



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101796566 B

(45) 授权公告日 2013. 05. 15

(21) 申请号 200880105357. 9

(22) 申请日 2008. 09. 02

(30) 优先权数据

229807/07 2007. 09. 05 JP

(85) PCT申请进入国家阶段日

2010. 03. 03

(86) PCT申请的申请数据

PCT/JP2008/065716 2008. 09. 02

(87) PCT申请的公布数据

W02009/031514 JA 2009. 03. 12

(73) 专利权人 索尼公司

地址 日本东京都

(72) 发明人 塚本信 平井纯 西尾文孝

高桥巨成

(74) 专利代理机构 北京市柳沈律师事务所

11105

代理人 郭定辉

(51) Int. Cl.

G09G 3/20 (2006. 01)

G06T 5/00 (2006. 01)

G09G 5/00 (2006. 01)

H04N 1/405 (2006. 01)

H04N 5/20 (2006. 01)

H04N 5/66 (2006. 01)

(56) 对比文件

US 5373455 A, 1994. 12. 13,

CN 1164038 A, 1997. 11. 05,

CN 101729762 A, 2010. 06. 09,

CN 101087415 A, 2007. 12. 12,

Kite, T. D. 等. Digital Halftoning as 2-D Delta-sigma Modulation. 《Image Processing, International Conference》. 1997, 第1卷 799-802.

审查员 毕淑影

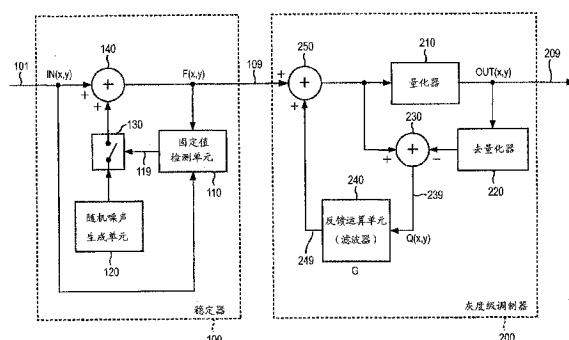
权利要求书3页 说明书18页 附图18页

(54) 发明名称

图像处理装置和图像处理方法

(57) 摘要

本发明公开了使得能够改善在灰度级转换后的图像的视觉品质的图像处理装置、图像处理方法和程序。用作转换图像的灰度级的 $\Delta\Sigma$ 调制器的灰度级调制器(200)具有加法器(250)、量化部分(210)、减法器(230)和反馈计算部分(240)。加法器(250)将图像的像素值与反馈计算部分(240)的输出相加。量化部分(210)将加法器(250)的输出进行量化,并且输出包括量化误差的量化值作为 $\Delta\Sigma$ 调制的结果。减法器(230)计算加法器(250)的输出和加法器(250)的输出的量化值之间的差以便确定量化误差。反馈计算部分(240)将量化误差进行滤波,并且将滤波结果输出到加法器(250)。确定通过反馈计算部分(240)的滤波的滤波器系数,以使得通过 $\Delta\Sigma$ 调制器的噪声整形的幅度特性在中频带或更高频带中的特性可以为人的视觉感应的空间频率特性的反特性。本发明可应用于图像灰度级转换。



1. 一种图像处理设备,包含:

$\Delta \Sigma$ 调制单元,其对图像执行 $\Delta \Sigma$ 调制以转换所述图像的灰度级;

其中,所述 $\Delta \Sigma$ 调制单元包括:

运算单元,其将量化误差进行滤波;

相加单元,其将所述图像的像素值和所述运算单元的输出相加;

量化单元,其量化所述相加单元的输出,并且输出包括所述量化误差的量化值作为 $\Delta \Sigma$ 调制的结果;以及

相减单元,其计算所述相加单元的输出和所述相加单元的输出量化值之间的差,从而计算出所述量化误差,

其中,确定通过所述运算单元的滤波的滤波器系数,以使得通过所述 $\Delta \Sigma$ 调制单元的噪声整形在等于或大于中频带的频带中的幅度特性为人眼的空间频率特性的反特性,并且使得相比于通过 Floyd 滤波器的 $\Delta \Sigma$ 调制的噪声整形的幅度特性,通过所述 $\Delta \Sigma$ 调制单元的噪声整形的幅度特性在高频带中快速增大。

2. 如权利要求 1 所述的图像处理设备,

其中,基于在人眼的空间频率特性当中、等于或大于与显示经历了所述 $\Delta \Sigma$ 调制的图像的显示单元的分辨率对应的空间频率的特性,确定通过所述运算单元的滤波的滤波器系数,以使得:噪声整形在等于或大于中频带的频带中的幅度特性为人眼的空间频率特性的反特性。

3. 如权利要求 1 所述的图像处理设备,

其中,确定通过所述运算单元的滤波的滤波器系数,以使得:相比于通过 Floyd 滤波器的 $\Delta \Sigma$ 调制的噪声整形的幅度特性,通过所述 $\Delta \Sigma$ 调制单元的噪声整形的幅度特性在低频带或中频带中为负并且在高频带中快速增大。

4. 如权利要求 1 所述的图像处理设备,

其中,通过所述运算单元的滤波的滤波器系数包括负值,并且确定通过所述运算单元的滤波的滤波器系数,以使得:相比于通过 Floyd 滤波器的 $\Delta \Sigma$ 调制的噪声整形的幅度特性,通过所述 $\Delta \Sigma$ 调制单元的噪声整形的幅度特性在高频带中快速增大。

5. 一种在图像处理设备中执行的图像处理方法,所述图像处理设备包括: $\Delta \Sigma$ 调制单元,其对图像执行 $\Delta \Sigma$ 调制以转换所述图像的灰度级,所述 $\Delta \Sigma$ 调制单元包括:运算单元,其将量化误差进行滤波;相加单元,其将所述图像的像素值和所述运算单元的输出相加;量化单元,其量化所述相加单元的输出,并且输出包括所述量化误差的量化值作为 $\Delta \Sigma$ 调制的结果;以及相减单元,其计算所述相加单元的输出和所述相加单元的输出量化值之间的差,从而计算出所述量化误差,所述图像处理方法包含以下步骤:

允许所述相加单元将所述图像的像素值与所述运算单元的输出相加;

允许所述量化单元量化所述相加单元的输出,并且输出包括所述量化误差的量化值作为 $\Delta \Sigma$ 调制的结果;

允许所述相减单元计算所述相加单元的输出和所述相加单元的输出量化值之间的差,从而计算出所述量化误差;以及

允许所述运算单元将所述量化误差进行滤波,并且将滤波结果输出给所述相加单元,

其中,确定通过所述运算单元的滤波的滤波器系数,以使得通过所述 $\Delta \Sigma$ 调制单元的

噪声整形在等于或大于中频带的频带中的幅度特性为人眼的空间频率特性的反特性,并且使得相比于通过 Floyd 滤波器的 $\Delta \Sigma$ 调制的噪声整形的幅度特性,通过所述 $\Delta \Sigma$ 调制单元的噪声整形的幅度特性在高频带中快速增大。

6. 一种图像处理设备,包含:

一致性检测单元,其检测感兴趣像素的像素值是否与图像中所述感兴趣像素周围的像素的像素值一致;

噪声生成单元,其生成随机噪声;

第一相加单元,其在检测到所述像素值彼此一致时,将所述随机噪声添加至所述感兴趣像素的像素值并且将相加值作为所述感兴趣像素的像素值输出,而在其它情况下不改变地输出所述感兴趣像素的像素值;以及

$\Delta \Sigma$ 调制单元,其对图像执行 $\Delta \Sigma$ 调制以转换所述图像的灰度级,

其中,所述 $\Delta \Sigma$ 调制单元包括:

运算单元,其将量化误差进行滤波;

第二相加单元,其将从所述第一相加单元输出的所述感兴趣图像的像素值与所述运算单元的输出相加;

量化单元,其量化所述第二相加单元的输出,并且输出包括所述量化误差的量化值作为 $\Delta \Sigma$ 调制的结果;以及

相减单元,其计算所述第二相加单元的输出和所述第二相加单元的输出量化值之间的差,从而计算所述量化误差,

其中,确定通过所述运算单元的滤波的滤波器系数,以使得通过所述 $\Delta \Sigma$ 调制单元的噪声整形在等于或大于中频带的频带中的幅度特性为人眼的空间频率特性的反特性。

7. 如权利要求 6 所述的图像处理设备,

其中,确定通过所述运算单元的滤波的滤波器系数,以使得:通过所述 $\Delta \Sigma$ 调制单元的噪声整形在等于或大于中频带的频带中的幅度特性为人眼的空间频率特性的反特性。

8. 如权利要求 7 所述的图像处理设备,

其中,基于在人眼的空间频率特性当中、等于或大于与显示经历了所述 $\Delta \Sigma$ 调制的图像的显示单元的分辨率对应的空间频率的特性,确定通过所述运算单元的滤波的滤波器系数,以使得:噪声整形在等于或大于中频带的频带中的幅度特性为人眼的空间频率特性的反特性。

9. 如权利要求 7 所述的图像处理设备,

其中,确定通过所述运算单元的滤波的滤波器系数,以使得:相比于通过 Floyd 滤波器的 $\Delta \Sigma$ 调制的噪声整形的幅度特性,通过所述 $\Delta \Sigma$ 调制单元的噪声整形的幅度特性在高频带中快速增大。

10. 如权利要求 7 所述的图像处理设备,

其中,确定通过所述运算单元的滤波的滤波器系数,以使得:相比于通过 Floyd 滤波器的 $\Delta \Sigma$ 调制的噪声整形的幅度特性,通过所述 $\Delta \Sigma$ 调制单元的噪声整形的幅度特性在低频带或中频带中为负并且在高频带中快速增大。

11. 如权利要求 7 所述的图像处理设备,

其中,通过所述运算单元的滤波的滤波器系数包括负值,并且确定通过所述运算单元

的滤波的滤波器系数,以使得:相比于通过 Floyd 滤波器的 $\Delta \Sigma$ 调制的噪声整形的幅度特性,通过所述 $\Delta \Sigma$ 调制单元的噪声整形的幅度特性在高频带中快速增大

12. 一种在图像处理设备中执行的图像处理方法,所述图像处理设备包括:一致性检测单元,其检测感兴趣像素的像素值是否与图像中所述感兴趣像素周围的像素的像素值一致;噪声生成单元,其生成随机噪声;第一相加单元,其在检测到所述像素值彼此一致时,将所述随机噪声添加至所述感兴趣像素的像素值并且将相加值作为所述感兴趣像素的像素值输出,而在其它情况下不改变地输出所述感兴趣像素的像素值;以及 $\Delta \Sigma$ 调制单元,其对图像执行 $\Delta \Sigma$ 调制以转换所述图像的灰度级,所述 $\Delta \Sigma$ 调制单元包括:运算单元,其将量化误差进行滤波;第二相加单元,其将从所述第一相加单元输出的感兴趣图像的像素值与所述运算单元的输出相加;量化单元,其量化所述第二相加单元的输出,并且输出包括所述量化误差的量化值作为 $\Delta \Sigma$ 调制的结果;以及相减单元,其计算所述第二相加单元的输出和所述第二相加单元的输出量化值之间的差,从而计算所述量化误差,所述图像处理方法包括以下步骤:

允许所述第一相加单元在检测到所述像素值彼此一致时,将所述随机噪声添加至所述感兴趣像素的像素值并且将相加值作为所述感兴趣像素的像素值输出,而在其它情况下不改变地输出所述感兴趣像素的像素值;

允许所述第二相加单元将从所述第一相加单元输出的所述感兴趣图像的像素值与所述运算单元的输出相加;

允许量化单元量化所述第二相加单元的输出,并且输出包括所述量化误差的量化值作为 $\Delta \Sigma$ 调制的结果;

允许相减单元计算所述第二相加单元的输出和所述第二相加单元的输出量化值之间的差,从而计算所述量化误差;以及

允许运算单元将所述量化误差进行滤波,并且将滤波结果输出到所述第二相加单元,

其中,确定通过所述运算单元的滤波的滤波器系数,以使得通过所述 $\Delta \Sigma$ 调制单元的噪声整形在等于或大于中频带的频带中的幅度特性为人眼的空间频率特性的反特性。

图像处理装置和图像处理方法

技术领域

[0001] 本发明涉及图像处理设备、图像处理方法和程序,更具体地,涉及能够改善在(例如)灰度级(gray scale)转换后的图像的视觉品质的图像处理设备、图像处理方法和程序。

背景技术

[0002] 例如,为了在显示装置上将具有 N 位像素值的图像(下文中称为 N 位图像)显示为具有小于 N 位的 M 位像素值的图像,需要将 N 位图像转换为 M 位图像,即,需要执行转换图像的灰度级的灰度级转换。

[0003] 作为将 N 位图像转换为 M 位图像的方法(灰度级转换方法),例如,存在将 N 位像素值的最低有效 N-M 位删除并且将像素值量化为 M 位像素值的方法。

[0004] 当在显示装置上显示图像信号时,图像的品质(图像品质)极大地受到图像信号的量化的影响。图像信号的量化是将图像信号的每一像素的像素值近似为可以由预定信息量所表示的值。例如,当由 8 位表示每一像素的像素值时,将最低有效 4 位删除,并且将像素值量化到最高有效 4 位。以此方式,可以将数据量减少一半。

[0005] 接下来,参考图 1 和图 2 描述把 N 位像素值的最低有效 N-M 位删除并且将像素值量化为 M 位像素值的灰度级转换方法。

[0006] 图 1 示出 8 位灰度级图像以及图像中水平线上的像素值。

[0007] 图 1 的 A 示出 8 位灰度级图像的示例。像素值在垂直方向上不变化,但像素值在水平方向上逐渐变化。图 1 的 B 是图示图 1 的 A 中所示的像素值的曲线图。在该曲线图中,水平轴表示水平方向上的坐标,而垂直轴表示每一坐标处的像素值。即,在 8 位灰度级图像中,像素值的级别从左至右在水平方向上逐渐从 100 变为 200。

[0008] 图 2 示出通过将图 1 中所示的 8 位灰度级图像的最低有效 4 位删除并且将灰度级图像量化为 4 位所获得的图像以及图像中水平线上的像素值。

[0009] 图 2 的 A 示出通过将图 1 的 A 中所示的 8 位灰度级图像的最低有效 4 位删除并且将灰度级图像量化为最高有效 4 位所获得的图像的示例。在该情况下,从灰度级图像中清楚地读出像素值的急剧变化。图 2 的 B 是图示图 2 的 A 中所示的像素值的曲线图。在该曲线图上,水平轴表示水平方向上的坐标,而垂直轴表示每一坐标处的像素值。如从图 2 的 B 中所示的曲线图可以看到的那样,像素值以急剧限定的步长而变化。

[0010] 这里,8 位可以表示 $256 (= 2^8)$ 个灰度级级别,而 4 位仅可以表示 $16 (2^4)$ 个灰度级级别。因此,在删除 8 位灰度级图像的最低有效 4 位并且将灰度级图像量化为最高有效 4 位的灰度级转换中,出现其中灰度级的变化显现为条形(stripe shape)的条带(banding)。

[0011] 因此,例如,已经提出了误差扩散方法,作为在经灰度级转换的图像中防止条带并且以伪方式表示在灰度级转换之前的图像的灰度级的灰度级转换方法,即,将 256 灰度级图像转换为 16 灰度级并且当人观看图像时在视觉上以 16 个灰度级级别表示 256 个灰度级级别的方法。

[0012] 即,简单地删除最低有效位的方法不足以防止从显示图像中看到量化误差,并且

难以维持高图像品质。作为误差扩散方法,已知对图像执行 $\Delta \Sigma$ 调制的方法,在该方法中,考虑人的视觉特性而将量化误差调制到高频带。在该误差扩散方法中,使用将量化误差进行滤波的二维滤波器。作为二维滤波器,已知下列滤波器:Jarvis-Judice-Ninke 滤波器(下文中将其称为 Jarvis 滤波器);以及 Floyd-Steinberg 滤波器(下文中将其称为 Floyd 滤波器)(例如,见非专利引文 1)。

[0013] [非专利引文 1] Kiya Hitoshi, 'Underst 与 ing Digital Image Processing', Sixth edition, CQ. Publications, January, 2000, pp. 196-213

发明内容

[0014] 本发明要解决的问题

[0015] 当显示装置具有足够的分辨率时, Jarvis 滤波器和 Floyd 滤波器可将量化误差调制到人的视觉特性不能觉察的频带。然而,当显示装置不具有足够的分辨率时, Jarvis 滤波器或 Floyd 滤波器难以将量化误差调制到人的视觉特性不能觉察的频带。

