡处理单元 51 确定存在后续帧。

[0229] 当在步骤 S18 中确定为存在后续帧时, 处理返回至步骤 S11, 并且读取要处理的后续帧的马赛克图像。当在步骤 S18 中确定为不存在后续帧时, 图像处理结束。

[0230] 灰度校正处理的描述

[0231] 接下来, 将参照图 13 和图 14 的流程图描述与图 12 中的步骤 S14 的处理相对应的灰度校正处理。

[0232] 在步骤 S41 中, 亮度转换单元 119 和色调曲线计算单元 120 读取中间数据。即, 亮

度转换单元 119 的邻近块选择单元 271 从块亮度转换直线斜率存储器 117 和块亮度转换直线截距存储器 118 读取块亮度转换直线斜率和块亮度转换直线截距来作为中间数据。色调曲线计算单元 120 从亮度范围信息存储器 112 读取亮度范围信息来作为中间数据。

[0233] 在步骤 S42 中,亮度范围信息计算单元 111 的饱和像素排除单元 152 从 DSP 16 的内部存储器(未示出)读取噪声电平(n1)和饱和电平(n1)。

[0234] 在步骤 S43 中,灰度校正处理单元 53 从去马赛克处理单元 52 读取 RGB 图像的处理目标像素的像素值和像素位置。即,灰度校正处理单元 53 的亮度计算单元 81 和非线性转换单元 84-1 至 84-3 从去马赛克处理单元 52 读取 R 分量的像素值 $R_w(p)$ 、G 分量的像素值 $G_w(p)$ 、B 分量的像素值 $B_w(p)$ 、和处理目标像素的像素位置 p。

[0235] 在步骤 S44 中,亮度计算单元 81 基于所读取的像素值计算处理目标像素的亮度值 $L(p)$,并且将亮度值 $L(p)$ 提供到非线性转换单元 82。例如,亮度计算单元 81 通过将所读取的像素值 $R_w(p)$ 至 $B_w(p)$ 乘以预定系数计算线性和,来将线性和设置为亮度值,或者将像素值 $R_w(p)$ 至 $B_w(p)$ 之中的最大值设置为亮度值。

[0236] 在步骤 S45 中,非线性转换单元 82 非线性地转换来自亮度计算单元 81 的亮度值 $L(p)$,并且将通过转换所获得的亮度值 $L(n1)(p)$ 提供给亮度灰度校正单元 83 至灰度校正单元 85。例如,非线性转换单元 82 使用具有上凸单调增加特性(诸如,指数比 1 小的幂特性或者对数特性)的函数来非线性地转换亮度值 $L(p)$ 。

[0237] 在步骤 S46 中,灰度校正单元 85 和在执行处理中使用亮度值 $L(n1)(p)$ 的亮度灰度校正单元 83 的每个单元从非线性转换单元 82 读取处理目标像素的亮度值 $L(n1)(p)$ 和像素位置 p。

[0238] 在步骤 S47 中,亮度灰度校正单元 83 的亮度范围信息计算单元 111 执行计算亮度范围信息的像素处理。以下将详细地描述计算亮度范围信息的像素处理。在计算亮度范围信息的像素处理中,将迄今所提供的亮度图像的像素的亮度值与从非线性转换单元 82 读取的亮度值 $L(n1)(p)$ 彼此进行比较并进行排序。

[0239] 在步骤 S48 中,块亮度平均值计算单元 113 执行计算块亮度平均值的像素处理。以下将详细描述用于计算块亮度平均值的像素处理。在计算块亮度平均值的像素处理中,计算每个空间块的亮度值的积分值,并且对每个空间块内的像素的数量进行计数。

[0240] 在步骤 S49 中,块亮度离差计算单元 114 执行计算块亮度离差的像素处理。以下将详细地描述计算块亮度离差的像素处理。在计算块亮度离差的像素处理中,计算每个空间块的亮度值的平方积分值,并且对每个空间块内的像素的数量进行计数。

[0241] 在步骤 S50 中,亮度转换单元 119 执行计算全局亮度值的处理,以计算处理目标像素的全局亮度值 $L1(n1)(p)$,并且将全局亮度值 $L1(n1)(p)$ 提供给色调曲线计算单元 120 和映射单元 122。以下将详细地描述计算全局亮度值的处理。

[0242] 在步骤 S51 中,色调曲线计算单元 120 根据从亮度范围信息存储器 112 读取的亮度范围信息和来自亮度转换单元 119 的全局亮度值 $L1(n1)(p)$,计算色调曲线。

[0243] 例如,色调曲线计算单元 120 设置图 15 中所示的色调曲线的控制点。在图 15 的图中,横轴方向表示在灰度校正前的输入亮度的对数值,以及纵轴方向表示在利用色调曲线 CL 进行灰度校正后的输出亮度的对数值。

[0244] 首先,色调曲线计算单元 120 设置九个控制点 P1 至 P9。将控制点 P1 设置成使输

入亮度为预定最小电平并且输出亮度为预定最小电平 $L_{base}(n1)$ 。将控制点 P2 设置成使输入亮度为可以认为亮度为噪声电平的预定噪声电平 $L_{noise}(n1)$ ，并且输出亮度处于最小电平 $L_{base}(n1)$ 。将控制点 P3 设置成使输入亮度为噪声电平 $L_{noise}(n1)$ 两倍的亮度值，并且输出亮度为最小电平 $L_{base}(n1)$ 。

[0245] 将控制点 P4 设置成使输入亮度为作为来自亮度范围信息存储器 112 的亮度范围信息的暗亮度侧山麓值 $L_{dark}(n1)$ ，并且输出亮度为基本上作为暗电平的亮度值的亮度值 $L_{ankle}(n1)$ 。将控制点 P5 设置成使输入亮度为山麓值 $L_{dark}(n1)$ 两倍的亮度值，并且输出亮度为亮度值 $L_{ankle}(n1)$ 两倍的亮度值。将控制点 P6 设置成使输入亮度为来自亮度转换单元 119 的全局亮度值 $L1(n1)(p)$ ，并且输出亮度为基本上作为亮度范围的中间电平的预定中间亮度电平 $L_{mid}(n1)$ 。即，当利用色调曲线对全局亮度值进行灰度校正时，设置控制点 P6，以使全局亮度值被转换成如下范围的大致中间的值：在该范围内获取利用色调曲线进行灰度校正后的亮度值。

[0246] 将控制点 P7 设置成使输入亮度为明亮度侧山麓值 $L_{bright}(n1)$ 一半的亮度值，并且输出亮度为基本上作为白电平的亮度值的亮度值 $L_{shoulder}(n1)$ 一半的亮度值。将控制点 P8 设置成使输入亮度为作为来自亮度范围信息存储器 112 的亮度范围信息的山麓值 $L_{bright}(n1)$ ，并且输出亮度为亮度值 $L_{shoulder}(n1)$ 。将控制点 P9 设置成使输入亮度为输入亮度的预定最大值，并且输出亮度为输出亮度的预定最大值。

[0247] 在图 15 中，控制点 P5 与控制点 P7 之间的线段 AL 的斜率表示作为色调曲线 CL 的斜率的代表的 γ -comp 参数。

[0248] 基于控制点 P1 至 P9，通过例如 B-Spline 插值处理计算对于每个输入亮度值的输出亮度值（色调曲线值），来确定每个处理目标像素的色调曲线 CL 的形状。

[0249] 可将色调曲线 CL 的形状存储在色调曲线存储器 121 中，以具有任意格式。然而，由于针对每个像素更新色调曲线 CL 的形状，因此，优选地存储色调曲线 CL 的形状以具有少量数据。例如，适当地，使用几个控制点到几十个控制点来表示色调曲线的形状，并且映射单元 122 和 123 根据这些控制点计算色调曲线 CL。

[0250] 色调曲线计算单元 120 将所设置的控制点 P1 至 P9 的输入亮度和输出亮度的集合记录在色调曲线存储器 121 中。实际上，在处理对应于一帧的亮度图像的时段期间，无论何时改变处理目标像素，仅更新控制点 P6 的输入亮度。

[0251] 此外，通过将控制点 P3 设置为辅助点，色调曲线 CL 当然穿过控制点 P2 或者在控制点 P2 附近穿过。即，当输入亮度基本上处于噪声电平 $L_{noise}(n1)$ 时，将输入亮度进行灰度转换成与输出亮度的最小电平 $L_{base}(n1)$ 几乎相等的值。通过将控制点 P5 设置为辅助点，输入亮度基本上变为山麓值 $L_{dark}(n1)$ ，并且由此，防止在输出亮度基本上变为黑色电平的亮度值 $L_{ankle}(n1)$ 附近（在控制点 P4 附近）的色调曲线 CL 的斜率变得极其陡峭或平缓。通过将控制点 P7 设置为辅助点，输入亮度基本上变为山麓值 $L_{bright}(n1)$ ，并且由此，防止在输出亮度基本上变为白色电平的亮度值 $L_{shoulder}(n1)$ 附近（控制点 P8 的附近）的色调曲线 CL 的斜率变得极其陡峭或平缓。

[0252] 相应地，色调曲线 CL 变为具有反 S 形的单调增加曲线，其中，斜率在控制点 P6 附近平缓，并且斜率在控制点 P4 和 P8 附近几乎接近于 1。即，当全局亮度值 $L1(n1)(p)$ 高时，色调曲线 CL 抑制具有高亮度值的像素变亮。当全局亮度值 $L1(n1)(p)$ 低时，色调曲线 CL

允许具有低亮度值的像素变亮。因此,通过利用色调曲线 CL 结合灰度压缩和对比度校正,可以在基本上保持图像的细节的同时执行图像的灰度压缩,使得图像上的暗部分变亮而几乎不引起白色模糊。

[0253] 返回参照图 13 的流程图,在步骤 S51 中,计算色调曲线的形状,并且将色调曲线的形状(即,控制点的输入亮度和输出亮度的集合)记录在色调曲线存储器 121 中。然后,处理进行至步骤 S52。

[0254] 在步骤 S52 中,映射单元 122 基于色调曲线存储器 121 中所记录的色调曲线,校正从亮度转换单元 119 提供的全局亮度值 $L1(n1)(p)$,并且将校正后的全局亮度值 $L1(n1)(p)$ 提供给对比度校正单元 124。即,映射单元 122 通过使用色调曲线存储器 121 中所记录的控制点、利用 B-Spline 插值处理计算色调曲线,并且使用计算出的色调曲线来将全局亮度值 $L1(n1)(p)$ 转换成全局亮度值 $Lc1(n1)(p)$,来校正全局亮度值 $L1(n1)(p)$ 的灰度。

[0255] 在步骤 S53 中,映射单元 123 基于色调曲线存储器 121 中所记录的色调曲线,校正所读取的处理目标像素的亮度值 $L(n1)(p)$,并且将校正后的亮度值 $L(n1)(p)$ 提供给对比度校正单元 124。即,映射单元 123 通过使用在色调曲线存储器 121 中所记录的控制点、利用 B-Spline 插值处理计算色调曲线,并且使用计算出的色调曲线将亮度值 $L(n1)(p)$ 转换成亮度值 $Lc(n1)(p)$,来校正亮度值 $L(n1)(p)$ 的灰度。

[0256] 在步骤 S54 中,对比度校正单元 124 执行用于利用色调曲线校正灰度的对比度校正处理,并且补偿由对比度劣化的亮度值 $Lc(n1)(p)$ 形成的亮度图像,以具有与原始图像的对比度几乎相同的对比度。对比度校正单元 124 将对对比度校正后的亮度值 $Lu(n1)(p)$ 提供给灰度校正单元 85。以下将详细地描述对比度校正处理。

[0257] 在步骤 S55 中,非线性转换单元 84 对所读取的处理目标像素的像素值执行非线性转换,并且将处理目标像素提供给灰度校正单元 85。即,与步骤 S45 的处理中的非线性转换一样,非线性转换单元 84-1 至 84-3 对 RGB 图像的像素值 $Rw(p)$ 、 $Gw(p)$ 和 $Bw(p)$ 执行非线性转换。

[0258] 在步骤 S56 中,灰度校正单元 85-1 至 85-3 使用来自非线性转换单元 82 的亮度值 $L(n1)(p)$ 和来自亮度灰度校正单元 83 的亮度值 $Lu(n1)(p)$,对来自非线性转换单元 84 的像素值执行灰度校正。然后,灰度校正单元 85 将进行了灰度校正的像素值提供给非线性逆转换单元 86。

[0259] 例如,灰度校正单元 85 将各颜色分量的像素值乘以亮度值 $L(n1)(p)$ 与进行了灰度校正的亮度值 $Lu(n1)(p)$ 之比。更具体地,例如,灰度校正单元 85-1 通过计算以下表达式 (12) 来计算进行了灰度校正的像素值 $Ru(n1)(p)$ 。

[0260] [表达式 12]

$$[0261] \quad Ru(n1)(p) = \left(\frac{R(n1)(p)}{L(n1)(p)} \right) \cdot Lu(n1)(p) \quad \dots \quad (12)$$

[0262] 在表达式 (12) 中,将进行了非线性转换的像素值 $R(n1)(p)$ 乘以在灰度校正前的亮度值与在灰度校正后的亮度值之比,即,通过将进行了灰度校正的亮度值 $Lu(n1)(p)$ 除以灰度校正前的亮度值 $L(n1)(p)$ 而获得的值。灰度校正单元 85-2 和 85-3 还计算上述的表达式 (12),以对像素值执行灰度校正。

[0263] 当通过非线性转换单元 82 和非线性转换单元 84 执行的非线性转换是对数转换时,可通过计算表达式 (13) 对像素值进行灰度校正。

[0264] [表达式 13]

$$[0265] \quad Ru(n1)(p) = (R(n1)(p) - L(n1)(p)) + Lu(n1)(p) \dots (13)$$

[0266] 在表达式 (13) 中,将进行了灰度校正的亮度值 $Lu(n1)(p)$ 与在灰度校正前的亮度值 $L(n1)(p)$ 之间的差值与像素值 $R(n1)(p)$ 相加,从而获得进行了灰度校正的像素值 $Ru(n1)(p)$ 。

[0267] 在步骤 S57 中,非线性逆转换单元 86-1 至 86-3 对来自灰度校正单元 85 的像素值执行非线性逆转换,其为非线性转换单元 84 进行的非线性转换的逆转换。在步骤 S58 中,非线性逆转换单元 86-1 至 86-3 将通过非线性逆转换获得的像素值 $Ru(p)$ 、 $Gu(p)$ 和 $Bu(p)$ 输出至伽马校正处理单元 54。

[0268] 在步骤 S59 中,灰度校正处理单元确定是否处理要处理的帧的 RGB 图像上的全部像素。当在步骤 S59 中灰度校正处理单元确定不处理全部像素(即,确定全部像素都不是处理目标像素)时,处理返回至步骤 S43,并且重复上述处理。

[0269] 当在步骤 S59 中灰度校正处理单元确定为处理全部像素时,在步骤 S60 中亮度范围信息计算单元 111(参见图 5)计算暗亮度侧山麓值和明亮度侧山麓值。即,亮度范围信息计算单元 111 的排序单元 153 将记录在寄存器 162-k 中的值作为暗亮度侧山麓值 $Ldark(n1)$ (其为亮度范围信息)提供并记录到亮度范围信息存储器 112。另外,排序单元 154 将记录在寄存器 172-k 中的值作为明亮度侧山麓值 $Lbright(n1)$ (其为亮度范围信息)提供并记录到亮度范围信息存储器 112。

[0270] 在步骤 S61 中,块亮度平均值计算单元 113 的每个平均值计算单元 202 计算对应空间块的块亮度平均值 $u(i, j)$ 。即,每个平均值计算单元 202 的除法单元 214 通过将寄存器 212 中所记录的在空间块内的像素的亮度值 $L(n1)(p)$ 的总和除以计数器 213 中所记录的在空间块内的像素的数量,来计算每个空间块的块亮度平均值 $u(i, j)$ 。每个平均值计算单元 202 的除法单元 214 将所计算出的块亮度平均值 $u(i, j)$ 提供给块亮度离差计算单元 114 的离差计算单元 232 和块亮度转换直线截距计算单元 116。

[0271] 在步骤 S62 中,块亮度离差计算单元 114 计算每个空间块的块亮度离差 $Vb(i, j)$ 。具体地,块亮度离差计算单元 114 的每个平方平均值计算单元 242 的除法单元 255 通过将寄存器 253 中所记录的在空间块内的像素的亮度值 $L(n1)(p)$ 的总平方和除以计数器 254 中所记录的在空间块内的像素的数量,来计算每个空间块的块亮度平方平均值。每个平均值计算单元 202 的除法单元 214 将所计算出的每个空间块的块亮度平方平均值提供给离差计算单元 232。离差计算单元 232 通过从空间块的块亮度平方平均值中减去块亮度平均值的平方,来计算每个空间块的块亮度离差 $Vb(i, j)$ 。离差计算单元 232 将所计算出的每个空间块的块亮度离差 $Vb(i, j)$ 提供给块亮度转换直线斜率计算单元 115。

[0272] 在步骤 S63 中,块亮度转换直线斜率计算单元 115 计算块亮度转换直线斜率。即,块亮度转换直线斜率计算单元 115 通过上述表达式 (8) 计算每个空间块的块亮度转换直线斜率 $a(i, j)$ 。块亮度转换直线斜率计算单元 115 将所计算出的每个空间块的块亮度转换直线斜率 $a(i, j)$ 提供给块亮度转换直线截距计算单元 116。块亮度转换直线斜率计算单元 115 将计算出的每个空间块的块亮度转换直线斜率 $a(i, j)$ 提供并记录到块亮度转换直

线斜率存储器 117。

[0273] 在步骤 S64 中,块亮度转换直线截距计算单元 116 计算块亮度转换直线截距。即,块亮度转换直线截距计算单元 116 通过上述表达式 (9) 计算每个空间块的块亮度转换直线截距 $b(i, j)$ 。块亮度转换直线截距计算单元 116 将所计算出的每个空间块的块亮度转换直线截距 $b(i, j)$ 提供并记录到块亮度转换直线截距存储器 118。

[0274] 此后,灰度校正处理结束,并且处理进行至图 12 的步骤 S15。

[0275] 在灰度校正处理中,基于对应于一帧的亮度图像,计算作为中间数据的亮度范围信息、块亮度转换直线斜率 $a(i, j)$ 、和块亮度转换直线截距 $b(i, j)$,并且将它们分别存储在亮度范围信息存储器 112、块亮度转换直线斜率存储器 117、和块亮度转换直线截距存储器 118 中。另外,亮度灰度校正单元 83 使用根据当前正处理的帧的时间上的前一帧计算出的中间数据,来计算处理目标像素的全局亮度值或色调曲线,并且执行边缘保留平滑化处理和灰度校正处理。

[0276] 相应地,即使当处理目标图像是视频时,也可以在无需对图像的全部像素执行两次扫描的情况下,以更少计算量和更少工作存储器量执行大操作尺寸 (large operator size) 的边缘保留平滑化处理。

[0277] 接下来,将参照图 16 至图 18 的流程图描述与图 13 中从步骤 S47 至步骤 S49 相对应的处理。

[0278] 计算亮度范围信息的像素处理的描述

[0279] 首先,将参照图 16 的流程图描述与图 13 中用于计算亮度范围信息的步骤 S47 的处理相对应的像素处理。

[0280] 在步骤 S91 中,细化单元 151 确定亮度值 $L(n1)(p)$ 的处理目标像素的像素位置是否与安置在预定间隔处的采样位置一致。当在步骤 S91 中细化单元 151 确定处理目标像素的像素位置与采样位置不一致时,不将所读取的亮度值 $L(n1)(p)$ 输出至饱和像素排除单元 152,并且处理进行至图 13 的步骤 S48。

[0281] 当在步骤 S91 中细化单元 151 确定为处理目标像素的像素位置与采样位置一致时,将亮度值 $L(n1)(p)$ 输出至饱和像素排除单元 152,并且处理进行至步骤 S92。在步骤 S92 中,饱和像素排除单元 152 确定来自细化单元 151 的亮度值是否等于或大于噪声电平 (n1) 并且是否等于或小于饱和电平 (n1)。

[0282] 当在步骤 S92 中饱和像素排除单元 152 确定为来自细化单元 151 的亮度值不等于或大于噪声电平 (n1) 并且不等于或小于饱和电平 (n1) 时,不从饱和像素排除单元 152 输出亮度值 $L(n1)(p)$,并且处理进行至图 13 的步骤 S48。

[0283] 当在步骤 S92 中饱和像素排除单元 152 确定为来自细化单元 151 的亮度值等于或大于噪声电平 (n1) 并且等于或小于饱和电平 (n1) (即,确定为亮度值在有效亮度范围内) 时,饱和像素排除单元 152 将亮度值 $L(n1)(p)$ 输出至排序单元 153 和 154,并且处理进行至步骤 S93。

[0284] 在步骤 S93 中,排序单元 153 执行暗亮度侧排序。具体地,排序单元 153 的比较单元 161-1 将寄存器 162-1 中所记录的值与来自饱和像素排除单元 152 的亮度值 $L(n1)(p)$ 进行比较。当亮度值 $L(n1)(p)$ 小于寄存器 162-1 中所记录的值时,比较单元 161-1 将寄存器 162-1 中所记录的值输出至后级的比较单元 161-2,并且将亮度值 $L(n1)(p)$ 记录在寄存器

162-1 中。当亮度值 $L(n1)(p)$ 等于或大于寄存器 162-1 中所记录的值时,比较单元 161-1 将亮度值 $L(n1)(p)$ 输出至后级的比较单元 161-2,而无需记录。后级的比较单元 161-2 至 161-k 执行相同处理。结果,最后按照升序将在帧内处于采样位置的像素的亮度值 $L(n1)(p)$ 之中的最小亮度值 $L(n1)(p)$ 至第 k 小的亮度值 $L(n1)(p)$ 记录在寄存器 162-1 至 162-k 中。

[0285] 在步骤 S94 中,排序单元 154 执行明亮度侧排序,并且处理进行至图 13 的步骤 S48。具体地,排序单元 154 的比较单元 171-1 将寄存器 172-1 中所记录的值与来自饱和像素排除单元 152 的亮度值 $L(n1)(p)$ 进行比较。当亮度值 $L(n1)(p)$ 大于寄存器 172-1 中所记录的值时,比较单元 171-1 将寄存器 172-1 中所记录的值输出至后级的比较单元 171-2,并且将亮度值 $L(n1)(p)$ 记录在寄存器 172-1 中。当亮度值 $L(n1)(p)$ 等于或小于寄存器 172-1 中所记录的值时,比较单元 171-1 将亮度值 $L(n1)(p)$ 输出至后级的比较单元 171-2,而无需记录。后级的比较单元 171-2 至 171-k 执行相同处理。结果,最后按照降序将帧内处于采用位置的像素的亮度值 $L(n1)(p)$ 中的最大亮度值 $L(n1)(p)$ 至第 k 大的亮度值 $L(n1)(p)$ 记录在寄存器 172-1 至 172-k 中。

