

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.

H04N 11/04 (2006.01)



[12] 发明专利说明书

专利号 ZL 200480000864.8

[45] 授权公告日 2009 年 9 月 16 日

[11] 授权公告号 CN 100542305C

[22] 申请日 2004.7.20

[21] 申请号 200480000864.8

[30] 优先权

[32] 2003.7.18 [33] JP [31] 277128/2003

[86] 国际申请 PCT/JP2004/010317 2004.7.20

[87] 国际公布 WO2005/009050 日 2005.1.27

[85] 进入国家阶段日期 2005.3.17

[73] 专利权人 索尼株式会社

地址 日本东京

[72] 发明人 铃木辉彦 杉山晃 小薮恭平

[56] 参考文献

CN1237067A 1999.12.1

JP8336163A 1996.12.17

JP2000023190A 2000.1.21

审查员 于晨君

[74] 专利代理机构 中国国际贸易促进委员会专利
商标事务所

代理人 李德山

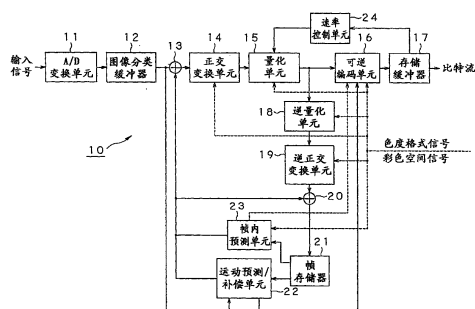
权利要求书 6 页 说明书 38 页 附图 12 页

[54] 发明名称

图像信息编码装置和方法,以及图像信息解码
装置和方法

[57] 摘要

本发明涉及一种基于输入图像信号的色度分量分辨率和彩色空间进行图像内预测编码的图像信息编码装置。在此图像信息编码装置(10)中,一个帧内预测单元(23)基于色度格式信号—它指示彩色分量的分辨率是 4:2:0 格式, 4:2:2 格式和 4:4:4 格式等中的哪一个—和彩色空间信号—它指示彩色空间是 YCbCr, RGB 和 XYZ 等中的哪一个—适应地改变块大小,产生一个预测图像。此外,正交变换单元(14)和量化单元(15)也按照色度格式信号和彩色空间信号改变正交变换方法和量化方法。可逆编码单元(16)对色度格式信号和彩色空间信号进行编码,将所获得的已编码信号包含在图像压缩信息中。



1. 一种图像信息编码装置,用于对输入图像信号分块,以基于块对其进行正交变换并进行量化,该图像信息编码装置包括:

图像内预测装置,用于基于一个指示彩色信号分辨率的色度格式信号和一个指示彩色空间的彩色空间信号适应地改变块大小,以在执行该彩色信号的图像内预测编码时,根据存储在帧存储器中的图像信号产生一个预测图像;

变换装置,用于基于预定的块大小,对图像内预测装置所产生的预测图像与原始图像之间的差信号进行整数变换;

量化装置,用于按照变换装置所进行的变换处理适应地改变量化方法,以对变换装置所产生的变换系数进行量化;以及

编码装置,用于对量化装置所量化的变换系数、所述色度格式信号和彩色空间信号进行编码。

2. 如权利要求1所述的图像信息编码装置,其特征在于,变换装置还在基于预定的块大小进行整数变换之后对通过只集合DC分量而构成的块进行整数变换。

3. 如权利要求2所述的图像信息编码装置,其特征在于,色度格式信号至少包括4:2:0格式,4:2:2格式和4:4:4格式,且彩色空间信号至少包括YCbCr,RGB和XYZ。

4. 如权利要求3所述的图像信息编码装置,其特征在于,在色度格式信号为4:2:0格式且彩色空间信号为YCbCr的情况下,图像内预测装置基于8×8像素块产生预测图像。

5. 如权利要求3所述的图像信息编码装置,其特征在于,在色度格式信号为4:2:2格式且彩色空间信号为YCbCr的情况下,图像内预测装置基于8×16像素块产生预测图像,在8×16像素块中8×8像素块排列在纵向上。

6. 如权利要求3所述的图像信息编码装置,其特征在于,在色度格式信号为4:4:4格式且彩色空间信号为YCbCr,RGB或XYZ的情

况下, 图像内预测装置基于 16×16 像素块产生预测图像, 在 16×16 像素块中 8×8 像素块排列在纵向和横向上。

7. 如权利要求 4 所述的图像信息编码装置, 其特征在于, 在色度格式信号为 4:2:0 格式且彩色空间信号为 YCbCr 的情况下, 变换装置基于 4×4 像素进行差信号的整数变换, 以进一步对通过集合已变换 DC 分量所构成的 2×2 像素单位块进行整数变换。

8. 如权利要求 7 所述的图像信息编码装置, 其特征在于, 若 2×2 像素单位块的相应系数被表示为 $\text{fdc}_{2 \times 2}$, 对应块进行整数变换之后的相应系数 $\text{fdc}'_{2 \times 2}$ 由下面公式表示:

$$\begin{aligned} \text{fdc}'_{2 \times 2} &= T_2 \times \text{fdc}_{2 \times 2} \times T_2^T \\ &= \frac{1}{2} \begin{pmatrix} 1 & 1 \\ 1 & -1 \end{pmatrix} \text{fdc}_{2 \times 2} \begin{pmatrix} 1 & 1 \\ 1 & -1 \end{pmatrix} \end{aligned}$$

其中

$$T_2 = \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{pmatrix} 1 & 1 \\ 1 & -1 \end{pmatrix}$$

9. 如权利要求 5 所述的图像信息编码装置, 其特征在于, 在色度格式信号为 4:2:2 格式且彩色空间信号为 YCbCr 的情况下, 变换装置基于 4×4 像素进行差信号的整数变换, 以进一步对通过集合已变换 DC 分量所构成的 2×4 像素单位块进行整数变换。

10. 如权利要求 9 所述的图像信息编码装置, 其特征在于, 若 2×4 像素单位块的相应系数被表示为 $\text{fdc}_{2 \times 4}$, 对应块进行整数变换后的相应系数 $\text{fdc}'_{2 \times 4}$ 由下面公式表示:

$$\begin{aligned} \text{fdc}'_{2 \times 4} &= T_{v(4)} \times \text{fdc}_{2 \times 4} \times T_{h(2)}^T \\ &= \frac{1}{2\sqrt{2}} \begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & -1 & -1 \\ 1 & -1 & -1 & 1 \\ 1 & -1 & 1 & -1 \end{pmatrix} \text{fdc}_{2 \times 4} \begin{pmatrix} 1 & 1 \\ 1 & -1 \end{pmatrix} \end{aligned}$$

其中

$$T_{v(4)} = \begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & -1 & -1 \\ 1 & -1 & -1 & 1 \\ 1 & -1 & 1 & -1 \end{pmatrix}$$

$$T_{h(2)} = \begin{pmatrix} 1 & 1 \\ 1 & -1 \end{pmatrix}$$

11. 如权利要求 10 所述的图像信息编码装置, 其特征在于, $\text{fdc}_{2 \times 4}$ 和 $\text{fdc}'_{2 \times 4}$ 的关系近似由下面公式表示:

$$\begin{aligned} \text{fdc}'_{2 \times 4} &= T_{v(4)} \times \text{fdc}_{2 \times 4} \times T_{h(2)}^T \\ &= \frac{1}{2\sqrt{2}} \begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & -1 & -1 \\ 1 & -1 & -1 & 1 \\ 1 & -1 & 1 & -1 \end{pmatrix} \text{fdc}_{2 \times 4} \begin{pmatrix} 1 & 1 \\ 1 & -1 \end{pmatrix} \\ &\approx \frac{1}{4} \begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & -1 & -1 \\ 1 & -1 & -1 & 1 \\ 1 & -1 & 1 & -1 \end{pmatrix} \text{fdc}_{2 \times 4} \begin{pmatrix} 1 & 1 \\ 1 & -1 \end{pmatrix} \end{aligned}$$

12. 如权利要求 6 所述的图像信息编码装置, 其特征在于, 在色度格式信号为 4:4:4 格式且彩色空间信号是 YCbCr, RGB 或 XYZ 的情况下, 变换装置基于 4×4 像素进行差信号的整数变换, 以进一步对通过集合已变换 DC 分量所构成的 4×4 像素单位块进行整数变换。

13. 如权利要求 12 所述的图像信息编码装置, 其特征在于, 若 4×4 像素单位块的相应系数被表示为 $\text{fdc}_{4 \times 4}$, 对应块进行整数变换后的相应系数 $\text{fdc}'_{4 \times 4}$ 由下面公式表示:

$$\begin{aligned} \text{fdc}'_{4 \times 4} &= T_4 \times \text{fdc}_{4 \times 4} \times T_4^T \\ &= \frac{1}{4} \begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & -1 & -1 \\ 1 & -1 & -1 & 1 \\ 1 & -1 & 1 & -1 \end{pmatrix} \text{fdc}_{4 \times 4} \begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & -1 & -1 \\ 1 & -1 & -1 & 1 \\ 1 & -1 & 1 & -1 \end{pmatrix} \end{aligned}$$

其中

$$T_4 = \frac{1}{2} \begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & -1 & -1 \\ 1 & -1 & -1 & 1 \\ 1 & -1 & 1 & -1 \end{pmatrix}。$$

14. 一种图像信息编码方法，对输入图像信号分块，以基于块对其进行正交变换并进行量化，该图像信息编码方法包括：

图像内预测步骤，基于一个指示彩色信号分辨率的色度格式信号和一个指示彩色空间的彩色空间信号适应地改变块大小，以在执行该彩色信号的图像内预测编码时，根据存储在帧存储器中的图像信号产生一个预测图像；

变换步骤，基于预定的块大小，对图像内预测步骤中所产生的预测图像与原始图像之间的差信号进行整数变换；

量化步骤，按照变换步骤中所进行的变换处理适应地改变量化方法，以对变换步骤中所产生的变换系数进行量化；以及

编码步骤，对量化步骤中所量化的变换系数、所述色度格式信号和彩色空间信号进行编码。

15. 如权利要求 14 所述的图像信息编码方法，其特征在于，在变换步骤中，在基于预定的块大小进行整数变换之后还对通过只集合 DC 分量而构成的块进行整数变换。

16. 如权利要求 14 所述的图像信息编码方法，其特征在于，色度格式信号至少包括 4:2:0 格式，4:2:2 格式和 4:4:4 格式，且彩色空间信号至少包括 YCbCr，RGB 和 XYZ。