[0016] 即,图 3 示出了人眼的空间频率特性(视觉特性)以及通过 Jarvis 滤波器和 Floyd 滤波器的 $\Delta \Sigma$ 调制的噪声整形(noise shaping)的特性(幅度特性)。

[0017] 在图 3 中,特性 710 表示视觉特性。另外,特性 721 表示通过 Jarvis 滤波器的噪声整形的特性,而特性 722 表示通过 Floyd 滤波器的噪声整形的特性。

[0018] 为了表示人的视觉特性,使用了对比灵敏度曲线,在该曲线中,水平轴表示空间频率 f [单位:cpd(周期/度)],而垂直轴表示对比灵敏度。在这种情况下,cpd 表示针对视角每单位角度(视角:1 度)的条数。例如,10cpd 意味着在 1 度的视角处看到 10 对白线和黑线,20cpd 意味着在 1 度的视角处看到 20 对白线和黑线。

[0019] 如果假设使用具有最大频率大约 120cpd 的高分辨率打印机作为显示装置,那么如图 3 的 A 中所示那样, Jarvis 滤波器和 Floyd 滤波器均可以将量化误差调制到人眼几乎不能察觉到的频带。

[0020] 然而,如果假设使用具有大小为 1920 像素 $\times$ 1080 像素的高清显示器作为显示装置,那么针对视角每单位角度的最大频率大约为 30cpd。在这样情况下,如图 3 的 B 中所示那样,对于 Jarvis 滤波器或 Floyd 滤波器来说,难以将量化误差调制到对于人的视觉特性的灵敏度足够低的频带。这是由于显示装置的分辨率确定了采样频率并且人的视觉特性具有特征值。

[0021] 这样,在 Jarvis 滤波器或 Floyd 滤波器中,难以将量化误差调制到人的视觉灵敏度足够低的频带。结果,恶化了在灰度级转换后的图像的视觉品质。

[0022] 当将量化误差充分地调制到人的视觉灵敏度低的频带时,有可能出现误差扩散方法中所使用的二维滤波器的输出发散的摆动(hunting)现象。在这种情况下,同样恶化了在灰度级转换后的图像的视觉品质。

[0023] 为了解决上述问题而做出了本发明,本发明的目标在于提供能够改善在灰度级转换后的图像的视觉品质的技术。

[0024] 解决问题的办法

[0025] 本发明的第一方面提供了:图像处理设备,其包含对图像执行 $\Delta \Sigma$ 调制以转换所述图像的灰度级的 $\Delta \Sigma$ 调制单元;以及程序,其允许计算机用作所述图像处理设备。所述

$\Delta \Sigma$ 调制单元包括：运算单元，其将量化误差进行滤波；相加单元，其将所述图像的像素值和所述运算单元的输出相加；量化单元，其量化所述相加单元的输出，并且输出包括所述量化误差的量化值作为 $\Delta \Sigma$ 调制的结果；以及相减单元，其计算所述相加单元的输出和所述相加单元的输出量化值之间的差，从而计算所述量化误差。确定通过所述运算单元的滤波的滤波器系数，以使得通过所述 $\Delta \Sigma$ 调制单元的噪声整形在高频带中的幅度特性为人眼的空间频率特性的反特性。

[0026] 本发明的第一方面还提供了在图像处理设备中执行的图像处理方法，所述图像处理设备包括： $\Delta \Sigma$ 调制单元，其对图像执行 $\Delta \Sigma$ 调制以转换所述图像的灰度级。所述 $\Delta \Sigma$ 调制单元包括：运算单元，其将量化误差进行滤波；相加单元，其将所述图像的像素值和所述运算单元的输出相加；量化单元，其量化所述相加单元的输出，并且输出包括所述量化误差的量化值作为 $\Delta \Sigma$ 调制的结果；以及相减单元，其计算所述相加单元的输出和所述相加单元的输出量化值之间的差，从而计算量化误差。所述图像处理方法包含以下步骤：允许所述相加单元将所述图像的像素值与所述运算单元的输出相加；允许所述量化单元量化所述相加单元的输出，并且输出包括所述量化误差的量化值作为 $\Delta \Sigma$ 调制的结果；允许所述相减单元计算所述相加单元的输出和所述相加单元的输出量化值之间的差，从而计算量化误差；以及允许所述运算单元将所述量化误差进行滤波，并且将滤波结果输出给所述相加单元。确定通过所述运算单元的滤波的滤波器系数，以使得通过所述 $\Delta \Sigma$ 调制单元的噪声整形在高频带中的幅度特性为人眼的空间频率特性的反特性。

[0027] 在上述第一方面中，所述相加单元将所述图像的像素值与所述运算单元的输出相加；量化单元量化所述相加单元的输出，并且输出包括所述量化误差的量化值作为 $\Delta \Sigma$ 调制的结果。相减单元计算所述相加单元的输出和所述相加单元的输出量化值之间的差，从而计算量化误差。所述运算单元将量化误差进行滤波，并且将滤波结果输出至相加单元。在这种情况下，确定通过所述运算单元的滤波的滤波器系数，以使得：通过所述 $\Delta \Sigma$ 调制单元的噪声整形在高频带中的幅度特性为人眼的空间频率特性的反特性。

[0028] 本发明的第二方面提供了图像处理设备以及允许计算机用作所述图像处理设备的程序。所述图像处理设备包括：一致性检测单元，其检测感兴趣像素的像素值是否与图像中所述感兴趣像素周围的像素的像素值一致；噪声生成单元，其生成随机噪声；第一相加单元，其在检测到所述像素值彼此一致时，将所述随机噪声添加至所述感兴趣像素的像素值并且将相加值作为所述感兴趣像素的像素值输出，而在其它情况下不改变地输出所述感兴趣像素的像素值；以及 $\Delta \Sigma$ 调制单元，其对图像执行 $\Delta \Sigma$ 调制以转换所述图像的灰度级。所述 $\Delta \Sigma$ 调制单元包括：运算单元，其将量化误差进行滤波；第二相加单元，其将从所述第一相加单元输出的所述感兴趣图像的像素值与所述运算单元的输出相加；量化单元，其量化所述第二相加单元的输出，并且输出包括所述量化误差的量化值作为 $\Delta \Sigma$ 调制的结果；以及相减单元，其计算所述第二相加单元的输出和所述第二相加单元的输出量化值之间的差，从而计算量化误差。

[0029] 本发明的第二方面还提供了在图像处理设备中执行的图像处理方法，所述图像处理设备包括：一致性检测单元，其检测感兴趣像素的像素值是否与图像中所述感兴趣像素周围的像素的像素值一致；噪声生成单元，其生成随机噪声；第一相加单元，其在检测到所述像素值彼此一致时，将所述随机噪声添加至所述感兴趣像素的像素值并且将相加值作为

所述感兴趣像素的像素值输出,而在其它情况下不改变地输出所述感兴趣像素的像素值;以及 $\Delta \Sigma$ 调制单元,其对图像执行 $\Delta \Sigma$ 调制以转换所述图像的灰度级。所述 $\Delta \Sigma$ 调制单元包括:运算单元,其将量化误差进行滤波;第二相加单元,其将从所述第一相加单元输出的感兴趣图像的像素值与所述运算单元的输出相加;量化单元,其量化所述第二相加单元的输出,并且输出包括所述量化误差的量化值作为 $\Delta \Sigma$ 调制的结果;以及相减单元,其计算所述第二相加单元的输出和所述第二相加单元的输出量化值之间的差,从而计算量化误差。所述图像处理方法包括以下步骤:允许所述第一相加单元在检测到所述像素值彼此一致时,将所述随机噪声添加至所述感兴趣像素的像素值并且将相加值作为所述感兴趣像素的像素值输出,而在其它情况下不改变地输出所述感兴趣像素的像素值;允许所述第二相加单元将从所述第一相加单元输出的所述感兴趣图像的像素值与所述运算单元的输出相加;允许量化单元量化所述第二相加单元的输出,并且输出包括所述量化误差的量化值作为 $\Delta \Sigma$ 调制的结果;允许相减单元计算所述第二相加单元的输出和所述第二相加单元的输出量化值之间的差,从而计算量化误差;以及允许运算单元将所述量化误差进行滤波,并且将滤波结果输出到所述第二相加单元。

[0030] 在上述的第二方面中,所述第一相加单元在检测到所述像素值彼此一致时,将所述随机噪声添加至所述感兴趣像素的像素值并且将相加值作为所述感兴趣像素的像素值输出,而在其它情况下不改变地输出所述感兴趣像素的像素值。所述第二相加单元将从所述第一相加单元输出的感兴趣图像的像素值与所述运算单元的输出相加。所述量化单元量化所述第二相加单元的输出,并且输出包括所述量化误差的量化值作为 $\Delta \Sigma$ 调制的结果。所述相减单元计算所述第二相加单元的输出和所述第二相加单元的输出量化值之间的差,从而计算量化误差。所述运算单元将所述量化误差进行滤波,并且将滤波结果输出到所述第二相加单元。

[0031] 所述图像处理设备可以是独立设备,或者是一个设备的内部块。

[0032] 所述程序可以经由传输介质来传送,或者可以将其记录在记录介质上然后提供。

[0033] 有利的效果

[0034] 根据本发明的第一和第二方面,可以改善在灰度级转换后的图像的视觉品质。

附图说明

[0035] 图 1 是图示 8 位灰度级图像的示例的图。

[0036] 图 2 是图示在将 8 位灰度级图像仅量化为 4 位灰度级图像时的示例的图。

[0037] 图 3 是图示人的视觉特性以及通过根据现有技术的滤波器的噪声整形的幅度特性的图。

[0038] 图 4 是图示根据本发明实施例的图像处理设备的结构的示例的框图。

[0039] 图 5 是图示图像信号的每一像素的处理序列的图。

[0040] 图 6 是图示固定值检测单元 110 的结构的示例的框图。

[0041] 图 7 是图示校正像素值提供单元 111 的结构的示例的框图。

[0042] 图 8 是图示反馈运算单元 240 的结构的示例的框图。

[0043] 图 9 是图示量化误差提供单元 241 的结构的示例的框图。

[0044] 图 10 是图示人的视觉特性以及滤波器在空间频率的最大频率为 30cpd 时的幅度

特性的图。

[0045] 图 11 是图示灰度级转换的结果的示例的图。

[0046] 图 12 是图示图像处理设备的处理序列的示例的流程图。

[0047] 图 13 是图示稳定处理的过程的示例的流程图。

[0048] 图 14 是图示灰度级调制处理的过程的示例的流程图。

[0049] 图 15 是图示噪声整形的幅度特性和滤波器系数的第一示例的图。

[0050] 图 16 是图示噪声整形的幅度特性和滤波器系数的第二示例的图。

[0051] 图 17 是图示噪声整形的幅度特性和滤波器系数的第三示例的图。

[0052] 图 18 是图示根据本发明实施例的计算机的示例的框图。

[0053] 附图标记说明

[0054] 100 :稳定器

[0055] 110 :固定值检测单元

[0056] 111 :校正像素值提供单元

[0057] 118 :与 (AND) 运算符

[0058] 120 :随机噪声生成单元

[0059] 130 :开关

[0060] 140 :加法器

[0061] 200 :灰度级调制器

[0062] 210 :量化器

[0063] 220 :去量化器

[0064] 230 :减法器

[0065] 240 :反馈运算单元

[0066] 241 :量化误差提供单元

[0067] 248, 250 :加法器

[0068] 501 :总线

[0069] 502 :CPU

[0070] 503 :ROM

[0071] 504 :RAM

[0072] 505 :硬盘

[0073] 506 :输出单元

[0074] 507 :输入单元

[0075] 508 :通信单元

[0076] 509 :驱动器

[0077] 510 :输入 / 输出接口

[0078] 511 :可拆卸记录介质

[0079] 1111 :存储器

[0080] 1114 :写单元

[0081] 1115, 1116 :读单元

[0082] 1121 ~ 1132 :延迟元件

- [0083] 1161 ~ 1172 :比较器
- [0084] 2411 :存储器
- [0085] 2414 :写单元
- [0086] 2415, 2416 :读单元
- [0087] 2421 ~ 2432 :延迟元件
- [0088] 2461 ~ 2472 :乘法器

具体实施方式

[0089] 下文中将参考附图,详细描述本发明的示例性实施例。

[0090] [图像处理设备的总体结构的示例]

[0091] 图4是图示根据本发明实施例的图像处理设备的结构的示例的图。

[0092] 图像处理设备是从信号线101接收作为输入信号 $IN(x, y)$ 的二维图像信号并从信号线209将输出信号 $OUT(x, y)$ 输出的灰度级转换设备,其包括稳定器100和灰度级调制器200。

[0093] 灰度级调制器200形成 $\Delta \Sigma$ 调制器,其具有用于调制在高频范围中的量化误差(量化噪声)的噪声整形效果。在本发明的实施例中,确定 $\Delta \Sigma$ 调制器的噪声整形特性,以使得即使在针对视角的每单位角度的最大频率大约为30cpd的时候,也足以将量化噪声调制到人眼几乎不能觉察到的频带。因此,出现 $\Delta \Sigma$ 调制器发散的摆动现象。摆动现象很可能在连续输入相同数据的时候出现。为了防止摆动现象,在图像处理设备中提供稳定器100并且施加非常少量的噪声,以使得 $\Delta \Sigma$ 调制器在连续输入相同数据的时候不会发散。

[0094] 稳定器100包括固定值检测单元110、随机噪声生成单元120、开关130和加法器140。灰度级调制器200包括量化器210、去量化器220、减法器230、反馈运算单元240和加法器250。将稳定器100的输出作为经校正的信号 $F(x, y)$ 输出至信号线109,然后输入至灰度级调制器200。

[0095] 固定值检测单元110确定输入信号 $IN(x, y)$ 是否具有与先前经校正的信号 $F(x, y)$ 相同的数据,并且检测该相同的数据是否作为固定值而连续输入。输入信号 $IN(x, y)$ 是在灰度级将要转换的图像中的位置 (x, y) 处的像素的像素值。

[0096] 随机噪声生成单元120生成随机噪声。随机噪声的噪声级别依赖于灰度级调制器200的反馈运算单元240的滤波器系数。

[0097] 固定值检测单元110将开关130闭合或断开。当固定值检测单元110检测到固定值时,开关130将随机噪声生成单元120所生成的随机噪声提供给加法器140。在其他情况下,开关130不向加法器140提供随机噪声。

[0098] 加法器140将输入信号 $IN(x, y)$ 和开关130的输出相加。当从开关130提供随机噪声时,加法器140将随机噪声相加至输入信号 $IN(x, y)$,并且将相加值作为经校正的信号 $F(x, y)$ 输出。当未从开关130提供随机噪声时,加法器140没有任何变化地将输入信号 $IN(x, y)$ 输出为经校正的信号 $F(x, y)$ 。

[0099] 量化器210量化加法器250的输出。例如,当从加法器250输入12位数据并且用于显示经灰度级转换的图像的显示装置(未示出)显示8位图像时,量化器210删除最低有效4位,并且输出最高有效8位作为输出信号 $OUT(x, y)$ 。输出信号 $OUT(x, y)$ 是在经历

了灰度级转换的图像中的位置 (x, y) 处的像素的像素值。

[0100] 去量化器 220 将量化器 210 所量化的输出信号 $OUT(x, y)$ 进行去量化。例如, 当量化后的输出信号 $OUT(x, y)$ 为 8 位时, 去量化器 220 以 ‘0000’ 填充最低有效 4 位 (填充), 并且输出与输入信号 $IN(x, y)$ 的数据相同的 12 位数据。

[0101] 减法器 230 计算加法器 250 的输出与去量化器 220 的输出之间的差。减法器 230 从加法器 250 的输出中减去去量化器 220 的输出, 并且将量化器 210 所去除的量化误差 $Q(x, y)$ 输出至信号线 239。

[0102] 反馈运算单元 240 例如是将从减法器 230 输出的先前量化误差 $Q(x, y)$ 进行滤波的二维滤波器, 并且例如可以由 FIR (有限脉冲响应) 滤波器构成。

[0103] 即, 反馈运算单元 240 将从减法器 230 输出的先前量化误差 $Q(x, y)$ 与 (例如) 预定滤波器系数相乘, 并且将得到的值进行相加。将通过反馈运算单元 240 的乘积和 (product-sum) 操作所计算出的值 (即, 量化误差的滤波结果) 作为反馈值提供给加法器 250。

[0104] 加法器 250 用于将反馈运算单元 240 所计算出的反馈值反馈给输入至灰度级调制器 200 的经校正的信号 $F(x, y)$ 。加法器 250 将输入至灰度级调制器 200 的经校正的信号 $F(x, y)$ 和反馈运算单元 240 所计算出的反馈值相加, 并且将相加值输出至量化器 210 和减法器 230。