[0286] 因此,通过无论何时读取处理目标像素的像素值都执行暗亮度侧排序和明亮度侧排序,计算山麓值作为亮度范围信息。

[0287] 计算块亮度平均值的像素处理的描述

[0288] 接下来,将参照图 17 的流程图描述与图 13 的用于计算块亮度平均值的步骤 S48 的处理相对应的像素处理。

[0289] 在步骤 S121 中,块亮度平均值计算单元 113 的块选择单元 201 根据处理目标像素的位置 p ,指定处理目标像素所属的空间块。

[0290] 在步骤 S122 中,块选择单元 201 允许与所指定的空间块相对应的平均值计算单元 202 将亮度值 $L(n1)(p)$ 相加。具体地,块选择单元 201 将亮度值 $L(n1)(p)$ 提供给与所指定的空间块相对应的平均值计算单元 202 的加法单元 211。被提供了亮度值 $L(n1)(p)$ 的加法单元 211 将来自块选择单元 201 的亮度值 $L(n1)(p)$ 与后级的寄存器 212 中所记录的亮度值的积分值相加,并且将结果记录在寄存器 212 中。因此,对每个空间块的亮度值进行积分。

[0291] 在步骤 S123 中,块选择单元 201 增大与所指定的空间块相对应的平均值计算单元 202 的计数器 213 的值。即,块选择单元 201 指示与所指定的空间块相对应的平均值计算单元 202 的计数器 213 将所存储的值加 1。从而,对每个空间块的像素数量进行计数。

[0292] 此后,处理进行至图 13 的步骤 S49。

[0293] 计算块亮度离差的像素处理的描述

[0294] 接下来,将参照图 18 的流程图描述图 13 中的步骤 S49 的处理。

[0295] 将描述计算块亮度离差的像素处理。

[0296] 在步骤 S151 中,块亮度离差计算单元 114 的块选择单元 241 根据处理目标像素的位置 p ,指定处理目标像素所属的空间块。

[0297] 在步骤 S152 中,块选择单元 241 允许与所指定的空间块相对应的平方平均值计算单元 242 将亮度值 $L(n1)(p)$ 的平方相加。具体地,块选择单元 241 将亮度值 $L(n1)(p)$ 提供给与所指定的空间块相对应的平方平均值计算单元 242 的求平方单元 251。被提供了亮

度值 $L(n1)(p)$ 的求平方单元 251 计算亮度值 $L(n1)(p)$ 的平方, 并且将所计算出的值提供给后级的加法单元 252。加法单元 252 将来自求平方单元 251 的值与后级的寄存器 253 中所记录的亮度值的平方的积分值相加, 并且将结果记录在寄存器 253 中。从而, 对每个空间块的亮度值的平方进行积分。

[0298] 在步骤 S153 中, 块选择单元 241 增大与所指定的空间块相对应的平方平均值计算单元 242 的计数器 254 的值。即, 块选择单元 241 指示与所指定的空间块相对应的平方平均值计算单元 242 的计数器 254 将所存储的值加 1。从而, 对每个空间块的像素数量进行计数。

[0299] 此后, 处理进行至图 13 的步骤 S50。

[0300] 计算全局亮度值的处理的描述

[0301] 接下来, 将参照图 19 的流程图描述计算全局亮度值的处理, 其为与图 13 中的步骤 S50 的处理相对应的处理。

[0302] 在步骤 S181 中, 邻近块选择单元 271 选择处理目标像素的 4×4 个邻近空间块。具体地, 邻近块选择单元 271 选择处理目标像素在空间方向上的 4×4 个邻近空间块 (包括含有处理目标像素的空间块), 即, 总共十六个空间块 $BK(i, j)$, 作为邻近块。邻近块选择单元 271 将所选择的邻近块的块亮度转换直线斜率 $a(i, j)$ 和块亮度转换直线截距 $b(i, j)$ 提供给与各个邻近块相对应的线性计算单元 272。

[0303] 在步骤 S182 中, 每个线性计算单元 272 通过与上述表达式 (10) 相对应的以下表达式 (14), 计算在每个邻近块的中心位置处的全局亮度值 $La(n1)(i, j, p)$ 。

[0304] [表达式 14]

[0305] $La(n1)(i, j, p) = a(i, j) \cdot L(n1)(p) + b(i, j) \dots (14)$

[0306] 即, 每个线性计算单元 272 使用每个邻近块的块亮度转换直线斜率 $a(i, j)$ 、每个邻近块的块亮度转换直线截距 $b(i, j)$ 、和处理目标像素的权函数 ϕ , 计算对于处理目标像素的亮度值 $L(n1)(p)$ 在每个邻近块的中心位置处的全局亮度值 $La(n1)(i, j, p)$ 。每个线性计算单元 272 将所计算出的全局亮度值 $La(n1)(i, j, p)$ 提供给加权平均单元 274。

[0307] 在步骤 S183 中, 块权重系数计算单元 273 计算对于每个邻近块的权重系数 $\omega(i, j, p)$ 。权重系数 $\omega(i, j, p)$ 是根据邻近块的中心位置与处理目标像素之间的相对距离确定的系数。块权重系数计算单元 273 保持关于查找表、三阶 B-spline 函数等 (其表示权重系数 $\omega(i, j, p)$ 和在邻近块的中心位置与处理目标像素之间的相对距离之间的关系) 的信息。基于每个邻近块的中心位置与处理目标像素之间的相对距离, 块权重系数计算单元 273 使用该信息来计算对于每个邻近块的权重系数 $\omega(i, j, p)$ 。块权重系数计算单元 273 将所计算出的权重系数 $\omega(i, j, p)$ 提供给加权平均单元 274。

[0308] 在步骤 S184 中, 加权平均单元 274 通过与上述表达式 (11) 相对应的以下表达式 (15), 基于每个邻近块的中心位置与处理目标像素之间的相对距离, 对在处理目标像素的像素位置处的全局亮度值进行插值。

[0309] [表达式 15]

[0310]

$$Ll(nl)(p) = \frac{\sum_{i,j} \omega(i,j,p) \cdot La(nl)(i,j,p)}{\sum \omega(i,j,p)} \dots (15)$$

[0311] 即,加权平均单元 274 使用由每个邻近块的中心位置与处理目标像素之间的相对距离确定的权重系数 $\omega(i,j,p)$,来计算使用每个邻近块的信息进行平滑化后的全局亮度值 $La(nl)(i,j,p)$ 的加权平均值,并且将该加权平均值设置为处理目标像素的全局亮度值 $Ll(nl)(p)$ 。

[0312] 在步骤 S185 中,加权平均单元 274 将所计算出的全局亮度值 $Ll(nl)(p)$ 输出至色调曲线计算单元 120 和映射单元 122。

[0313] 此后,计算全局亮度值的处理结束,并且处理进行至图 13 的步骤 S51。

[0314] 相应地,亮度转换单元 119 通过使权重随着像素的亮度值接近每个空间块的处理目标像素的亮度值而增大并且使权重随着像素的亮度值远离处理目标像素的亮度值而减小,来计算处理目标像素的十六个邻近空间块的亮度值的加权平均值,并且通过计算根据处理目标像素与每个空间块之间的相对距离而加权的加权平均值,来计算处理目标像素的全局亮度值 $Ll(nl)(p)$ 。

[0315] 结果,可以计算表示处理目标像素所属的且很少受另一对象的像素影响的对象的平均亮度值的全局亮度值,该另一对象的像素具有在宽广区域(例如,处理目标像素的十六个邻近空间块)内的像素的亮度值的加权平均值并且具有与处理目标像素的明亮度不同的明亮度,该另一对象不同于该对象(由处理目标像素表示的对象)。

[0316] 对比度校正处理的描述

[0317] 接下来,将参照图 20 的流程图描述与图 13 的步骤 S54 的处理相对应的对比度校正处理。

[0318] 在步骤 S211 中,对比度校正单元 124 读取处理目标像素的全局亮度值和灰度校正后的亮度值。即,对比度校正单元 124 的增益值计算单元 301 从映射单元 123 读取利用色调曲线进行了灰度校正的亮度值 $Lc(nl)(p)$ 。对比度强调单元 302 从映射单元 123 读取亮度值 $Lc(nl)(p)$,并且还从映射单元 122 读取利用色调曲线进行了灰度校正的全局亮度值 $Lc1(nl)(p)$ 。

[0319] 在步骤 S212 中,增益值计算单元 301 计算 γ -comp 参数。例如,增益值计算单元 301 从色调曲线存储器 121 读取控制点 P5 和 P7 的输入亮度和输出亮度,以便获得与在图 15 中的控制点 P6 附近的色调曲线 CL 的斜率接近的值。然后,增益值计算单元 301 根据所读取的输入亮度和所读取的输出亮度,计算控制点 P5 与 P7 之间的线段 AL 的斜率作为 γ -comp 参数。

[0320] 在步骤 S213 中,增益值计算单元 301 根据所读取的亮度值 $Lc(nl)(p)$ 和所计算出的 γ -comp 参数来计算增益值 $g(p)$ 。例如,增益值计算单元 301 通过基于亮度值 $Lc(nl)(p)$ 和 γ -comp 参数计算以下表达式 (16) 和表达式 (17),来计算增益值 $g(p)$ 。

[0321] [表达式 16]

[0322] $k(p) =$

[0323]

$$\left\{ \begin{array}{ll} 1 & \text{if } L_c(n1)(p) > L_{\max}(n1) \\ \frac{L_c(n1)(p) - L_{\text{mid}}(n1)}{L_{\max}(n1) - L_{\text{mid}}(n1)} & \text{if } L_{\max}(n1) \geq L_c(n1)(p) \geq L_{\text{mid}}(n1) \\ \frac{L_c(n1)(p) - L_{\text{mid}}(n1)}{L_{\min}(n1) - L_{\text{mid}}(n1)} & \text{if } L_{\min}(n1) \leq L_c(n1)(p) < L_{\text{mid}}(n1) \\ 1 & \text{if } L_c(n1)(p) < L_{\min}(n1) \end{array} \right. \dots (16)$$

[0324] [表达式 17]

$$[0325] \quad g(p) = \left(\frac{\text{contrastGain}}{\gamma_{\text{comp}}} - 1 \right) \cdot (1 - k(p)) \dots (17)$$

[0326] 在表达式 (16) 中, $L_{\min}(n1)$ 和 $L_{\max}(n1)$ 表示在获取亮度值 $L_c(n1)(p)$ 的范围内的最小值和最大值。另外, $L_{\min}(n1)$ 表示图 15 的中间亮度电平 $L_{\text{mid}}(n1)$ 。在表达式 (17) 中, contrastGain 表示预定常数。

[0327] 当计算增益值 $g(p)$ 时, 增益值计算单元 301 将所计算出的增益值 $g(p)$ 提供给对比度强调单元 302。

[0328] 图 21 是示出亮度值 $L_c(n1)(p)$ 与增益值 $g(p)$ 之间的关系图。在附图中, 纵轴表示增益值 $g(p)$, 并且横轴表示亮度值 $L_c(n1)(p)$ 。

[0329] 在图 21 中, 当亮度值 $L_c(n1)(p)$ 为中间亮度电平 $L_{\text{mid}}(n1)$ 时, 增益值 $g(p)$ 为最大值。增益值是根据预定常数 contrastGain 和 $\gamma\text{-comp}$ 参数确定的值 $((\text{contrastGain}/\gamma\text{-comp}) - 1)$ 。当亮度值 $L_c(n1)(p)$ 从中间亮度电平 $L_{\text{mid}}(n1)$ 起接近最小值 $L_{\min}(n1)$ 或者最大值 $L_{\max}(n1)$ 时, 增益值 $g(p)$ 线性衰减。

[0330] 在亮度值 $L_c(n1)(p)$ 小于最小值 $L_{\min}(n1)$ 并大于最大值 $L_{\max}(n1)$ 的范围内, 增益值 $g(p)$ 为 0。相应地, 与在最小值 $L_{\min}(n1)$ 或者最大值 $L_{\max}(n1)$ 附近的亮度分量的对比度相比, 强调在中间亮度电平 $L_{\text{mid}}(n1)$ 附近的亮度分量的对比度。更具体地, 强调在中间亮度电平 $L_{\text{mid}}(n1)$ 附近的亮度分量的对比度, 并且几乎不强调在最小值 $L_{\min}(n1)$ 或者最大值 $L_{\max}(n1)$ 附近的亮度分量的对比度。

[0331] 在利用色调曲线校正 (压缩) 了亮度值的灰度的图像 (由亮度值 $L_c(n1)(p)$ 形成的图像) 中, 与原始图像 (由亮度值 $L(n1)(p)$ 形成的图像) 相比, 抑制 (压缩) 了对比度。另外, 抑制对比度的程度取决于色调曲线的斜率。随着色调曲线的斜率变得更平缓, 进一步抑制对比度。因此, 当校正灰度以使得根据色调曲线的斜率的倒数强调经灰度压缩的图像的对比度时, 可以获得与灰度压缩前的图像的对比度接近的对比度。当对在噪声电平 (n1) 或饱和电平 (n1) 附近的亮度值 $L_c(n1)(p)$ 的像素进行相同校正时, 校正后的亮度值小于噪声电平 (n1) 或大于饱和电平 (n1) 的限幅 (clipping) 可能发生, 并且因此, 图像的细节可能相反消失。

[0332] 相应地, 增益值计算单元 301 计算代表在中间亮度电平 $L_{\text{mid}}(n1)$ 附近的色调曲

线的斜率的 γ -comp 参数,并且确定增益值 $g(p)$,以使增益值 $g(p)$ 从作为基于 γ -comp 参数的对比度校正量的基准值开始、随着亮度值 $L_c(n1)(p)$ 接近噪声电平 (n1) (最小值 $L_{min}(n1)$) 或饱和电平 (n1) (最大值 $L_{max}(n1)$) 而衰减。

[0333] 返回参照图 20 的流程图,在步骤 S214 中,对比度强调单元 302 使用所读取的亮度值 $L_c(n1)(p)$ 、所读取的全局亮度值 $L_{c1}(n1)(p)$ 、以及来自增益值计算单元 301 的增益值 $g(p)$,计算对比度校正后的亮度值 $L_u(n1)(p)$ 。

[0334] 例如,对比度强调单元 302 通过计算利用色调曲线进行了灰度校正的亮度值 $L_c(n1)(p)$ 与全局亮度值 $L_{c1}(n1)(p)$ 之间的差值,来计算由亮度值 $L_c(n1)(p)$ 形成的亮度图像的对比度分量值。对比度强调单元 302 通过将相对于增益值 $g(p)$ 放大对比度分量值获得的值与灰度校正后的亮度值 $L_c(n1)(p)$ 相加,来校正亮度值 $L_c(n1)(p)$ 的对比度。因此,可以获得对比度校正后的亮度值 $L_u(n1)(p)$ 。

[0335] 更具体地,对比度强调单元 302 使用亮度值 $L_c(n1)(p)$ 、全局亮度值 $L_{c1}(n1)(p)$ 、和增益值 $g(p)$,通过计算表达式 (18) 来计算对比度校正后的亮度值 $L_u(n1)(p)$ 。

[0336] [表达式 18]

[0337] $L_u(n1)(p)$

[0338] $= (g(p)+1) \cdot (L_c(n1)(p)-L_{c1}(n1)(p))+L_{c1}(n1)(p)$

[0339] $= g(p)(L_c(n1)(p)-L_{c1}(n1)(p))+L_c(n1)(p)\dots (18)$

[0340] 在表达式 (18) 中,通过从由亮度值 $L_c(n1)(p)$ 形成的亮度图像减去由亮度值 $L_c(n1)(p)$ 形成的亮度图像的低频区域所形成的全局亮度图像,来获得由亮度值 $(L_c(n1)(p)-L_{c1}(n1)(p))$ 形成的亮度图像(对比度分量值)。因此,由亮度值 $L_u(n1)(p)$ 形成的亮度图像是利用增益值 $g(p)$ 强调由亮度值 $L_c(n1)(p)$ 形成的亮度图像的除低频区域外的频率分量的图像。

[0341] 在步骤 S215 中,对比度强调单元 302 将通过对比度校正获得的亮度值 $L_u(n1)(p)$ 输出至图 4 中的灰度校正单元 85,并且对比度校正处理结束。然后,处理进行至图 14 中的步骤 S55。

[0342] 从而,对比度校正单元 124 强调由亮度值 $L_c(n1)(p)$ 形成的亮度图像的除低频区域外从低中频区域到高频区域的分量的对比度。相应地,当仅强调高频区域的分量的对比度时,所标记的边缘部分的局部过调(overshoot)不发生。可以获得在外观上非常自然地强调了对比度的图像。

[0343] 由于校正对比度,使得强调在中间亮度电平 $L_{mid}(n1)$ 附近的亮度分量的对比度并且几乎不对在最小值 $L_{min}(n1)$ 或者最大值 $L_{max}(n1)$ 附近的亮度分量进行对比度校正,因此,图像的白色模糊或黑色模糊几乎不发生。

[0344] 如由上述表达式 (14) 和表达式 (15) 表示的,灰度校正处理单元 53 可以通过基于每个空间块的块亮度转换直线斜率 $a(i, j)$ 、每个空间块的块亮度转换直线截距 $b(i, j)$ 、和权重系数 $\omega(i, j, p)$ 来计算亮度图像的像素的全局亮度值 $L1(n1)(p)$,从而执行边缘保留平滑化处理。相应地,可以显著减小边缘保留平滑化处理所需的计算量和存储器量。

[0345] 当在通过亮度灰度校正单元 83 执行用以同时观看大区域的边缘保留平滑化处理中处理输入亮度图像的亮度值时,可以获得很可能是每个物体区域的平均亮度值的亮度值。将该亮度值认为是全局亮度值 $L1(n1)(p)$ (即,表示关于每个像素的全局明亮度的信息

的值),并且色调曲线计算单元 120 确定每个像素的色调曲线的形状,使得该亮度值变成平均(中间)亮度值。从而,通过利用针对每个像素位置确定的色调曲线校正每个像素位置的亮度,可以实现能够使图像的所有区域适当明亮的灰度校正。

[0346] 通过从灰度压缩后的处理目标像素的亮度值 $L_c(n1)(p)$ 中减去灰度压缩后的全局亮度值 $L_{c1}(n1)(p)$,可以提取每个像素位置的对比度分量。可以使用增益值 $g(p)$ 作为基于可以根据色调曲线的形状计算出的对比度劣化程度的校正系数,来校正对比度分量。

[0347] 3. 第二实施例

[0348] 第二实施例的概述

[0349] 接下来,将参照图 22 至图 27 描述本发明的第二实施例。

[0350] 在本发明的第二实施例中,可以通过在空间上按照平滑化方式使用每个空间块的块亮度平均值和块亮度离差来减小计算量。

[0351] 亮度灰度校正单元的示例性配置

[0352] 在根据本发明的第二实施例的数字摄像机中,提供图 22 中的亮度灰度校正单元 83 来代替图 5 中的亮度灰度校正单元 83。在图 22 中,将相同的附图标记给予与图 5 中的单元相对应的单元,并且将适当地省略描述。

[0353] 图 22 中的亮度灰度校正单元 83 与图 5 中的亮度灰度校正单元 83 不同之处在于,提供了平滑化块亮度平均值计算单元 401、平滑化块亮度离差计算单元 402、和亮度转换单元 403 来代替块亮度平均值计算单元 113、块亮度离差计算单元 114、和亮度转换单元 119。

[0354] 平滑化块亮度平均值计算单元的示例性配置

[0355] 图 23 是示出平滑化块亮度平均值计算单元 401 和平滑化块亮度离差计算单元 402 的示例性功能配置的框图。在图 23 中,将相同的附图标记给予与图 5 和图 8 中的单元相对应的单元,并且将适当地省略描述。

[0356] 平滑化块亮度平均值计算单元 401 包括块亮度平均值计算单元 113 和卷积单元 421。

[0357] 卷积单元 421 计算通过在空间上平滑化每个空间块的块亮度平均值 $u(i, j)$ 而获得的平滑化块亮度平均值 $u'(i, j)$,并且将平滑化块亮度平均值 $u'(i, j)$ 提供给块亮度转换直线截距计算单元 116 和平滑化块亮度离差计算单元 402 的离差计算单元 232。

[0358] 平滑化块亮度离差计算单元 402 包括块亮度平方平均值计算单元 231、卷积单元 431、和离差计算单元 232。

[0359] 卷积单元 431 计算通过在空间上平滑化每个空间块的块亮度平方平均值 $m(i, j)$ 而获得的平滑化块亮度平方平均值 $m'(i, j)$,并且将平滑化块亮度平方平均值 $m'(i, j)$ 提供给离差计算单元 232。

[0360] 离差计算单元 232 基于从平滑化块亮度平均值计算单元 401 的卷积单元 421 提供的每个空间块的平滑化块亮度平均值 $u'(i, j)$ 和从卷积单元 431 提供的每个空间块的平滑化块亮度平方平均值 $m'(i, j)$,计算每个空间块内的亮度值的离差(块亮度离差)。离差计算单元 232 将所计算出的每个空间块的块亮度离差提供给块亮度转换直线斜率计算单元 115。

[0361] 亮度转换单元的示例性配置

[0362] 图 24 是示出亮度转换单元 403 的示例性配置的框图。在图 24 中,将相同的附图

标记给予与图 9 中的单元相对应的单元,并且将适当地省略描述。

[0363] 图 24 中的亮度转换单元 403 与图 9 中的亮度转换单元 119 不同之处在于,提供了邻近块选择单元 471、块权重系数计算单元 472 和加权平均单元 473 来代替邻近块选择单元 271、块权重系数计算单元 273 和加权平均单元 274,并且将线性计算单元 272 的数量从十六减小到四。

[0364] 邻近块选择单元 471 从块亮度转换直线斜率存储器 117 和块亮度转换直线截距存储器 118,读取每个空间块的块亮度转换直线斜率 $a(i, j)$ 和块亮度转换直线截距 $b(i, j)$ 。基于从非线性转换单元 82 提供的处理目标像素的位置 p ,邻近块选择单元 471 选择在处理目标像素周围的 2 个垂直空间块 \times 2 个水平空间块,即,总共四个邻近块。邻近块选择单元 471 将所选择的四个邻近块中的每个的块亮度转换直线斜率 $a(i, j)$ 和块亮度转换直线截距 $b(i, j)$ 提供给与每个邻近块相对应的线性计算单元 272-1 至 272-4。

[0365] 块权重系数计算单元 472 基于每个邻近块的中心位置与处理目标像素之间的相对距离,计算对于每个邻近块的权重系数 $\omega(i, j, p)$,并且将该权重系数 $\omega(i, j, p)$ 提供给加权平均单元 473。

[0366] 加权平均单元 473 使用权重系数 $\omega(i, j, p)$,来计算各个邻近块的全局亮度值 $La(n1)(i, j, p)$ 的加权平均值作为处理目标像素的全局亮度值 $L1(n1)(p)$ 。然后,加权平均单元 473 将全局亮度值 $L1(n1)(p)$ 提供给色调曲线计算单元 120 和映射单元 122。

[0367] 灰度校正处理的描述

[0368] 将参照图 25 和图 26 的流程图来描述当亮度灰度校正单元 83 具有图 22 所示的配置时的灰度校正处理。灰度校正处理对应于图 12 中的步骤 S14 的处理。

[0369] 从步骤 S341 到步骤 S347 的处理与图 13 中从步骤 S41 到步骤 S47 的处理相同,并且将省略描述。

[0370] 在步骤 S348 中,平滑化块亮度平均值计算单元 401 执行计算平滑化块亮度平均值的像素处理。具体地,平滑化块亮度平均值计算单元 401 的块亮度平均值计算单元 113 执行与图 13 中的步骤 S48 的用于计算块亮度平均值的像素处理相同的处理。