17. 一种图像信息解码装置，用于解码通过对图像压缩信息—其中输入图像信号被分块以基于块对其进行正交变换并进行量化—进行逆量化和逆正交变换而获得的信息，该图像信息解码装置包括：

解码装置，用于对量化和编码的变换系数、指示彩色信号分辨率的色度格式信号和指示彩色空间的彩色空间信号进行解码；

逆量化装置，用于根据色度格式信号和彩色空间信号适应地改变逆量化方法，以对由解码装置解码的变换系数进行逆量化；

逆变换装置，用于进行已经逆量化的块的整数变换；以及

图像内预测装置，用于通过利用逆变换装置的输出信号，以对应于色度格式信号和彩色空间信号的块大小，在进行该彩色信号的图像内预测解码时，根据存储在帧存储器中的图像信号产生一个预测图像。

18. 如权利要求 17 所述的图像信息解码装置，其特征在于，逆变换装置进行已经逆量化的块的整数变换，以进一步将相应系数作为预定块大小的块的相应 DC 分量基于预定块大小进行整数变换。

19. 如权利要求 18 所述的图像信息解码装置，其特征在于，色度格式信号至少包括 4:2:0 格式，4:2:2 格式和 4:4:4 格式，且彩色空间信号至少包括 YCbCr，RGB 和 XYZ。

20. 如权利要求 19 所述的图像信息解码装置，其特征在于，在色度格式信号为 4:2:0 格式且彩色空间信号为 YCbCr 的情况下，逆变换装置进行已经逆量化的 2×2 像素单位块的整数变换，以进一步将变换后的相应系数作为构成 8×8 像素块的 4 个 4×4 像素单位块的相应 DC 系数进行整数变换。

21. 如权利要求 19 所述的图像信息解码装置，其特征在于，在色度格式信号为 4:2:2 格式且彩色空间信号为 YCbCr 的情况下，逆变换装置进行已经逆量化的 2×4 像素单位块的整数变换，以进一步将变换后的相应系数作为构成 8×16 像素块的 8 个 4×4 像素单位块的相应 DC 系数进行整数变换。

22. 如权利要求 19 所述的图像信息解码装置，其特征在于，在色度格式信号为 4:4:4 格式且彩色空间信号为 YCbCr，RGB 或 XYZ 的情况下，逆变换装置进行已经逆量化的 4×4 像素单位块的整数变换，以进一步将变换后的相应系数作为构成 16×16 像素块的 16 个 4×4 像素单位块的相应 DC 系数进行整数变换。

23. 一种图像信息解码方法，解码通过对图像压缩信息—其中输入图像信号被分块以基于块对其进行正交变换并进行量化—进行逆量化和逆正交变换而获得的信息，该图像信息解码方法包括：

解码步骤，对量化和编码的变换系数、指示彩色信号分辨率的色度格式信号和指示彩色空间的彩色空间信号进行解码；

逆量化步骤, 根据色度格式信号和彩色空间信号适应地改变逆量化方法, 以对解码步骤中解码的变换系数进行逆量化;

逆变换步骤, 对已经逆量化的块进行整数变换, 以进一步将相应系数作为预定块大小的块的相应 DC 分量基于预定块大小进行整数变换; 以及

图像内预测步骤, 通过利用逆变换步骤的输出信号, 以对应于色度格式信号和彩色空间信号的块大小, 在进行该彩色信号的图像内预测解码时, 根据存储在帧存储器中的图像信号产生一个预测图像。

24. 如权利要求 23 所述的图像信息解码方法, 其特征在于, 在逆变换步骤中, 对已经逆量化的块进行整数变换, 以进一步将相应系数作为预定块大小的块的相应 DC 分量基于预定块大小进行整数变换。

25. 如权利要求 24 所述的图像信息解码方法, 其特征在于, 色度格式信号至少包括 4:2:0 格式, 4:2:2 格式和 4:4:4 格式, 且彩色空间信号至少包括 YCbCr, RGB 和 XYZ。

图像信息编码装置和方法， 以及图像信息解码装置和方法

技术领域

本发明涉及图像信息编码装置和方法以及图像信息解码装置和方法，用于通过诸如卫星广播服务，有线 TV（电视）或因特网等网络媒体接收或在诸如光盘，磁盘或闪存等存储媒体上处理图像压缩信息（比特流），该图像压缩信息通过诸如离散余弦变换或 Karhunen-Loeve 变换等正交变换以及如 MPEG（运动图像专家组）、H. 26x 等那样的运动预测/补偿而被压缩。

本申请要求于 2003 年 7 月 18 日提交的日本专利申请第 2003-277128 号的优先权，此专利申请的全部包含在此作为参考。

背景技术

近年来，依照诸如 MPEG 等系统的装置已普遍用于广播台等的信息分配（递送）和普通家庭的信息接收，在这些装置中图像信息作为数字信息被处理，利用图像信息特有的冗性通过诸如离散余弦变换等正交变换和的运动预测/补偿来图像压缩信息，以达到高效传输/存储信息的目的。

特别是 MPEG2 (ISO/IEC 13818-2) 被确定为通用图像编码系统，并且目前已广泛应用于专业和消费领域作为标准，包括隔行扫描图像和顺序扫描图像，以及标准清晰度图像和高清晰度图像。通过应用 MPEG2 压缩系统，在具有例如 720×480 像素的标准清晰度隔行扫描图像的情况下指配 4 至 8 Mbps 的码量（比特率），在具有 1920×1088 像素的高清晰度隔行扫描图像的情况下指配 18 至 22Mbps 的码量（比特率），从而可以实现高压缩率和满意的图像质量。

MPEG2 主要针对主要适合广播用编码系统的高图像质量编码，

而不符合比 MPEG1 码量（比特率）更低即压缩率更高的编码系统。然而，相信对这种编码系统的需求将来会随着便携（移动）终端的普及而增长。与此对应，MPEG4 编码系统的标准化已经完成。关于图像编码系统，它的标准已经作为国际标准 ISO/IEC 14496-2 在 1998 年 12 月被批准。

此外，近年来随着实现用于电视会议的图像编码作为当初的目的，H. 264 标准（ITU-T Q6/16 VCEG）正在开发中。已经知道，H. 264 比 MPEG2 或 MPEG4 等常规编码系统需要更大的运算量来进行编码/解码，可以实现更高的编码效率。另外，其中具有不被 H. 264 支持的功能并以 H. 264 作为基础来实现更高编码效率的标准化目前正在被 JVT（联合视频组）执行，作为 MPEG4 工作的一部分。

图 1 示出用于通过诸如离散余弦变换或 Karhnen-Loeve 变换等正交变换和运动预测/补偿实现图像压缩的图像信息编码系统结构示意图。如图 1 所示，图像信息编码装置 100 包括一个 A/D（模拟/数字）变换单元 101，一个图像分类缓冲器 102，一个相加器 103，一个正交变换单元 104，一个量化单元 105，一个可逆编码单元 106，一个存储缓冲器 107，一个逆量化单元 108，一个逆正交变换单元 109，一个相加器 110，一个帧存储器 111，一个运动预测/补偿单元 112，一个帧内预测单元 113 和一个速率控制单元 114。

图 1 中 A/D 变换单元 101 变换输入的图像信号为数字信号。图像分类缓冲器 102 根据图像信息编码装置 100 输出的图像压缩信息的 GOP（图像组）结构进行帧的分类。

在此例中，图像分类缓冲器 102 对于进行帧内（图像内）编码的图像提供全部帧的图像信息到正交变换单元 104。正交变换单元 104 对图像信息进行诸如离散余弦变换或 Karhnen-Loeve 变换等正交变换，提供变换系数到量化单元 105。量化单元 105 对正交变换单元 104 所提供的变换系数进行量化处理。

可逆编码单元 106 对量化的变换系数进行诸如可变长度编码或算术编码等可逆编码，提供已编码变换系数给存储缓冲器 107，在那里

将它们存储起来。获得的已编码变换系数作为图像压缩信息输出。

量化单元 105 的操作受速率控制单元 114 的控制。量化单元 105 还提供已量化的变换系数到逆量化单元 108。此逆量化单元 108 对所提供的变换系数进行逆量化。逆正交变换单元 109 对逆量化的变换系数进行逆正交变换处理，产生解码的图像信息，提供所产生的信息给帧存储器 111，将信息存储在那里。

另一方面，图像分类缓冲器 102 对于进行帧间（图像间）编码的图像提供图像信息给运动预测/补偿单元 112。运动预测/补偿单元 112 同时从帧存储器 111 取出参考图像信息进行运动预测/补偿，从而产生参考图像信息。运动预测/补偿单元 112 将它产生的参考图像信息提供给相加器 103。相加器 103 变换参考图像信息为一个参考图像信息和被提供的图像信息之间的差信号。此外，运动预测/补偿单元 112 同时提供运动矢量信息给可逆编码单元 106。

可逆编码单元 106 对被提供的运动矢量信息进行诸如可变长度编码或算术编码等可逆编码处理，形成插入到图像压缩信息的头部的信息。应指出，因为其它的处理相同于对进行帧内编码的图像压缩信息的处理，对它们的说明被省略。

这里，在实现上面说明的 JVT 标准（下面称为 JVT 编解码）的编码系统中应用帧内预测编码，在进行帧内编码时由块四周的像素产生预测图像，再对与预测图像的预测图像差值进行编码。即对于进行帧内编码的图像，预测图像由已完成编码的像素块附近的像素产生，相对预测图像的差值然后被编码。逆量化单元 108 和逆正交变换单元 109 分别对已帧内编码的像素进行逆量化和逆正交变换。相加器 110 将逆正交变换单元 109 的输与用于对像素块编码的预测图像相加，提供得到的相加值给帧存储器 111，将它们存储在那里。在像素块被帧内编码的情况下，帧内预测单元 113 读出已经编码的、存储在帧存储器 111 中的相邻像素以产生预测图像。这时，根据用于产生预测图像的帧内预测方式，可逆编码单元 106 完成可逆编码处理，输出被处理信息到图像压缩信息中。