[0105] 在图像处理设备中, 输入至灰度级调制器 200 的经校正的信号 $F(x, y)$ 和从灰度级调制器 200 输出的输出信号 $OUT(x, y)$ 具有由下列表达式所表示的输入 / 输出关系。

$$[0106] \quad OUT(x, y) = F(x, y) - (1-G) \times Q(x, y) \quad \dots (1)$$

[0107] 在表达式 (1) 中, G 表示作为反馈运算单元 240 的二维滤波器的传递函数。

[0108] 根据表达式 (1), 通过传递函数 $(1-G)$ 的噪声整形将量化噪声 $Q(x, y)$ 调制到高频带。

[0109] [图像处理设备的像素的处理序列]

[0110] 图 5 是图示本发明实施例中图像信号的每一像素的处理序列的图。

[0111] 这里, 由二维坐标系表示图像信号的每一像素的位置 (坐标), 其中, 左上像素 (的中心) 是基准坐标 (原点) $(0, 0)$, 水平轴是 x 坐标, 而垂直轴是 y 坐标。另外, 假设相邻像素之间的距离是 1。

[0112] 图 4 所示的图像处理设备如图 5 中箭头所示那样, 以从左至右和从上方至下方的光栅扫描顺序来处理作为感兴趣像素 (其为处理目标) 的灰度级转换之前的图像的像素。即, 将输入信号 $IN(0, 0)$ 、 $IN(1, 0)$ 、 $IN(2, 0)$ 、...、 $IN(0, 1)$ 、 $IN(1, 1)$ 、 $IN(2, 1)$ 、... 以此顺序输入至图像处理设备。

[0113] 在固定值检测单元 110 或反馈运算单元 240 中, 当参考其他像素时, 将光栅扫描顺序考虑为预定区域。例如, 在固定值检测单元 110 中, 当检测到输入信号 $IN(x, y)$ 的固定值时, 参考虚线所围绕的区域中的 12 个经校正的信号 $F(x-2, y-2)$ 、 $F(x-1, y-2)$ 、 $F(x, y-2)$ 、 $F(x+1, y-2)$ 、 $F(x+2, y-2)$ 、 $F(x-2, y-1)$ 、 $F(x-1, y-1)$ 、 $F(x, y-1)$ 、 $F(x+1, y-1)$ 、 $F(x+2, y-1)$ 、 $F(x-2, y)$ 和 $F(x-1, y)$ (即, 先前经校正的信号)。类似地, 在反馈运算单元 240 中, 当计算对应于经校正的信号 $F(x, y)$ 的反馈值时, 参考虚线所围绕的区域中的 12 个量化误差 $Q(x-2, y-2)$ 、 $Q(x-1, y-2)$ 、 $Q(x, y-2)$ 、 $Q(x+1, y-2)$ 、 $Q(x+2, y-2)$ 、 $Q(x-2, y-1)$ 、 $Q(x-1, y-1)$ 、 $Q(x, y-1)$ 、 $Q(x+1, y-1)$ 、 $Q(x+2, y-1)$ 、 $Q(x-2, y)$ 和 $Q(x-1, y)$ (即, 先前经校正的信号)。

$y-1$)、 $Q(x+1, y-1)$ 、 $Q(x+2, y-1)$ 、 $Q(x-2, y)$ 和 $Q(x-1, y)$ (即, 先前的量化误差)。

[0114] 当灰度级转换前的图像是包括亮度信号 Y 和色差信号 Cb 与 Cr 的彩色图像信号时, 对每一信号执行灰度级转换处理。即, 独立地对亮度信号 Y 执行灰度级转换处理, 并且同样独立地对色差信号 Cb 和 Cr 执行灰度级转换处理。

[0115] [固定值检测单元 110 的结构的示例]

[0116] 图 6 是图示图 4 中所示的固定值检测单元 110 的结构的示例的图。

[0117] 固定值检测单元 110 包括校正像素值提供单元 111、比较器 1161 到 1172 和与运算符 118。

[0118] 校正像素值提供单元 111 提供经校正的信号 $F(x, y)$ 的先前像素值。在本示例中, 假设提供 12 个经校正的信号 $F(x-2, y-2)$ 、 $F(x-1, y-2)$ 、 $F(x, y-2)$ 、 $F(x+1, y-2)$ 、 $F(x+2, y-2)$ 、 $F(x-2, y-1)$ 、 $F(x-1, y-1)$ 、 $F(x, y-1)$ 、 $F(x+1, y-1)$ 、 $F(x+2, y-1)$ 、 $F(x-2, y)$ 和 $F(x-1, y)$ 。

[0119] 比较器 1161 到 1172 将从校正像素值提供单元 111 提供的经校正的信号 F 的像素值与输入信号 $IN(x, y)$ 进行比较, 并且检测它们是否彼此一致。

[0120] 与运算符 118 是对比较器 1161 到 1172 的输出执行与运算的与门。即, 当所有的比较器 1161 到 1172 检测到像素值与输入信号彼此一致时, 与运算符 118 将真值 '1' 输出到信号线 119。当没有比较器检测到像素值和输入信号彼此一致时, 与运算符 118 将真值 '0' 输出到信号线 119。

[0121] [校正像素值提供单元 111 的结构的示例]

[0122] 图 7 是图示图 6 中所示的校正像素值提供单元 111 的结构的示例的图。

[0123] 校正像素值提供单元 111 包括存储器 1111、写单元 1114、读单元 1115 和 1116 以及延迟元件 1121 到 1132。

[0124] 存储器 1111 包括行存储器 #0(1112) 和 #1(1113)。行存储器 #0(1112) 存储垂直方向 Y 上的行 $(y-2)$ 的经校正的信号 F 。行存储器 #1(1113) 存储垂直方向 Y 上的行 $(y-1)$ 的经校正的信号 F 。

[0125] 写单元 1114 将经校正的信号 $F(x, y)$ 写入至存储器 1111。读单元 1115 从行存储器 #0(1112) 逐一读取垂直方向 Y 上的行 $(y-2)$ 的经校正的信号 F 。将作为读单元 1115 的输出的经校正的信号 $F(x+2, y-2)$ 输入至延迟元件 1124, 并且还经由信号线 1145 提供至比较器 1165 的一个输入端。另外, 读单元 1116 从行存储器 #1(1113) 逐一读取垂直方向 Y 上的行 $(y-1)$ 的经校正的信号 F 。将作为读单元 1116 的输出的经校正的信号 $F(x+2, y-1)$ 输入至延迟元件 1129, 并且还经由信号线 1150 提供至比较器 1170 的一个输入端。

[0126] 延迟元件 1121 到 1124 形成将读单元 1115 的输出进行延迟的移位寄存器。即, 将作为延迟元件 1124 的输出的经校正的信号 $F(x+1, y-2)$ 输入至延迟元件 1123, 并且还经由信号线 1144 提供给比较器 1164 的一个输入端。将作为延迟元件 1123 的输出的经校正的信号 $F(x, y-2)$ 输入至延迟元件 1122, 并且还经由信号线 1143 提供给比较器 1163 的一个输入端。将作为延迟元件 1122 的输出的经校正的信号 $F(x-1, y-2)$ 输入至延迟元件 1121, 并且还经由信号线 1142 提供给比较器 1162 的一个输入端。将作为延迟元件 1121 的输出的经校正的信号 $F(x-2, y-2)$ 经由信号线 1141 提供给比较器 1161 的一个输入端。

[0127] 延迟元件 1126 到 1129 形成将读单元 1116 的输出进行延迟的移位寄存器。即, 将

作为延迟元件 1129 的输出的经校正的信号 $F(x+1, y-1)$ 输入至延迟元件 1128, 并且还经由信号线 1149 提供给比较器 1169 的一个输入端。将作为延迟元件 1128 的输出的经校正的信号 $F(x, y-1)$ 输入至延迟元件 1127, 并且还经由信号线 1148 提供给比较器 1168 的一个输入端。将作为延迟元件 1127 的输出的经校正的信号 $F(x-1, y-1)$ 输入至延迟元件 1126, 并且还经由信号线 1147 提供给比较器 1167 的一个输入端。将作为延迟元件 1126 的输出的经校正的信号 $F(x-2, y-1)$ 经由信号线 1146 提供给比较器 1166 的一个输入端。

[0128] 延迟元件 1131 和 1132 形成将经校正的信号 $F(x, y)$ 进行延迟的移位寄存器。即, 将作为延迟元件 1132 的输出的经校正的信号 $F(x-1, y)$ 输入至延迟元件 1131, 并且还经由信号线 1152 提供给比较器 1172 的一个输入端。将作为延迟元件 1131 的输出的经校正的信号 $F(x-2, y)$ 经由信号线 1151 提供给比较器 1171 的一个输入端。

[0129] 信号线 109 的经校正的信号 $F(x, y)$ 存储在行存储器 #0(1112) 的地址 x 处。当以光栅扫描顺序完成了对应于一行的处理时, 行存储器 #0(1112) 与行存储器 #1(1113) 进行交换, 以使得存储在行存储器 #0(1112) 中的经校正的信号对应于垂直方向 Y 上的行 $(y-2)$, 并且存储在行存储器 #1(1113) 中的经校正的信号对应于垂直方向 Y 上的行 $(y-1)$ 。

[0130] [反馈运算单元 240 的结构示例]

[0131] 图 8 是图示图 4 中所示的反馈运算单元 240 的结构示例的图。

[0132] 反馈运算单元 240 包括量化误差提供单元 241、乘法器 2461 到 2472 和加法器 248, 并且形成 FIR 滤波器。

[0133] 量化误差提供单元 241 提供量化误差 $Q(x, y)$ 的先前值。在本实例中, 假设提供了 12 个量化误差 $Q(x-2, y-2)$ 、 $Q(x-1, y-2)$ 、 $Q(x, y-2)$ 、 $Q(x+1, y-2)$ 、 $Q(x+2, y-2)$ 、 $Q(x-2, y-1)$ 、 $Q(x-1, y-1)$ 、 $Q(x, y-1)$ 、 $Q(x+1, y-1)$ 、 $Q(x+2, y-1)$ 、 $Q(x-2, y)$ 和 $Q(x-1, y)$ 。

[0134] 乘法器 2461 到 2472 中的每一个将从量化误差提供单元 241 提供的量化误差 Q 与滤波器系数 g 相乘。在本示例中, 假设使用了 12 个滤波器系数。乘法器 2461 将量化误差 $Q(x-2, y-2)$ 与滤波器系数 $g(1, 1)$ 相乘。乘法器 2462 将量化误差 $Q(x-1, y-2)$ 与滤波器系数 $g(2, 1)$ 相乘。乘法器 2463 将量化误差 $Q(x, y-2)$ 与滤波器系数 $g(3, 1)$ 相乘。乘法器 2464 将量化误差 $Q(x+1, y-2)$ 与滤波器系数 $g(4, 1)$ 相乘。乘法器 2465 将量化误差 $Q(x+2, y-2)$ 与滤波器系数 $g(5, 1)$ 相乘。乘法器 2466 将量化误差 $Q(x-2, y-1)$ 与滤波器系数 $g(1, 2)$ 相乘。乘法器 2467 将量化误差 $Q(x-1, y-1)$ 与滤波器系数 $g(2, 2)$ 相乘。乘法器 2468 将量化误差 $Q(x, y-1)$ 与滤波器系数 $g(3, 2)$ 相乘。乘法器 2469 将量化误差 $Q(x+1, y-1)$ 与滤波器系数 $g(4, 2)$ 相乘。乘法器 2470 将量化误差 $Q(x+2, y-1)$ 与滤波器系数 $g(5, 2)$ 相乘。乘法器 2471 将量化误差 $Q(x-2, y)$ 与滤波器系数 $g(1, 3)$ 相乘。乘法器 2472 将量化误差 $Q(x-1, y)$ 与滤波器系数 $g(2, 3)$ 相乘。

[0135] 加法器 248 将乘法器 2461 到 2472 的输出相加。加法器 248 的相加结果经由信号线 249 作为反馈值提供给加法器 250 的一个输入端。

[0136] [量化误差提供单元 241 的结构示例]

[0137] 图 9 是图示图 8 中所示的量化误差提供单元 241 的结构示例的图。

[0138] 量化误差提供单元 241 包括存储器 2411、写单元 2414、读单元 2415 和 2416 以及延迟元件 2421 到 2432。

[0139] 存储器 2411 包括行存储器 #0(2412) 和 #1(2413)。行存储器 #0(2412) 存储垂直

方向 Y 上的行 (y-2) 的量化误差 Q。行存储器 #1 (2413) 存储垂直方向 Y 上的行 (y-1) 的量化误差 Q。

[0140] 写单元 2414 将量化误差 $Q(x, y)$ 写入至存储器 2411。读单元 2415 从行存储器 #0 (2412) 逐一读取垂直方向 Y 上的行 (y-2) 的量化误差 Q。将作为读单元 2415 的输出的量化误差 $Q(x+2, y-2)$ 输入至延迟元件 2424, 并且还经由信号线 2445 提供至乘法器 2465 的一个输入端。另外, 读单元 2416 从行存储器 #1 (2413) 逐一读取垂直方向 Y 上的行 (y-1) 的量化误差 Q。将作为读单元 2416 的输出的量化误差 $Q(x+2, y-1)$ 输入至延迟元件 2429, 并且还经由信号线 2450 提供至乘法器 2470 的一个输入端。

[0141] 延迟元件 2421 到 2424 形成将读单元 2415 的输出进行延迟的移位寄存器。即, 将作为延迟元件 2424 的输出的量化误差 $Q(x+1, y-2)$ 输入至延迟元件 2423, 并且还经由信号线 2444 提供给乘法器 2464 的一个输入端。将作为延迟元件 2423 的输出的量化误差 $Q(x, y-2)$ 输入至延迟元件 2422, 并且还经由信号线 2443 提供给乘法器 2463 的一个输入端。将作为延迟元件 2422 的输出的量化误差 $Q(x-1, y-2)$ 输入至延迟元件 2421, 并且还经由信号线 2442 提供给乘法器 2462 的一个输入端。将作为延迟元件 2421 的输出的量化误差 $Q(x-2, y-2)$ 经由信号线 2441 提供给乘法器 2461 的一个输入端。

[0142] 延迟元件 2426 到 2429 形成将读单元 2416 的输出进行延迟的移位寄存器。即, 将作为延迟元件 2429 的输出的量化误差 $Q(x+1, y-1)$ 输入至延迟元件 2428, 并且还经由信号线 2449 提供给乘法器 2469 的一个输入端。将作为延迟元件 2428 的输出的量化误差 $Q(x, y-1)$ 输入至延迟元件 2427, 并且还经由信号线 2448 提供给乘法器 2468 的一个输入端。将作为延迟元件 2427 的输出的量化误差 $Q(x-1, y-1)$ 输入至延迟元件 2426, 并且还经由信号线 2447 提供给乘法器 2467 的一个输入端。将作为延迟元件 2426 的输出的量化误差 $Q(x-2, y-1)$ 经由信号线 2446 提供给乘法器 2466 的一个输入端。

[0143] 延迟元件 2431 和 2432 形成将量化误差 $Q(x, y)$ 进行延迟的移位寄存器。即, 将作为延迟元件 2432 的输出的量化误差 $Q(x-1, y)$ 输入至延迟元件 2431, 并且还经由信号线 2452 提供给乘法器 2472 的一个输入端。将作为延迟元件 2431 的输出的量化误差 $Q(x-2, y)$ 经由信号线 2451 提供给比较器 2471 的一个输入端。

[0144] 信号线 239 的量化误差 $Q(x, y)$ 存储在行存储器 #0 (2412) 的地址 x 处。当以光栅扫描顺序完成了对应于一行的处理时, 行存储器 #0 (2412) 与行存储器 #1 (2413) 进行交换, 以使得存储在行存储器 #0 (2412) 中的量化误差对应于垂直方向 Y 上的行 (y-2), 而存储在行存储器 #1 (2413) 中的量化误差对应于垂直方向 Y 上的行 (y-1)。

[0145] [通过灰度级调制器 200 的噪声整形的特性以及通过反馈运算单元 240 的滤波的滤波器系数]

[0146] 图 10 是图示人的视觉特性以及在用于显示灰度级转换后的图像的显示装置可显示的图像的空间频率的最大值为 30cpd 时通过图 4 中所示的灰度级调制器 200 的 $\Delta \Sigma$ 调制的噪声整形的幅度特性的图。

[0147] 水平轴表示空间频率 f [cpd]。对于人的视觉特性 710, 垂直轴表示对比灵敏度。对于噪声整形的幅度特性 721、722 和 730, 垂直轴表示增益。