[0371] 在步骤 S349 中,平滑化块亮度离差计算单元 402 执行计算平滑化块亮度离差的像素处理。具体地,平滑化块亮度离差计算单元 402 的块亮度平方平均值计算单元 231 执行与图 13 中的步骤 S49 的用于计算块亮度离差的像素处理相同的处理。

[0372] 在步骤 S350 中,亮度转换单元 403 执行计算全局亮度值的处理,以计算处理目标像素的全局亮度值 $L1(n1)(p)$,并且将全局亮度值 $L1(n1)(p)$ 提供给色调曲线计算单元 120 和映射单元 122。以下将详细地描述计算全局亮度值的处理。

[0373] 从步骤 S351 到步骤 S360 的处理与从图 13 中的步骤 S51 到图 14 中的步骤 S60 的处理相同,并且将省略描述。

[0374] 在步骤 S361 中,平滑化块亮度平均值计算单元 401 计算平滑化块亮度平均值。具体地,平滑化块亮度平均值计算单元 401 的块亮度平均值计算单元 113 的每个平均值计算单元 202(参见图 7)通过与图 14 中的步骤 S61 的处理相同的处理,计算每个空间块的块亮度平均值 $u(i, j)$ 。块亮度平均值计算单元 113 将所计算出的块亮度平均值 $u(i, j)$ 提供给卷积单元 421。

[0375] 卷积单元 421 通过以下表达式 (19),计算通过在空间上平滑化每个空间块的块亮

度平均值 $u(i, j)$ 而获得的平滑化块亮度平均值 $u'(i, j)$ 。

[0376] [表达式 19]

[0377]

$$u'(i, j) = [u * w](i, j) = \sum_x \sum_y u(x, y) \cdot w(i-x, j-y) \quad \dots \quad (19)$$

[0378] 另外, $w(i, j)$ 表示在空间方向上平滑化后的卷积函数, 假设总和为 1 ($\sum w(i, j) = 1$)。

[0379] 卷积单元 421 将所计算出的每个空间块的平滑化块亮度平均值 $u'(i, j)$ 提供给块亮度转换直线斜率计算单元 115 和平滑化块亮度离差计算单元 402 的离差计算单元 232。

[0380] 在步骤 S362 中, 平滑化块亮度离差计算单元 402 计算平滑化块亮度离差。具体地, 平滑化块亮度离差计算单元 402 的块亮度平方平均值计算单元 231 的每个平方平均值计算单元 242 (参见图 8) 通过与图 14 中的步骤 S62 的处理相同的处理, 计算每个空间块的块亮度平方平均值 $m(i, j)$ 。每个平方平均值计算单元 242 将所计算出的每个空间块的块亮度平方平均值 $m(i, j)$ 提供给卷积单元 431。

[0381] 卷积单元 431 使用与表达式 (19) 的卷积函数相同的卷积函数 $w(i, j)$, 通过以下表达式 (20) 来计算通过在空间上平滑化每个空间块的块亮度平方平均值 $m(i, j)$ 而获得的平滑化块亮度平方平均值 $m'(i, j)$ 。

[0382] [表达式 20]

[0383]

$$m'(i, j) = [m * w](i, j) = \sum_x \sum_y m(x, y) \cdot w(i-x, j-y) \quad \dots \quad (20)$$

[0384] 卷积单元 421 将所计算出的每个空间块的平滑化块亮度平方平均值 $m'(i, j)$ 提供给离差计算单元 232。离差计算单元 232 通过以下表达式 (21), 计算通过在空间上平滑化每个空间块的块亮度离差 $V_b(i, j)$ 而获得的平滑化块亮度离差 $V_b'(i, j)$ 。

[0385] [表达式 21]

$$V_b'(i, j) = m'(i, j) - [u'(i, j)]^2 \quad \dots \quad (21)$$

[0387] 离差计算单元 232 将所计算出的每个空间块的平滑化块亮度离差 $V_b'(i, j)$ 提供给块亮度转换直线斜率计算单元 115。

[0388] 在步骤 S363 中, 块亮度转换直线斜率计算单元 115 计算块亮度转换直线斜率。即, 块亮度转换直线斜率计算单元 115 通过上述表达式 (8), 计算每个空间块的块亮度转换直线斜率 $a(i, j)$ 。然而, 在这种情况下, 块亮度转换直线斜率计算单元 115 使用平滑化块亮度离差 $V_b'(i, j)$ 来计算块亮度转换直线斜率 $a(i, j)$, 而不是使用块亮度离差 $V_b(i, j)$ 。块亮度转换直线斜率计算单元 115 将所计算出的每个空间块的块亮度转换直线斜率 $a(i, j)$ 提供并记录到块亮度转换直线斜率存储器 117。

[0389] 在步骤 S364 中, 块亮度转换直线截距计算单元 116 计算块亮度转换直线截距。即, 块亮度转换直线截距计算单元 116 通过上述表达式 (9), 计算每个空间块的块亮度转换直线截距 $b(i, j)$ 。然而, 在这种情况下, 块亮度转换直线斜率计算单元 115 使用平滑化块亮度平均值 $u'(i, j)$ 来计算块亮度转换直线截距 $b(i, j)$, 而不是使用块亮度平均值 $u(i, j)$ 。块亮度转换直线截距计算单元 116 将所计算出的每个空间块的块亮度转换直线截距 $b(i, j)$ 提供并记录到块亮度转换直线截距存储器 118。

[0390] 此后,灰度校正处理结束,并且处理进行至图 12 的步骤 S15。

[0391] 计算全局亮度值的处理的描述

[0392] 接下来,将参照图 27 的流程图来描述计算全局亮度值的处理,其为与图 25 中的步骤 S350 的处理相对应的处理。

[0393] 在步骤 S381 中,邻近块选择单元 471 选择处理目标像素的 2×2 个邻近空间块。具体地,邻近块选择单元 471 在空间方向上选择处理目标像素的 2×2 个邻近空间块(包括含有处理目标像素的空间块),即,总共四个空间块 $BK(i, j)$,作为邻近块。邻近块选择单元 471 将所选择的邻近块的块亮度转换直线斜率 $a(i, j)$ 和块亮度转换直线截距 $b(i, j)$ 提供给与各个邻近块相对应的线性计算单元 272。

[0394] 在步骤 S382 中,每个线性计算单元 272 通过执行与图 19 中的步骤 S182 的处理相同的处理,计算在 2×2 个邻近块的每个的中心位置处的全局亮度值 $La(n1)(i, j, p)$ 。每个线性计算单元 272 将所计算出的全局亮度值 $La(n1)(i, j, p)$ 提供给加权平均单元 473。

[0395] 在步骤 S383 中,块权重系数计算单元 472 通过与图 19 中的步骤 S183 的处理相同的处理来计算对于 2×2 个邻近空间块的每个的权重系数 $\omega(i, j, p)$,并且将所计算出的权重系数 $\omega(i, j, p)$ 提供给加权平均单元 473。

[0396] 在步骤 S384 中,加权平均单元 473 通过与图 19 中的步骤 S184 的处理相同的处理,使用由 2×2 个邻近空间块的每个的中心位置与处理目标像素之间的相对距离确定的权重系数 $\omega(i, j, p)$,来计算利用关于每个邻近块的信息平滑化后的全局亮度值 $La(n1)(i, j, p)$ 的加权平均值。加权平均单元 473 将全局亮度值 $La(n1)(i, j, p)$ 的加权平均值设置为处理目标像素的全局亮度值 $L1(n1)(p)$ 。

[0397] 在步骤 S385 中,加权平均单元 473 将所计算出的全局亮度值 $L1(n1)(p)$ 输出至色调曲线计算单元 120 和映射单元 122。

[0398] 此后,计算全局亮度值的处理结束,并且处理进行至图 25 的步骤 S351。

[0399] 相应地,可以通过使用通过在空间上平滑化块亮度平均值和块亮度离差而获得的平滑化块亮度平均值和平滑化块亮度离差,使在计算各个像素的全局亮度值 $L1(n1)(p)$ 时的邻近块的范围变窄,来减小每个像素的计算量。结果,可以减小边缘保留平滑化处理的计算量。

[0400] 4. 第三实施例

[0401] 第三实施例的概述

[0402] 接下来,将参照图 28 至图 31 描述本发明的第三实施例。

[0403] 在本发明的第三实施例中,可以通过使用通过缩小亮度图像形成的缩小图像计算中间数据,来减小计算量。

[0404] 亮度灰度校正单元的示例性配置

[0405] 在根据本发明的第三实施例的数字摄像机中,提供图 28 中的亮度灰度校正单元 83 来代替图 5 中的亮度灰度校正单元 83。在图 28 中,将相同的附图标记给予与图 5 中的单元相对应的单元,并且将适当地省略描述。

[0406] 除了图 5 中的亮度灰度校正单元 83 的单元外,图 28 中的亮度灰度校正单元 83 还包括缩小单元 461 和缩小图像存储器 462。

[0407] 缩小单元 461 从非线性转换单元 82 读取亮度图像中的处理目标像素的亮度值

$L(n1)(p)$ ，并且基于所读取的亮度值 $L(n1)(p)$ 生成缩小图像。例如，缩小单元 461 设置亮度图像上的区域内的像素的亮度值的平均值，这些像素处于与期望今后生成的缩小图像的像素的位置相同的位置处。缩小单元 461 将所生成的缩小图像提供给缩小图像存储器 462。

[0408] 缩小图像存储器 462 暂时记录从缩小单元 461 提供的缩小图像。亮度范围信息计算单元 111、块亮度平均值计算单元 113、和块亮度离差计算单元 114 顺序地读取缩小图像存储器 462 中记录的缩小图像的像素作为处理目标像素，并且根据缩小图像分别计算亮度范围信息、块亮度平均值、和块亮度离差。

[0409] 接下来，将参照图 29 和图 31 的流程图描述当亮度灰度校正单元 83 具有图 28 所示的配置时的灰度校正处理。灰度校正处理对应于图 12 中的步骤 S14 的处理。

[0410] 从步骤 S411 到步骤 S416 的处理与图 13 中从步骤 S41 到步骤 S46 的处理相同，并且将省略描述。

[0411] 在步骤 S417 中，缩小单元 461 将从非线性转换单元 82 读取的处理目标像素的亮度值 $L(n1)(p)$ 与对应于缩小图像的像素的相加值相加。

[0412] 即，缩小单元 461 保持期望今后生成的缩小图像的每个像素的相加值。无论何时开始对新帧的亮度图像生成缩小图像，都将相加值更新为 0。当读取处理目标像素的亮度值时，缩小单元 461 指定与处理目标像素相对应的缩小图像的像素（即，位于与缩小图像的像素相同的位置处的像素），并且将所读取的处理目标像素的亮度值与所指定的缩小图像的像素的相加值相加。

[0413] 通过无论何时读取亮度图像的处理目标像素的亮度值都将所读取的亮度值与对应于处理目标像素的缩小图像的像素的相加值相加，可以获得在亮度图像上的区域内的像素（其位于与缩小图像的像素相同的位置处）的亮度值的总和，作为缩小图像的各个像素的相加值。

[0414] 当将处理目标像素的亮度值与对应于缩小图像的像素的相加值相加时，随后执行从步骤 S418 到步骤 S426 的处理。由于这些处理与从图 13 中的步骤 S50 到图 14 中的步骤 S58 的处理相同，因此，将省略描述。

[0415] 在步骤 S427 中，灰度校正处理单元 53 确定是否处理要处理的帧的 RGB 图像上的全部像素。当在步骤 S427 中灰度校正处理单元 53 确定不处理全部像素（即，确定全部像素不是处理目标像素）时，处理返回至步骤 S413，并且重复上述处理。

[0416] 当在步骤 S427 中灰度校正处理单元 53 确定为处理全部像素时，在步骤 S428 中，缩小单元 461 基于针对期望今后生成的缩小图像的像素所保持的相加值，生成缩小图像。即，缩小单元 461 将相加值除以与缩小图像的像素相对应的亮度图像上的区域内的像素数量，并且将由此获得的值设置为对应于缩小图像的像素的亮度值。当生成缩小图像时，缩小单元 461 将缩小图像提供并记录到缩小图像存储器 462。

[0417] 当生成缩小图像时，执行从步骤 S429 到步骤 S431 的处理。由于这些处理与图 13 中从步骤 S47 到步骤 S49 的处理相同，因此，将省略描述。在从步骤 S429 到步骤 S431 的处理中，将缩小图像的像素顺序地认为是处理目标像素。即，使用缩小图像的像素的亮度值来执行处理。

[0418] 当在步骤 S431 中执行计算块亮度离差的像素处理时，在步骤 S432 中，亮度灰度校正单元 83 确定是否处理缩小图像存储器 462 中所记录的缩小图像的全部像素。例如，当将

缩小图像的全部像素认为是处理目标像素并且执行从步骤 S429 至步骤 S431 的处理时,亮度灰度校正单元 83 确定为处理全部像素。

[0419] 当在步骤 S432 中亮度灰度校正单元 83 确定为不处理全部像素时,处理返回至步骤 S429。然后,将缩小图像的后续像素认为是处理目标像素,并且重复上述处理。

[0420] 当在步骤 S432 中亮度灰度校正单元 83 确定为处理全部像素时,处理进行至步骤 S433。此后,执行从步骤 S433 至步骤 S437 的处理,并且灰度校正处理结束。然后,处理进行至图 12 中的步骤 S15。由于从步骤 S433 至步骤 S437 的处理与图 14 中从步骤 S60 至步骤 S64 的处理相同,因此,将省略描述。

[0421] 因此,亮度灰度校正单元 83 根据亮度图像生成缩小图像,并且使用缩小图像生成中间数据。

[0422] 通过在生成中间数据前缩小亮度图像,可以减小用于生成中间数据的计算量,并且还可以减小在计算时的存储器消耗量。

[0423] 图 22 中所示的亮度灰度校正单元 83 可包括在亮度范围信息计算单元 111、块亮度平均值计算单元 113 和块亮度离差计算单元 114 的前级中的 缩小单元 461 和缩小图像存储器 462。

[0424] 5. 变型示例

[0425] 亮度范围信息计算的省略

[0426] 当可以期望 RGB 图像(亮度图像)的动态范围稳定时,可省略图 5 中通过亮度灰度校正单元 83 的亮度范围信息计算单元 111 对暗亮度侧山麓值和明亮度侧山麓值的计算。

[0427] 在这种情况下,在确定图 15 中所示的色调曲线的形状的控制点之中,不计算控制点 P4、P5、P7 和 P8,并且由剩余的控制点确定色调曲线的形状。即使在这种情况下,由于控制点 P6 的位置随着针对各个像素计算出的全局亮度值 $L1(n1)(p)$ 而变化,因此,保持适当地校正了每个像素的明亮度的色调曲线的特性。

[0428] 当提供可以针对每个像素设置另一色调曲线的配置时,保持适当地校正了每个像素的明亮度的色调曲线的特性。因此,在本发明的实施例中对比度校正不是必须的。然而,当使用针对像素计算出的全局亮度值来执行计算对比度分量的处理和校正对比度分量的处理时,可以获得更适当的输出。

[0429] 在 YC 转换处理后对图像信号执行灰度校正处理的情况

[0430] 到目前为止已描述了对 RGB 图像执行的灰度校正处理,但可在 YC 转换处理后对图像信号执行灰度校正处理。在这种情况下,DSP 16 具有例如图 32 所示的配置。在图 32 中,将相同的附图标记给予与图 2 所示的单元相对应的单元,并且将适当地省略描述。

[0431] 图 32 中所示的 DSP 16 与图 2 中所示的 DSP 16 不同之处在于,没有提供去马赛克处理单元 52 与伽马校正处理单元 54 之间的灰度校正处理单元 53,并且灰度校正处理单元 501 连接至 YC 转换处理单元 55。灰度校正处理单元 501 对从 YC 转换处理单元 55 提供的 Y 图像和 C 图像(Cb 分量和 Cr 分量)执行灰度校正处理,并且如果需要,将进行了灰度校正处理的 Y 图像和 C 图像提供给 LCD 驱动器 18 或 CODEC 20。

[0432] 假设在进行了灰度校正处理的图像数据的像素位置 p 处的像素值为 $[Y_u(p), C_u(p)]$ 。这里, $Y_u(p)$ 是 Y 图像的亮度分量的值,以及 $C_u(p)$ 是 C 图像的色差分量的值。下文中,特别地,将 C 图像的像素值 $C_u(p)$ 的 Cb 分量称为 $C_{bu}(p)$,并且将其 Cr 分量称为

Cru(p)。

[0433] 图 32 中的灰度校正处理单元 501 具有例如图 33 所示的配置。即,灰度校正处理单元 501 包括亮度灰度校正单元 531、Cb 灰度校正单元 532、和 Cr 灰度校正单元 533。

[0434] 亮度灰度校正单元 531 执行与图 4 中的亮度灰度校正单元 83 的处理相同的处理,以校正(压缩)来自 YC 转换处理单元 55 的 Y 图像的像素值 $Y(p)$ 的灰度。另外,如果需要,亮度灰度校正单元 531 将通过灰度校正所获得的像素值 $Y_u(p)$ 提供给 LCD 驱动器 18 或 CODEC 20,并且将像素值 $Y_u(p)$ 提供给 Cb 灰度校正单元 532 和 Cr 灰度校正单元 533。

[0435] Cb 灰度校正单元 532 使用来自 YC 转换处理单元 55 的 Y 图像的像素值 $Y(p)$ 和来自亮度灰度校正单元 531 的 Y 图像的像素值 $Y_u(p)$,来执行与图 4 中的灰度校正单元 85 的处理相同的处理,校正来自 YC 转换处理单元 55 的 C 图像的像素值 $C_b(p)$ 的灰度,并且如果必要,将进行了灰度校正的像素值 $C_{bu}(p)$ 提供给 LCD 驱动器 18 或 CODEC 20。

[0436] Cr 灰度校正单元 533 使用来自 YC 转换处理单元 55 的 Y 图像的像素值 $Y(p)$ 和来自亮度灰度校正单元 531 的 Y 图像的像素值 $Y_u(p)$,来执行与图 4 中的灰度校正单元 85 的处理相同的处理,校正来自 YC 转换处理单元 55 的 C 图像的像素值 $C_r(p)$ 的灰度,并且如果必要,将进行了灰度校正的像素值 $C_{ru}(p)$ 提供给 LCD 驱动器 18 或 CODEC 20。

[0437] 例如,与上述表达式 (12) 中表示的计算一样,通过将 C 图像的像素值(像素值 $C_r(p)$ 或像素值 $C_b(p)$)乘以进行了灰度校正的 Y 图像的像素值 $Y_u(p)$ 与 Y 图像的像素值 $Y(p)$ 之比,来执行由 Cb 灰度校正单元 532 和 Cr 灰度校正单元 533 执行的灰度校正。即,将 C 图像的像素值乘以通过将像素值 $Y_u(p)$ 除以像素值 $Y(p)$ 获得的值。

[0438] 由于将 Y 图像和 C 图像(即,亮度信号和色差信号)输入至灰度校正处理单元 501,因此,不必在灰度校正处理单元 501 中生成亮度图像。由于预先对提供给灰度校正处理单元 501 的 Y 图像和 C 图像进行了伽马校正,所以不必非线性地转换 Y 图像和 C 图像。因此,在灰度校正处理单元 501 中没有安装与图 4 中的灰度校正处理单元 53 的亮度计算单元 81、非线性转换单元 82、非线性转换单元 84、和非线性逆转换单元 86 相对应的块。

[0439] 因此,通过对 Y 图像和 C 图像执行灰度校正处理,可以更简单地执行灰度校正。

[0440] 对 RAW 数据执行灰度校正处理的情况

[0441] 可对 RAW 数据(即,马赛克图像)执行灰度校正处理。在这种情况下,DSP 16 具有例如图 34 所示的配置。在图 34 中,将相同的附图标记给予与图 2 中所示的单元相对应的单元,并且将适当地省略描述。

[0442] 图 34 中的 DSP 16 与图 2 中的 DSP 16 不同之处在于,在白平衡处理单元 51 与去马赛克处理单元 52 之间提供了图 34 中的 DSP 16 的灰度校正处理单元 581。即,在白平衡处理单元 51 与伽马校正处理单元 54 之间提供了图 2 中的 DSP 16 的灰度校正处理单元 53,而在白平衡处理单元 51 与去马赛克处理单元 52 之间提供了图 34 中的 DSP 16 的灰度校正处理单元 581,其对应于图 2 中的灰度校正处理单元 53。

[0443] 灰度校正处理单元 581 对来自白平衡处理单元 51 的马赛克图像 M_w 执行灰度校正处理,并且将进行了灰度校正的马赛克图像 M_w 提供给去马赛克处理单元 52。灰度校正处理单元 581 具有例如图 35 所示的配置。

[0444] 具体地,灰度校正处理单元 581 包括亮度计算单元 611、非线性转换单元 612、亮度灰度校正单元 613、相位匹配单元 614、相位匹配单元 615、非线性转换单元 616、马赛克灰度

校正单元 617、和非线性逆转换单元 618。

[0445] 亮度计算单元 611 执行与图 4 中的亮度计算单元 81 的处理相同的处理,以根据马赛克图像 M_w 生成亮度图像。即,亮度计算单元 611 将来自白平衡处理单元 51 的马赛克图像 M_w 的像素位置 p 的像素值设置为处理目标像素的像素值 $M_w(p)$,以根据马赛克图像 M_w 的几个像素值计算亮度值 $L(p)$,并且将亮度值 $L(p)$ 提供给非线性转换单元 612。

[0446] 如图 36 所示,由于马赛克图像 M_w 的每个像素均仅具有分量 R、G(Gr 或 Gb) 和 B 中的一个的像素值,因此,亮度计算单元 611 不仅参考所提供的一个像素的像素值 $M_w(p)$,而且还参考所提供的一个像素的邻近像素的像素值,来计算亮度值。

[0447] 在图 36 中,根据拜尔布置来布置具有 R 分量、G 分量或 B 分量的像素,并且一个矩形表示马赛克图像的一个像素。在附图中,矩形中的字符“R”、“G”和“B”分别代表具有矩形中的 R 分量、G 分量和 B 分量的像素值的像素。

[0448] 假设将总共四个像素(即,相互邻近的 2 个垂直像素 \times 2 个水平像素)设置为处理单位,利用可以获得 R 分量、G 分量(Gr 分量和 Gb 分量)和 B 分量的像素值的事实,亮度计算单元 611 基于四个像素的像素值,计算在由附图中的圆圈表示的位置处的亮度值。即,在附图中,生成亮度信号,作为圆圈的四个邻近像素的 RGB 信号的和。

[0449] 在图 36 的示例中,附图中的圆圈位于由 R 像素、B 像素和两个 G 像素形成的区域的中心处。计算亮度值的位置与马赛克图像的像素的位置偏离了半个像素,计算亮度值的位置的间隔不是一个像素单位。然而,在校正亮度值的灰度时,位置(相位)的差异不会成为问题。