接着,对应于上面所述图像信息编码装置 100 的图像信息解码装置的结构示意图被示于图 2 中。如图 2 所示,图像信息解码装置 120 包括一个存储缓冲器 121,一个可逆解码单元 122,一个逆量化单元 123,一个逆正交变换单元 124,一个相加器 125,一个图像分类缓冲器 126,一个 D/A (数字/模拟)变换单元 127,一个运动预测/补偿单元 128,一个帧存储器 129,以及一个帧内预测单元 130。

图 2 中,存储缓冲器 121 暂时存储输入的图像压缩信息,然后传送图像压缩信息到可逆解码单元 122。可逆解码单元 122 基于预先规定的图像压缩信息格式对图像压缩信息进行诸如可变长度解码或算术解码等处理,并提供量化的变换系数给逆量化单元 123。在对应的帧是帧间编码帧的情况下,可逆解码单元 122 还解码存储在图像压缩信息头部的运动矢量信息,提供此被解码信息给运动预测/补偿单元 128。

逆量化单元 123 对可逆解码单元 122 提供的量化的变换系数进行逆量化,提供所获得的变换系数给逆正交变换单元 124。逆正交变换单元 124 基于预先规定的图像压缩信息格式对变换系数进行诸如逆离散余弦变换或逆 Karhunen-Loeve 变换等逆正交变换。

在相应帧为帧内编码帧的情况下,已经完成逆正交变换处理的图像信息被存储到图像分类缓冲器 126,并在 D/A 变换单元 127 中经 D/A 变换处理后被输出。

另一方面,在相应帧为帧间编码帧的情况下,运动预测/补偿单元 128 基于可逆解码处理已得到的运动矢量和存储在帧存储器 129 中的图像信息产生参考图像,并将所产生的参考图像提供给相加器 125。相加器 125 合成参考图像和可逆正交变换单元 124 的输出。应指出,因为其它处理相同于对帧内编码帧的处理,它们的说明被省略。

在此例中,因为帧内预测编码系统在 JVT 编解码中被采用,在相应帧是帧内编码帧的情况下,帧内预测单元 130 从帧存储器 129 读出图像,按照在可逆解码单元 122 实现的可逆解码处理所得到的帧内预测方式产生预测图像。相加器 125 将逆正交变换单元 124 的输出与预测图像相加。

上面已经说明的图像信息编码装置 100 和图像信息解码装置 120 已在例如日本专利申请公报 No. 2001-199818 和 No. 2002-20953 公开。

如上所述, 在 JVT 编解码 (H. 264 | MPEG-4 AVC) 实现的帧内编码中采用了所述一个帧内预测编码系统, 从块四周的像素产生预测图像并编码与预测图像的差值。

这里, 对于亮度分量, 应用两种预测系统: 一个是帧内 4×4 预测方式, 其中预测基于 4×4 像素块进行; 另一个是帧内 16×16 预测方式, 其中预测基于 16×16 像素块 (宏块) 进行。

另一方面, 对于色差分量, 基于 Cb, Cr 各 8×8 块进行预测。这个预测编码方法相同于帧内 16×16 预测方式的编码方法, 只是预测方式改变为 8×8 块单位的预测方式。图 3 示出色差分量帧内预测编码中的预测方式。如图 3 所示, 在 JVT 编解码中规定了以下 4 种预测方式:

- (a) 垂直方式 (方式 0) (b) 水平方式 (方式 1)
- (c) DC 方式 (方式 2) (d) 面预测方式 (方式 3)

按照具有最小预测差 (残留) 的预测方式产生预测图像。下面说明 4 种预测方式中产生预测图像的方法。

(a) 垂直方式 (方式 0)

在垂直方式中, 色差块的上边相邻色差块 (在 4:2:0 格式的情况下, 上宏块) 的像素被复制, 被复制的像素作为相应块的预测图像, 若上边相邻块的像素表示为 $P[X, -1]$, 色差块的预测图像 $predc$ 则由下面式 (1) 表示。注意: 此方式只用在上面相邻块存在的情况下。

$$predc[x, y] = p[x, -1] \quad (x, y = 0..7) \quad \dots \quad (1)$$

(b) 水平方式 (方式 1)

在水平方式中, 色差块的左边相邻块 (在 4:2:0 格式的情况下, 左宏块) 的像素被复制, 复制的像素作为相应块的预测图像。若左边相邻块的像素表示为 $P[-1, Y]$, 则色差块的预测图像 $predc$ 由下面式 (2) 表示。注意: 此方式只用在左边相邻块存在的情况下。

$$\text{pred}_c[x, y] = p[-1, y] \quad (x, y = 0..7) \quad \dots \quad (2)$$

(c) DC 方式 (方式 2)

在 DC 方式中, 色差块的上边和左边相邻块的像素被使用, 它们的平均值构成预测图像。注意, 在相邻像素不存在的情况下, 值 128 被用作预测信号。

换言之, 在 $X, Y=0..3$ 的情况下, 预测图像 $\text{pred}_c[X, Y]$ 用相邻的上边像素 $P[X, -1]$ 和相邻的左边像素 $P[-1, Y]$ 产生 (在此例中, $X, Y=0..3$)。具体说在以下四种情况下预测图像分别用下面的式 (3) 至 (6) 产生: 情况 (i): 像素 $P[X, -1]$ 和像素 $P[-1, Y]$ 都存在; 情况 (ii): 像素 $P[X, -1]$ 存在, 像素 $P[-1, Y]$ 不存在; 情况 (iii): 像素 $P[X, -1]$ 不存在, 像素 $P[-1, Y]$ 存在; 情况 (iv): 像素 $P[X, -1]$ 和像素 $P[-1, Y]$ 都不存在。

$$\text{pred}_c[x, y] = \left(\sum_{x'=0}^3 p[x', -1] + \sum_{y'=0}^3 p[-1, y'] + 4 \right) \gg 3 \quad (x, y = 0..3) \quad \dots \quad (3)$$

$$\text{pred}_c[x, y] = \left(\sum_{x'=0}^3 p[x', -1] + 2 \right) \gg 2 \quad (x, y = 0..3) \quad \dots \quad (4)$$

$$\text{pred}_c[x, y] = \left(\sum_{y'=0}^3 p[-1, y'] + 2 \right) \gg 2 \quad (x, y = 0..3) \quad \dots \quad (5)$$

$$\text{pred}_c[x, y] = 128 \quad (x, y = 0..3) \quad \dots \quad (6)$$

类似地, 在 $X=4..7, Y=0..3$ 的情况下, 预测图像 $\text{pred}_c[X, Y]$ 用相邻的上边像素 $P[X, -1]$ 和相邻的左边像素 $P[-1, Y]$ 产生 (在此例中, $X=4..7, Y=0..3$)。具体说, 在以下三种情况下预测图像分别用以下式 (7) 至 (9) 产生: 情况 (i): 像素 $P[X, -1]$ 存在; 情况 (ii):

像素 $P[X, -1]$ 不存在, 且像素 $P[-1, Y]$ 存在; 情况 (iii): 像素 $P[X, -1]$ 和像素 $P[-1, Y]$ 都不存在。

$$\text{pred}_c[x, y] = \left(\sum_{x'=4}^7 p[x', -1] + 2 \right) \gg 2 \quad (x = 4..7, y = 0..3)$$

... (7)

$$\text{pred}_c[x, y] = \left(\sum_{y'=0}^3 p[-1, y'] + 2 \right) \gg 2 \quad (x = 4..7, y = 0..3)$$

... (8)

$$\text{pred}_c = 128 \quad (x = 4..7, y = 0..3)$$

... (9)

类似地, 在 $X=0..3, Y=4..7$ 的情况下, 预测图像 $\text{pred}_c[X, Y]$ 用相邻的上边像素 $P[X, -1]$ 和相邻的左边像素 $P[-1, Y]$ 产生 (在此例中, $X=0..3, Y=4..7$)。具体说, 在以下三种情况下预测图像分别用以下式 (10) 至 (12) 产生: 情况 (i): 像素 $P[-1, Y]$ 存在; 情况 (ii): 像素 $P[X, -1]$ 存在, 且像素 $P[-1, Y]$ 不存在; 情况 (iii): 像素 $P[X, -1]$ 和像素 $P[-1, Y]$ 都不存在。

$$\text{pred}_c[x, y] = \left(\sum_{y'=4}^7 p[-1, y'] + 2 \right) \gg 2 \quad (x = 0..3, y = 4..7)$$

... (10)

$$\text{pred}_c[x, y] = \left(\sum_{x'=0}^3 p[x', -1] + 2 \right) \gg 2 \quad (x = 0..3, y = 4..7)$$

... (11)

$$\text{pred}_c = 128 \quad (x = 0..3, y = 4..7)$$

... (12)

类似地, 在 $X, Y=4..7$ 的情况下, 预测图像 $\text{pred}_c[X, Y]$ 用相邻的上边像素 $P[X, -1]$ 和相邻的左边像素 $P[-1, Y]$ 产生 (在此例中, $X, Y=4..7$)。具体说, 在以下四种情况下预测图像分别用以下式 (13)

至 (16) 产生：情况 (i)：像素 $P[X, -1]$ 和像素 $P[-1, Y]$ 都存在；情况 (ii)：像素 $P[X, -1]$ 存在，像素 $P[-1, Y]$ 不存在；情况 (iii)：像素 $P[X, -1]$ 不存在，像素 $P[-1, Y]$ 存在；情况 (iv)：像素 $P[X, -1]$ 和像素 $P[-1, Y]$ 都不存在。

$$\text{pred}_c[x, y] = \left(\sum_{x'=4}^7 p[x', -1] + \sum_{y'=4}^7 p[-1, y'] + 4 \right) \gg 3 \quad (x, y = 4..7)$$

... (13)

$$\text{pred}_c[x, y] = \left(\sum_{x'=4}^7 p[x', -1] + 2 \right) \gg 2 \quad (x, y = 4..7)$$

... (14)

$$\text{pred}_c[x, y] = \left(\sum_{y'=4}^7 p[-1, y'] + 2 \right) \gg 2 \quad (x, y = 4..7)$$

... (15)

$$\text{pred}_c[x, y] = 128 \quad (x, y = 4..7)$$

... (16)

(d) 面预测方式 (方式 3)