[0148] 类似于图 3, 幅度特性 721 和 722 分别表示通过 Jarvis 滤波器的噪声整形的幅度特性以及通过 Floyd 滤波器的噪声整形的幅度特性。幅度特性 730 表示作为二维滤波器的

反馈运算单元 240 的噪声整形的幅度特性。

[0149] 在图 10 中,人的视觉特性 710 在 7cpd 的空间频率 f 的周围具有峰值,并被衰减至大约 60cpd。相比之下,通过图 4 中所示的灰度级调制器 200 的噪声整形的幅度特性 730 是如下这样的曲线:其中,空间频率 f 在负方向上被衰减至大约 12cpd,然后急剧上升。即,灰度级调制器具有如下这样的幅度特性 730:其中,低频分量(其具有大约为显示器可显示的图像的空间频率的最大频率的三分之二的频率)的量化误差被衰减,并且量化误差被调制到对于人的视觉特性 710 的灵敏度足够低的频带。

[0150] 在根据现有技术的 Jarvis 滤波器和 Floyd 滤波器中,幅度特性 721 和 722 表明难以将量化误差调制到对于人的视觉特性 710 的灵敏度足够低的频带。

[0151] 确定通过图 4 中所示的灰度级调制器 200 的反馈运算单元 240 的滤波的滤波器系数,以使得通过灰度级调制器 200 的 $\Delta \Sigma$ 调制的噪声整形的幅度特性为图 10 中所示的幅度特性 730。

[0152] 即,由显示装置(未示出)显示由图 4 中所示的图像处理设备转换了灰度级的图像。因此,为了改善显示装置所显示的图像的品质,最好针对人眼的空间频率特性(视觉特性)考虑显示装置所显示的图像的最大空间频率。

[0153] 基于在人眼的空间频率特性(视觉特性)当中等于或低于与显示装置的分辨率对应的空间频率的特性,确定通过反馈运算单元 240 的滤波的滤波器系数。

[0154] 具体地,可以根据显示装置的分辨率以及观看者观看显示装置时从观看者到显示装置的距离(下文中将其称为观看距离),获得显示装置所显示的图像的最大空间频率,作为单位为 cpd 的空间频率。

[0155] 当显示装置在垂直方向(经度)上的长度是 H 英寸时,观看距离例如处于大约 $2.5H$ 到大约 $3.0H$ 的范围中。

[0156] 例如,当显示装置具有能够显示所谓的 HD(高清)图像的 1920×1080 像素的 40 英寸尺寸时,显示装置所显示的图像的最大空间频率为 30cpd。

[0157] 通过显示装置的分辨率确定显示装置所显示的图像的最大空间频率。因此,在下文中,将显示装置所显示的图像的最大空间频率适当地称为对应于分辨率的空间频率。

[0158] 图 10 示出了等于或低于与显示装置的分辨率对应的空间频率的视觉特性 710。

[0159] 即,例如,图 10 示出了在假设与显示装置的分辨率对应的空间频率等于或低于(例如)30cpd 的情况下,等于或低于 30cpd 的空间频率的视觉特性 730。

[0160] 基于图 10 中所示的视觉特性 710 确定通过反馈运算单元 240 的滤波的滤波器系数,以使得在等于或大于中频带的频带中通过灰度级调制器 200 的噪声整形的特性为图 10 中所示的视觉特性 710 在等于或低于与显示装置的分辨率对应的空间频率的频带中的反特性。

[0161] 图 10 中所示的幅度特性 730 表示已经以此方式确定了滤波器系数情况下的噪声整形的幅度特性。

[0162] 在图 10 中所示的幅度特性 730(即,通过灰度级调制器 200 的噪声整形的幅度特性 730)中,增益在与显示装置的分辨率对应的 30cpd 的空间频率处最大,而在(从 0cpd)至与显示装置的分辨率对应的空间频率的频带中,等于或大于中频带的频带中的特性为图 10 中所示的视觉特性 710 的反特性(下文中将其适当地称为反特性),即,HPF(高通滤波器)

的特性。

[0163] 通过灰度级调制器 200 的噪声整形的幅度特性 730 在高频带中比通过 Floyd 滤波器的噪声整形的幅度特性 722 更快地增大。

[0164] 因此,根据具有图 10 中所示的幅度特性 730 的噪声整形,在灰度级转换后的图像的像素值(输出信号)OUT(x, y)中所包括的量化误差当中,对于人眼的灵敏度低的高频带中的频率分量的数目增大,而对于人眼的灵敏度高的包括 7cpd 空间频率的周围的中频分量的数目减少。

[0165] 结果,可以防止量化误差作为灰度级转换后的图像中的噪声出现,由此改善了图像的视觉品质。

[0166] 噪声整形在等于或大于中频带的频带中的幅度特性不一定与人眼的反特性完全一致。即,噪声整形在等于或大于中频带的频带中的幅度特性可以与人的反特性类似。

[0167] 噪声整形的整个幅度特性可以是视觉特性 710 的反特性。

[0168] 即,根据图 10 中所示的视觉特性 710 人眼除了对于高频带的灵敏度低之外,还对低频分量的灵敏度低。作为噪声整形的幅度特性,可以使用传送高低频率分量的所谓的带通滤波器的特性。

[0169] 然而,当使用带通滤波器的特性作为噪声整形的幅度特性时,噪声整形的幅度特性的抽头(tap)数目增大,这导致设备尺寸的增大以及制造成本的增大。

[0170] 因此,为了减小设备尺寸以及制造成本,噪声整形在等于或小于图 10 中所示的中频带的频带中的幅度特性最好为与人的视觉特性相反的 HPF 特性。

[0171] 在图 10 中,通过灰度级调制器 200 的噪声整形的幅度特性 730 具有在高频带中明显大于 1 的增益,这表明高频带中的量化误差比使用 Jarvis 滤波器或 Floyd 滤波器时放大了更多。

[0172] 在图 10 中,通过灰度级调制器 200 的噪声整形的幅度特性 730 在低频带到中频带的范围中具有负增益。因此,反馈运算单元 240 可以由具有少量抽头的二维滤波器构成。

[0173] 即,例如,为了获得增益在低频带和中频带为 0 并且在高频带急剧增大的通过灰度级调制器 200 的噪声整形的幅度特性 730,反馈运算单元 240 需要由具有大量抽头的二维滤波器构成。

[0174] 相比之下,当通过灰度级调制器 200 的噪声整形的幅度特性 730 在低频带或中频带中具有负增益时,与使用 Floyd 滤波器时相比,可以使用具有少量抽头的二维滤波器(即,例如具有图 8 中所示的 12 个抽头的二维滤波器(具有 12 个滤波器系数 $g(1,1)$ 、 $g(2,1)$ 、 $g(3,1)$ 、 $g(4,1)$ 、 $g(5,1)$ 、 $g(1,2)$ 、 $g(2,2)$ 、 $g(3,2)$ 、 $g(4,2)$ 、 $g(5,2)$ 、 $g(1,3)$ 和 $g(2,3)$ 的滤波器))来在高频带中快速增大增益。

[0175] 因此,可以减小灰度级调制器 200 的尺寸。

[0176] [灰度级转换后的图像的描述]

[0177] 图 11 是图示由图 4 中所示的图像处理设备转换了灰度级的图像的示例的图。

[0178] 图 11 的 A 示出通过图 4 中所示的图像处理设备从图 1 的 A 中所示的 8 位灰度级图像转换的 4 位经灰度级转换的图像的示例。如从本示例中可以看到的那样,可以用 16 个灰度级级别(4 位)表示在视觉上等于图 1 的 A 中所示的灰度级级别的灰度级级别。

[0179] 图 11 的 B 是图示图 11 的 A 中所示的像素值的曲线图。在该曲线图中,水平轴表

示水平方向上的坐标,而垂直轴表示每一坐标处的像素值。在本示例中,由于4位量化,因此此曲线图具有与图2的B中所示曲线图的形状接近的阶梯式形状,并且由点的密度来表示像素值变化的部分。

[0180] 即,8位可以表示256个灰度级级别,但是4位仅可以表示16个灰度级级别。然而,在灰度级转换后的4位图像中,存在如下这样的高密度和低密度区域:其中,具有等于量化值Q的像素值的像素的密度和具有等于比量化值Q大1的量化值Q+1(或者比量化值Q小1的量化值Q-1)的像素值的像素的密度是高和低,即,具有等于量化值Q的像素值的像素的百分比为高的区域或者具有等于量化值Q+1的像素值的像素的百分比为高的区域(具有等于量化值Q的像素值的像素的百分比为低的区域或者具有等于量化值Q+1的像素值的像素的百分比为低的区域)。高密度和低密度区域的像素值通过人眼的整合效果(integration effect)而看上去平滑地变化。

[0181] 结果,虽然4位仅表示16个灰度级级别,但是在灰度级转换后的4位图像中,可以如同灰度级转换前的8位图像中那样来表示伪256个灰度级级别。

[0182] [图像处理设备的操作]

[0183] 接下来,将参考附图描述图4中所示的图像处理设备的操作。

[0184] 图12是图示图4中所示的图像处理设备的操作(图像处理方法)的流程图。

[0185] 在本发明的实施例中,如参考图5所述的那样,以图像信号的左方至右方以及上方至下方的方向来处理每一像素(步骤S911)。

[0186] 即,在步骤S911,图像处理设备以光栅扫描顺序,将以光栅扫描顺序提供的各像素当中尚不是感兴趣像素的一个像素作为感兴趣像素提供给稳定器100,并且处理进入到步骤S912。

[0187] 图像处理设备的整个处理主要分为由稳定器100执行的稳定处理(步骤S912)以及由灰度级调制器200执行的灰度级调制处理(步骤S913)。针对每一像素执行这些处理。当完全处理了图像信号的最后像素时,针对图像信号的处理结束(步骤S914)。

[0188] 即,在步骤S912,稳定器100对感兴趣像素(感兴趣像素的像素值)执行稳定处理,并且将经历了稳定处理的感兴趣像素提供给灰度级调制器200。然后,处理进入到步骤S913。

[0189] 在步骤S913,灰度级调制器200对来自稳定器100的感兴趣像素执行 $\Delta\Sigma$ 调制以计算灰度级转换后的感兴趣像素的像素值,并且输出计算出的像素值。然后,处理进入到步骤S914。

[0190] 在步骤S914,图4中所示的图像处理设备确定感兴趣像素是否是提供到稳定器100的最后的像素。在步骤S914,如果确定感兴趣像素不是最后的像素,则处理返回到步骤S911。在提供到稳定器100的像素当中,以光栅扫描顺序将尚不是感兴趣像素的像素重新设置为感兴趣像素,并且重复执行如上所述的相同处理。

[0191] 如果在步骤S914确定感兴趣像素是最后的像素,则图4中所示的图像处理设备的图像处理结束。

[0192] [稳定处理的描述]

[0193] 图13是图示图12中所示的稳定处理(步骤S912)的流程图。

[0194] 如参考图6所述的那样,固定值检测单元110将先前经校正的信号F的像素值与

输入信号 $IN(x, y)$ 的像素值进行比较 (步骤 S921)。结果, 如果检测到连续地输入相同数据作为固定值 (步骤 S922), 则经由开关 130 将由随机噪声生成单元 120 生成的随机噪声添加到输入信号 $IN(x, y)$ (步骤 S923)。以此方式, 防止了灰度级调制器 200 的摆动现象。

[0195] 即, 在稳定处理中, 在步骤 S921, 固定值检测单元 110 (图 4) 将感兴趣像素的像素值 (输入信号 $IN(x, y)$) 与感兴趣像素周围各像素当中已经成为感兴趣像素的像素 (在下文中, 称为处理后的周边像素) 的、从加法器 140 输出的像素值 (经校正的信号 $F(x, y)$) 进行比较。然后, 处理进入到步骤 S922。

[0196] 在步骤 S922, 固定值检测单元 110 基于在步骤 S921 的像素值的比较结果, 确定是否检测到感兴趣像素的像素值和处理后的周边像素的像素值之间的一致性。

[0197] 如果在步骤 S922 确定检测到感兴趣像素的像素值和处理后的周边像素的像素值之间的一致性, 即, 例如, 图 6 中所示的作为处理后的周边像素的像素值的所有 12 个经校正的信号 $F(x-2, y-2)$ 、 $F(x-1, y-2)$ 、 $F(x, y-2)$ 、 $F(x+1, y-2)$ 、 $F(x+2, y-2)$ 、 $F(x-2, y-1)$ 、 $F(x-1, y-1)$ 、 $F(x, y-1)$ 、 $F(x+1, y-1)$ 、 $F(x+2, y-1)$ 、 $F(x-2, y)$ 和 $F(x-1, y)$ 与作为感兴趣像素的像素值的输入信号 $IN(x, y)$ 一致, 则处理进入到步骤 S923。固定值检测单元 110 闭合开关 130, 并且处理返回。

[0198] 在这种情况下, 经由开关 130 将由随机噪声生成单元 120 生成的随机噪声提供给加法器 140。加法器 140 将经由开关 130 提供的随机噪声添加至感兴趣像素的像素值 ($IN(x, y)$), 并且相加值作为感兴趣像素的像素值 (经校正的信号 $F(x, y)$) 输出到固定值检测单元 110 和加法器 250。

[0199] 另一方面, 如果在步骤 S922 确定未检测到感兴趣像素的像素值和处理后的周边像素的像素值之间的一致性, 则固定值检测单元 110 断开开关 130。处理跳过步骤 S923 并且返回。

[0200] 在此情况下, 由随机噪声生成单元 120 生成的随机噪声未提供给加法器 140。因此, 加法器 140 不变化地将感兴趣像素的像素值 ($IN(x, y)$) 输出到固定值检测单元 110 和加法器 250。

[0201] [灰度级调制处理的描述]

[0202] 图 14 是图示图 12 中所示的灰度级调制处理 (步骤 S913) 的流程图。

[0203] 加法器 250 将从稳定器 100 (的加法器 140) 提供的感兴趣像素的像素值与反馈运算单元 240 的输出相加, 并且将相加值输出至量化器 210 和减法器 230 (步骤 S930)。

[0204] 量化器 210 将加法器 250 的输出进行量化 (步骤 S931), 并且将量化值作为输出信号 $OUT(x, y)$ 进行输出。由去量化器 220 将量化的输出信号 $OUT(x, y)$ 进行去量化 (步骤 S932)。

[0205] 减法器 230 计算通过量化器 210 的量化之前的信号与由去量化器 220 去量化的信号之间的差异, 由此计算量化误差 $Q(x, y)$ (步骤 S933)。

[0206] 将以此方式计算出的量化误差 $Q(x, y)$ 进行累加。如参考图 8 所述的那样, 反馈运算单元 240 使用量化误差 $Q(x, y)$ 计算反馈值 (步骤 S934)。以此方式计算出的反馈值被反馈到加法器 250 (步骤 S935)。

[0207] 即, 在步骤 S930, 加法器 250 将从稳定器 100 (的加法器 140) 提供的感兴趣像素的像素值与在步骤 S934 通过反馈运算单元 240 的滤波操作所获得的值 (反馈运算单元 240

的输出) (将在下面描述) 相加, 并且将相加值输出到量化器 210 和减法器 230。然后, 处理进入到步骤 S931。

[0208] 在步骤 S931, 量化器 210 将从加法器 250 输出的相加值进行量化, 并且输出包括量化误差的量化值作为 $\Delta \Sigma$ 调制的结果 (通过 $\Delta \Sigma$ 调制的灰度级转换结果。然后, 处理进入到步骤 S932。

[0209] 在步骤 S932, 去量化器 220 将从量化器 210 输出的量化值进行去量化, 并且将去量化的值输出到减法器 230。然后, 处理进入到步骤 S933。

[0210] 在步骤 S933, 减法器 230 计算从加法器 250 输出的相加值与去量化器 220 的输出之间的差 (即, 从加法器 250 输出的相加值的量化值的量化结果), 由此计算量化器 210 的量化期间的量化误差。另外, 减法器 230 将量化误差提供给反馈运算单元 240, 并且处理从步骤 S933 进入到步骤 S934。

[0211] 在步骤 S934, 作为二维滤波器的反馈运算单元 240 将来自减法器 230 的量化误差进行滤波。然后, 处理进入到步骤 S935。

[0212] 在步骤 S935, 反馈运算单元 240 将在步骤 S934 获得的量化误差的滤波结果输出 (反馈) 到加法器 250。然后, 处理返回。

[0213] 如上所述, 在图 4 所示的图像处理设备中, 确定通过反馈运算单元 240 的滤波的滤波器系数, 以使得通过 $\Delta \Sigma$ 调制的噪声整形在等于或大于中频带的频带中的幅度特性为人的视觉特性 710 的反特性 (如图 10 中所示的幅度特性 730)。因此, 观看者难以观看到作为噪声的量化误差, 并且可以改善灰度级转换后的图像的视觉品质。