[0450] 返回参照图 34,非线性转换单元 612 执行与图 4 中的非线性转换单元 82 的处理相同的处理,以非线性地转换来自亮度计算单元 611 的亮度值 $L(p)$,并且将通过非线性转换所获得的亮度值 $L(n1)(p)$ 提供给亮度灰度校正单元 613 和相位匹配单元 614。

[0451] 亮度灰度校正单元 613 执行与图 4 中的亮度灰度校正单元 83 的处理相同的处理(即,通过压缩来自非线性转换单元 612 的亮度值 $L(n1)(p)$ 的灰度来执行亮度值 $L(n1)(p)$ 的灰度校正),并且将通过灰度校正所获得的亮度值 $L_u(n1)(p)$ 提供给相位匹配单元 615。

[0452] 相位匹配单元 614 使用来自非线性转换单元 612 的亮度值之中在处理目标像素的邻近像素的位置处的几个亮度值来执行插值处理,以计算在处理目标像素的位置处的亮度值。例如,由相位匹配单元 614 执行的插值处理可以是双线性插值处理,其使用在处理目标像素的 2×2 个邻近位置的总共四个位置处的亮度值。

[0453] 当计算处理目标像素的亮度值时,相位匹配单元 614 将所计算出的亮度值提供给马赛克灰度校正单元 617。

[0454] 相位匹配单元 615 使用来自亮度灰度校正单元 613 的亮度值之中在处理目标像素的邻近位置处的几个亮度值来执行插值处理,以计算在处理目标像素的位置处的灰度校正后的亮度值。这里,由相位匹配单元 615 执行的插值处理可以是由相位匹配单元 614 执行的插值处理,诸如双线性插值处理。

[0455] 非线性转换单元 616 执行与图 4 中的非线性转换单元 84 的处理相同的处理,以非线性地转换来自白平衡处理单元 51 的处理目标像素的像素值 $M_w(p)$,并且将进行了非线性转换的像素值提供给马赛克灰度校正单元 617。

[0456] 马赛克灰度校正单元 617 使用来自相位匹配单元 614 的亮度值和来自相位匹配单

元 615 的灰度校正后的亮度值,来执行与图 4 中的灰度校正单元 85 的处理相同的处理,以对来自非线性转换单元 616 的像素值执行灰度校正,并且将灰度校正后的亮度值提供给非线性逆转换单元 618。例如,与上述表达式 (12) 中所表示的计算一样,马赛克灰度校正单元 617 通过将来自非线性转换单元 616 的像素值乘以通过将来自相位匹配单元 615 的灰度校正后的亮度值除以来自相位匹配单元 614 的亮度值而获得的值,对像素值执行灰度校正。相应地,对处理目标像素的亮度值(即,R、G 或 B 分量的像素值)进行灰度校正。

[0457] 非线性逆转换单元 618 对来自马赛克灰度校正单元 617 的像素值执行非线性逆转换,其是非线性转换单元 616 进行的非线性转换的逆转换。非线性逆转换单元 618 将通过非线性逆转换所获得的像素值 $\mu(p)$ 提供给去马赛克处理单元 52。

[0458] 当对马赛克图像执行灰度校正处理时,由亮度计算单元 611 计算出的亮度值的位置不同于马赛克图像上的处理目标像素的位置。然而,通过相位匹配单元 614 和 615 执行相位匹配,可以计算在处理目标像素的位置处的亮度值。

[0459] 本发明的示例性应用范围

[0460] 如上所述,图 1 中的数字摄像机执行用于提取图像的总结构的图像处理。由于可以在改善图像质量的处理中使用通过图像处理提取的信息,因此本发明不仅可应用于数字摄像机,还可作为安装提取图像的总结构的块的设备而应用于其他设备。该设备的示例包括诸如数码照相机的成像设备、打印机以及诸如显示器的显示设备。本发明可应用于能够处理或编辑图像或计算机程序的设备。

[0461] 计算机的示例性硬件配置

[0462] 可通过硬件或软件执行上述的一系列处理。当通过软件执行这系列处理时,从程序记录介质将构成软件的程序安装在包括专用硬件的计算机中或能够安装各种程序并执行各种功能的、诸如通用个人计算机的计算机中。

[0463] 图 37 是示出通过程序执行上述的一系列处理的计算机的示例性硬件配置的框图。

[0464] 在计算机中,CPU 901、ROM(只读存储器)902、和 RAM(随机存取存储器)903 经由总线 904 彼此连接。

[0465] I/O 接口 905 连接至总线 904。由键盘、鼠标、麦克风等构成的输入单元 906、由显示器、扬声器等构成的输出单元 907、由硬盘、非易失性存储器等构成的存储单元 908、由网络接口等构成的通信单元 909、和用于驱动诸如磁盘、光盘、磁光盘或半导体存储器的可移动介质 911 的驱动器 910 连接至 I/O 接口 905。

[0466] 在具有这种配置的计算机中,CPU 901 经由 I/O 接口 905 和总线 904 将例如存储在存储单元 908 中的程序装载在 RAM 903 上并在 RAM 903 上执行该程序,以执行上述的一系列处理。

[0467] 将由计算机(CPU 901)执行的程序记录在可移动介质 911 中,该可移动介质是由磁盘(包括软盘)、光盘(CD-ROM(光盘-只读存储器))、DVD(数字通用盘)等)、磁光盘、半导体存储器等构成的封装介质。可选地,经由有线或无线传输介质(诸如,局域网、互联网、或数字卫星广播)提供程序。

[0468] 可通过将可移动介质 911 安装在驱动器 910 上,将程序经由 I/O 接口 905 安装到存储单元 908。可通过通信单元 909 经由有线或无线传输介质接收程序,并且可将该程序安

装在存储单元 908 中。可选地,可将程序预先安装到 ROM 902 和存储单元 908。

[0469] 由计算机执行的程序可以是以说明书中描述的顺序按时间顺序执行处理的程序,或者可以是响应于调用或并行地例如在必要定时执行处理的程序。

[0470] 本申请包含与 2009 年 12 月 22 日向日本专利局提交的日本优先权专利申请 JP 2009-290901 中公开的主题内容相关的主题内容,在此通过引用将其全文合并于此。