在面预测方式中，预测图像是色差块相邻的左边块（在 4:2:0 格式的情况下，左宏块）的像素和相邻的上边块的像素的面近似。若相邻的左边块的像素和相邻的上边块的像素分别用 $P[-1, Y]$ 和 $P[X, -1]$ 表示，则色差预测图像 pred_c 由式 (17) 表示。其中 Clip1 表示限制到 0 至 255 的范围内。

$$\text{pred}_c[x, y] = \text{Clip1}((a + b \times (x - 3) + c \times (y - 3) + 16) \gg 5) \quad (x, y = 0..7)$$

... (17)

其中

$$\begin{cases} a = 16 \times (p[-1,7] + p[7,-1]) \\ b = (17 \times H + 16) \gg 5 \\ c = (17 \times V + 16) \gg 5 \\ H = \sum_{x'=0}^3 (x'+1) \times (p[4+x',-1] - p[2-x',-1]) \\ V = \sum_{y'=0}^3 (y'+1) \times (p[-1,4+y'] - p[-1,2-y']) \end{cases}$$

上述方式中，在色差分量的帧内预测用四种预测方式中的任一种完成，产生预测图像后，在相加器 103 中产生当前图像块与预测图像间的差信号。正交变换单元 104 基于 4×4 像素块对 8×8 块的差信号进行 4×4 整数变换。若通过从当前像素块中减去预测图像得到的差信号用 $F_{4 \times 4}$ 表示，则 4×4 整数变换由下面的式 (18) 表示。

$$f_{4 \times 4} = T_{4 \times 4} \times F_{4 \times 4} \times T_{4 \times 4}^T \quad \dots \quad (18)$$

其中

$$T_{4 \times 4} = \begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 \\ 2 & 1 & -1 & -2 \\ 1 & -1 & -1 & 1 \\ 1 & -2 & 2 & -1 \end{pmatrix}$$

此外，在 JVT 编解码中在 4×4 整数变换完成后，在 8×8 块中的 4 个 4×4 块的 (0, 0) 系数 (DC 系数) 如图 4 所示那样被集合起来构成 2×2 块，并对 2×2 块进行 2×2 Hadamard 变换。这是因为用在色差中的帧内预测效率不太高，并且相邻 4×4 块的 (0, 0) 系数仍存在相关。为了利用此相关性进一步改善 (提高) 编码效率，只将 4×4 块中的 (0, 0) 系数集合起来构成 2×2 块并对其进行 2×2 Hadamard 变换。若 2×2 的色度 DC 块用 $fdc_{2 \times 2}$ 表示，经 2×2 Hadamard 变换后的色度 DC 块 $f'dc_{2 \times 2}$ 由下面式 (19) 表示。

$$f'dc_{2 \times 2} = T_{2 \times 2} \times fdc_{2 \times 2} \times T_{2 \times 2}^T \quad \dots \quad (19)$$

其中

$$T_{2 \times 2} = \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{pmatrix} 1 & 1 \\ 1 & -1 \end{pmatrix}$$

在整数变换处理后相应的系数被量化。如果用于确定亮度量化系数的参数是 Q_{py} ，则用于确定色差量化系数的参数 Q_{pc} 以下述方法计算出。

首先，按照下面的式 (20) 由编码在图像压缩信息中的 Q_{py} (它取 0 至 51 范围内的值) 和色差量化系数的偏置值 $chroma_qp_offset$ 计算 Q_{pi} 。在此情况下 Q_{pi} 是被限制到 0 到 51 的范围内。

$$Q_{pi} = Q_{py} + chroma_qp_offset$$

... (20)

然后，此 Q_{pi} 被用来从下面列出的表 1 确定色差的参数 Q_{pc} 。

表 1

Q_{pi}	< 30	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51
Q_{pc}	= Q_{pi}	29	30	31	32	32	33	34	34	35	35	36	36	37	37	37	38	38	38	39	39	39	39

如果量化前对应 AC 系数值是 f ，量化后相应 AC 系数值是 f' ，量化系数值由下面式 (21) 表示。

$$f'[i, j] = (f[i, j] \times Q(Q_{pc} \% 6, i, j) + r) \gg (15 + Q_{pc} / 6) \quad (i, j = 0..3)$$

... (21)

其中

$$\left\{ \begin{array}{l} Q(Q_{pc} \% 6, i, j) = \text{quantMat}[Q_{pc} \% 6][0], (i, j) \in \{(0,0), (0,2), (2,0), (2,2)\} \\ \quad = \text{quantMat}[Q_{pc} \% 6][1], (i, j) \in \{(1,1), (1,3), (3,1), (3,3)\} \\ \quad = \text{quantMat}[Q_{pc} \% 6][2], \text{otherwise} \\ \text{quantMat}[6][3] = \begin{bmatrix} 13107 & 5243 & 8224 \\ 11651 & 4660 & 7358 \\ 10486 & 4143 & 6554 \\ 9198 & 3687 & 5825 \\ 8322 & 3290 & 5243 \\ 7384 & 2943 & 4660 \end{bmatrix} \end{array} \right.$$

另一方面，若量化前对应 DC 系数值是 fdc ，量化后相应 DC 系数是 fdc' ，量化系数值由下面式 (22) 表示。在此情况下式 (22) 中的

r 是用于取整处理的常数。

$$\begin{aligned} \text{fdc}'[i, j] &= (\text{fdc}[i, j] \times Q(\text{QP}_c \% 6, 0, 0) + r) \gg (16 + \text{QP}_c / 6) \quad (i, j = 0..1) \\ &\dots \quad (22) \end{aligned}$$

此外，若逆量化后的 AC 系数是 f' ，AC 系数的逆量化由下面式 (23) 表示。

$$\begin{aligned} f'[i, j] &= (f[i, j] \times \text{IQ}(\text{QP}_c \% 6, i, j) + r) \ll (\text{QP}_c / 6) \quad (i, j = 0..3) \\ &\dots \quad (23) \end{aligned}$$

其中

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{IQ}(\text{QP} \% 6, i, j) = \text{iquantMat}[\text{QP} \% 6][0], (i, j) \in \{(0, 0), (0, 2), (2, 0), (2, 2)\} \\ \quad = \text{iquantMat}[\text{QP} \% 6][1], (i, j) \in \{(1, 1), (1, 3), (3, 1), (3, 3)\} \\ \quad = \text{iquantMat}[\text{QP} \% 6][2], \text{otherwise} \\ \text{iquantMat}[6][3] = \begin{bmatrix} 10 & 16 & 13 \\ 11 & 18 & 14 \\ 13 & 20 & 16 \\ 14 & 23 & 18 \\ 16 & 25 & 20 \\ 18 & 29 & 23 \end{bmatrix} \end{array} \right.$$

另一方面，若逆量化后的 DC 系数是 fdc'' ，DC 系数的逆量化在 QP_c 为 6 或更大的情况下由下面式 (24) 表示，在 QP_c 小于 6 的情况下由下面式 (25) 表示。

$$\begin{aligned} \text{fdc}''[i, j] &= (\text{fdc}'[i, j] \times \text{IQ}(\text{QP}_c \% 6, i, j)) \ll (\text{QP}_c / 6 - 1) \quad (i, j = 0..3) \\ &\dots \quad (24) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{fdc}''[i, j] &= (\text{fdc}'[i, j] \times \text{IQ}(\text{QP}_c \% 6, i, j)) \gg 1 \quad (i, j = 0..3) \\ &\dots \quad (25) \end{aligned}$$

当帧内预测编码处理以上述方式在 JVT 编解码中进行时，存在以下问题：即使应用上面所述的方法，由于在色差的帧内预测编码中块大小较小，编码效率比亮度的低。

此外，还存在以下问题：上述方法仅适用于 4:2:0 格式和 YCbCr 彩色空间，因而不能在 4:2:2 格式，4:4:4 格式，RGB 彩色空间，XYZ

彩色空间等情况下进行编码。

发明内容

本发明所解决的问题

本发明是针对上述传统的实际情况提出的，本发明的目的在于提供一种图像信息编码装置和方法以及一种图像信息解码装置和方法，它们能更高效地实现甚至包括 4:2:2 格式，4:4:4 格式，RGB 彩色空间和/或 XYZ 彩色空间等在内的图像的编码/解码。

解决问题的手段

本发明的图像信息编码装置是指这样的图像信息编码装置：它将输入图像信号分块，基于块进行正交变换，并进行量化，它包括：图像内预测装置—它用于基于一个指示彩色信号分辨率的色度格式信号和一个指示彩色空间的彩色空间信号适应地改变块大小，产生一个进行彩色信号的图像内编码的预测图像；变换装置—用于基于规定的块大小对图像内预测装置产生的预测图像与原始图像的差信号进行整数变换；量化装置—用于按照变换装置进行的变换处理相应地改变量化方法，对变换装置产生的变换系数进行量化；以及编码装置—用于对量化装置所量化的变换系数，色度格式信号和彩色空间信号进行编码。

此外，本发明的图像信息编码方法是指这样的图像信息编码方法：将输入图像信号分块，基于块进行正交变换，并进行量化，它包括：一个图像内预测步骤—它基于一个指示彩色信号分辨率的色度格式信号和一个指示彩色空间的彩色空间信号适应地改变块大小产生一个进行彩色信号的帧内预测编码的预测图像；一个变换步骤—它基于规定的块大小对图像内预测步骤中产生的预测图像与原始图像的差信号进行整数变换；一个量化步骤—它按照在变换步骤中进行的变换处理相应地改变量化方法，对变换步骤中产生的变换系数进行量化；以及一个编码步骤—对量化步骤中所量化的变换系数，色度格式信号和彩色空间信号进行编码。

在这种图像信息编码装置和方法中进行输入图像信号的图像内预

测编码中，产生预测图像中的块大小是基于色度格式信号—它指示彩色分量的分辨率是例如 4:2:0 格式，4:2:2 格式和 4:4:4 格式等中的哪一个—和彩色空间信号—它指示彩色空间是例如 YCbCr，RGB 和 XYZ 等中的哪一个—而适应地变化。此外，在图像信息编码装置和方法中，色度格式信号和彩色空间信号与已量化的变换系数一起被编码。