[0214] 图 4 中所示的图像处理设备配备有将随机噪声施加给图像的稳定器 100。因此, 可以防止灰度级调制器 200 的摆动现象。

[0215] 以此方式, 例如, 显示装置 (如电视机) 可以显示其像素值具有比显示装置的液晶面板可显示的像素值的位宽更多的位的图像, 其中图像品质与位对应。

[0216] 即, 例如, 即使当液晶面板可显示的像素值的位宽为 8 位时, 也可以获得与 12 位对应的图像品质。即使当显示装置的输入信号是 8 位时, 通过各种的图像处理仍获得了等于或大于 8 位的位长。例如, 通过降噪将 8 位图像扩展至 12 位图像。当液晶面板的每一像素值的位宽是 8 位时, 需要将 12 位数据量化到 8 位数据。在该情况下, 图 4 中所示的图像处理设备可以使用 8 位液晶面板执行灰度级转换以获得与 12 位对应的图像品质。可以类似地将图 4 中所示的图像处理设备所执行的灰度级转换应用于传输路径。例如, 当从视频设备到显示装置的传输路径具有 8 位宽度时, 图 4 中所示的图像处理设备将视频设备的 12 位图像信号转换为 8 位信号, 并且将 8 位信号发送到显示装置。然后, 显示装置可以显示具有与 12 位对应的图像品质的图像。

[0217] [噪声整形的特性和滤波器系数的示例]

[0218] 图 15 示出在用于显示经灰度级转换的图像的显示装置可以显示的图像 的空间频率的最大频率为 30cpd 时, 滤波器系数和通过图 4 中所示的灰度级调制器 200 的 $\Delta \Sigma$ 调制的噪声整形的幅度特性的第一示例。

[0219] 即, 图 15 的 A 示出具有 12 个抽头的二维滤波器 (反馈运算单元 240) 的滤波器系数的第一示例, 所述滤波器系数被确定为使得: 相比于通过 Floyd 滤波器的 $\Delta \Sigma$ 调制的噪声整形的幅度特性, 通过灰度级调制器 200 的 $\Delta \Sigma$ 调制的噪声整形的幅度特性在低频带或

中频带为负且在高频带中快速增大。

[0220] 在图 15 的 A 中,作为具有 12 个抽头的二维滤波器的滤波器系数,使用下列:
 $g(1,1) = -0.0317$ 、 $g(2,1) = -0.1267$ 、 $g(3,1) = -0.1900$ 、 $g(4,1) = -0.1267$ 、 $g(5,1) = -0.0317$ 、 $g(1,2) = -0.1267$ 、 $g(2,2) = 0.2406$ 、 $g(3,2) = 0.7345$ 、 $g(4,2) = 0.2406$ 、 $g(5,2) = -0.1267$ 、 $g(1,3) = -0.1900$ 和 $g(2,3) = 0.7345$ 。

[0221] 图 15 的 B 示出在二维滤波器的滤波器系数为图 5 的 A 中所示那样时,通过灰度级调制器 200 的 $\Delta \Sigma$ 调制的噪声整形的幅度特性。

[0222] 在图 15 的 B 中所示的噪声整形的幅度特性中,增益在频率 $f = 0$ 处为 0,并且增益在低频带或中频带为负。另外,相比于通过 Floyd 滤波器的 $\Delta \Sigma$ 调制的噪声整形的幅度特性,增益在高频带快速增大。

[0223] 图 16 示出在用于显示经灰度级转换的图像的显示装置可以显示的图像的空间频率的最大频率为 30cpd 时,滤波器系数和通过图 4 中所示的灰度级调制器 200 的 $\Delta \Sigma$ 调制的噪声整形的幅度特性的第二示例。

[0224] 即,图 16 的 A 示出具有 12 个抽头的二维滤波器(反馈运算单元 240)的滤波器系数的第二示例,所述滤波器系数被确定为使得:相比于通过 Floyd 滤波器的 $\Delta \Sigma$ 调制的噪声整形的幅度特性,通过灰度级调制器 200 的 $\Delta \Sigma$ 调制的噪声整形的幅度特性在低频带或中频带为负且在高频带中快速增大。

[0225] 在图 16 的 A 中,作为具有 12 个抽头的二维滤波器的滤波器系数,使用下列:
 $g(1,1) = -0.0249$ 、 $g(2,1) = -0.0996$ 、 $g(3,1) = -0.1494$ 、 $g(4,1) = -0.0996$ 、 $g(5,1) = -0.0249$ 、 $g(1,2) = -0.0996$ 、 $g(2,2) = 0.2248$ 、 $g(3,2) = 0.6487$ 、 $g(4,2) = 0.2248$ 、 $g(5,2) = -0.0996$ 、 $g(1,3) = -0.1494$ 和 $g(2,3) = 0.6487$ 。

[0226] 图 16 的 B 示出在二维滤波器的滤波器系数为图 16 的 A 中所示那样时,通过灰度级调制器 200 的 $\Delta \Sigma$ 调制的噪声整形的幅度特性。

[0227] 在图 16 的 B 中所示的噪声整形的幅度特性中,增益在频率 $f = 0$ 处为 0,并且增益在低频带或中频带中为负。另外,相比于通过 Floyd 滤波器的 $\Delta \Sigma$ 调制的噪声整形的幅度特性,增益在高频带中快速增大。

[0228] 图 17 示出在用于显示经灰度级转换的图像的显示装置可以显示的图像的空间频率的最大频率为 30cpd 时,滤波器系数和通过图 4 中所示的灰度级调制器 200 的 $\Delta \Sigma$ 调制的噪声整形的幅度特性的第三示例。

[0229] 即,图 17 的 A 示出具有 12 个抽头的二维滤波器(反馈运算单元 240)的滤波器系数的第三示例,所述滤波器系数被确定为使得:相比于通过 Floyd 滤波器的 $\Delta \Sigma$ 调制的噪声整形的幅度特性,通过灰度级调制器 200 的 $\Delta \Sigma$ 调制的噪声整形的幅度特性在低频带或中频带为负且在高频带中快速增大。

[0230] 在图 17 的 A 中,作为具有 12 个抽头的二维滤波器的滤波器系数,使用下列:
 $g(1,1) = -0.0397$ 、 $g(2,1) = -0.1586$ 、 $g(3,1) = -0.2379$ 、 $g(4,1) = -0.1586$ 、 $g(5,1) = -0.0397$ 、 $g(1,2) = -0.1586$ 、 $g(2,2) = 0.2592$ 、 $g(3,2) = 0.8356$ 、 $g(4,2) = 0.2592$ 、 $g(5,2) = -0.1586$ 、 $g(1,3) = -0.2379$ 和 $g(2,3) = 0.8356$ 。

[0231] 图 17 的 B 示出在二维滤波器的滤波器系数为图 16 的 A 中所示那样时,通过灰度级调制器 200 的 $\Delta \Sigma$ 调制的噪声整形的幅度特性。

[0232] 在图 17 的 B 中所示的噪声整形的幅度特性中,增益在频率 $f = 0$ 处为 0,并且增益在低频带或中频带中为负。另外,相比于通过 Floyd 滤波器的 $\Delta \Sigma$ 调制的噪声整形的幅度特性,增益在高频带快速增大。

[0233] 图 15 到图 17 中所示的具有 12 个抽头的二维滤波器的滤波器系数包括负值。因此,噪声整形的幅度特性在低频带或中频带中为负。这样,由于噪声整形的幅度特性在低频带或中频带中为负,因此可以使用具有少量抽头(例如,12 抽头)的二维滤波器获得在高频带中快速增大的噪声整形的幅度特性。

[0234] 对包括具有图 15 到图 17 中所示的滤波器系数的二维滤波器的反馈运算单元 240(图 4)执行仿真。结果,所有的二维滤波器都可以获得具有高图像品质的经灰度级转换的图像。

[0235] [计算机的结构示例]

[0236] 接下来,可以通过硬件或软件执行上述一系列处理。当通过软件执行一系列处理时,可以将形成软件的程序安装在(例如)通用计算机中。

[0237] 图 18 示出根据实施例的、安装了用于执行上述一系列处理的程序的计算机的结构示例。

[0238] 可以将程序预先记录在作为计算机中提供的记录介质的硬盘 505 中或者 ROM 503 中。

[0239] 可替代地,可以将程序临时或永久地存储(记录)在可拆卸记录介质 511 中(如软盘、CD-ROM(光盘只读存储器)、MO(磁光)盘、DVD(数字多功能盘)、磁盘或半导体存储器)。可以将可拆卸记录介质 511 提供为所谓的封装软件。

[0240] 另外,可以经由用于数字卫星广播的人造卫星将程序从下载站点无线地传送至计算机,或者可以经由网络(如 LAN(局域网)或因特网)通过有线的方式将其传送至计算机(而不是从可拆卸记录介质 511 将其安装至计算机)。计算机可以使用通信单元 508 接收所传送的程序,并且可以将接收到的程序安装在计算机中提供的硬盘 505 中。

[0241] 计算机包括 CPU(中央处理单元)502。输入/输出接口 510 经由总线 501 连接至 CPU 502。当用户操作输入单元 507(其包括键盘、鼠标和麦克风)来输入指令并且指令经由输入/输出接口而输入至 CPU 502 时,CPU 502 根据指令执行存储在 ROM(只读存储器)503 中的程序。可替代地,CPU 502 向 RAM(随机存取存储器)504 加载硬盘 505 中存储的程序、已经从卫星或网络传送的、通信单元 508 所接收到的并且安装在硬盘 505 中的程序、或者已经从安置在驱动器 509 上的可拆卸记录介质 511 读取的并且安装在硬盘 505 中的程序,并且执行该程序。以这种方式,CPU 502 执行根据上述流程图的处理或者由上述框图所进行的处理。如果必要,CPU 502 经由输入/输出接口 510 从输出单元 506(包括 LCD(液晶显示器)或扬声器)输出处理结果,将其从通信单元 508 传送至硬盘 505,或者将其记录至硬盘 505。

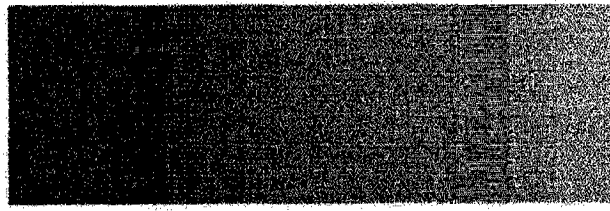
[0242] 在本说明书中,描述用于允许计算机执行各种处理的程序的步骤不一定以流程图所述的顺序中的时间序列来执行,而是包括并行或单独执行的处理(例如,并行处理或通过对象的处理)。

[0243] 可以由一个计算机或者多个分布式计算机处理所述程序。另外,可以将程序传送至远程计算机并且由该计算机执行程序。

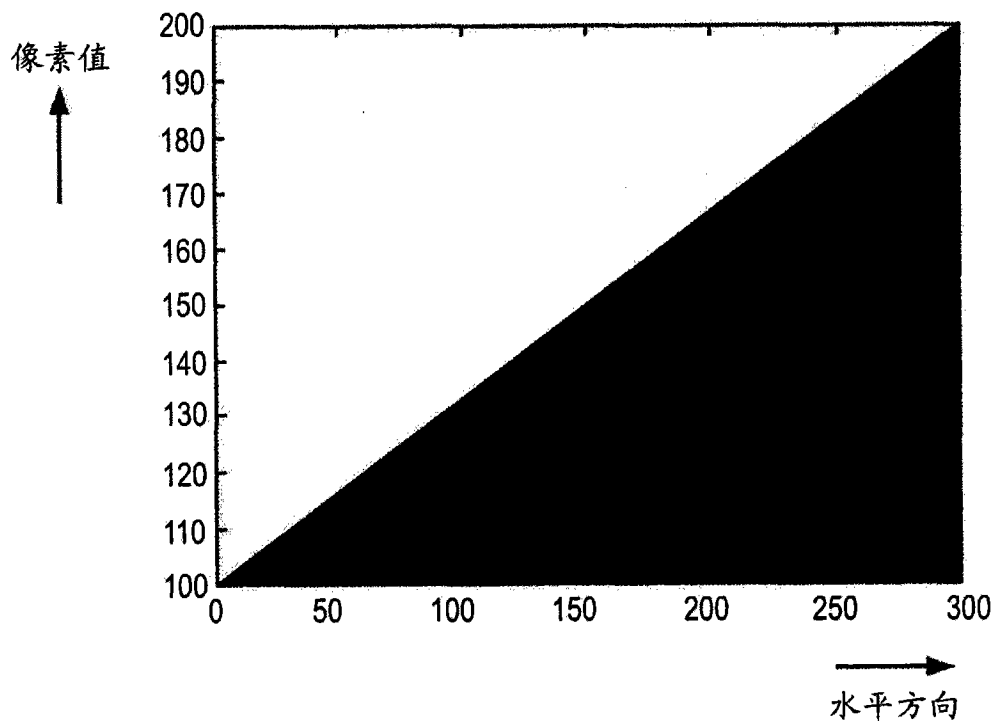
[0244] 本发明不限于上述实施例,而是可以在不脱离本发明的范围和精神的情况下进行本发明的各种修改和变化。