[0471] 本领域的技术人员应该理解,在所附权利要求或其等同方案的范围内,根据设计需要和其它因素,可进行各种修改、组合、子组合以及变更。

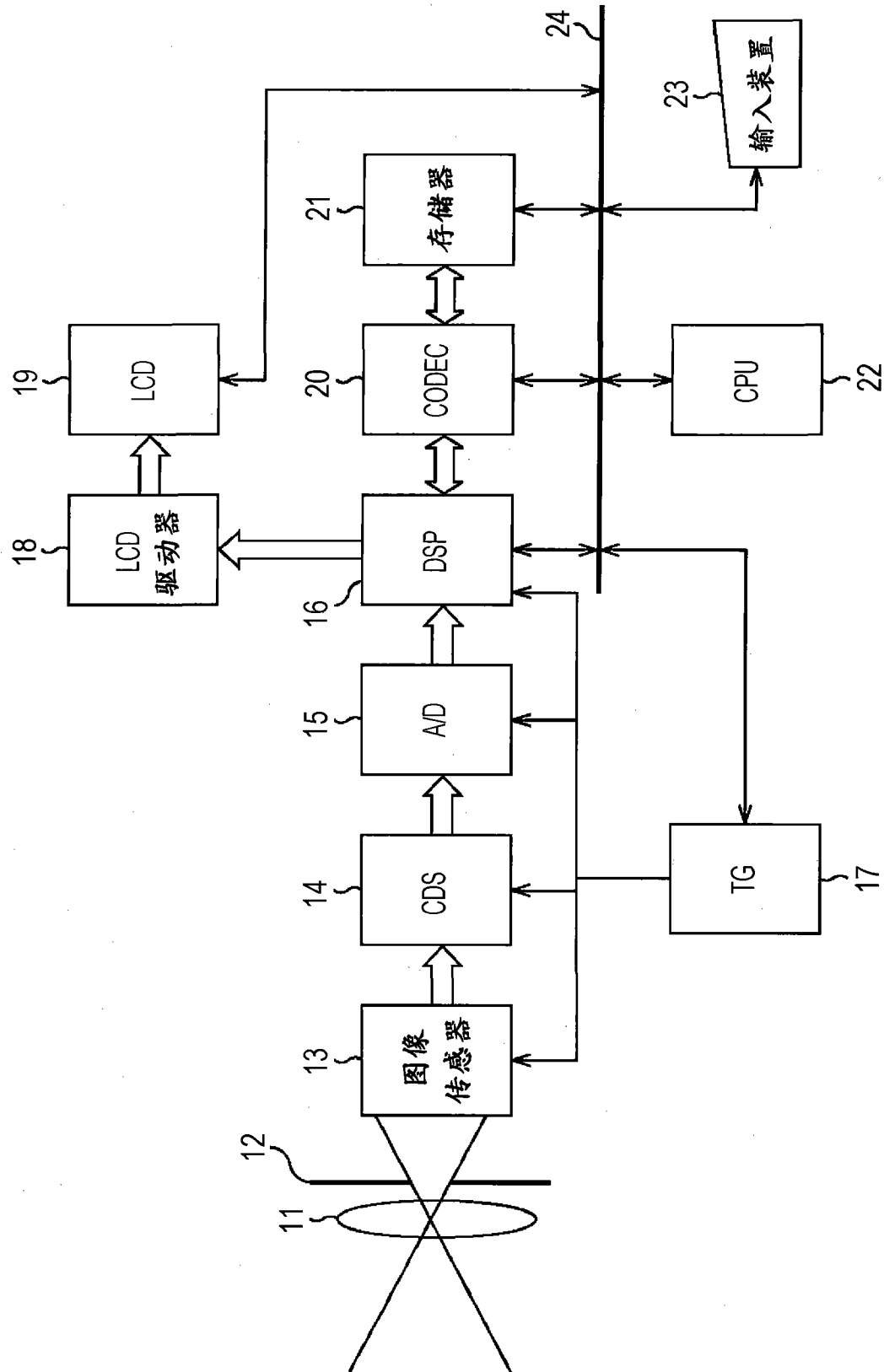


图 1

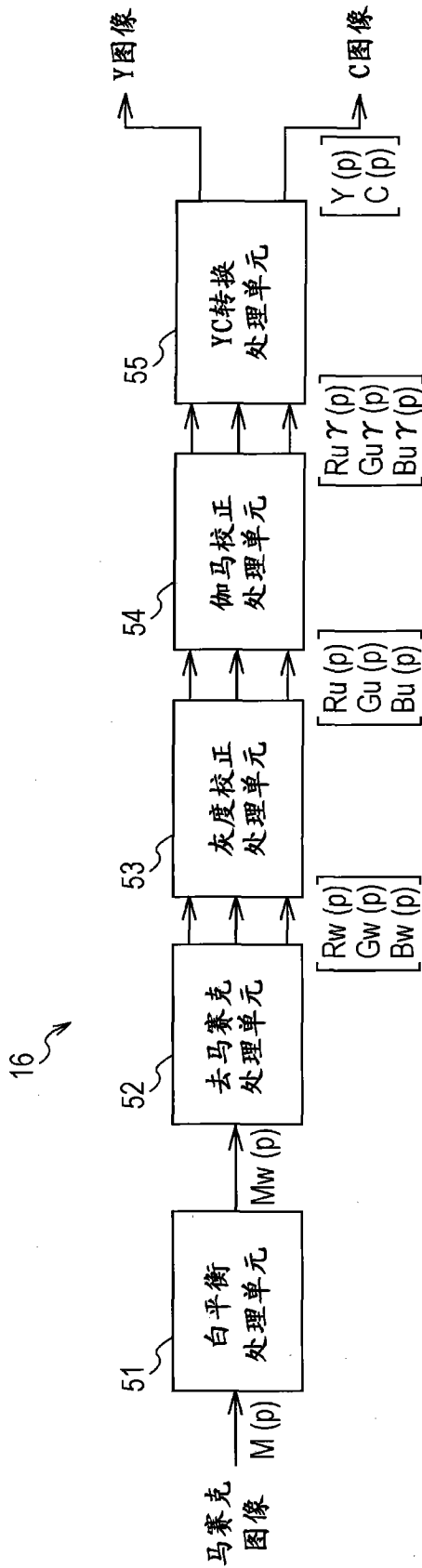


图 2

G	B	G	B
R	G	R	G
G	B	G	B
R	G	R	G

图 3

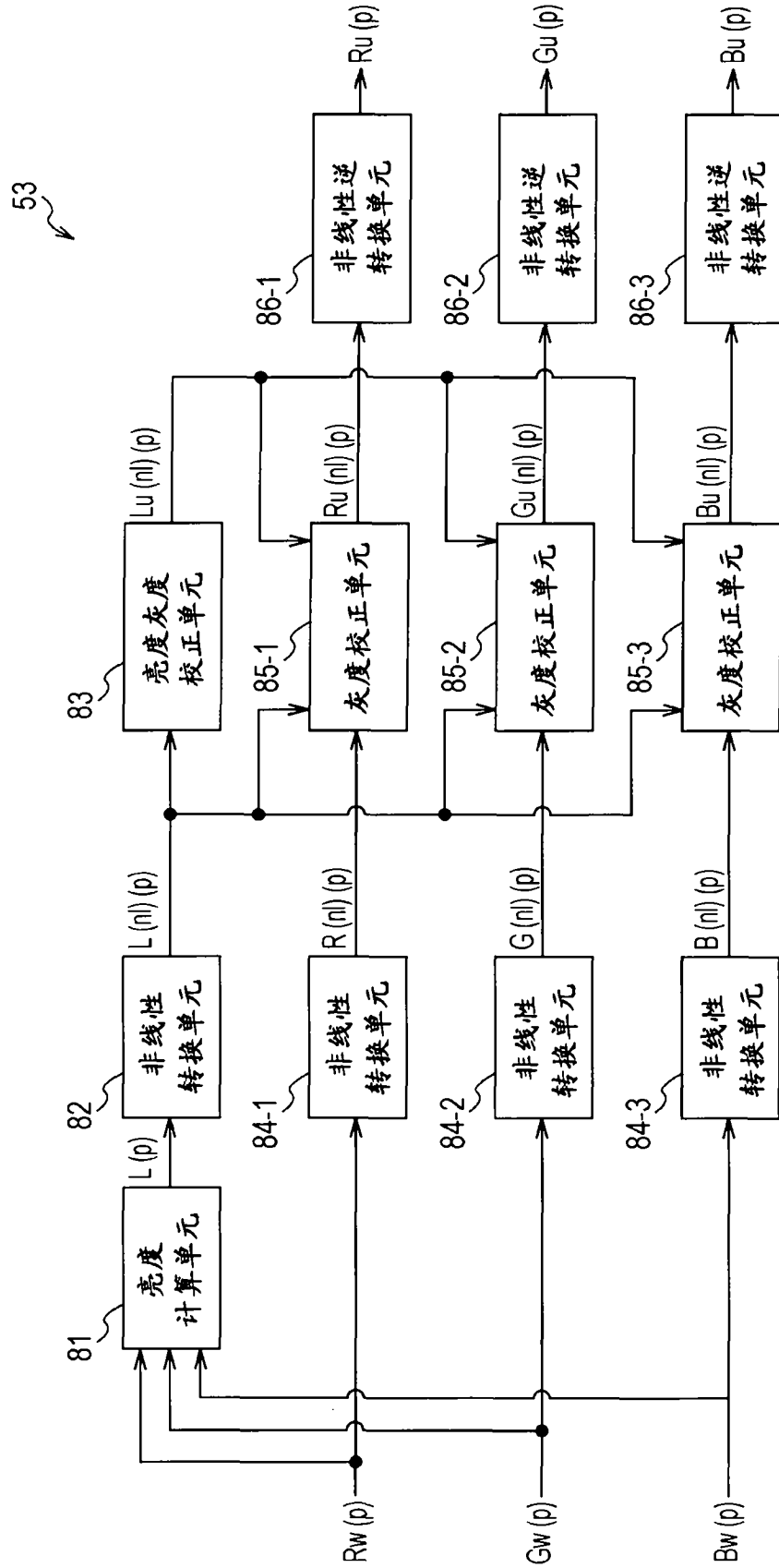


图 4

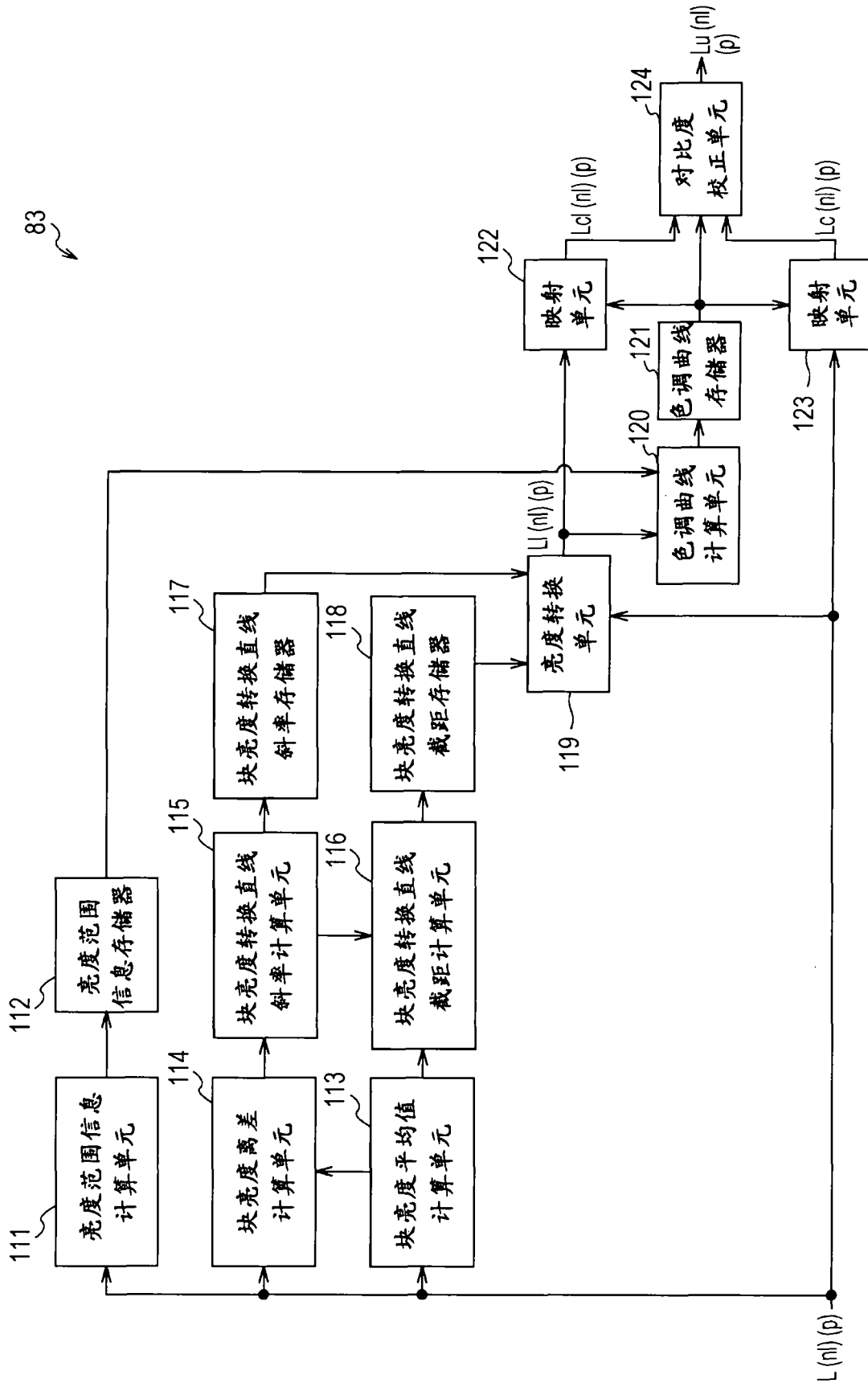


图 5

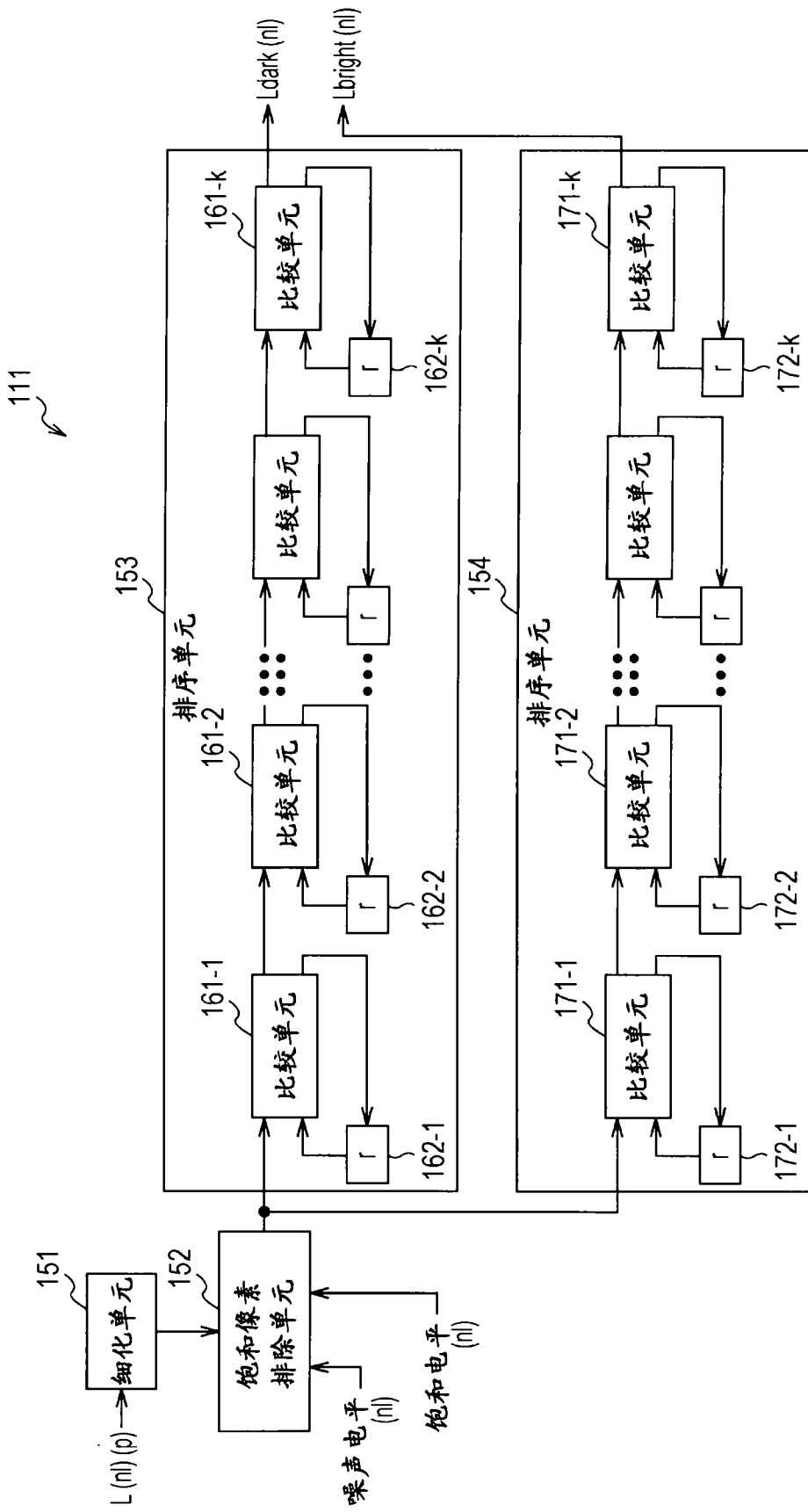


图 6

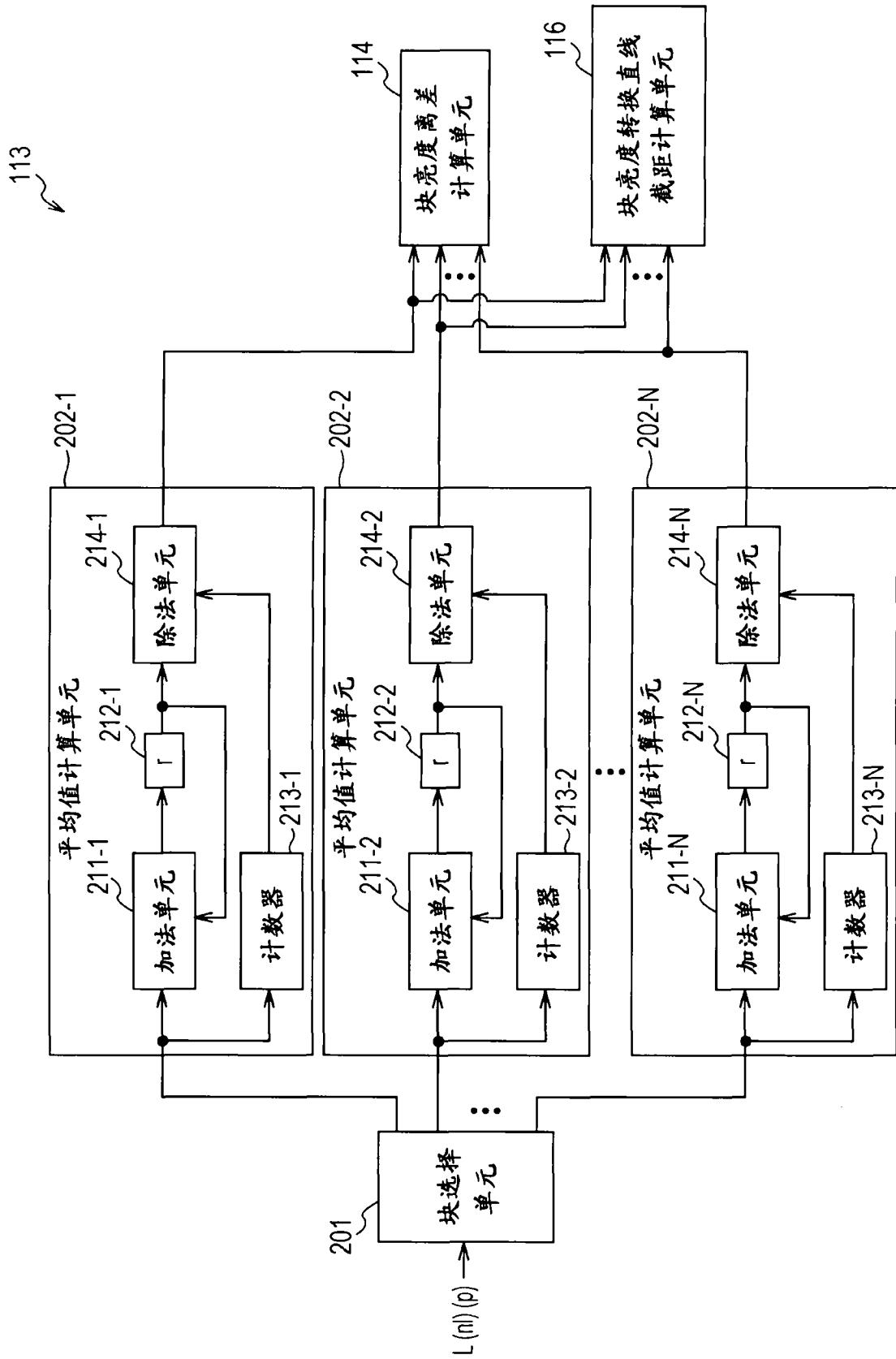


图 7

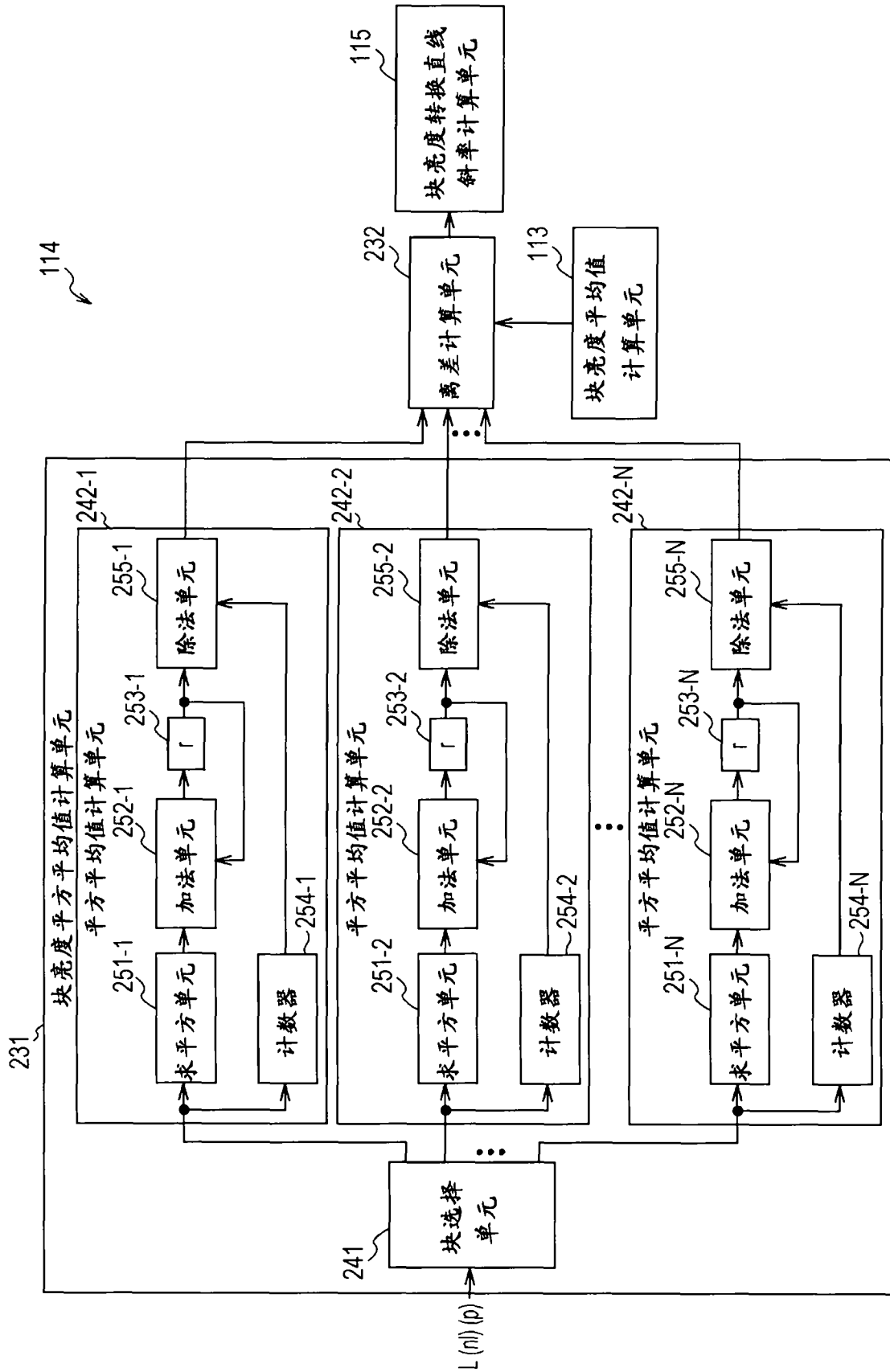


图 8