此外，本发明的图像信息解码装置是指这样的图像信息解码装置：它解码通过对图像压缩信息—其中输入图像信号被分块，基于块进行正交变换和量化—进行逆量化和逆正交变换而获得的信息，它包括：解码装置—它用于对已量化和编码的变换系数，指示彩色信号分辨率的色度格式信号和指示彩色空间的彩色空间信号进行解码；逆量化装置—它用于按照色度格式信号和彩色空间信号适应地改变逆量化方法，对解码装置解码的变换系数进行逆量化；逆变换装置—它用于对已逆量化的块进行整数变换；以及图像内预测装置—它通过应用逆变换装置的输出信号以对应于色度格式信号和彩色空间信号的块大小实现彩色信号的帧内预测解码，产生一个预测图像。

此外，本发明的图像信息解码方法是指这样的图像信息解码方法：它解码通过对图像压缩信息—其中输入图像信号被分块，基于块进行正交变换和量化—进行逆量化和逆正交变换而获得的信息，它包括：一个解码步骤—它对已量化和编码的变换系数，指示彩色信号分辨率的色度格式信号和指示彩色空间的彩色空间信号进行解码；一个逆量化步骤—它按照色度格式信号和彩色空间信号适应地改变逆量化方法，对解码步骤中解码的变换系数进行逆量化；一个逆变换步骤—它对已逆量化的块进行整数变换；以及一个图像内预测步骤—它通过应用逆变换步骤中的输出信号以对应于色度格式信号和彩色空间信号的块大小实现彩色信号的帧内预测解码，产生一个预测图像。

在这种图像信息解码装置和方法中，色度格式信号—它指示彩色分量的分辨率是例如 4:2:0 格式，4:2:2 格式和 4:4:4 格式等中的哪一个—和彩色空间信号—它指示彩色空间是例如 YCbCr，RGB 和 XYZ 等中的哪一个—被解码，以对应于色度格式信号和彩色空间信号的块

大小实现彩色信号的帧内预测解码，产生预测图像。

本发明的效果/优点

按照本发明的图像信息编码装置和方法以及本发明的图像信息解码装置和方法，编码/解码可以通过图像内预测而有效地实现，不仅对于 4:2:0 格式和 YCbCr 彩色空间的情况，而且对于 4:2:2 格式，4:4:4 格式，RGB 彩色空间和/或 XYZ 彩色空间等都可以高效实现编码/解码。

由以下结合附图对实施例的说明将更清楚地看出本发明进一步的目的和本发明的优点。

附图说明

图 1 是一个方框图，它简要示出一个传统的图像信息编码装置，它通过诸如离散余弦变换或 Karhnen-Loeve 变换等正交变换和运动预测/补偿实现图像压缩。

图 2 是一个方框图，它简要示出一个传统的图像信息解码装置，此装置对应于图 1 所示图像信息编码装置。

图 3 用于说明 JVT 编解码中的四种帧内预测方式。

图 4 示出在 8×8 块中的 4 个 4×4 块的 DC 系数被集合构成 2×2 块的情况。

图 5 示出本发明的一个图像信息编码装置的结构方框图。

图 6 是示出本发明的图像信息编码装置中帧内预测单元结构例的方框图。

图 7 示出本发明的图像信息编码装置中正交变换单元结构例。

图 8 示出两个 8×8 块中在纵向上连续的 8 个 4×4 块的 DC 系数被集合，构成 2×4 块。

图 9 是示出本发明的图像信息编码装置中量化单元结构例的方框图。

图 10 是示出本发明的图像信息编码装置中逆量化单元结构例的方框图。

图 11 是示出本发明的图像信息编码装置中逆正交变换单元结构例的方框图。

图 12 是示出本发明的图像信息解码装置结构的方框图。

实施本发明的最佳方式

现在借助附图详细说明本发明实施例，应该指出，本发明不限制于这些实施例，当然，在不脱离本发明的要点的范围内可以做各种变化或改动。

(1) 图像信息编码装置的结构和工作

首先，图 5 示出本发明的图像信息编码装置的结构概要。如图 5 所示，图像信息编码装置 10 包括：一个 A/D（模拟/数字）变换单元 11，一个图像分类缓冲器 12，一个相加器 13，一个正交变换单元 14，一个量化单元 15，一个可逆编码单元 16，一个存储缓冲器 17，一个逆量化单元 18，一个逆正交变换单元 19，一个相加器 20，一个帧存储器 21，一个运动预测/补偿单元 32，一个帧内预测单元 23，以及一个速率控制单元 24。

图 5 中，A/D 变换单元 11 将输入的图像信号变换为一个数字信号。然后，图像分类缓冲器 12 按照图像信息编码装置 10 输出的图像压缩信息的 GOP（图像组）结构进行帧的分类。在这个例子中，对于进行帧内（图像内）编码的图像，图像分类缓冲器 12 提供全部帧的图像信息给正交变换单元 14，正交变换单元 14 对图像信息进行诸如离散余弦变换或 Karhunen-Loeve 变换等正交变换，提供变换系数给量化单元 15，量化单元 15 对正交变换单元 14 提供的变换系数进行量化处理。

可逆编码单元 16 对量化的变换系数进行诸如可变长度编码或算术编码等可逆编码，提供编码的变换系数给存储缓冲器 17，将它们存储在缓冲器中。编码的变换系数作为图像压缩信息被输出。

量化单元 15 的操作受速率控制单元 24 控制。而且，量化单元 15 提供量化的变换系数给逆量化单元 18。逆量化单元 18 将提供给它的变换系数逆量化。逆正交变换单元 19 对经过逆量化的变换系数进行逆

正交变换处理,产生解码的图像信息,提供所产生的信息给帧存储器 21,将它们存储在帧存储器中。

另一方面,对于进行帧间(图像间)编码的图像,图像分类缓冲器 12 提供图像信息给运动预测/补偿单元 22。运动预测/补偿单元 22 同时从帧存储器 21 取出被参考的图像信息,产生参考图像信息。运动预测/补偿单元 22 提供所产生的参考图像信息给相加器 13。相加器 13 变换参考图像信息为参考图像信息与相应图像信息之间的差信号。此外,运动预测/补偿单元 22 同时提供运动矢量信息给可逆编码单元 16。

可逆编码单元 16 对所输入的运动矢量信息进行诸如可变长度编码或算术编码等可逆编码处理,形成插入到图像压缩信息头部的信息。应指出,因为其它的处理相同于进行帧内编码的图像压缩信息的处理,对它们的说明被省略。

在这个例子中,在上述 JVT 编解码中实现帧内编码时采用帧内预测编码系统,它由块四周的像素产生预测图像,以便对图像之间的差值进行编码。也就是说,对于进行帧内编码的图像(I 图像, I 片, 帧内宏块等),由被编码像素块附近的已编码像素值产生预测图像,与预测图像的差值被编码。逆量化单元 18 和逆正交变换单元 19 分别对已进行帧内编码的像素进行逆量化和逆正交变换。相加器 20 将逆正交变换单元 19 的输出和编码相应像素块所用的预测图像相加,获得的相加值提供给帧存储器 21,存储此相加值到帧存储器中。在要帧内编码像素块的情况下,帧内预测单元 23 读出存储在帧存储器 21 中的已编码相邻像素,以产生预测图像。这时,可逆编码单元 16 对产生预测图像所用的帧内预测方式进行可逆编码处理,提供一个输出到图像压缩信息中。

(2) 图像信息编码装置中应用本发明的部分

(2-1) 帧内预测单元

帧内预测单元 23 的一个结构例示于图 6。帧内预测单元 23 基于色度格式信号—它指示彩色分量的分辨率是 4:2:0 格式, 4:2:2 格式和 4:4:4 格式等中的哪一个—和彩色空间信号—它指示彩色空间是

YCbCr, RGB 和 XYZ 等中的哪一个一切换预测方法。在比例中, 色度格式信号和彩色空间信号预先被外部使用者等设置并提供给图像信息编码装置 10。

在图 6 所示帧内预测单元 23 中, 色度格式信号和彩色空间信号被提供给开关 30, 32。开关 30, 32 基于色度格式信号和彩色空间信号选择一个帧内预测器 31a, 31b, 31c, 提供已从帧存储器 21 读出的帧信号到所选择的帧内预测器, 并从所选择的帧内预测器输出预测图像。开关 30, 32 选择同一个帧内预测器。应指出: 上述对图 6 的说明基于三种帧内预测器 31a, 31b, 31c 中的任一个被选择, 然而帧内预测器的数目, 即预测系统的数目可以任意设置。

(2-1-1)

首先, 帧内预测器 31a 的工作将被解释。帧内预测器 31a 对 8×8 块进行预测, 对于色度格式信号指示 4:2:0 格式且彩色空间信号指示 YCbCr 的图像信号, 以 8×8 块作为一个单元。应指出, 因为帧内预测器 31a 的工作相同于前面所述预测器的工作, 对它的详细说明被省略。

(2-1-2)

下面说明帧内预测器 31b 的工作。在帧内预测器 31b 上存在四种帧内色差预测方式: 垂直方式, 水平方式, DC 方式和面预测方式。帧内预测器 31b 对 8×16 块进行预测, 此 8×16 块通过集合宏块中在纵向上连续的两个 8×8 块而构成, 对于色度格式信号指示 4:2:2 格式且彩色空间信号指示 YCbCr 的图像信号, 8×16 块作为一个单元。在帧内预测器 31b 上根据四种预测方式产生预测图像的方法将在下面被说明。

(a) 垂直方式 (方式 0)

在垂直方式中, 色差块上边相邻块的像素被复制, 被复制的像素作为相应块的预测图像, 如果上边相邻块的像素用 $P[X, -1]$ 表示, 则色差的预测图像 $predc$ 由下面的式 (26) 表示。注意: 此方式仅用于上边相邻块存在的情况下。

$$\text{pred}_c[x, y] = p[x, -1] \quad (x = 0..7, y = 0..15) \quad \dots \quad (26)$$

(b) 水平方式 (方式 1)

在水平方式中, 色差块的左边相邻块的像素被复制, 被复制的像素作为相应块的预测图像。如果左边相邻块的像素用 $P[-1, Y]$ 表示, 则色差的预测图像 predc 由下面的式 (27) 表示。注意: 此方式仅用于左边相邻块存在的情况下。

$$\text{pred}_c[x, y] = p[-1, y] \quad (x = 0..7, y = 0..15) \quad \dots \quad (27)$$

(c) DC 方式 (方式 2)