[0245] 即,例如在图 4 所示的图像处理设备中,当摆动现象不重要时,可以不提供稳定器 100。

[0246] 可以将 Jarvis 滤波器或 Floyd 滤波器用作作为图 4 所示的图像处理设备的反馈运算单元 240 的滤波器。

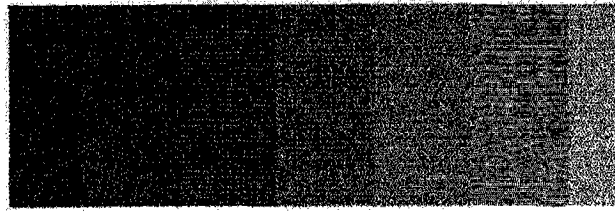


A

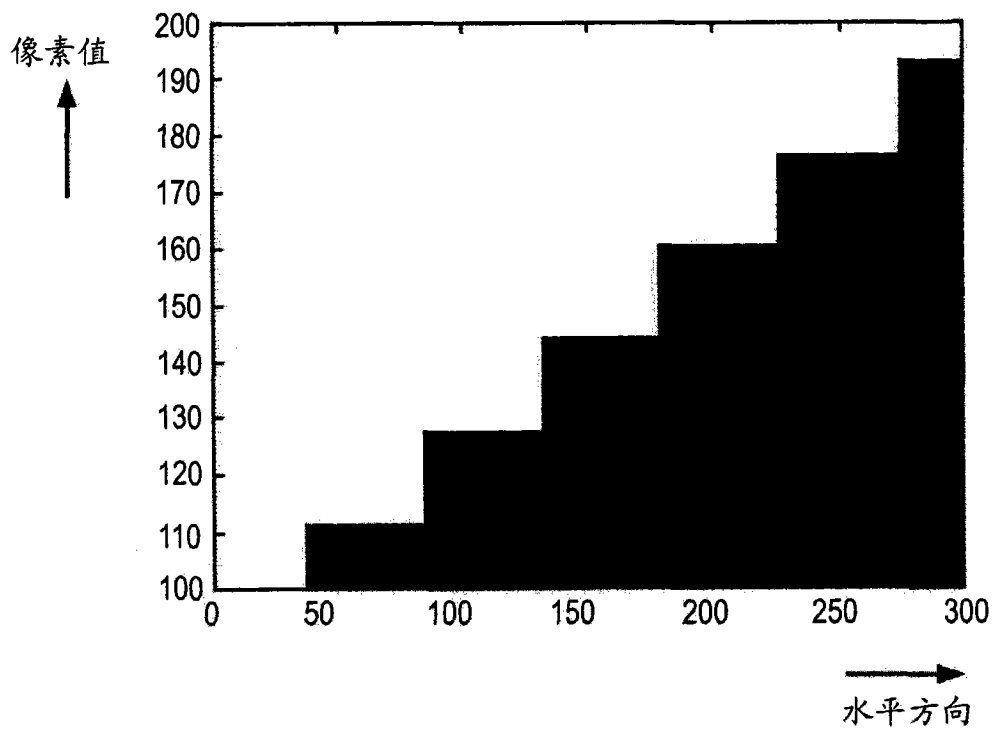


B

图 1

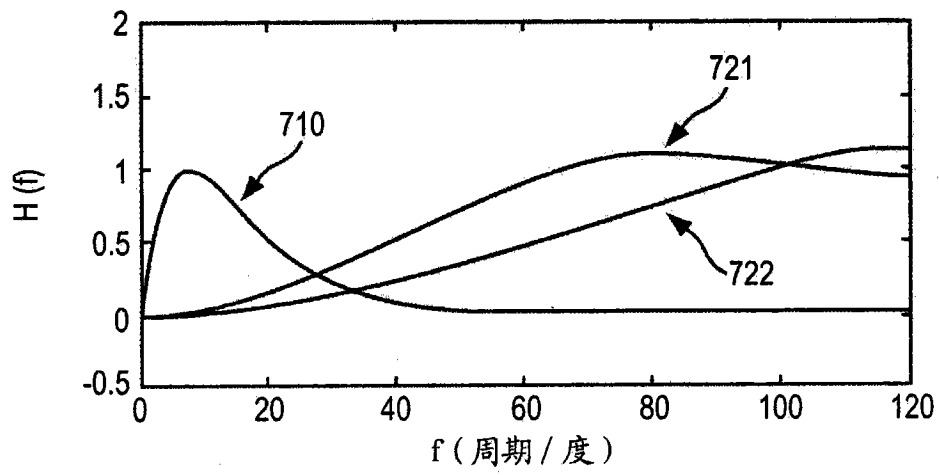


A

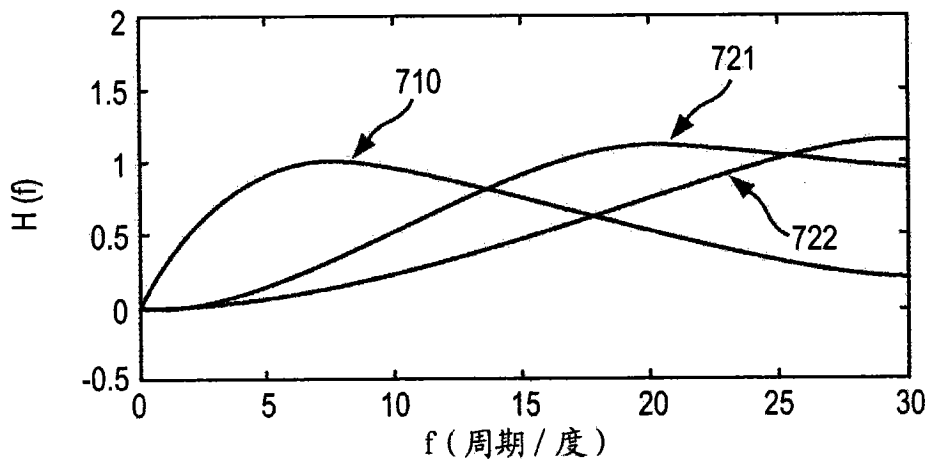


B

图 2



A



B

图 3

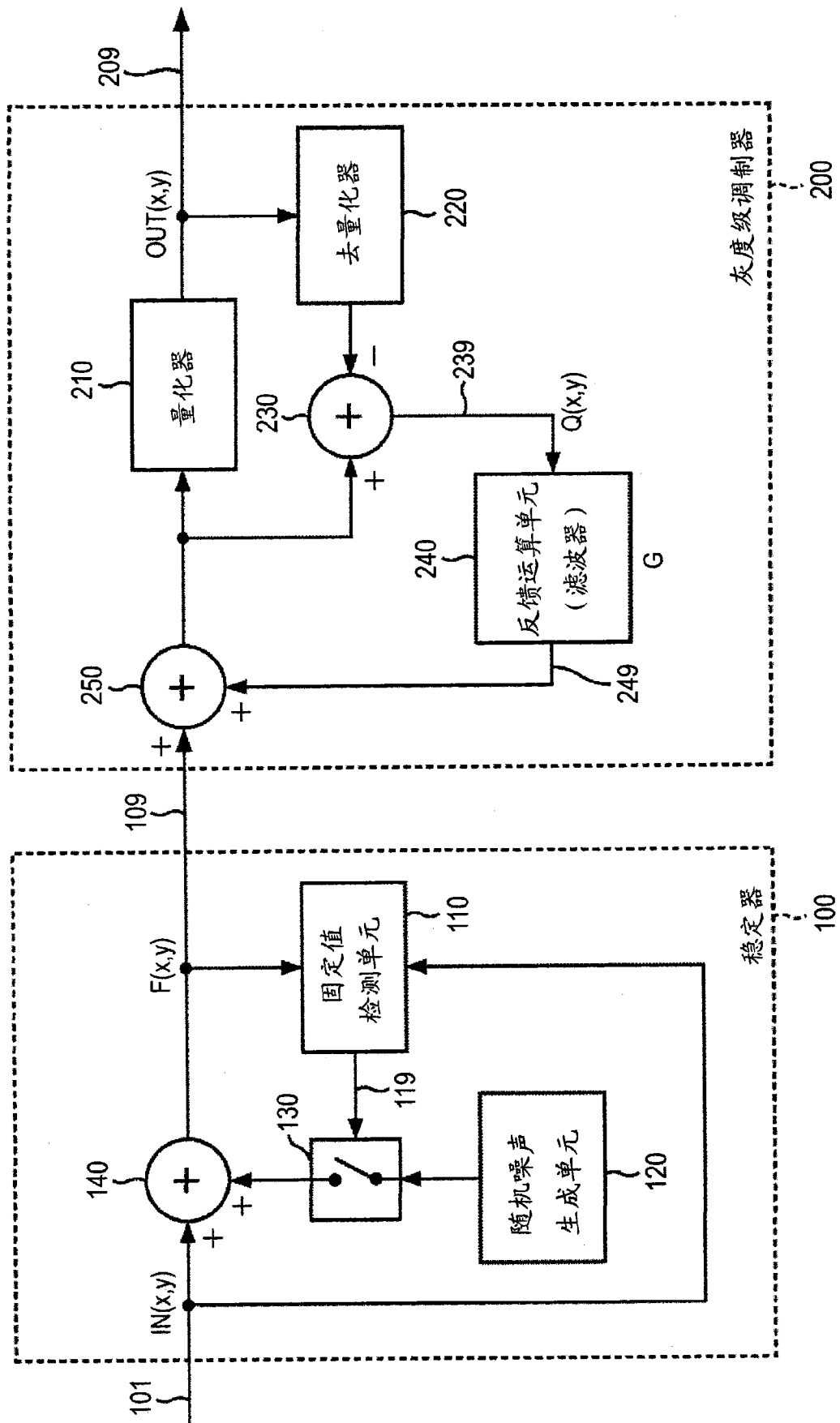