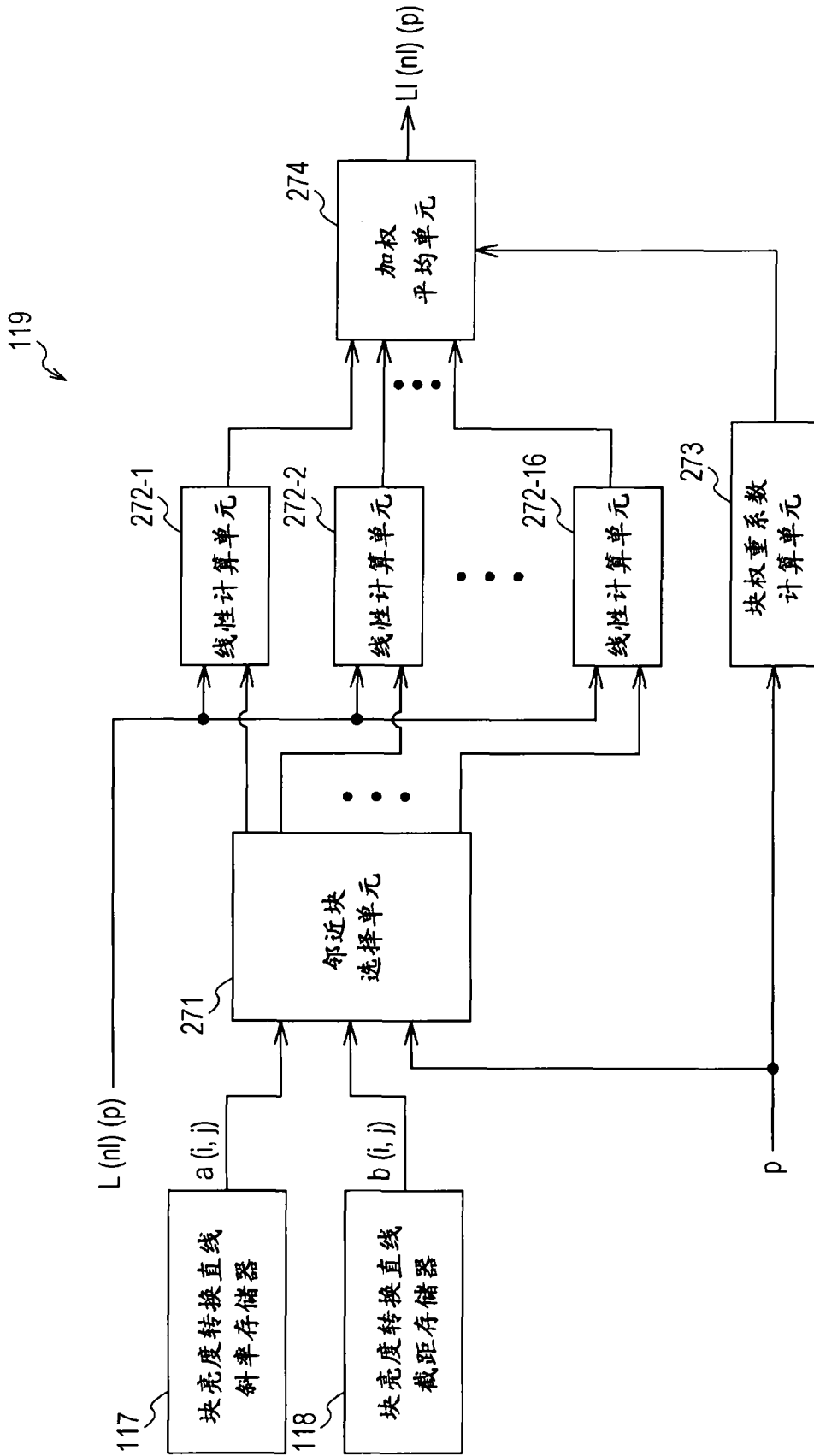


图 9

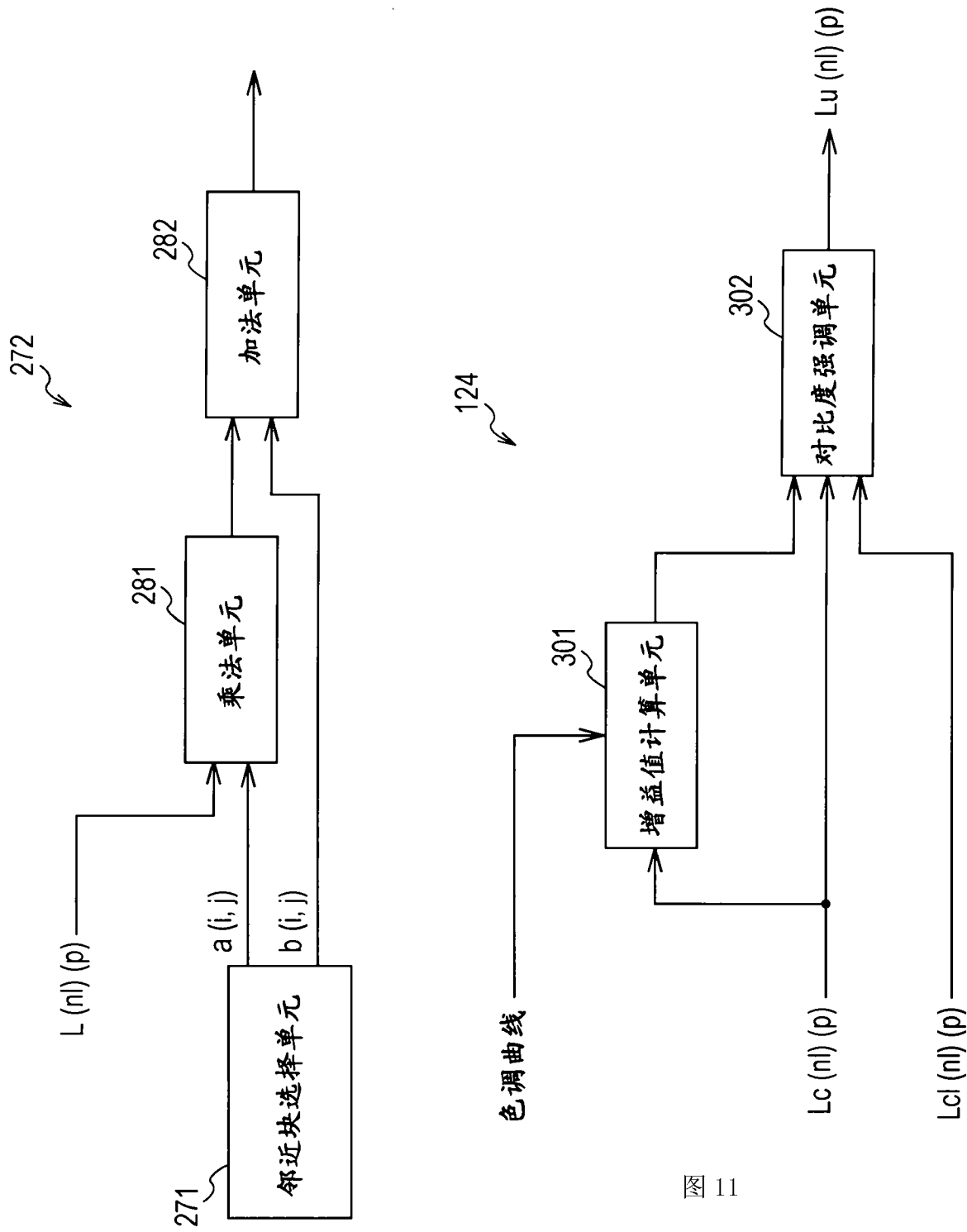


图 10

图 11

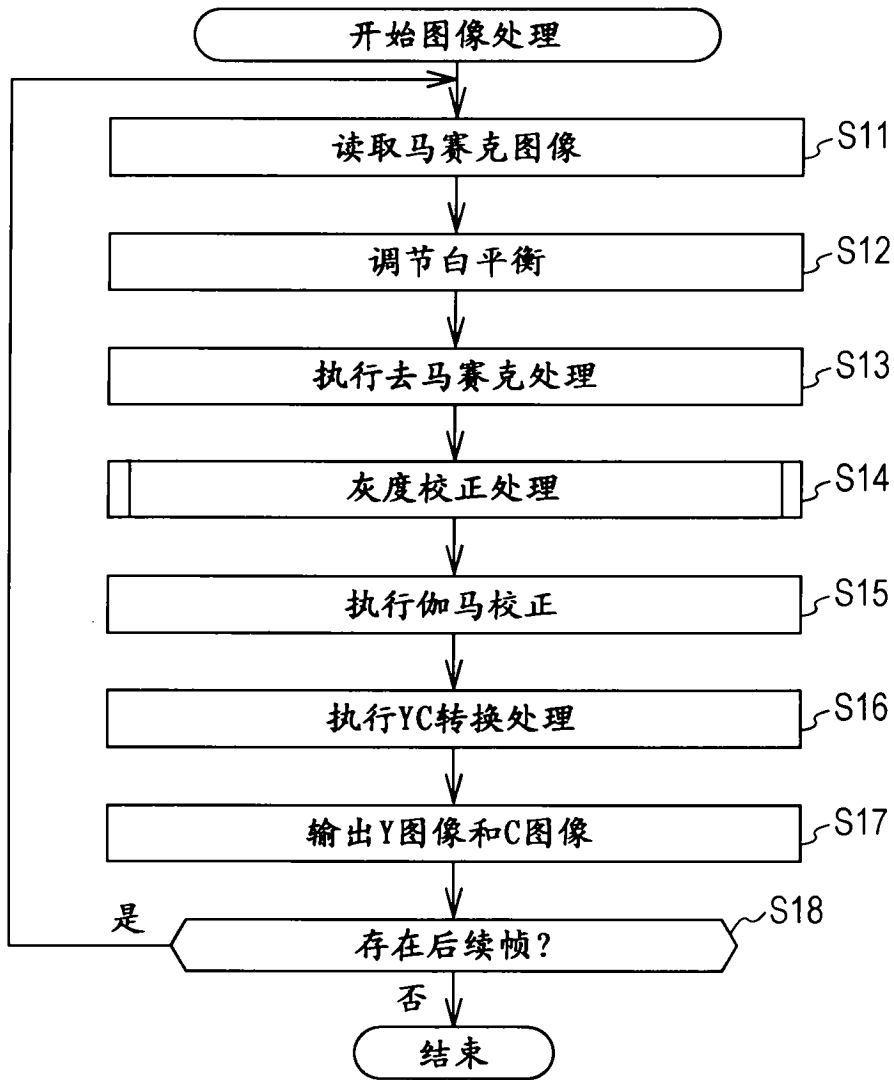


图 12

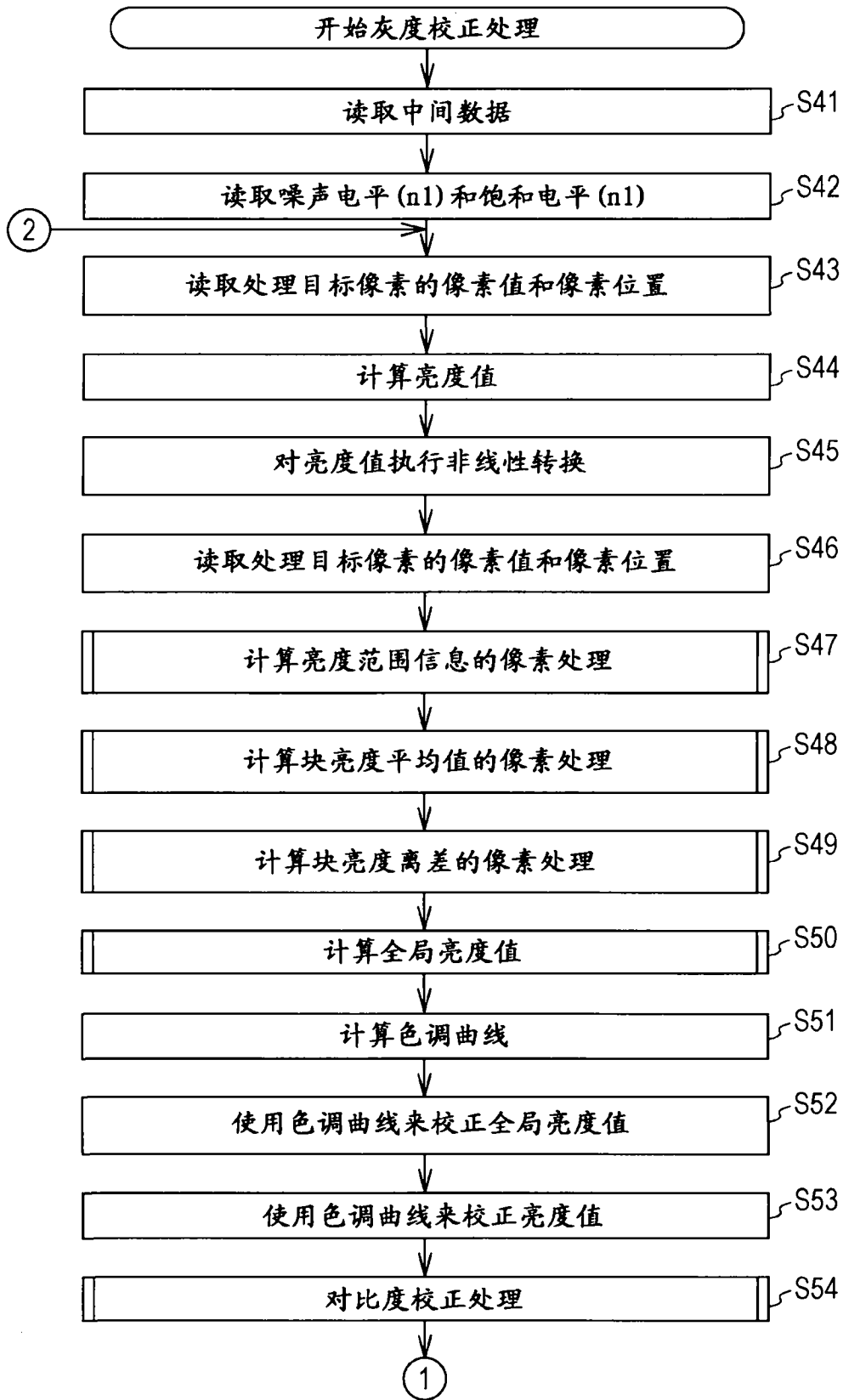


图 13

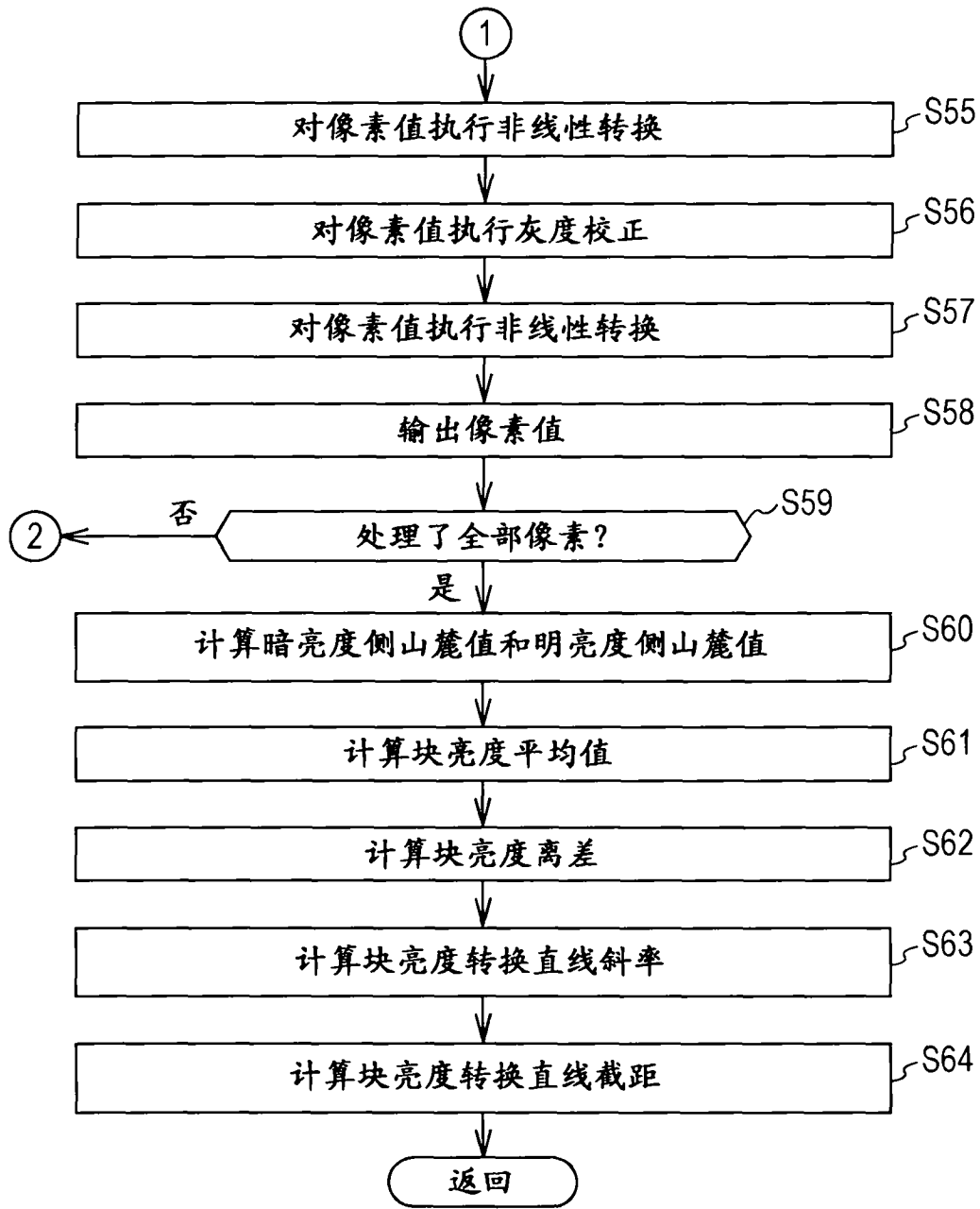


图 14

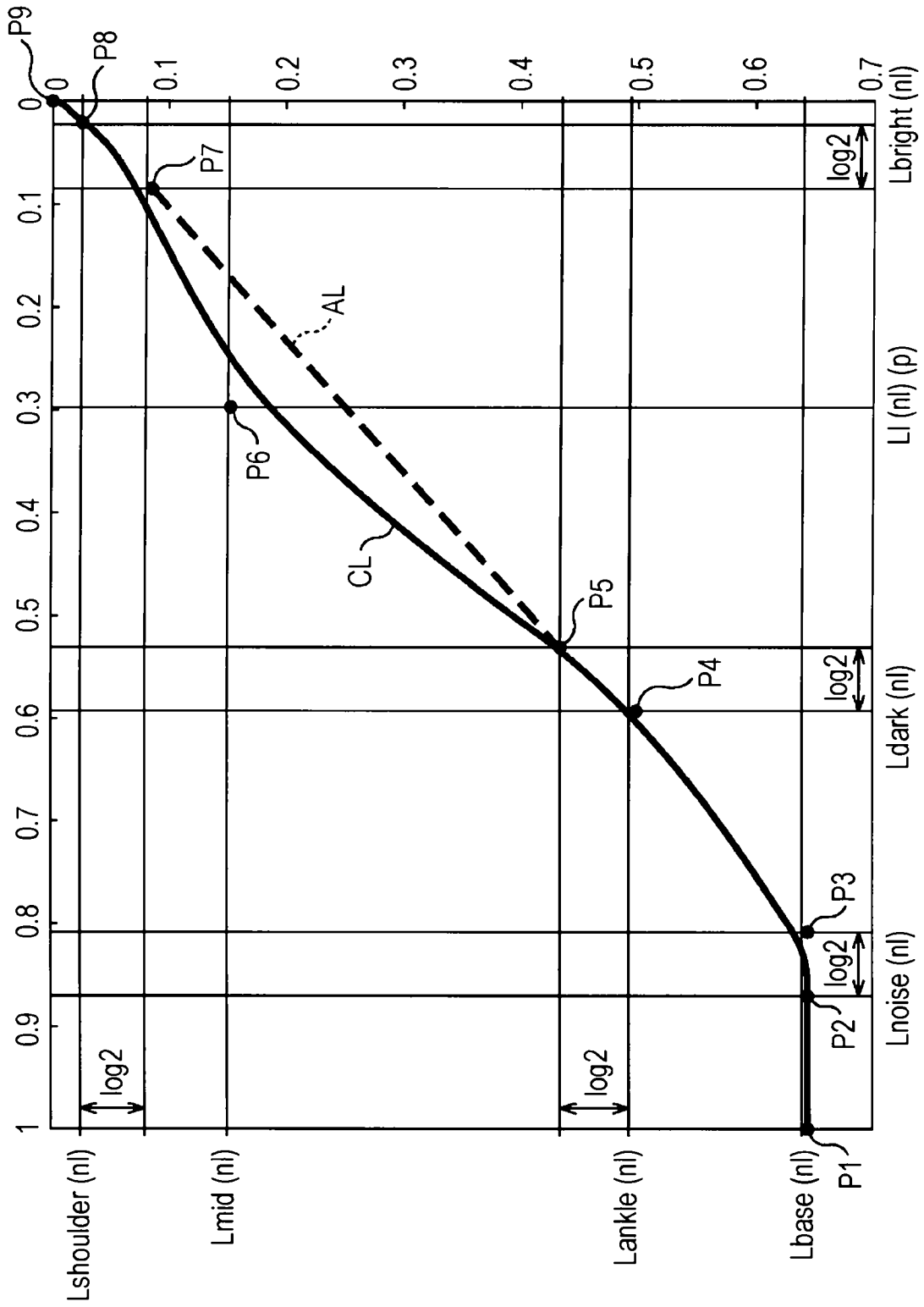


图 15

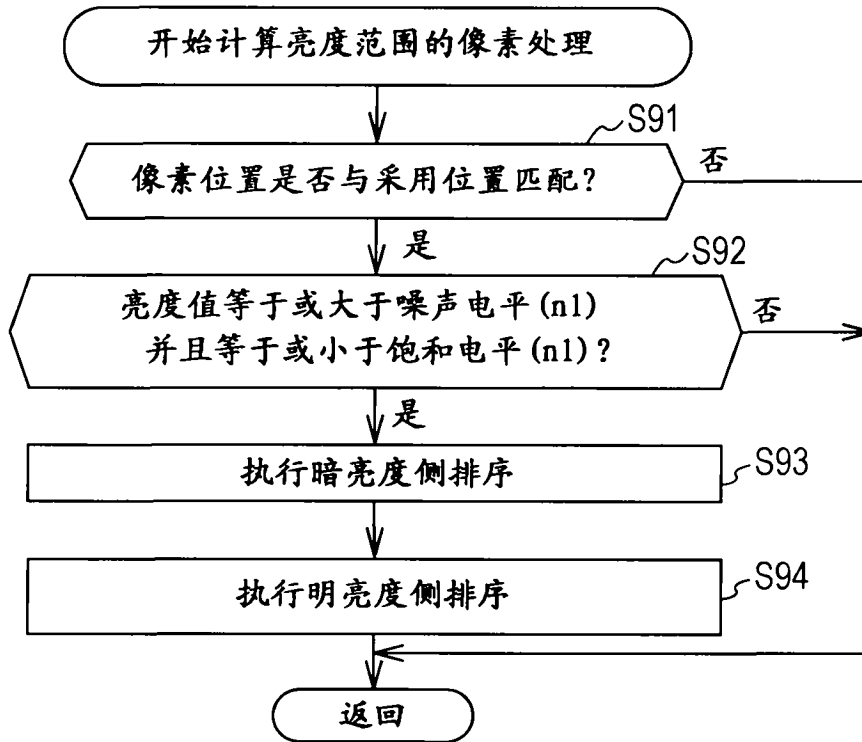


图 16

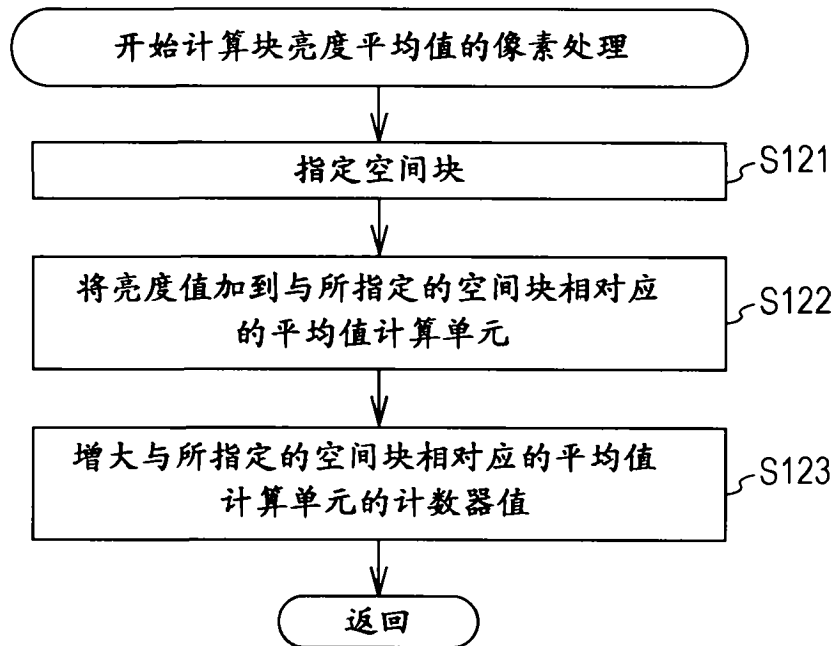


图 17

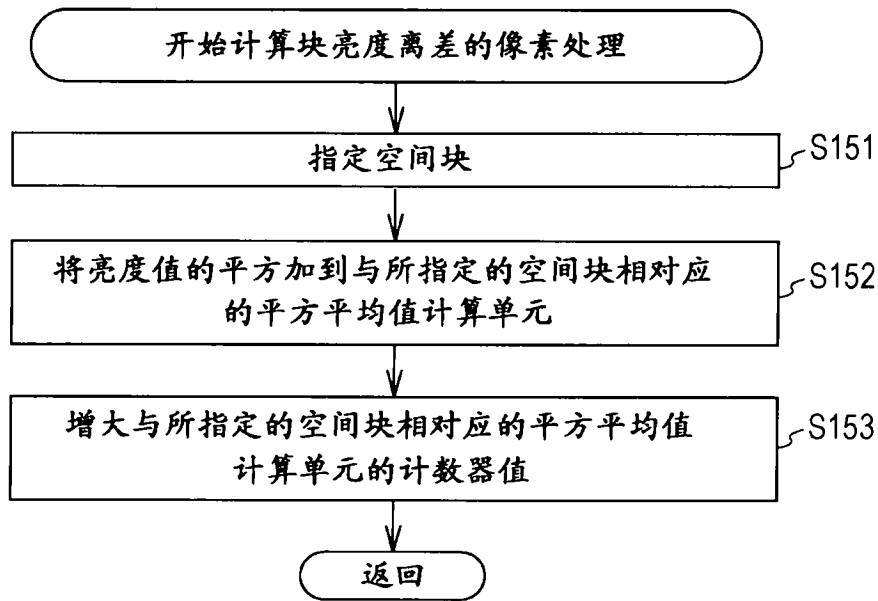


图 18