在 DC 方式中, 色差块的上边和左边相邻块的像素被使用, 它们的平均值构成预测图像。注意, 在相邻像素不存在的情况下, 值 128 被用作预测信号。

换言之, 在 $X, Y=0..3$ 的情况下, 预测图像 $\text{predc}[X, Y]$ 用上边相邻像素 $P[X, -1]$ 和左边相邻像素 $P[-1, Y]$ 产生 (在此例中 $X, Y=0..3$)。具体说, 在以下四种情况下预测图像分别用下面的式 (28) 至 (31) 产生: 情况 (i): 像素 $P[X, -1]$ 和像素 $P[-1, Y]$ 都存在; 情况 (ii): 像素 $P[X, -1]$ 存在, 像素 $P[-1, Y]$ 不存在; 情况 (iii): 像素 $P[X, -1]$ 不存在, 像素 $P[-1, Y]$ 存在; 情况 (iv): 像素 $P[X, -1]$ 和像素 $P[-1, Y]$ 都不存在。

$$\text{pred}_c[x, y] = \left(\sum_{x'=0}^3 p[x', -1] + \sum_{y'=0}^3 p[-1, y'] + 4 \right) \gg 3 \quad (x, y = 0..3)$$

... (28)

$$\text{pred}_c[x, y] = \left(\sum_{x'=0}^3 p[x', -1] + 2 \right) \gg 2 \quad (x, y = 0..3)$$

... (29)

$$\text{pred}_c[x, y] = \left(\sum_{y'=0}^3 p[-1, y'] + 2 \right) \gg 2 \quad (x, y = 0..3)$$

... (30)

$$\text{pred}_c[x, y] = 128 \quad (x, y = 0..3)$$

... (31)

类似地，在 $X=4...7$, $Y=0...3$ 的情况下，预测图像 $\text{predc}[X, Y]$ 用上边相邻像素 $P[X, -1]$ 和左边相邻像素 $P[-1, Y]$ 产生（在此例中 $X=4...7$, $Y=0...3$ ）。具体说，在以下三种情况下预测图像分别用下面的式（32）至（34）产生：情况（i）：像素 $P[X, -1]$ 存在；情况（ii）：像素 $P[X, -1]$ 不存在，像素 $P[-1, Y]$ 存在；情况（iii）：像素 $P[X, -1]$ 和像素 $P[-1, Y]$ 都不存在。

$$\text{pred}_c[x, y] = \left(\sum_{x'=4}^7 p[x', -1] + 2 \right) \gg 2 \quad (x = 4..7, y = 0..3)$$

... (32)

$$\text{pred}_c[x, y] = \left(\sum_{y'=0}^3 p[-1, y'] + 2 \right) \gg 2 \quad (x = 4..7, y = 0..3)$$

... (33)

$$\text{pred}_c = 128 \quad (x = 4..7, y = 0..3)$$

... (34)

类似地，在 $X=0...3$, $Y=4...7$ 的情况下，预测图像 $\text{predc}[X, Y]$ 用上边相邻像素 $P[X, -1]$ 和左边相邻像素 $P[-1, Y]$ 产生（在此例中， $X=0...3$, $Y=4...7$ ）。具体说，在以下三种情况下预测图像分别用下面

的式 (35) 至 (37) 产生：情况 (i)：像素 $P[-1, Y]$ 存在；情况 (ii)：像素 $P[X, -1]$ 存在，像素 $P[-1, Y]$ 不存在；情况 (iii)：像素 $P[X, -1]$ 和像素 $P[-1, Y]$ 都不存在。

$$\text{pred}_c[x, y] = \left(\sum_{y'=4}^7 p[-1, y'] + 2 \right) \gg 2 \quad (x = 0..3, y = 4..7)$$

... (35)

$$\text{pred}_c[x, y] = \left(\sum_{x'=0}^3 p[x', -1] + 2 \right) \gg 2 \quad (x = 0..3, y = 4..7)$$

... (36)

$$\text{pred}_c = 128 \quad (x = 0..3, y = 4..7)$$

... (37)

类似地，在 $X, Y=4...7$ 的情况下，预测图像 $\text{pred}_c[X, Y]$ 用上边相邻像素 $P[X, -1]$ 和左边相邻像素 $P[-1, Y]$ 产生（在此例中， $X, Y=4...7$ ）。具体说，在以下四种情况下预测图像分别用下面的式 (38) 至 (41) 产生：情况 (i)：像素 $P[X, -1]$ 和像素 $P[-1, Y]$ 都存在；情况 (ii)：像素 $P[X, -1]$ 存在，像素 $P[-1, Y]$ 不存在；情况 (iii)：像素 $P[X, -1]$ 不存在，像素 $P[-1, Y]$ 存在；情况 (iv)：像素 $P[X, -1]$ 和像素 $P[-1, Y]$ 都不存在。

$$\text{pred}_c[x, y] = \left(\sum_{x'=4}^7 p[x', -1] + \sum_{y'=4}^7 p[-1, y'] + 4 \right) \gg 3 \quad (x, y = 4..7)$$

... (38)

$$\text{pred}_c[x, y] = \left(\sum_{x'=4}^7 p[x', -1] + 2 \right) \gg 2 \quad (x, y = 4..7)$$

... (39)

$$\text{pred}_c[x, y] = \left(\sum_{y'=4}^7 p[-1, y'] + 2 \right) \gg 2 \quad (x, y = 4..7)$$

... (40)

$$\text{pred}_c[x, y] = 128 \quad (x, y = 4..7)$$

... (41)

类似地，在 $X=0...3$, $Y=8...11$ 的情况下，预测图像 $\text{predc}[X, Y]$ 用上边相邻像素 $P[X, -1]$ 和左边相邻像素 $P[-1, Y]$ 产生（在此例中， $X=0...3$, $Y=8...11$ ）。具体说，在以下三种情况下预测图像分别用下面的式（42）至（44）产生：情况（i）：像素 $P[-1, Y]$ 存在；情况（ii）：像素 $P[X, -1]$ 存在，像素 $P[-1, Y]$ 不存在；情况（iii）：像素 $P[X, -1]$ 和像素 $P[-1, Y]$ 都不存在。

$$\text{pred}_c[x, y] = \left(\sum_{y'=8}^{11} p[-1, y'] + 2 \right) \gg 2 \quad (x = 0..3, y = 8..11)$$

... (42)

$$\text{pred}_c[x, y] = \left(\sum_{x'=0}^3 p[x', -1] + 2 \right) \gg 2 \quad (x = 0..3, y = 8..11)$$

... (43)

$$\text{pred}_c = 128 \quad (x = 0..3, y = 8..11)$$

... (44)

类似地，在 $X=4...7$, $Y=8...11$ 的情况下，预测图像 $\text{predc}[X, Y]$ 用上边相邻像素 $P[X, -1]$ 和左边相邻像素 $P[-1, Y]$ 产生（在此例中， $X=4...7$, $Y=8...11$ ）。具体说，在以下四种情况下预测图像分别用下面

的式 (45) 至 (48) 产生：情况 (i)：像素 $P[X, -1]$ 和像素 $P[-1, Y]$ 都存在；情况 (ii)：像素 $P[X, -1]$ 存在，像素 $P[-1, Y]$ 不存在；情况 (iii)：像素 $P[X, -1]$ 不存在，像素 $P[-1, Y]$ 存在；情况 (iv)：像素 $P[X, -1]$ 和像素 $P[-1, Y]$ 都不存在。

$$\text{pred}_c[x, y] = \left(\sum_{x'=4}^7 p[x', -1] + \sum_{y'=8}^{11} p[-1, y'] + 4 \right) \gg 3 \quad (x = 4..7, y = 8..11)$$

... (45)

$$\text{pred}_c[x, y] = \left(\sum_{x'=4}^7 p[x', -1] + 2 \right) \gg 2 \quad (x = 4..7, y = 8..11)$$

... (46)

$$\text{pred}_c[x, y] = \left(\sum_{y'=8}^{11} p[-1, y'] + 2 \right) \gg 2 \quad (x = 4..7, y = 8..11)$$

... (47)

$$\text{pred}_c[x, y] = 128 \quad (x = 4..7, y = 8..11)$$

... (48)

类似地，在 $X=0...3$, $Y=12...15$ 的情况下，预测图像 $\text{pred}_c[X, Y]$ 用上边相邻像素 $P[X, -1]$ 和左边相邻像素 $P[-1, Y]$ 产生（在此例中， $X=0...3$, $Y=12...15$ ）。具体说，在以下三种情况下预测图像分别用下面的式 (49) 至 (51) 产生：情况 (i)：像素 $P[-1, Y]$ 存在；情况 (ii)：像素 $P[X, -1]$ 存在，像素 $P[-1, Y]$ 不存在；情况 (iii)：像素 $P[X, -1]$ 和像素 $P[-1, Y]$ 都不存在。

$$\text{pred}_c[x, y] = \left(\sum_{y'=12}^{15} p[-1, y'] + 2 \right) \gg 2 \quad (x = 0..3, y = 12..15)$$

... (49)

$$\text{pred}_c[x, y] = \left(\sum_{x'=0}^3 p[x', -1] + 2 \right) \gg 2 \quad (x = 0..3, y = 12..15)$$

... (50)

$$\text{pred}_c = 128 \quad (x = 0..3, y = 12..15)$$

... (51)

类似地，在 $X=4...7, Y=12...15$ 的情况下，预测图像 $\text{pred}_c[X, Y]$ 用上边相邻像素 $P[X, -1]$ 和左边相邻像素 $P[-1, Y]$ 产生（在此例中， $X=4...7, Y=12...15$ ）。具体说，在以下四种情况下预测图像分别用下面的式（52）至（55）产生：情况（i）：像素 $P[X, -1]$ 和像素 $P[-1, Y]$ 都存在；情况（ii）：像素 $P[X, -1]$ 存在，像素 $P[-1, Y]$ 不存在；情况（iii）：像素 $P[X, -1]$ 不存在，像素 $P[-1, Y]$ 存在；情况（iv）：像素 $P[X, -1]$ 和像素 $P[-1, Y]$ 都不存在。

$$\text{pred}_c[x, y] = \left(\sum_{x'=4}^7 p[x', -1] + \sum_{y'=12}^{15} p[-1, y'] + 4 \right) \gg 3 \quad (x = 4..7, y = 12..15)$$

... (52)

$$\text{pred}_c[x, y] = \left(\sum_{x'=4}^7 p[x', -1] + 2 \right) \gg 2 \quad (x = 4..7, y = 12..15)$$