图 4

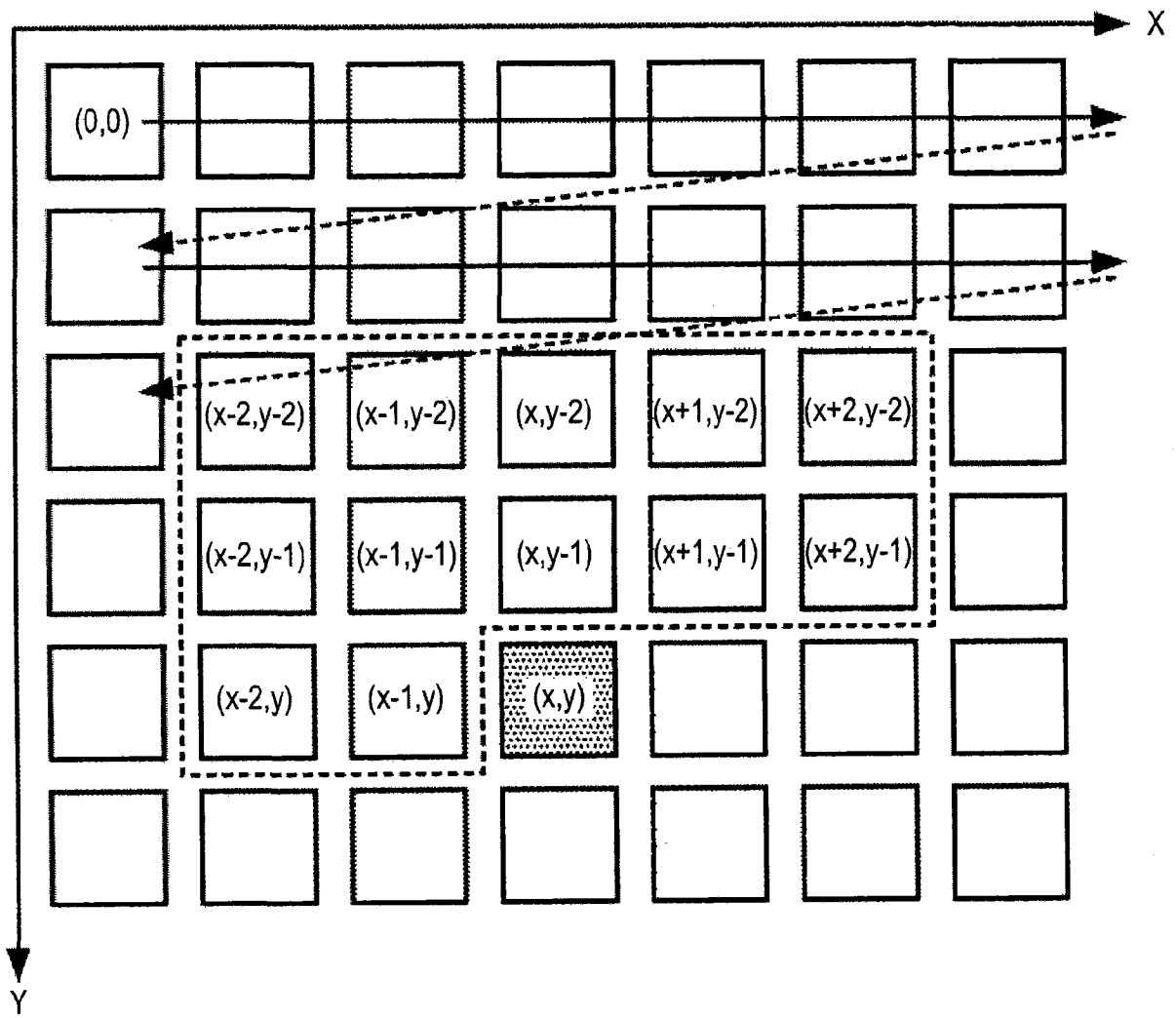


图 5

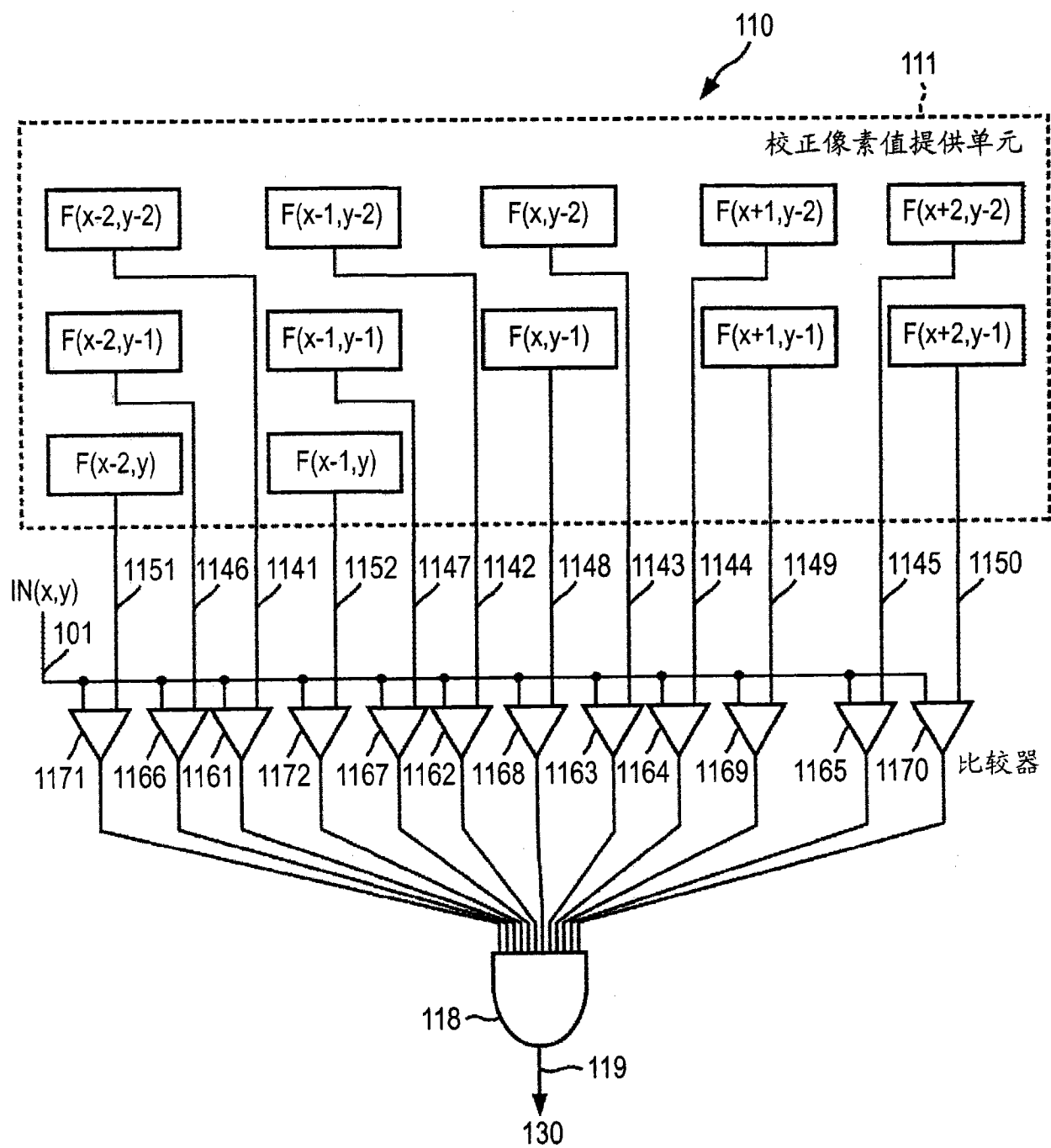


图 6

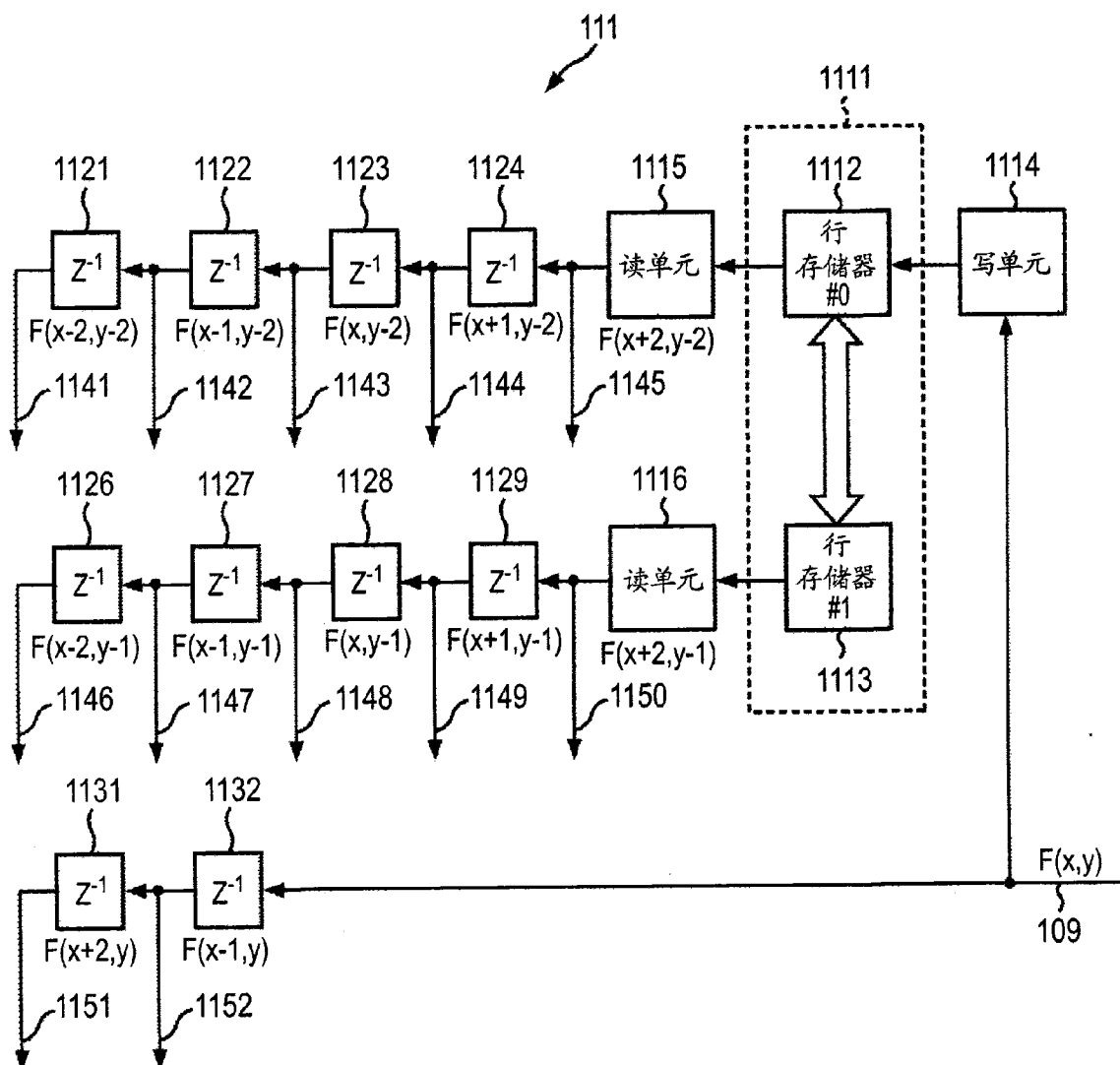


图 7

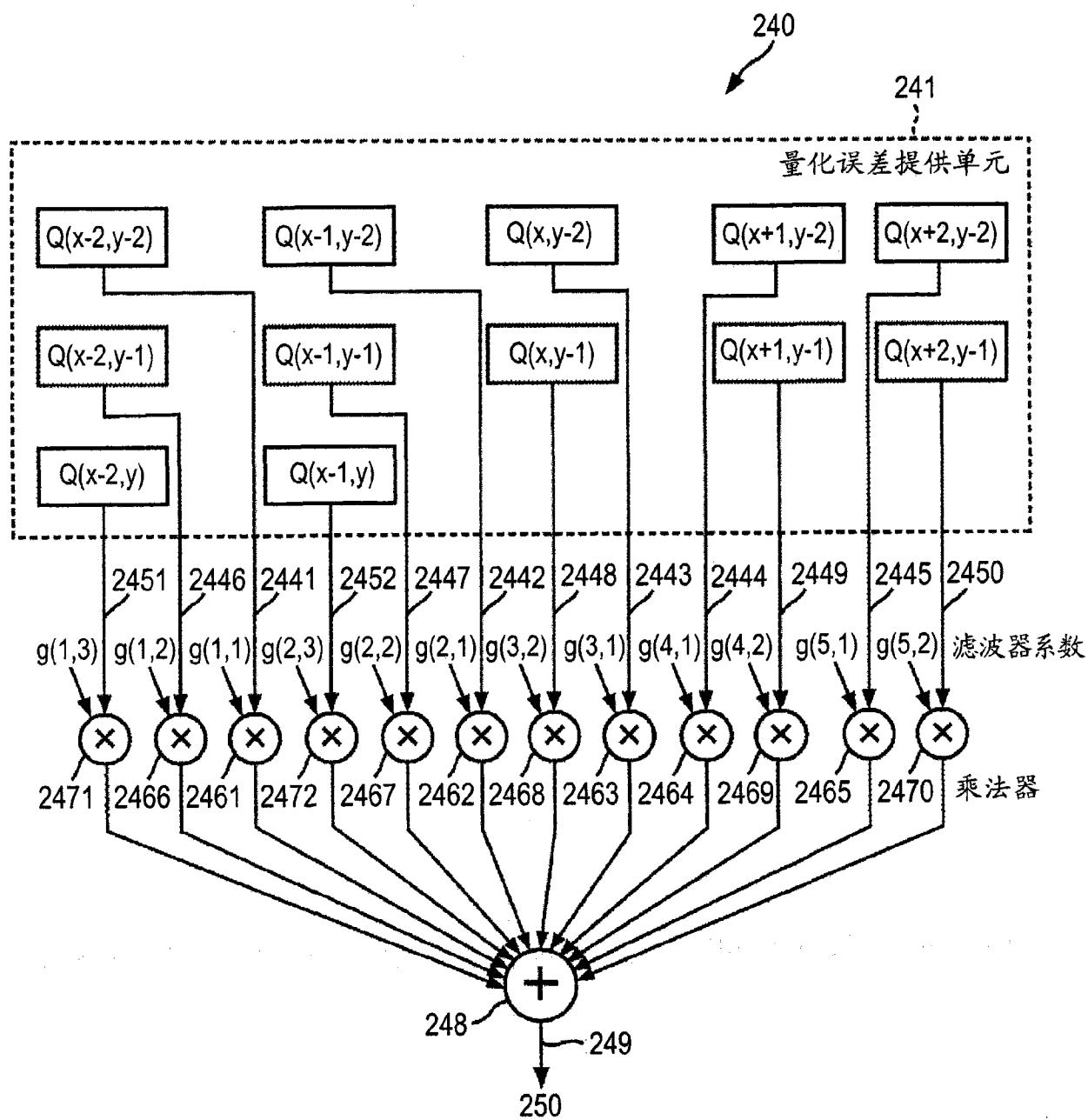


图 8

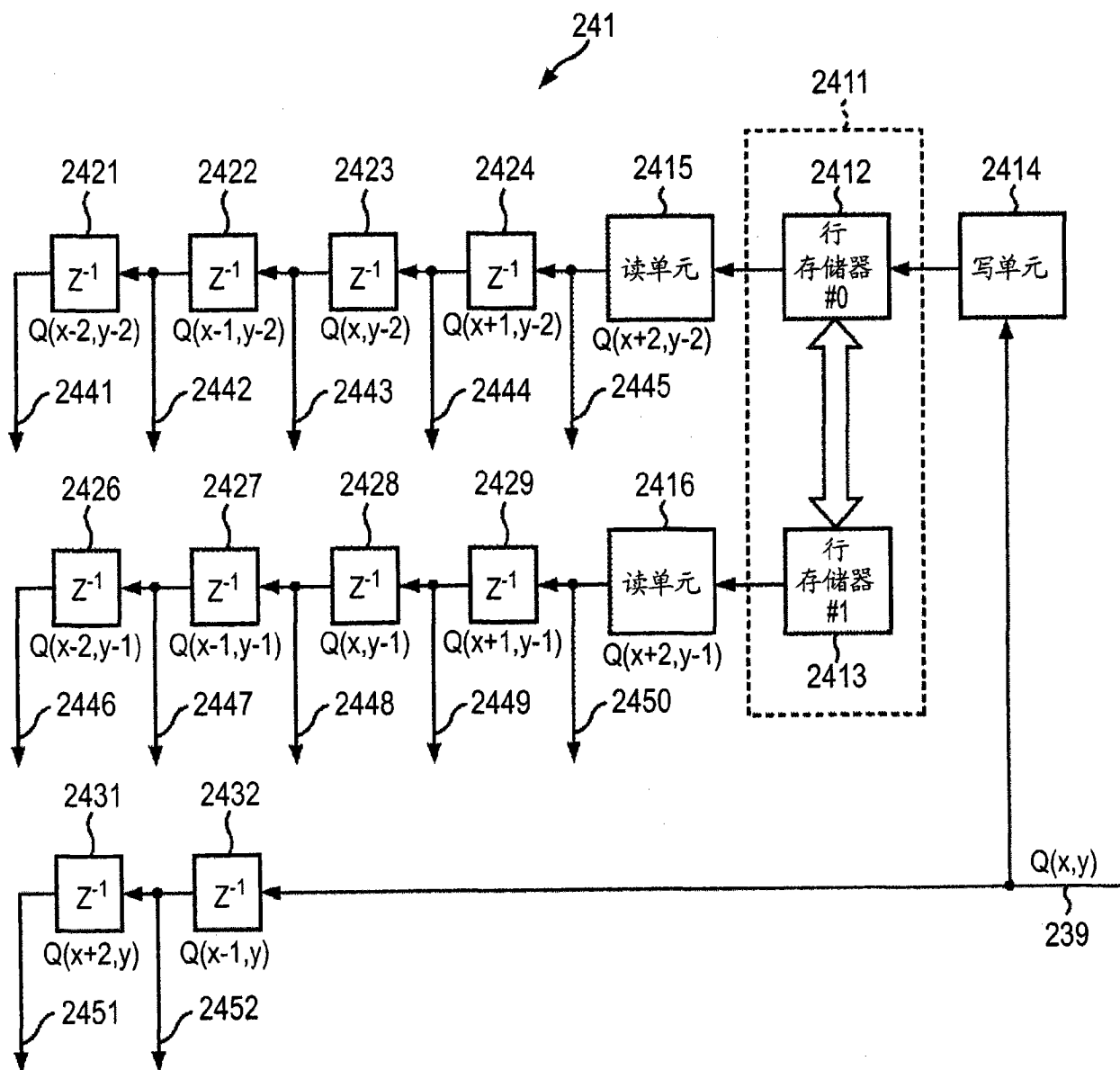


图 9

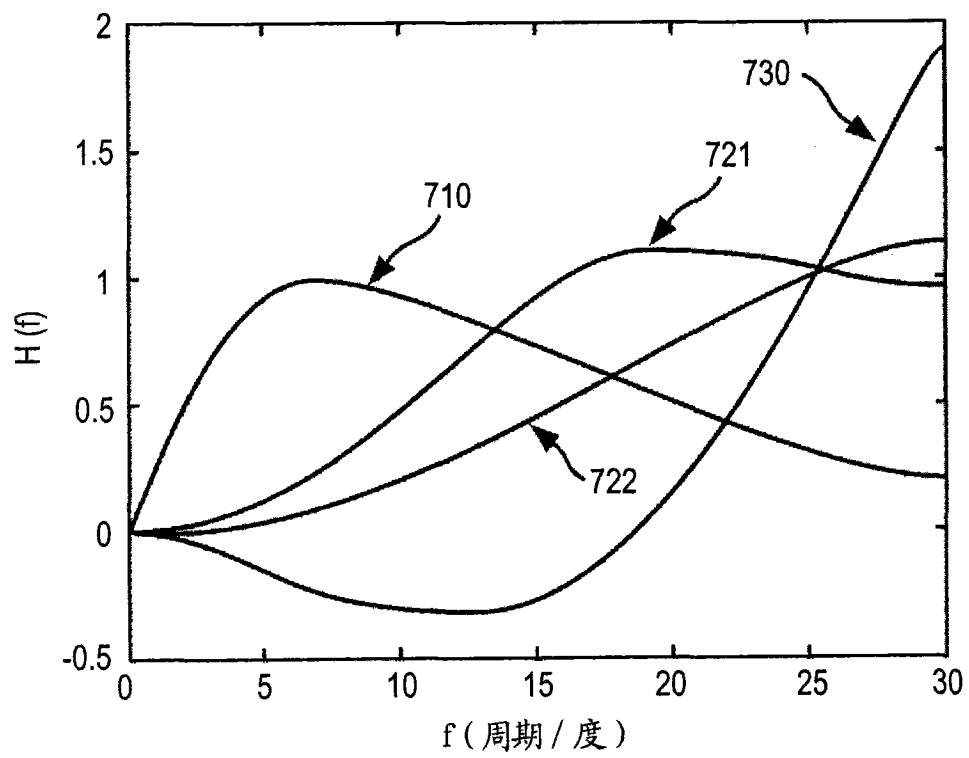
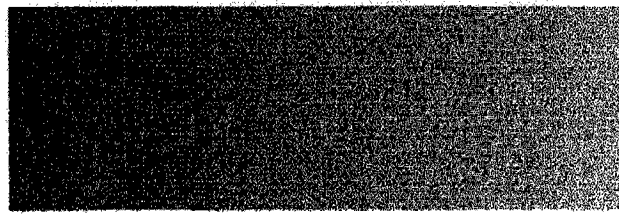
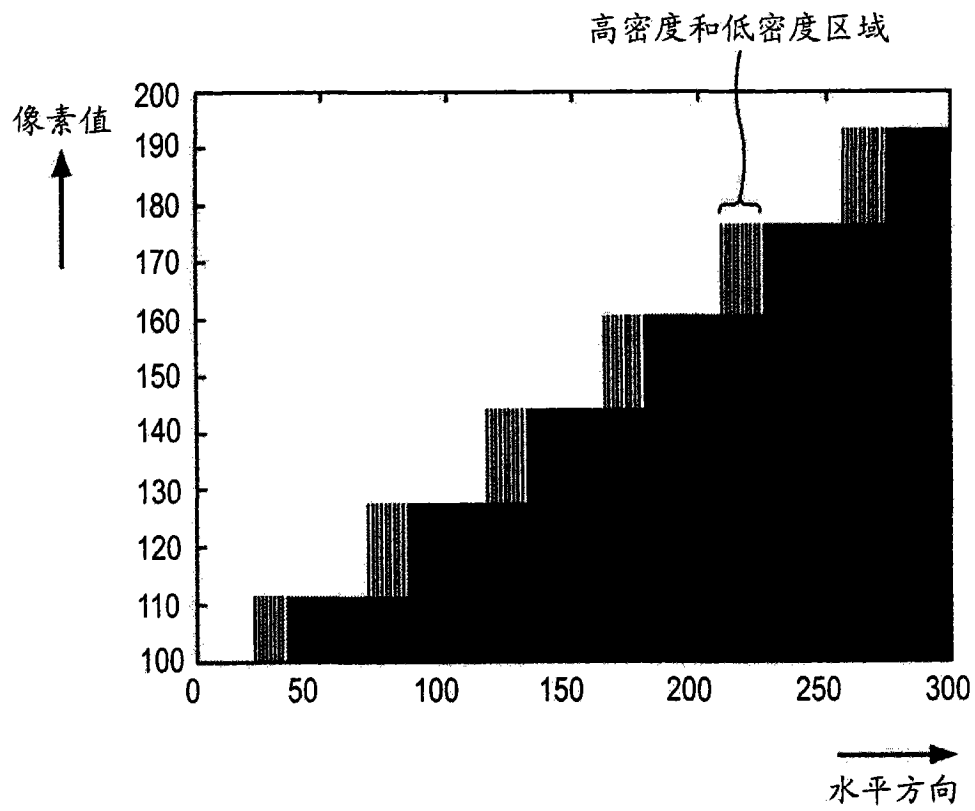