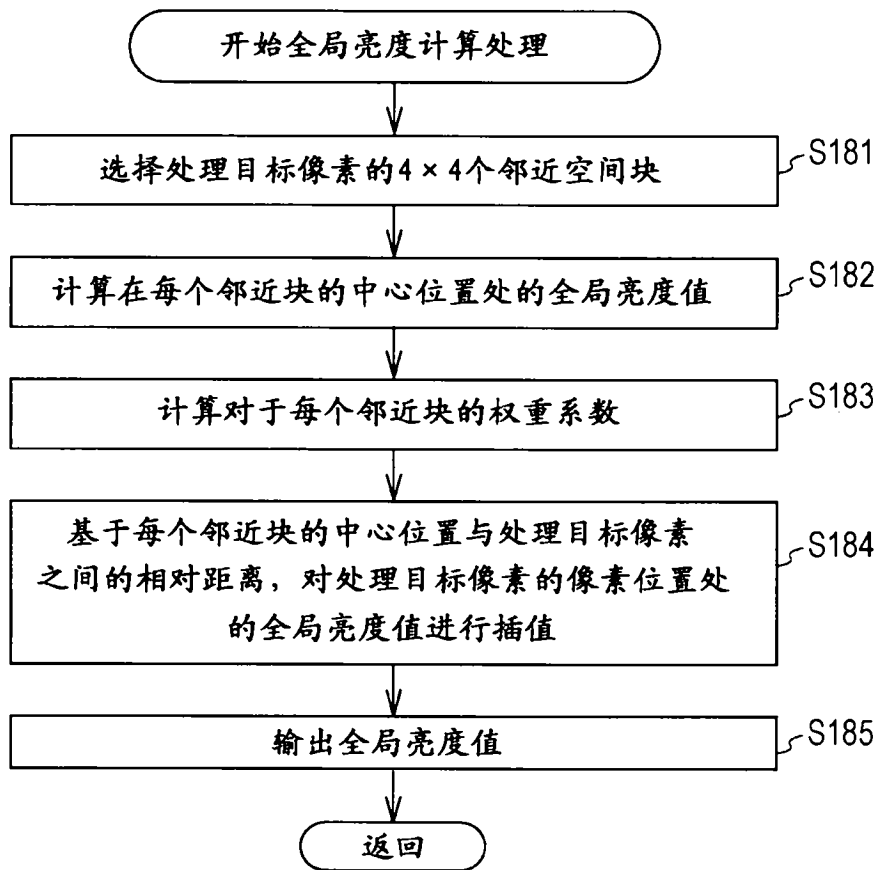


图 19

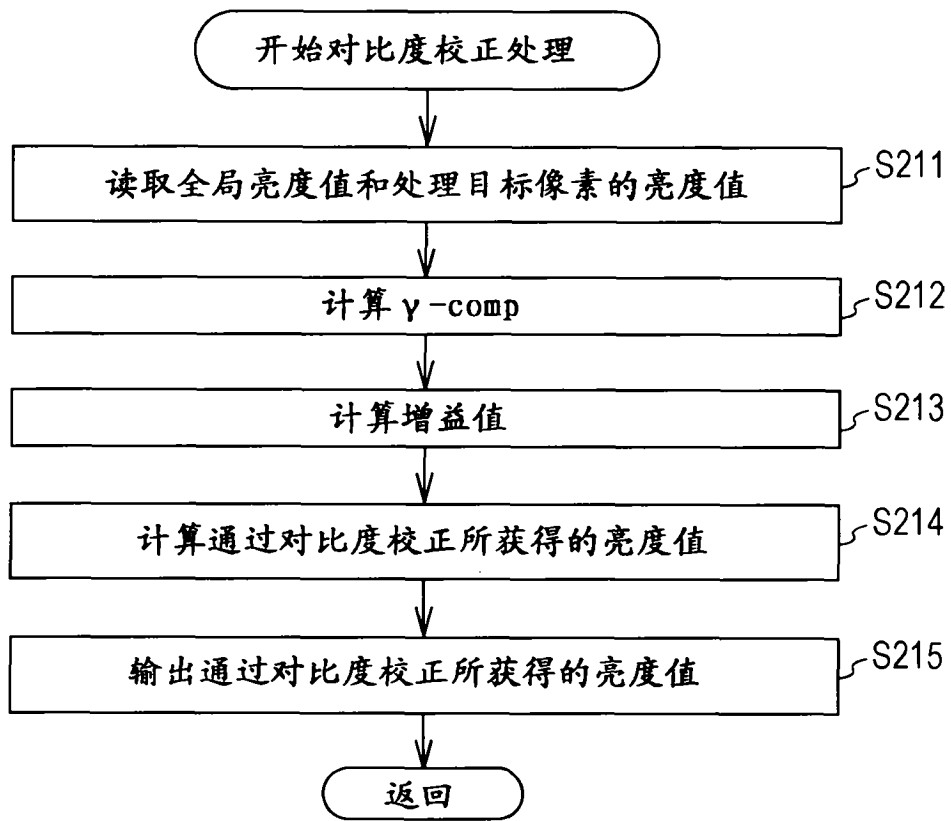


图 20

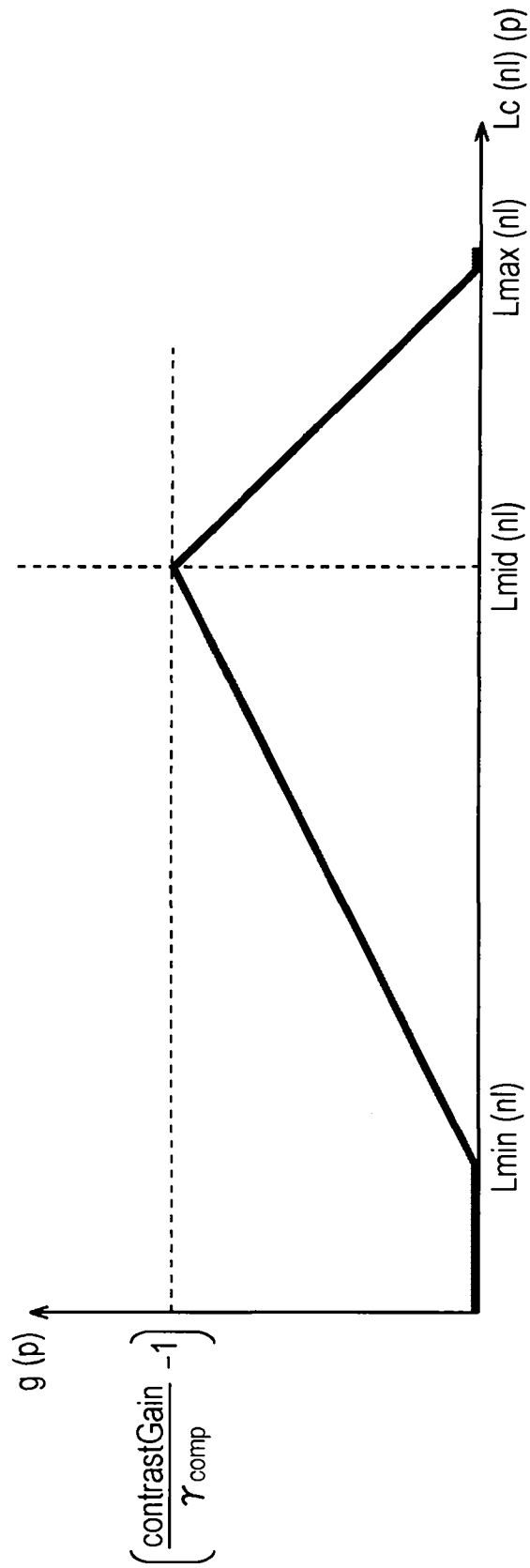


图 21

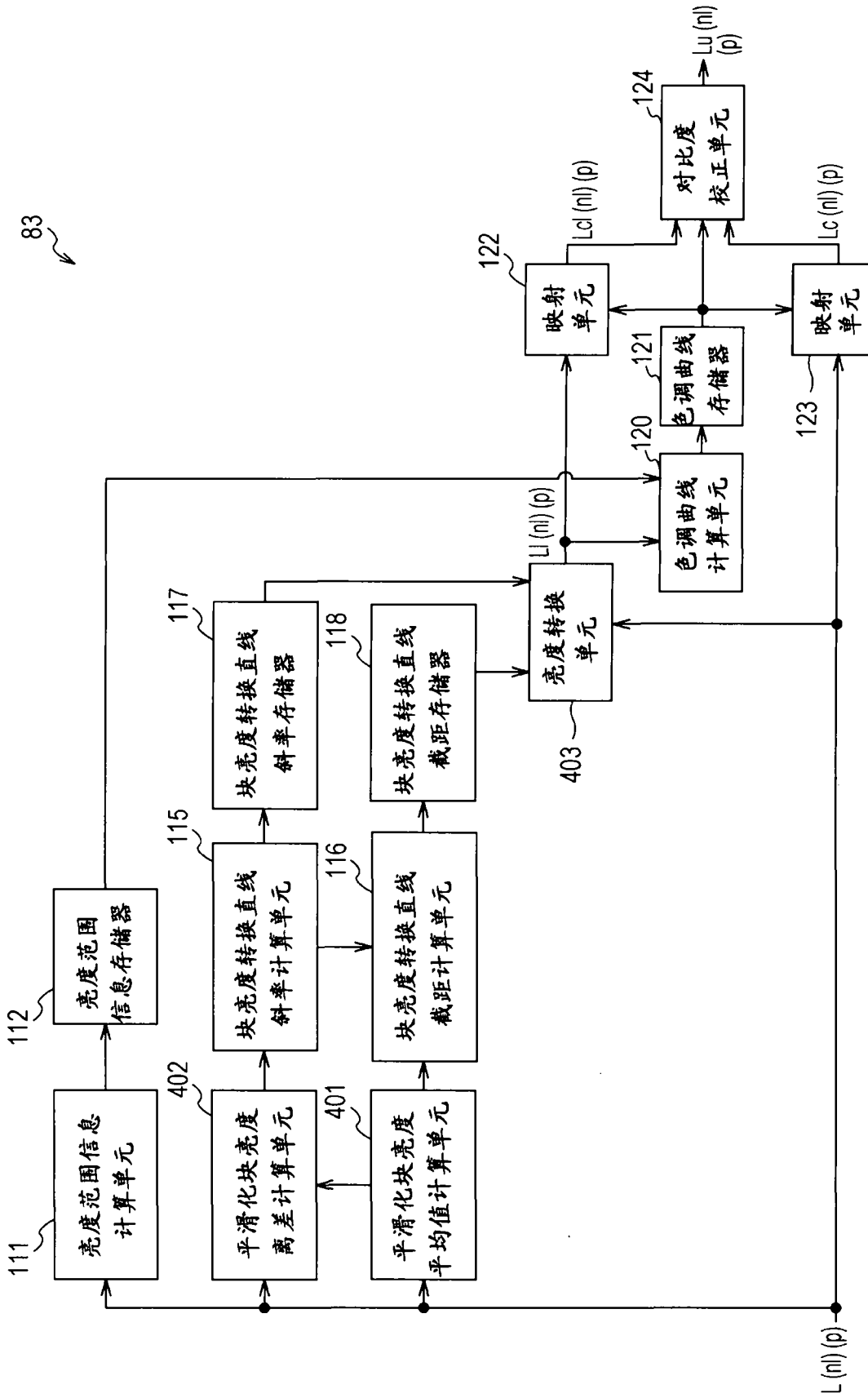


图 22

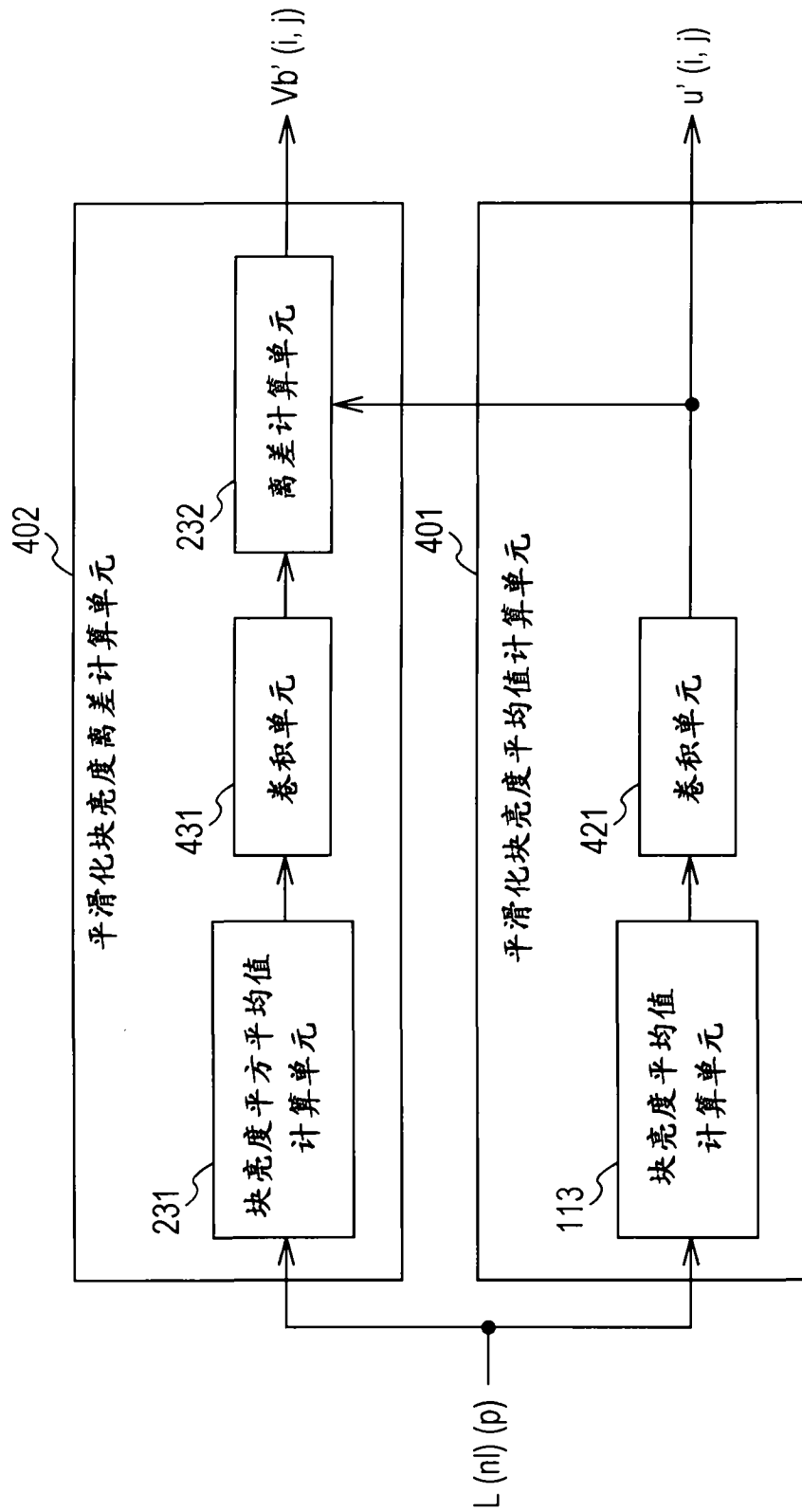


图 23

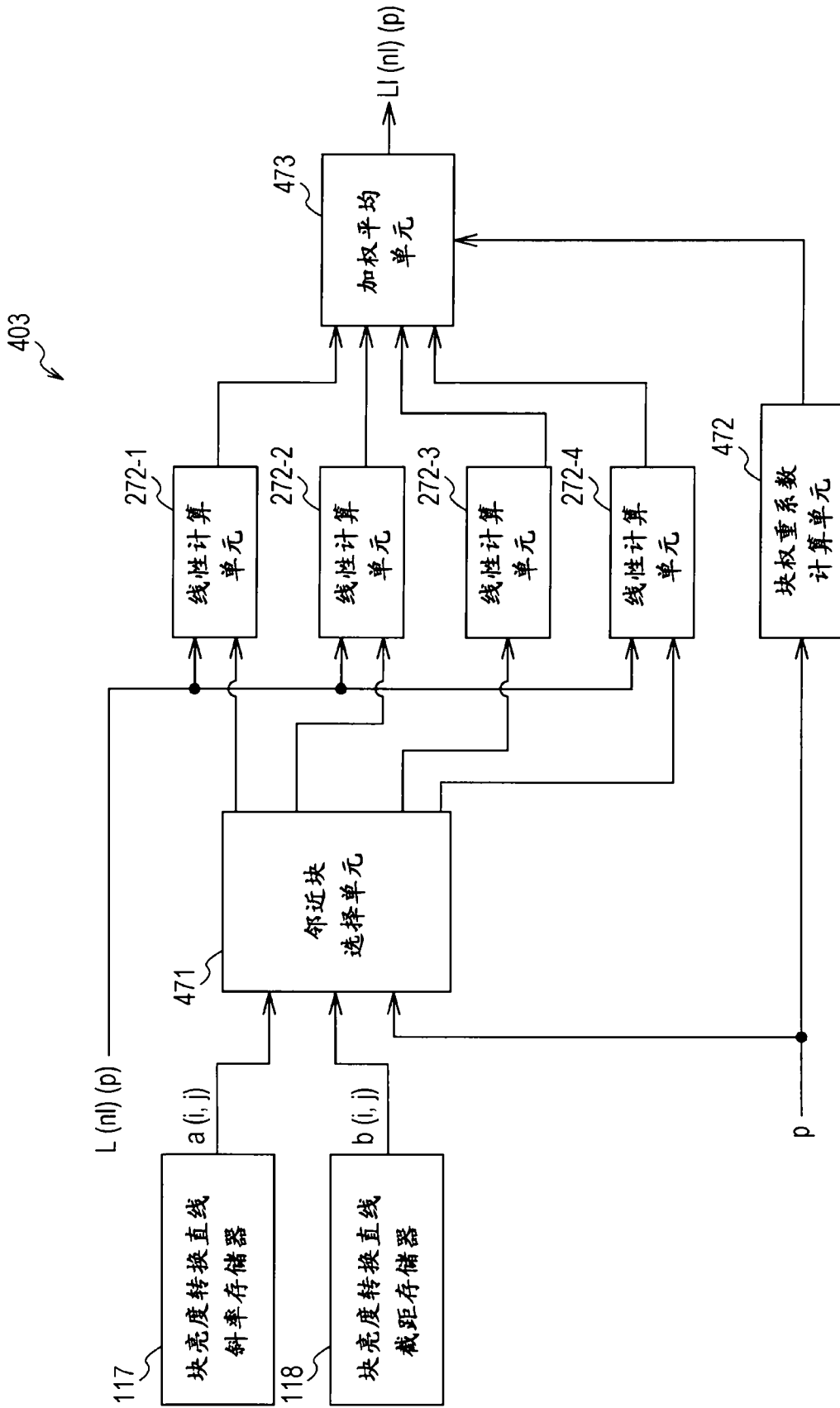


图 24

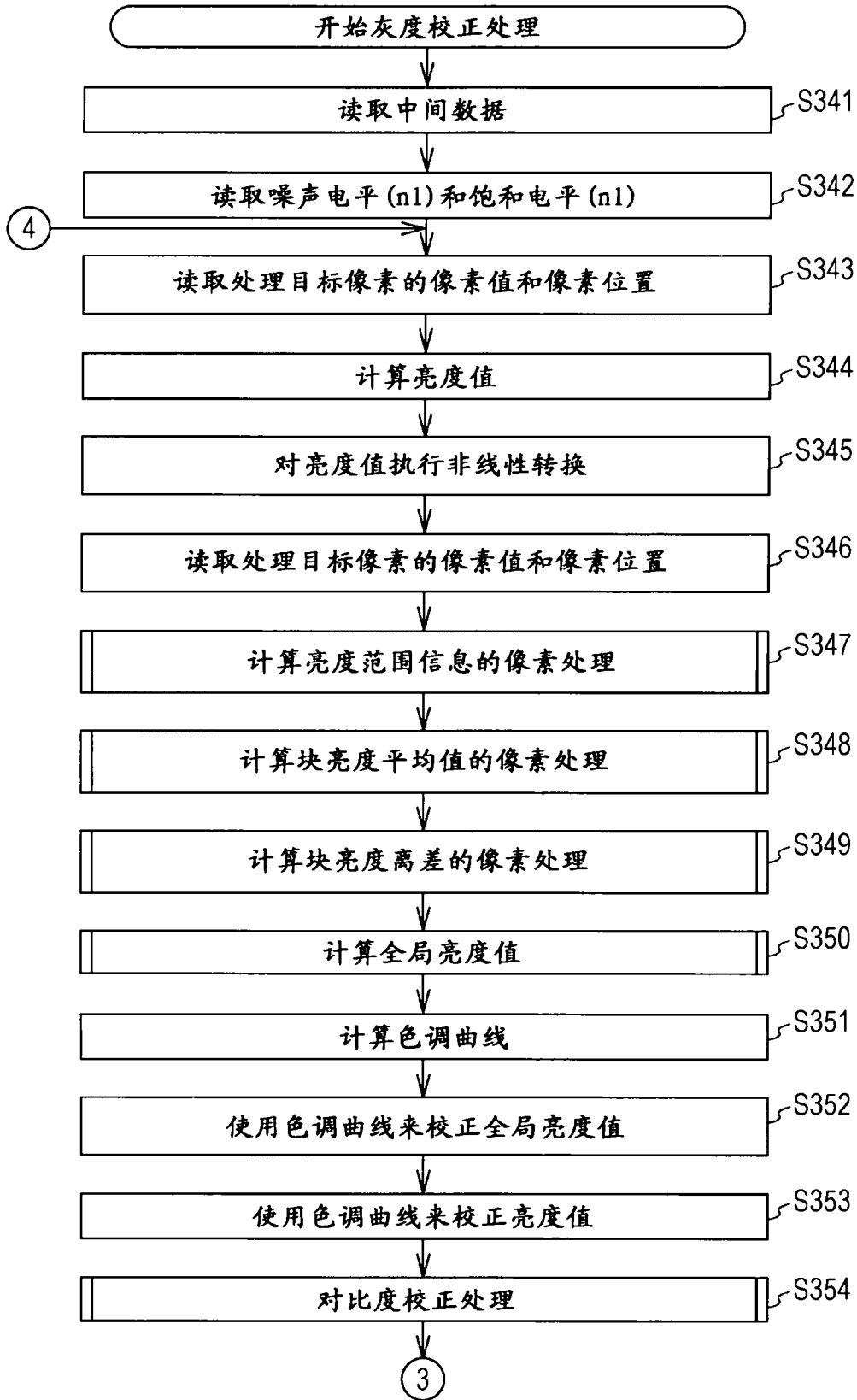


图 25

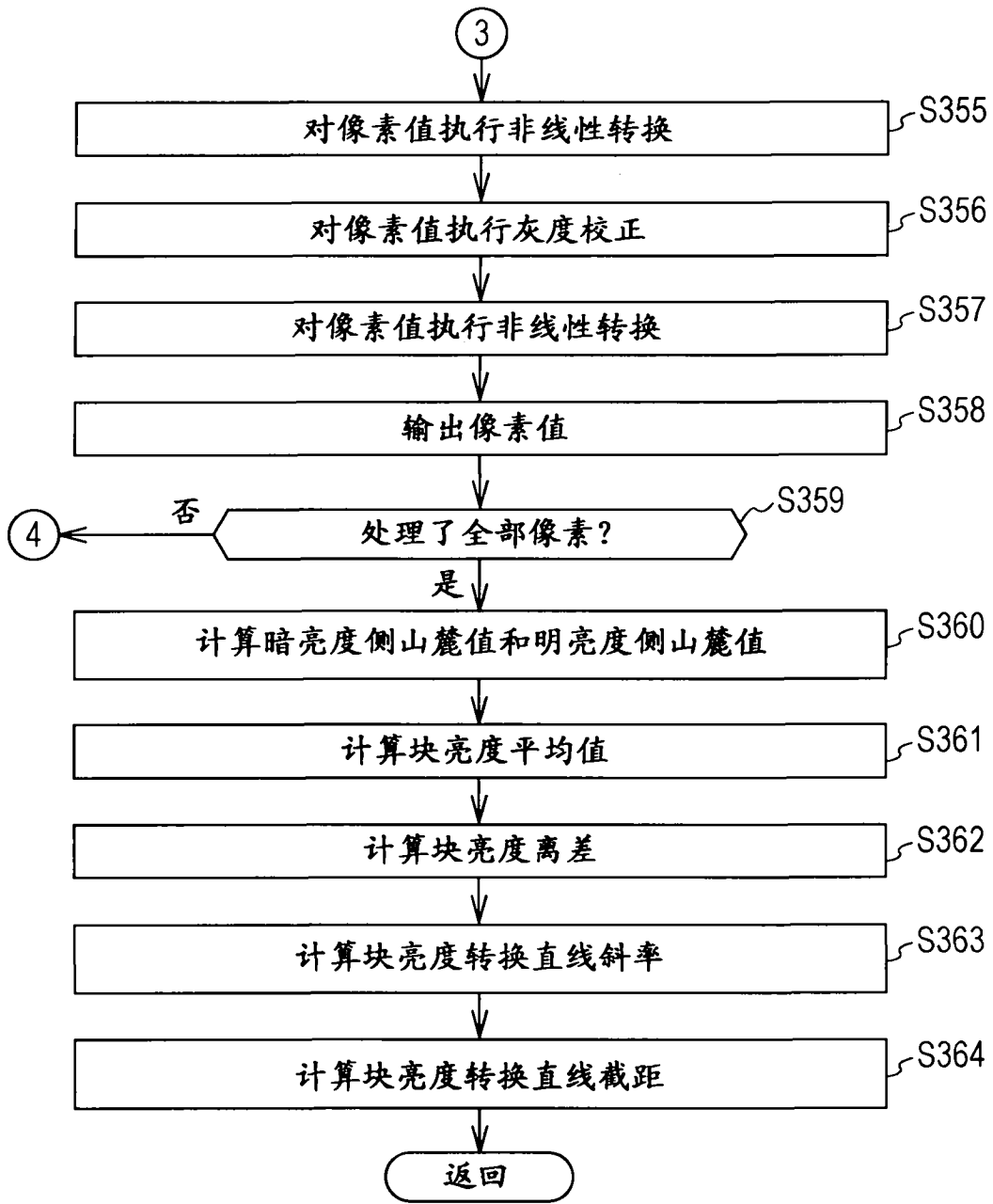


图 26

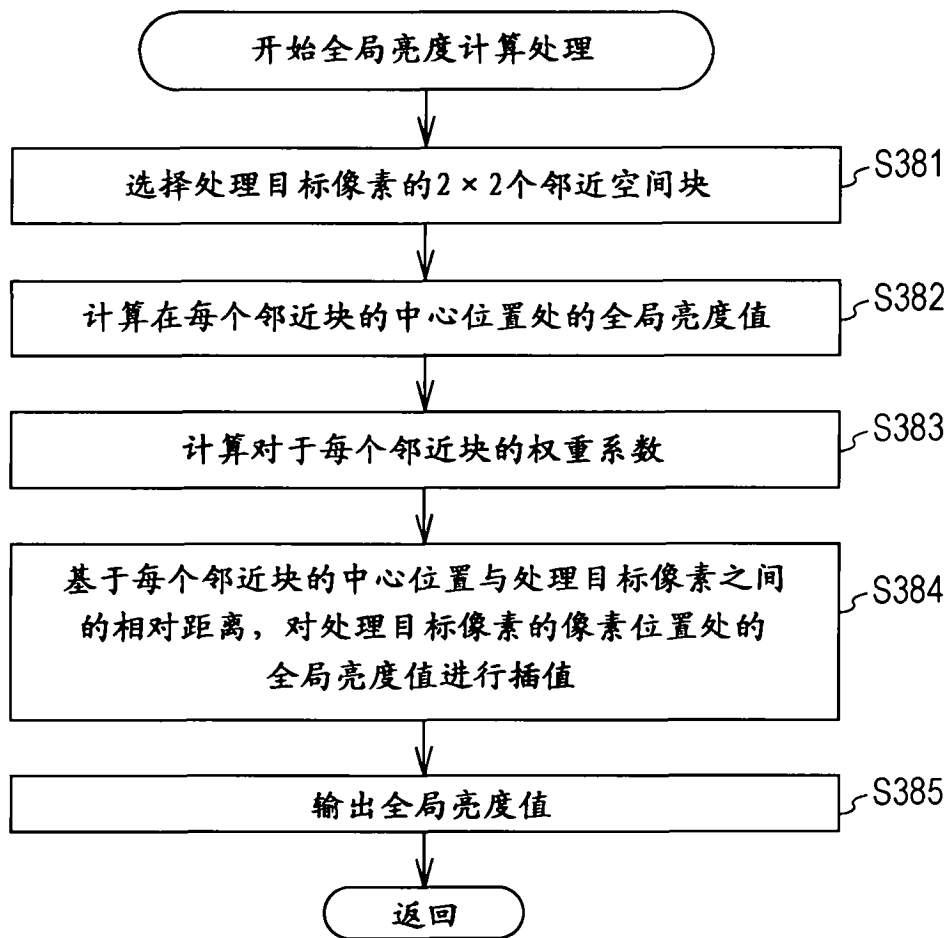


图 27

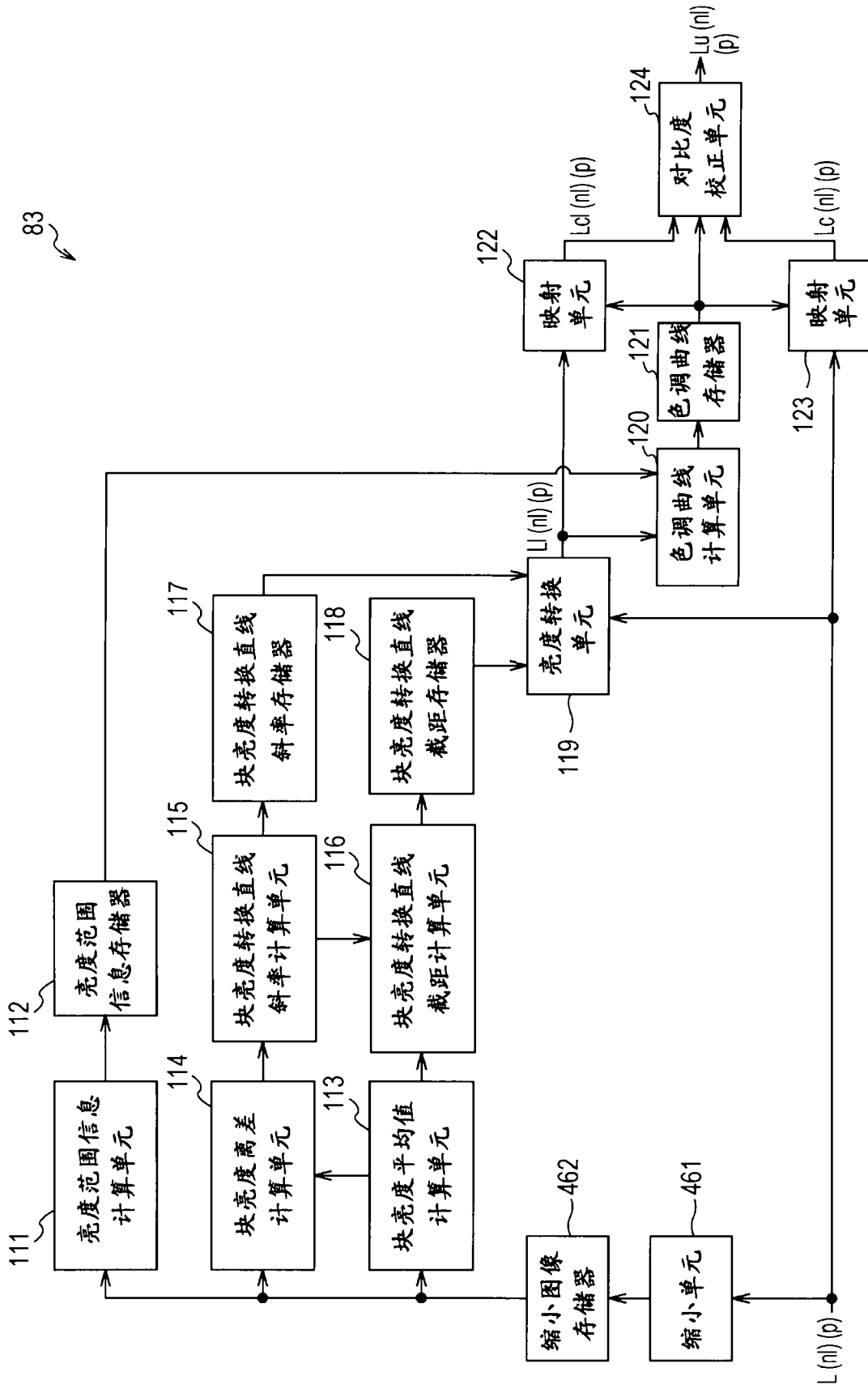