... (53)

$$\text{pred}_c[x, y] = \left(\sum_{y'=12}^{15} p[-1, y'] + 2 \right) \gg 2 \quad (x = 4..7, y = 12..15)$$

... (54)

$$\text{pred}_c[x, y] = 128 \quad (x = 4..7, y = 12..15)$$

... (55)

这里，在上面所述的预测方法中，因为上边块的 8 个像素和左边

块的 16 个像素的平均值被简单地作为预测图像,求此平均值必需实现被 24 除的除法。这样就存在运算量变大的问题。为此预测方法改变为下面所述的方法,使除法变为被 16 (=24) 除的除法,这样做可减小运算量。

也就是说,在 $X, Y=0 \dots 7$ 的情况下,预测图像 $\text{predc}[X, Y]$ 用相邻的上边像素 $P[X, -1]$ 和左边像素 $P[-1, Y]$ 产生(在比例中, $X, Y=0 \dots 7$)。具体说,在以下四种情况下预测图像分别用下面的式(56)至(59)产生:情况(i): 像素 $P[X, -1]$ 和像素 $P[-1, Y]$ 都存在;情况(ii): 像素 $P[X, -1]$ 存在, 像素 $P[-1, Y]$ 不存在;情况(iii): 像素 $P[X, -1]$ 不存在, 像素 $P[-1, Y]$ 存在;情况(iv): 像素 $P[X, -1]$ 和像素 $P[-1, Y]$ 都不存在。

$$\text{pred}_c[x, y] = \left(\sum_{x'=0}^7 p[x', -1] + \sum_{y'=0}^7 p[-1, y'] + 8 \right) \gg 4 \quad (x, y = 0..7)$$

... (56)

$$\text{pred}_c[x, y] = \left(\sum_{x'=0}^7 p[x', -1] + 4 \right) \gg 3 \quad (x, y = 0..7)$$

... (57)

$$\text{pred}_c[x, y] = \left(\sum_{y'=0}^7 p[-1, y'] + 4 \right) \gg 3 \quad (x, y = 0..7)$$

... (58)

$$\text{pred}_c[x, y] = 128 \quad (x, y = 0..7)$$

... (59)

类似地,在 $X=0 \dots 7, Y=8 \dots 15$ 的情况下,预测图像 $\text{predc}[X, Y]$ 用上边相邻像素 $P[X, -1]$ 和左边相邻像素 $P[-1, Y]$ 产生(在此例中, $X=0 \dots 7, Y=8 \dots 15$)。具体说,在以下三种情况下预测图像分别用下面的式(60)至(62)产生:情况(i): 像素 $P[-1, Y]$ 存在;情况(ii): 像素 $P[X, -1]$ 存在, 像素 $P[-1, Y]$ 不存在;情况(iii): 像素 $P[X, -1]$ 和像素 $P[-1, Y]$ 都不存在。

$$\text{pred}_c[x, y] = \left(\sum_{y'=8}^{15} p[-1, y'] + 4 \right) \gg 3 \quad (x = 0..7, y = 8..15)$$

... (60)

$$\text{pred}_c[x, y] = \left(\sum_{x'=0}^7 p[x', -1] + 4 \right) \gg 3 \quad (x = 0..7, y = 8..15)$$

... (61)

$$\text{pred}_c[x, y] = 128 \quad (x = 0..7, y = 8..15)$$

... (62)

(d) 面预测方式 (方式 3)

在面预测方式中, 预测图像是色差块相邻的左边块像素和上边块像素的面近似。若相邻的左边和上边块像素分别用 $P[-1, Y]$ 和 $P[X, -1]$ 表示, 则色差的预测图像 pred_c 由下面的式 (63) 表示。式 (63) 中的 Clip1 表示限制到 0 至 255 的范围内。

$$\text{pred}_c[x, y] = \text{Clip1}((a + b \times (x - 3) + c \times (y - 7) + 16) \gg 5) \quad (x = 0..7, y = 0..15)$$

... (63)

其中

$$\begin{cases} a = 16 \times (p[-1, 15] + p[7, -1]) \\ b = (17 \times H + 16) \gg 5 \\ c = (5 \times V + 32) \gg 6 \\ H = \sum_{x'=0}^3 (x'+1) \times (p[4+x', -1] - p[2-x', -1]) \\ V = \sum_{y'=0}^7 (y'+1) \times (p[-1, 8+y'] - p[-1, 6-y']) \end{cases}$$

(2-1-3)

下面说明帧内预测器 31c 的工作。在帧内预测器 31c 上存在四种帧内色差预测方式: 垂直方式, 水平方式, DC 方式和面预测方式。帧内预测器 31c 对 16×16 块进行预测, 此 16×16 块通过集合宏块中纵向和横向上连续的 4 个 8×8 块而构成, 对于色度格式信号指示 4:4:4

格式且彩色空间信号指示 YCbCr, RGB 或 XYZ 的图像信号, 16×16 块作为一个单元。在帧内预测器 31c 上根据四种预测方式产生预测图像的方法将在下面被说明。

(a) 垂直方式 (方式 0)

在垂直方式中, 色差块上边相邻块的像素被复制, 被复制的像素作为相应块的预测图像, 如果上边相邻块的像素用 $P[X, -1]$ 表示, 则色差的预测图像 predc 由下面的式 (64) 表示。注意: 此方式仅用于上边相邻块存在的情况下。

$$\text{predc}[x, y] = p[x, -1] \quad (x, y = 0..15) \quad \dots \quad (64)$$

(b) 水平方式 (方式 1)

在水平方式中, 色差块的左边相邻块的像素被复制, 被复制的像素作为相应块的预测图像。如果左边相邻块的像素用 $P[-1, Y]$ 表示, 则色差块的预测图像 predc 由下面的式 (65) 表示。注意: 此方式仅用于左边相邻块存在的情况下。

$$\text{predc}[x, y] = p[-1, y] \quad (x, y = 0..15) \quad \dots \quad (65)$$

(c) DC 方式 (方式 2)

在 DC 方式中, 色差块的上边和左边相邻块的像素被使用, 它们的平均值构成预测图像。注意, 在相邻像素不存在的情况下, 值 128 被用作预测信号。

换言之, 在 $X, Y=0..15$ 的情况下, 预测图像 $\text{predc}[X, Y]$ 用上边相邻像素 $P[X, -1]$ 和左边相邻像素 $P[-1, Y]$ 产生 (在此例中 $X, Y=0..15$)。具体说, 在以下四种情况下预测图像分别用下面的式 (66) 至 (69) 产生: 情况 (i): 像素 $P[X, -1]$ 和像素 $P[-1, Y]$ 都存在; 情况 (ii): 像素 $P[X, -1]$ 存在, 像素 $P[-1, Y]$ 不存在; 情况 (iii): 像素 $P[X, -1]$ 不存在, 像素 $P[-1, Y]$ 存在; 情况 (iv): 像素 $P[X, -1]$ 和像素 $P[-1, Y]$ 都不存在。

$$\text{pred}_c[x, y] = \left(\sum_{x'=0}^{15} p[x', -1] + \sum_{y'=0}^{15} p[-1, y'] + 16 \right) \gg 5 \quad (x, y = 0..15)$$

... (66)

$$\text{pred}_c[x, y] = \left(\sum_{x'=0}^{15} p[x', -1] + 8 \right) \gg 4 \quad (x, y = 0..15)$$

... (67)

$$\text{pred}_c[x, y] = \left(\sum_{y'=0}^{15} p[-1, y'] + 8 \right) \gg 4 \quad (x, y = 0..15)$$

... (68)

$$\text{pred}_c[x, y] = 128 \quad (x, y = 0..15)$$

... (69)

(d) 面预测方式 (方式3)

在面预测方式中, 预测图像是色差块相邻的左边块像素和上边块像素的面近似。若相邻的左边和上边块像素分别用 $P[-1, Y]$ 和 $P[X, -1]$ 表示, 则色差的预测图像 pred_c 由下面的式 (70) 表示。式 (70) 中的 Clip1 表示限制到 0 至 255 的范围内。

$$\text{pred}_c[x, y] = \text{Clip1}((a + b \times (x - 7) + c \times (y - 7) + 16) \gg 5) \quad (x, y = 0..15)$$

... (70)

其中

$$\begin{cases} a = 16 \times (p[-1, 15] + p[15, -1]) \\ b = (5 \times H + 32) \gg 6 \\ c = (5 \times V + 32) \gg 6 \\ H = \sum_{x'=0}^7 (x'+1) \times (p[8+x', -1] - p[6-x', -1]) \\ V = \sum_{y'=0}^7 (y'+1) \times (p[-1, 8+y'] - p[-1, 6-y']) \end{cases}$$

(2-2) 正交变换单元

色度格式信号和彩色空间信号也被提供给正交变换单元 14。

图 7 示出正交变换单元 14 的一个结构例。正交变换单元 14 基于色度格式信号—它指示彩色分量的分辨率是 4:2:0 格式, 4:2:2 格式和 4:4:4 格式等中的哪一个—和彩色空间信号—它指示彩色空间是 YCbCr, RGB 和 XYZ 等中的哪一个—切换正交变换系统。

在图 7 所示正交变换单元 14 中, 色度格式信号和彩色空间信号被提供给开关 40, 42。开关 40, 42 根据色度格式信号和彩色空间信号选择正交变换元件 41a, 41b, 41c 中的一个, 提供相加器 13 的输出给所选择的正交变换元件, 并从所选择的正交变换元件输出信号。开关 40, 42 选择同一个正交变换元件。应指出: 上述对图 7 的说明基于三种正交变换元件 41a, 41b, 41c 中的任一个被选择, 然而正交变换元件的数目, 即正交变换系统的数目可以任意设置。

(2-2-1)

首先说明正交变换元件 41a 的工作。正交变换元件 41a 对于色度格式信号指示 4:2:0 格式且彩色空间信号指示 YCbCr 的图像信号进行正交变换。应指出, 因为正交变换元件 41a 的工作相同于以前说明的现有技术的工作, 详细说明被省略。

(2-2-2)