图 10



A



B

图 11

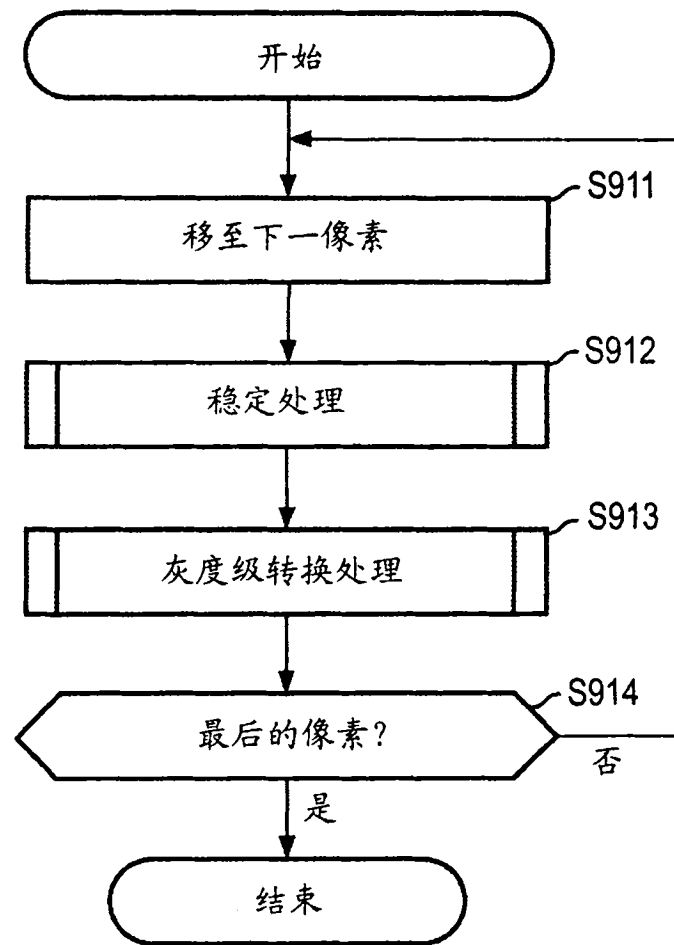


图 12

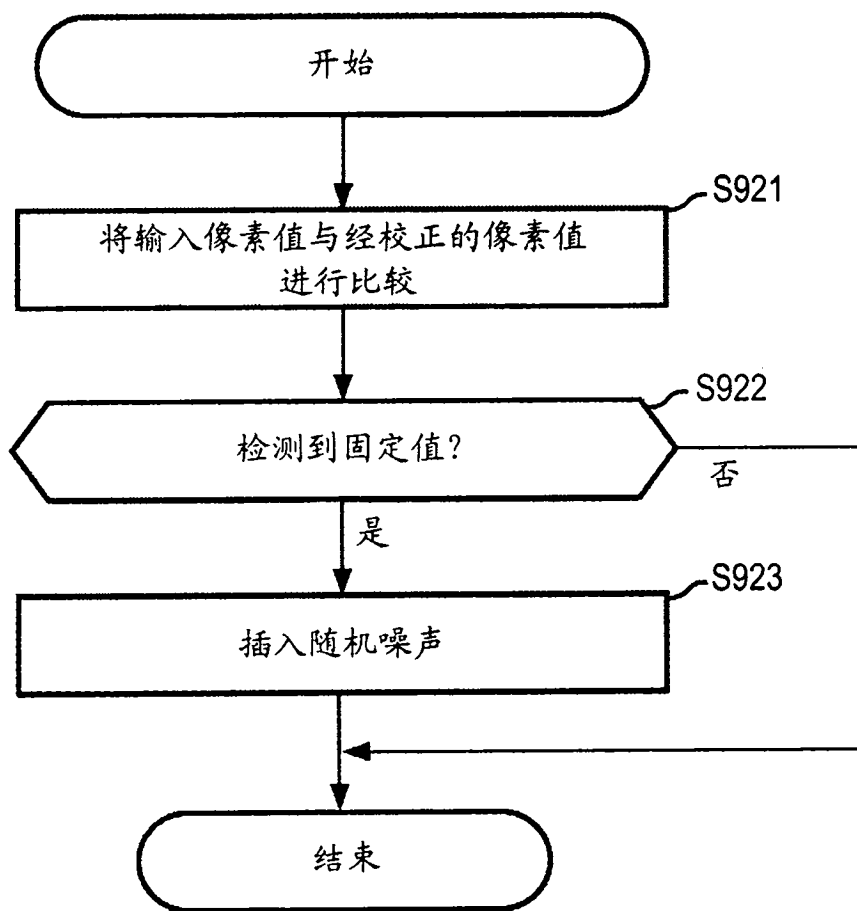


图 13

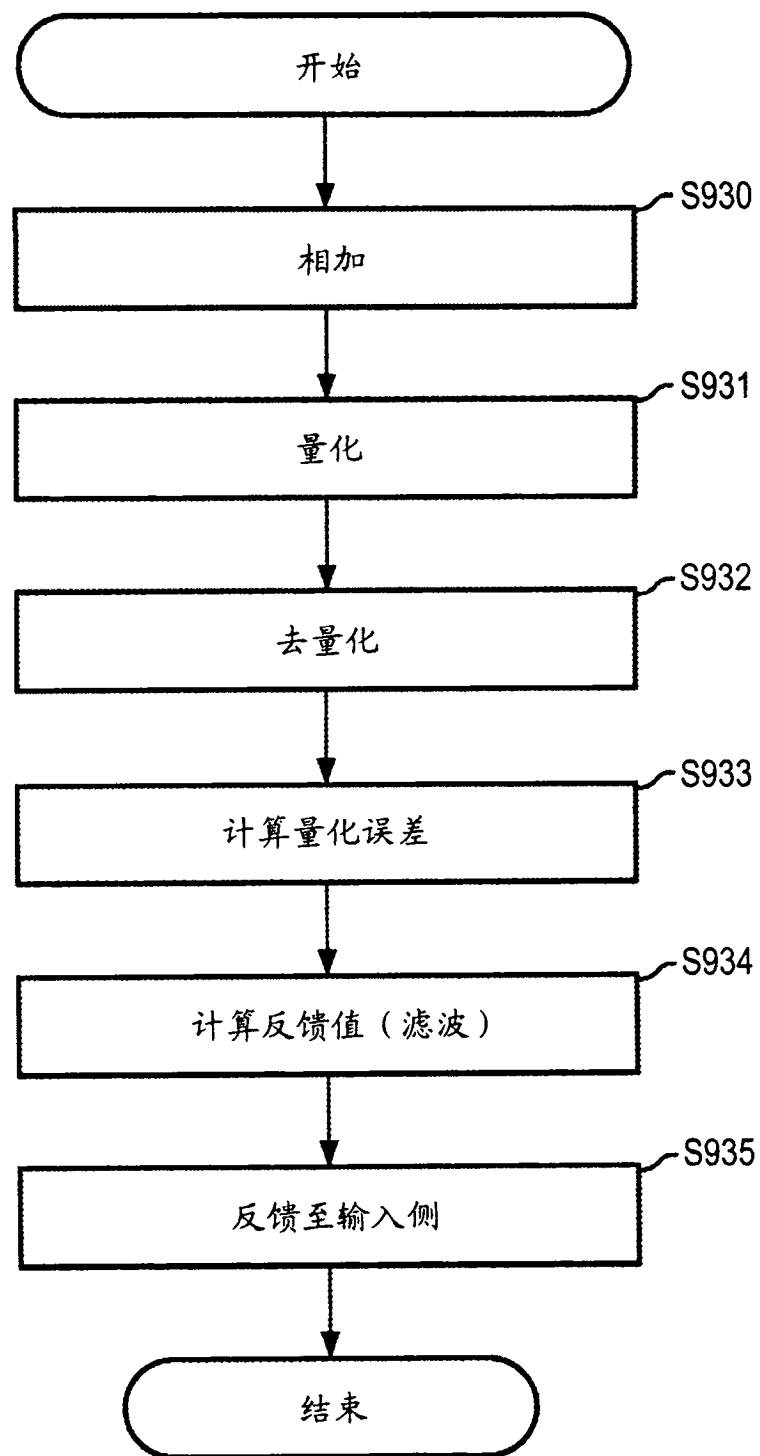


图 14

A

$$g(1,1) = -0.0317$$

$$g(2,1) = -0.1267$$

$$g(3,1) = -0.1900$$

$$g(4,1) = -0.1267$$

$$g(5,1) = -0.0317$$

$$g(1,2) = -0.1267$$

$$g(2,2) = 0.2406$$

$$g(3,2) = 0.7345$$

$$g(4,2) = 0.2406$$

$$g(5,2) = -0.1267$$

$$g(1,3) = -0.1900$$

$$g(2,3) = 0.7345$$

B

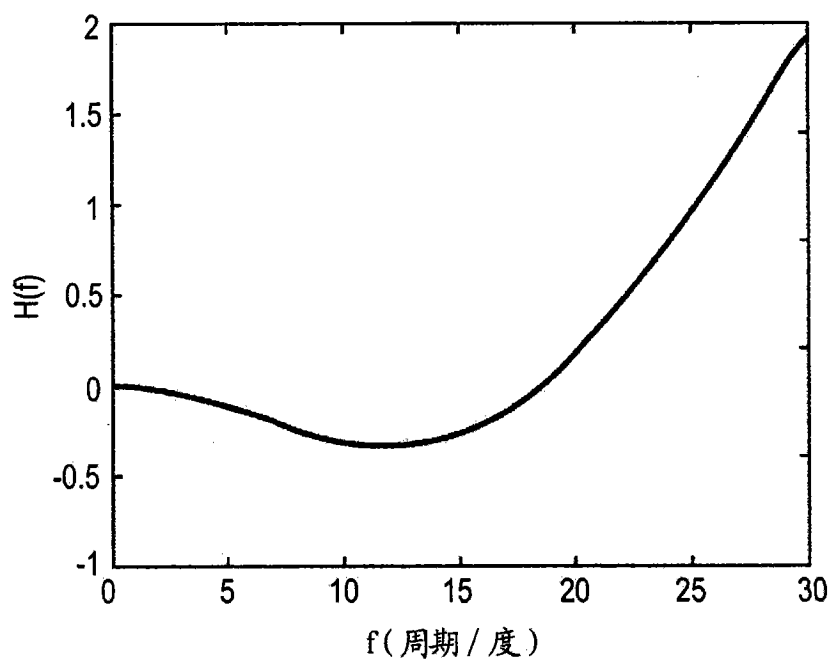


图 15

A

$$\begin{aligned}g(1,1) &= -0.0249 \\g(2,1) &= -0.0996 \\g(3,1) &= -0.1494 \\g(4,1) &= -0.0996 \\g(5,1) &= -0.0249 \\g(1,2) &= -0.0996 \\g(2,2) &= 0.2248 \\g(3,2) &= 0.6487 \\g(4,2) &= 0.2248 \\g(5,2) &= -0.0996 \\g(1,3) &= -0.1494 \\g(2,3) &= 0.6487\end{aligned}$$

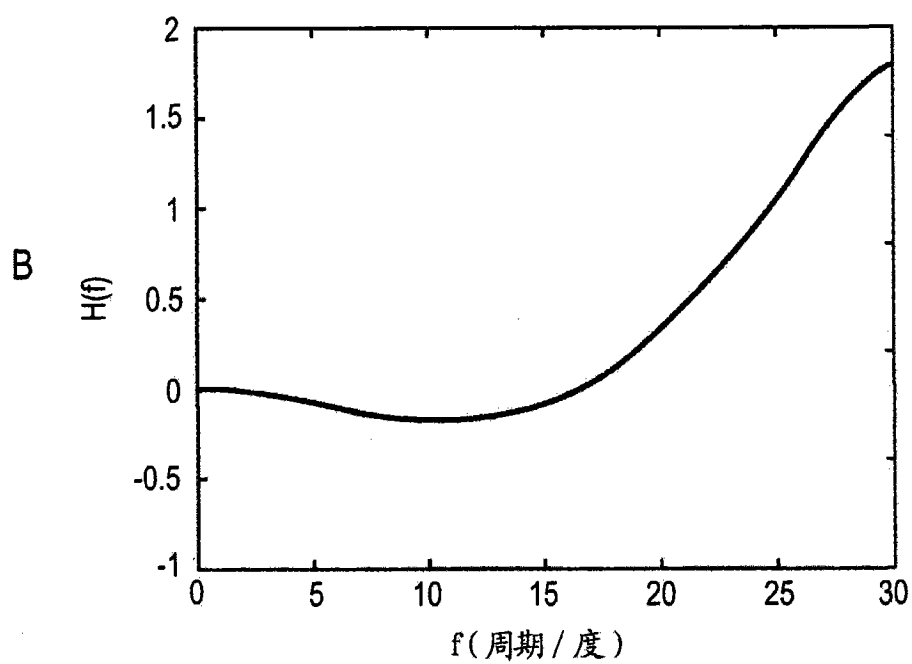


图 16

A

$$g(1,1) = -0.0397$$

$$g(2,1) = -0.1586$$

$$g(3,1) = -0.2379$$

$$g(4,1) = -0.1586$$

$$g(5,1) = -0.0397$$

$$g(1,2) = -0.1586$$

$$g(2,2) = 0.2592$$

$$g(3,2) = 0.8356$$

$$g(4,2) = 0.2592$$

$$g(5,2) = -0.1586$$

$$g(1,3) = -0.2379$$

$$g(2,3) = 0.8356$$

B

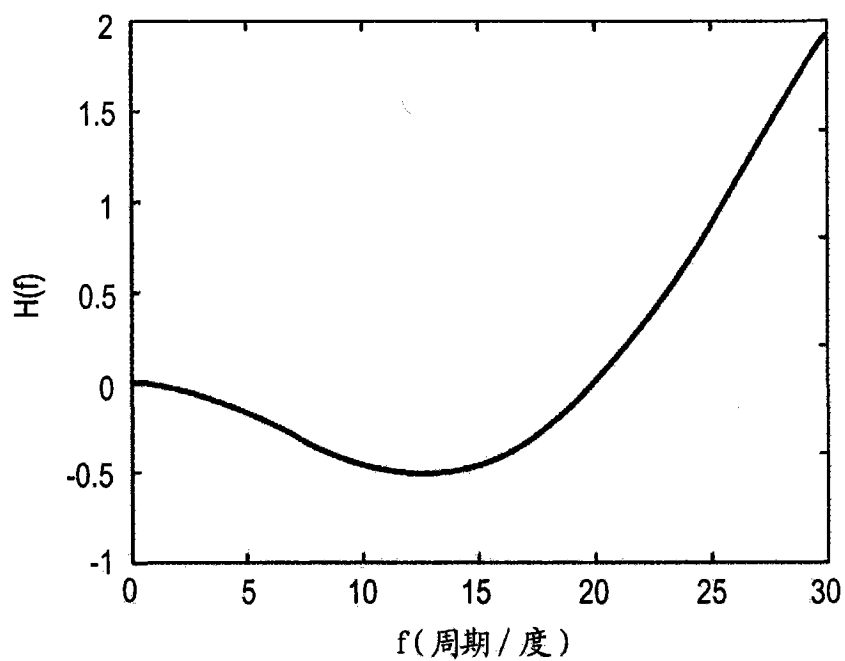


图 17

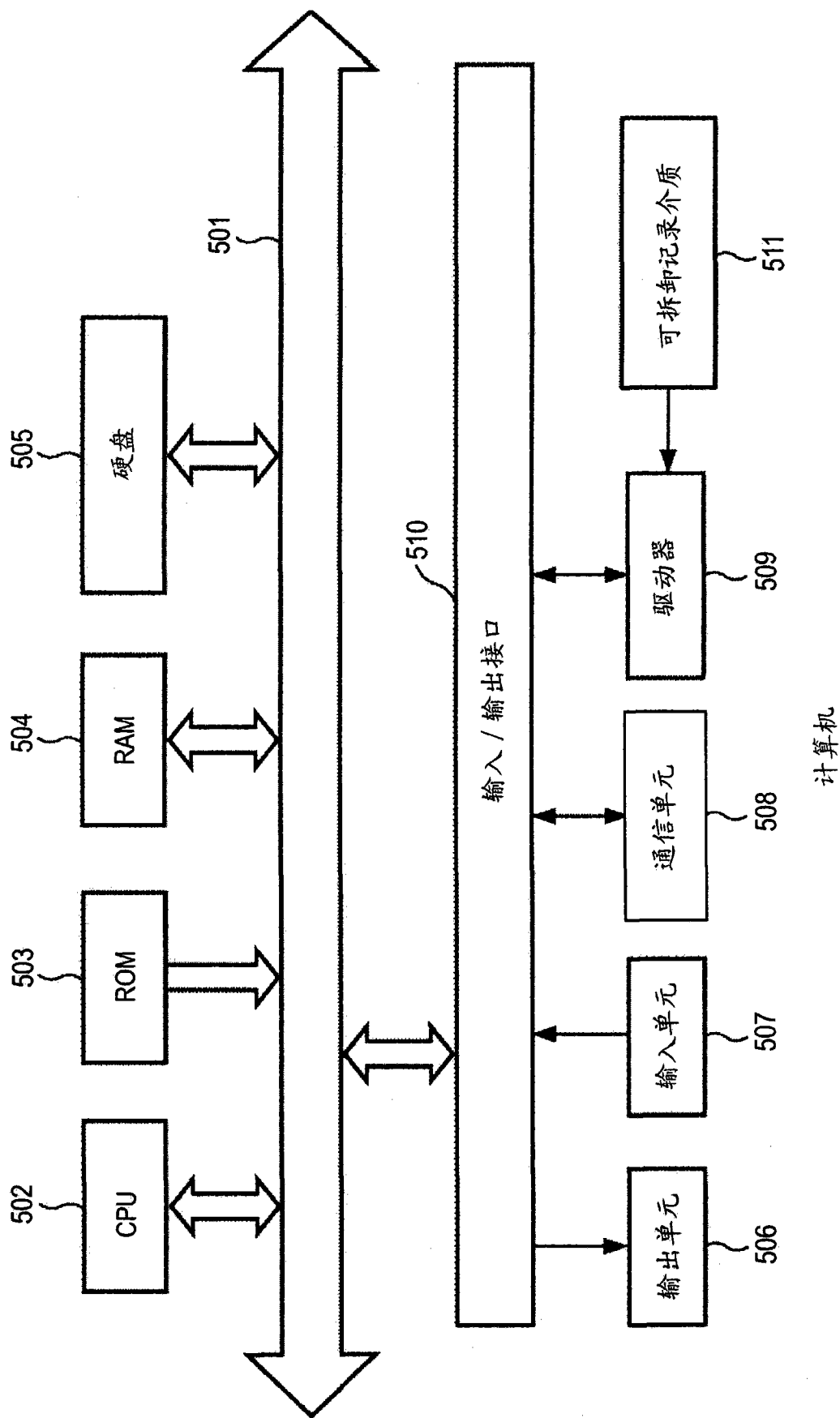


图 18