图 28

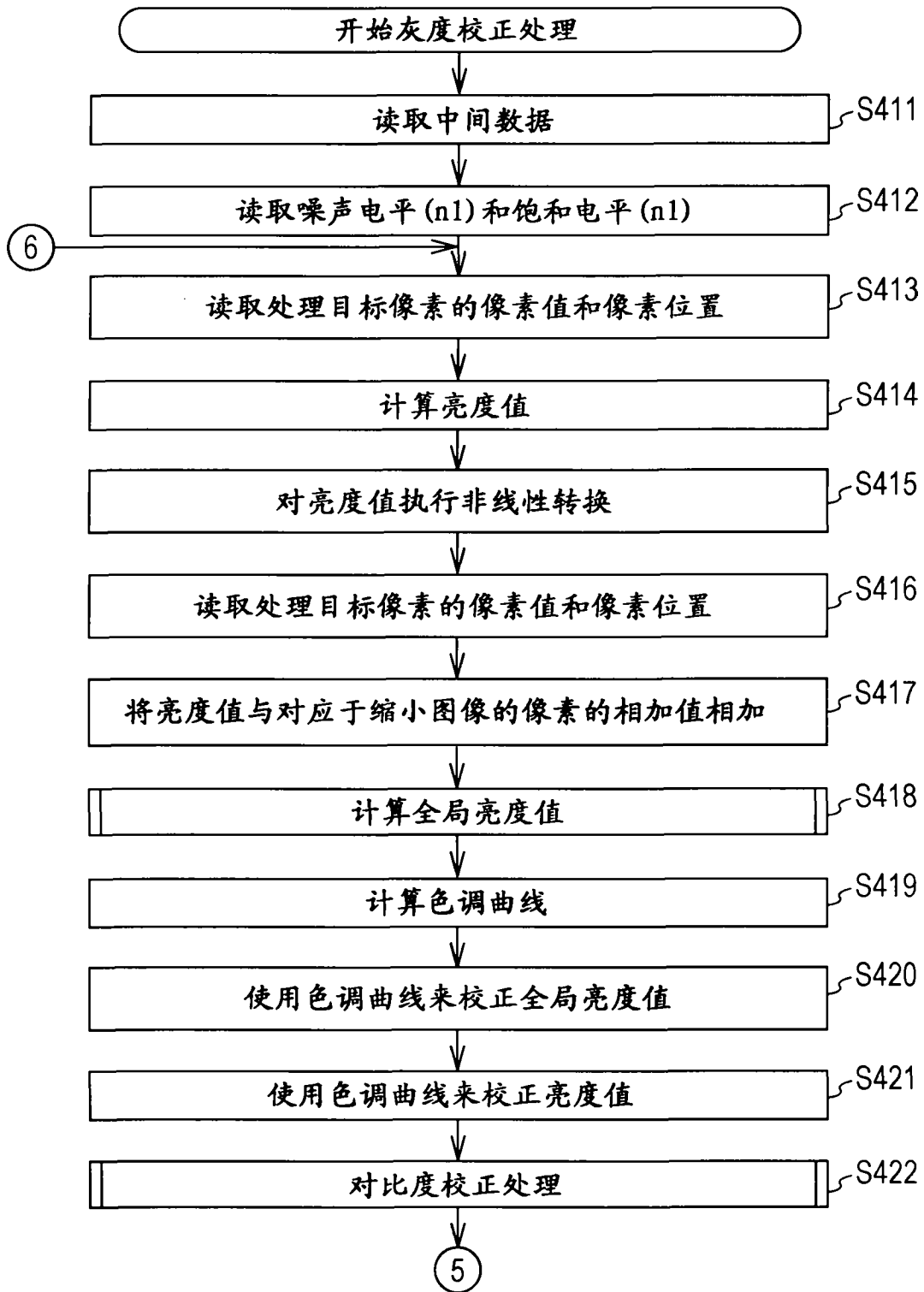


图 29

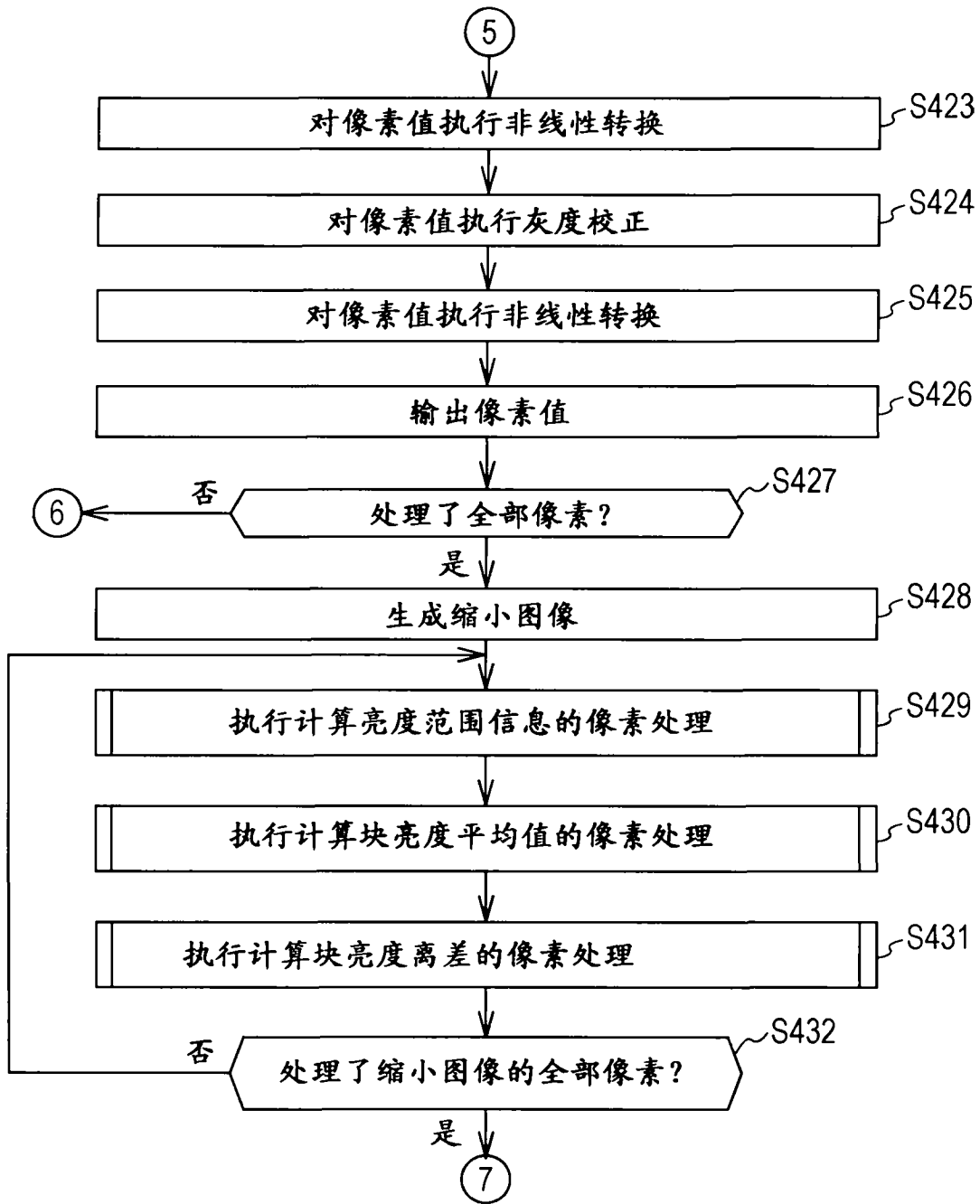


图 30

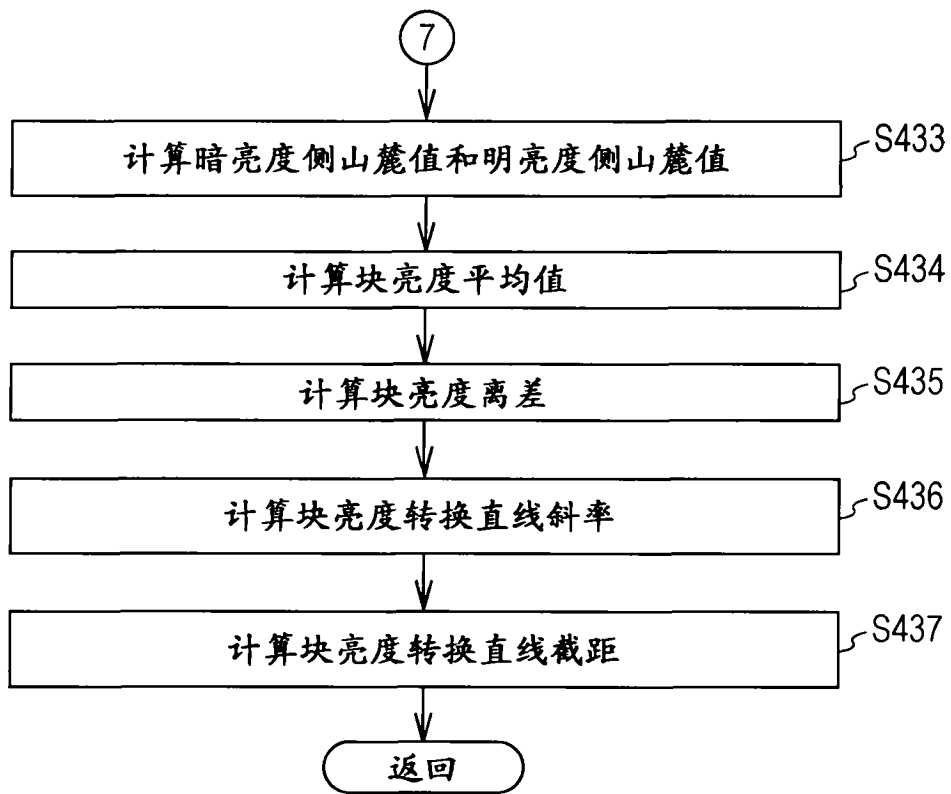


图 31

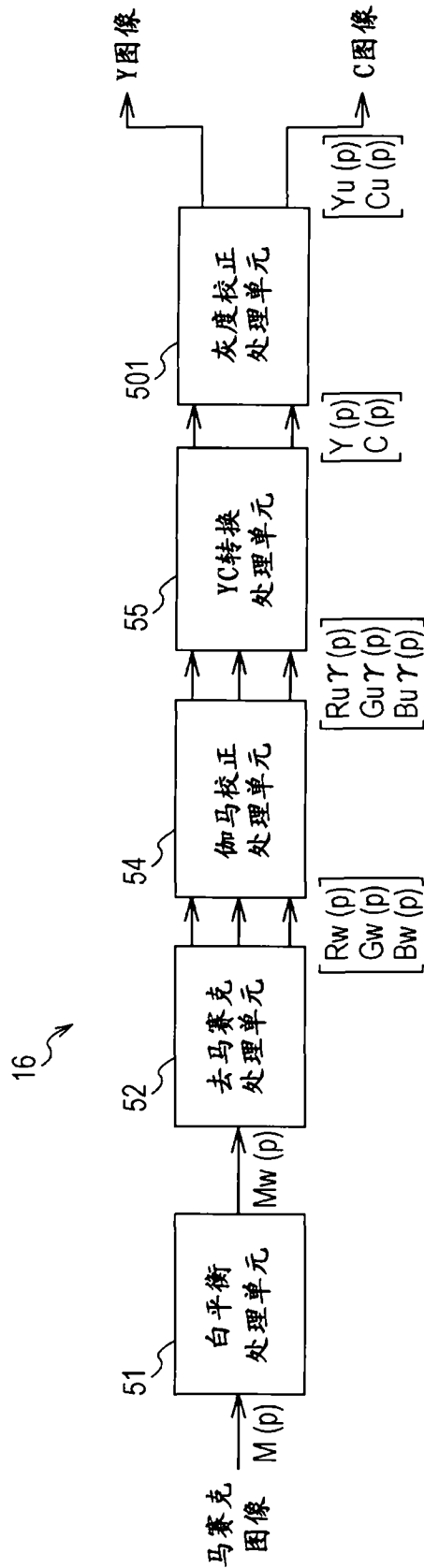


图 32

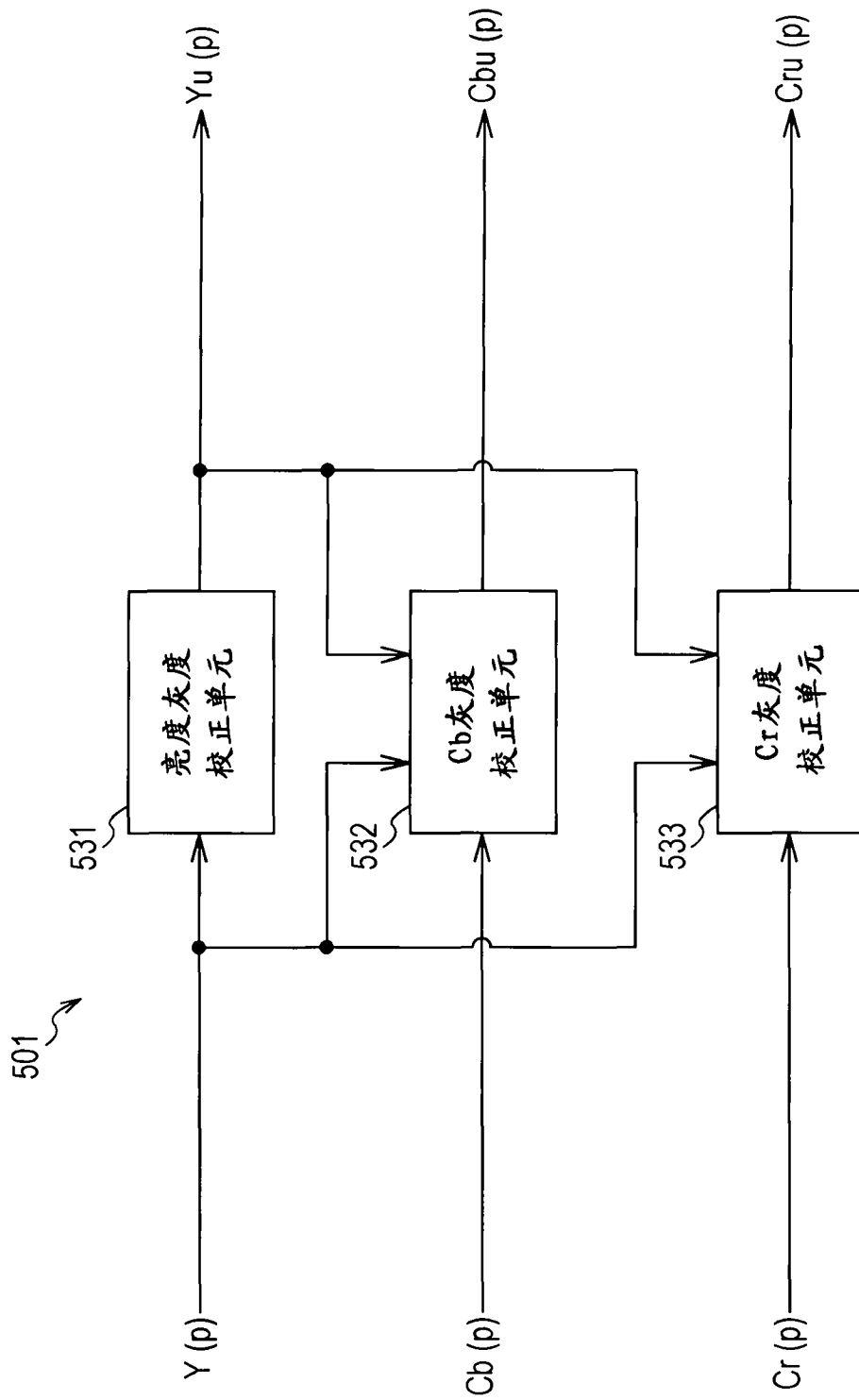


图 33

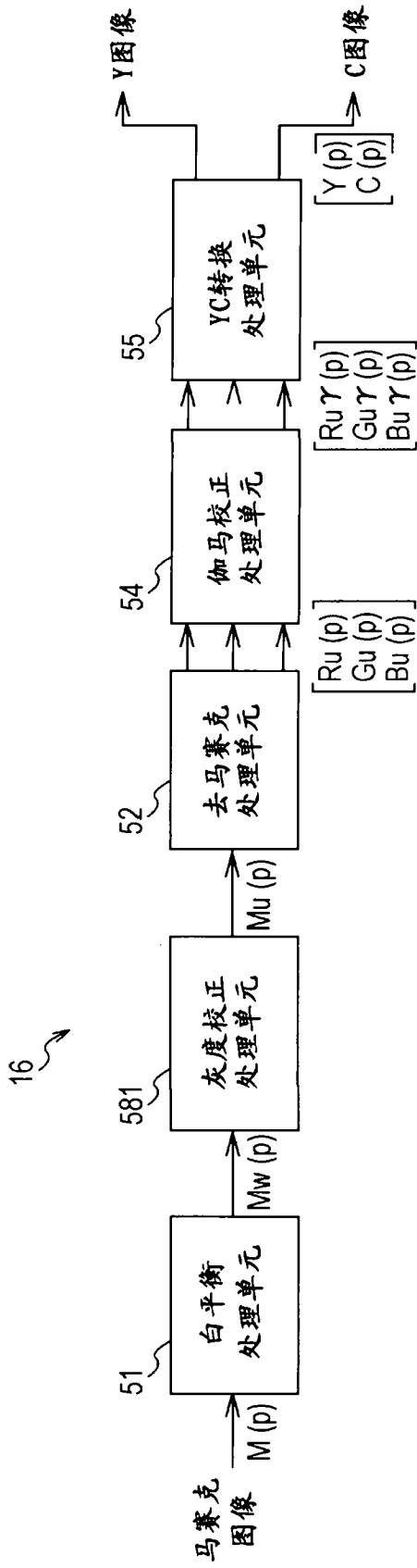


图 34

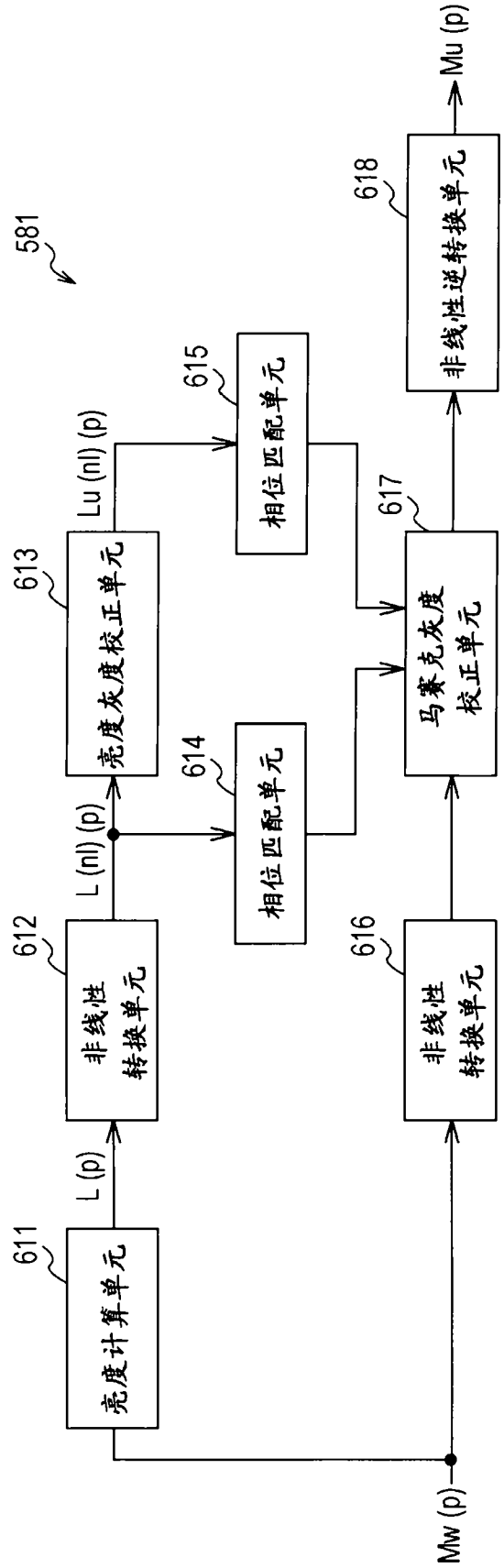


图 35

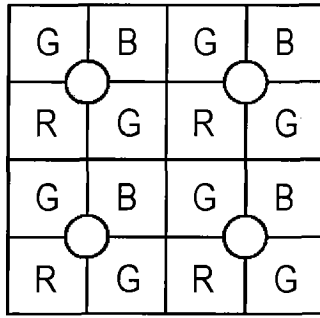


图 36

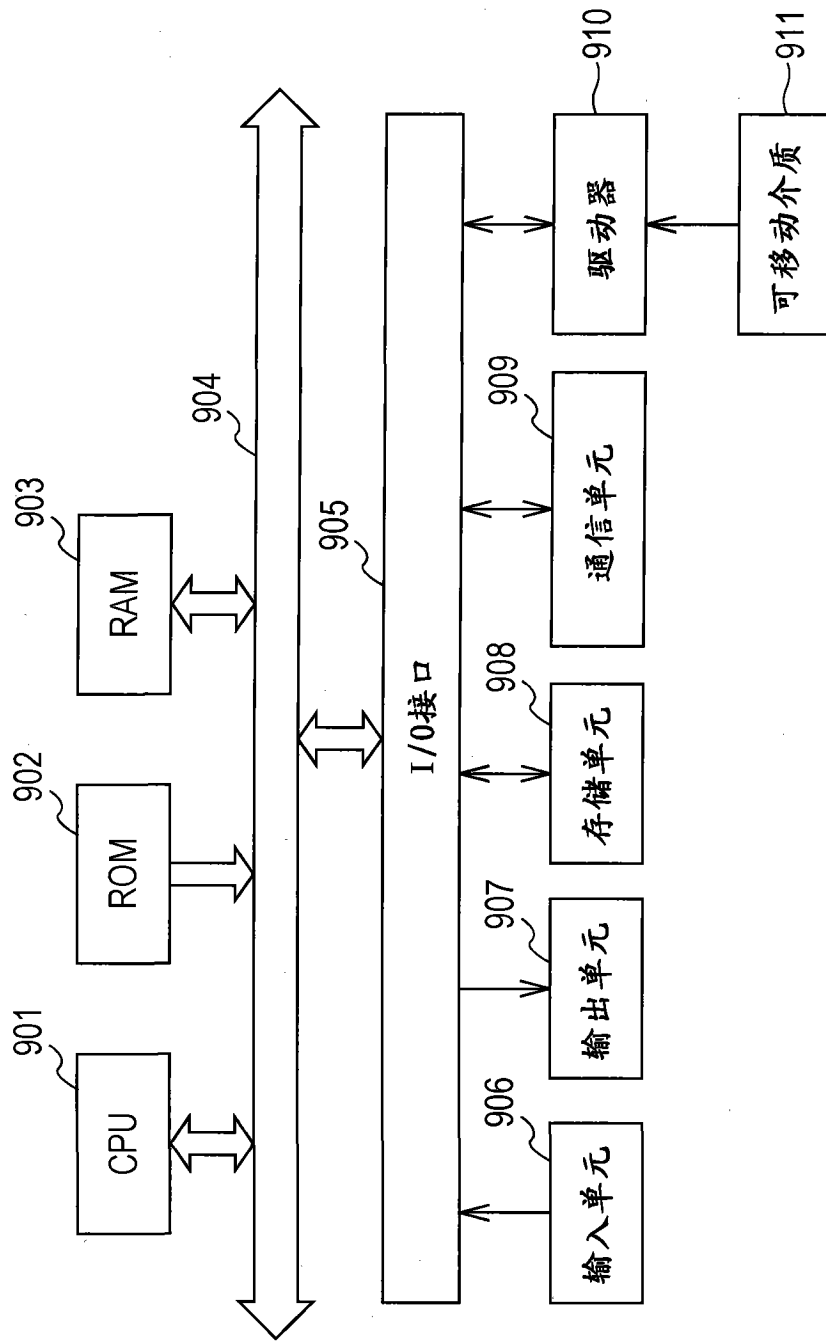


图 37