下面说明正交变换元件 41b 的工作。正交变换元件 41b 对于色度格式信号指示 4:2:2 格式且彩色空间信号指示 YCbCr 的图像信号进行正交变换。

具体说, 在色差帧内预测完成后, 基于 8×8 块中的 4×4 像素块进行 4×4 整数变换。若通过相应像素块减去预测图像而得到的差信号表示为 $f_{4 \times 4}$, 4×4 正交变换处理由下面的式 (71) 表示。

$$f_{4 \times 4} = T_{4 \times 4} \times F_{4 \times 4} \times T_{4 \times 4}^T \quad \dots \quad (71)$$

其中

$$T_{4 \times 4} = \begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 \\ 2 & 1 & -1 & -2 \\ 1 & -1 & -1 & 1 \\ 1 & -2 & 2 & -1 \end{pmatrix}$$

在 4×4 整数变换处理完成后，两个 8×8 块中在纵向上连续的 8 个 4×4 块的 (0, 0) 系数被集合，构成 2×4 块，对此 2×4 块进行 2×4 变换处理。这是因为绝差中所用的帧内预测效率不够高，在相邻 4×4 块的 (0, 0) 系数间仍存在相关。为了进一步通过利用此相关性来改善（提高）编码效率，只有 4×4 块的 (0, 0) 系数被集合构成 2×4 块，然后对它进行 2×4 变换处理。若 2×4 色度 DC 块表示为 $fdc_{2 \times 4}$ ，对色度 DC 块的变换处理由下面的式 (72) 表示。

$$fdc'_{2 \times 4} = T_{v(4)} \times fdc_{2 \times 4} \times T_{h(2)}^T \quad \dots \quad (72)$$

其中

$$T_{v(4)} = \begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & -1 & -1 \\ 1 & -1 & -1 & 1 \\ 1 & -1 & 1 & -1 \end{pmatrix}$$

$$T_{h(2)} = \begin{pmatrix} 1 & 1 \\ 1 & -1 \end{pmatrix}$$

(2-2-3)

接着说明正交变换元件 41c 的工作。正交变换元件 41c 对色度格式信号指示 4:4:4 格式且彩色空间信号指示 YCbCr, RGB 或 XYZ 的图像信号进行正交变换。

具体说，进行指示 4:4:4 格式，YCbCr, RGB 或 XYZ 的色差的 4×4 整数变换后，以与亮度相同的方法集合宏块中的 16 个 (0, 0) 系数，构成 4×4DC 块，再对它进行 4×4 变换处理。此变换处理由下面的式 (73) 表示。

$$fdc'_{4 \times 4} = T_{4 \times 4} \times fdc_{4 \times 4} \times T_{4 \times 4}^T \quad \dots \quad (73)$$

其中

$$T_{4 \times 4} = \begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & -1 & -1 \\ 1 & -1 & -1 & 1 \\ 1 & -1 & 1 & -1 \end{pmatrix}$$

(2-3) 量化单元

色度格式信号和彩色空间信号也被提供给量化单元 15。

一个量化单元 15 的结构例示于图 9。量化单元 15 基于色度格式信号——它指示彩色分量的分辨率是 4:2:0 格式，4:2:2 格式和 4:4:4 格式等中的哪一个——和彩色空间信号——它指示彩色空间是 YCbCr, RGB 和 XYZ 等中的哪一个——切换量化系统。

在图 9 所示量化单元 15 中，色度格式信号和彩色空间信号被提供给开关 50, 52。开关 50, 52 基于色度格式信号和彩色空间信号选择量化器 51a, 51b, 51c 中的一个，提供正交变换单元 14 的输出给所选择的量化器，并从所选择的量化器输出信号。开关 50, 52 选择同一个量化器。应指出，上述对图 9 的说明基于三种量化器 51a, 51b, 51c 中的任一个被选择，然而量化器的数目，即量化系统的数目可以任意设置。

(2-3-1)

首先说明量化器 51a 的工作。量化器 51a 对色度格式信号指示 4:2:0 格式且彩色空间信号指示 YCbCr 的图像信号进行量化。应指出，因为量化器 51a 的工作相同于前面所述的现有技术的工作，其详细说明被省略。

(2-3-2)

下面说明量化器 51b 的工作。量化器 51b 对色度格式信号指示 4:2:2 格式且彩色空间信号指示 YCbCr 的图像信号进行量化。

这里，用于 4:2:0 格式情况下色度 DC 变换处理中的 Hadamard 变换由下面的式 (74) 表示。

$$\begin{aligned}
 \text{fdc}'_{2 \times 4} &= T_2 \times \text{fdc}_{2 \times 2} \times T_2^T \\
 &= \frac{1}{2} \begin{pmatrix} 1 & 1 \\ 1 & -1 \end{pmatrix} \text{fdc}_{2 \times 2} \begin{pmatrix} 1 & 1 \\ 1 & -1 \end{pmatrix} \\
 &\dots \quad (74)
 \end{aligned}$$

其中

$$T_2 = \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{pmatrix} 1 & 1 \\ 1 & -1 \end{pmatrix}$$

另一方面，用于 4:2:2 格式情况下色度 DC 变换处理中的 2×4 变换由下面的式 (75) 表示

$$\begin{aligned}
 \text{fdc}'_{2 \times 4} &= T_{v(4)} \times \text{fdc}_{2 \times 4} \times T_{h(2)}^T \\
 &= \frac{1}{2\sqrt{2}} \begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & -1 & -1 \\ 1 & -1 & -1 & 1 \\ 1 & -1 & 1 & -1 \end{pmatrix} \text{f}_{2 \times 4} \begin{pmatrix} 1 & 1 \\ 1 & -1 \end{pmatrix} \\
 &\dots \quad (75)
 \end{aligned}$$

其中

$$\begin{aligned}
 T_{v(4)} &= \begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & -1 & -1 \\ 1 & -1 & -1 & 1 \\ 1 & -1 & 1 & -1 \end{pmatrix} \\
 T_{h(2)} &= \begin{pmatrix} 1 & 1 \\ 1 & -1 \end{pmatrix}
 \end{aligned}$$

相应地，在 4:2:0 格式中变换处理的归一化系数是 1/2，而在 4:2:2 格式中变换处理的归一化系数是 $1/2\sqrt{2}$ 。然而，因为在此情况下包含实数运算，2×4 变换像以下的式 (76) 所示那样被简化。

$$\begin{aligned}
 \text{fdc}'_{2 \times 4} &= T_{v(4)} \times \text{fdc}_{2 \times 4} \times T_{h(2)}^T \\
 &= \frac{1}{2\sqrt{2}} \begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & -1 & -1 \\ 1 & -1 & -1 & 1 \\ 1 & -1 & 1 & -1 \end{pmatrix} \text{fdc}_{2 \times 4} \begin{pmatrix} 1 & 1 \\ 1 & -1 \end{pmatrix} \\
 &\approx \frac{1}{4} \begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & -1 & -1 \\ 1 & -1 & -1 & 1 \\ 1 & -1 & 1 & -1 \end{pmatrix} \text{fdc}_{2 \times 4} \begin{pmatrix} 1 & 1 \\ 1 & -1 \end{pmatrix} \\
 &\dots \quad (76)
 \end{aligned}$$

因为归一化系数与量化标度一起计算，如下面所述在 4:2:2 格式的变换处理情况下改变量化方法是必要的。

若量化的 DC 系数是 $Q\text{fdc}'[i, j]$ ，则 2×4 色度 DC 块的量化系数值由例如下面的式 (77) 给出。这里，式 (77) 中的 r 是用于改变取整处理的参数。应指出，因为对于 AC 系数的量化相同于 4:2:0 格式的情况，其说明被省略。

$$\begin{aligned}
 Q\text{fdc}'[i, j] &= (\text{fdc}'[i, j] \times Q(QP_c \% 6, 0, 0) + r) \gg (15 + QP_c / 6) \quad (i = 0..1, j = 0..3) \\
 &\dots \quad (77)
 \end{aligned}$$

(2-3-3)

接着说明量化器 51c 的工作。量化器 51c 对色度格式信号指示 4:4:4 且彩色空间信号指示 YCbCr, RGB 或 XYZ 的图像信号进行量化。

这里，用在色度 DC 变换处理中的 Hadamard 变换由下面的式 (78) 表示。相应地，在此情况下变换处理的归一化系数等于 $1/4$ 。

$$\begin{aligned}
 \text{fdc}'_{4 \times 4} &= T_4 \times \text{fdc}_{4 \times 4} \times T_4^T \\
 &= \frac{1}{4} \begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & -1 & -1 \\ 1 & -1 & -1 & 1 \\ 1 & -1 & 1 & -1 \end{pmatrix} \text{fdc}_{4 \times 4} \begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & -1 & -1 \\ 1 & -1 & -1 & 1 \\ 1 & -1 & 1 & -1 \end{pmatrix}
 \end{aligned}$$

其中

$$T_4 = \frac{1}{2} \begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & -1 & -1 \\ 1 & -1 & -1 & 1 \\ 1 & -1 & 1 & -1 \end{pmatrix} \quad \dots \quad (78)$$

若量化的直流系数是 $Q_{fdc}'[i, j]$, 4×4 色度 DC 块的量化系数值由例如下面的式 (79) 给出。这里, 式 (79) 中的 r 是用于改变取整处理的参数。

$$Q_{fdc}'[i, j] = (fdc'[i, j] \times Q(QP_c \% 6, 0, 0) + r) \gg (15 + QP_c / 6) \quad (i, j = 0..3) \quad \dots \quad (79)$$

(2-4) 逆量化单元

色度格式信号和彩色空间信号也被提供给逆量化单元 18。

逆量化单元 18 的一个结构例示于图 10。逆量化单元 18 基于色度格式信号—它指示彩色分量的分辨率是 4:2:0 格式, 4:2:2 格式和 4:4:4 格式等中的哪一个—和彩色空间信号—它指示彩色空间是 YCbCr, RGB 和 XYZ 等中的哪一个—切换逆量化系统。

在图 10 所示逆量化单元 18 中, 色度格式信号和彩色空间信号被提供给开关 60, 62。开关 60, 62 基于色度格式信号和彩色空间信号选择逆量化器 61a, 61b, 61c 中的一个, 提供量化单元 15 的输出给所选择的逆量化器, 并从所选择的逆量化器输出信号。开关 60, 62 选择同一个逆量化器。应指出, 上述对图 10 的说明基于三种逆量化器 61a, 61b, 61c 中的任一个被选择, 然而逆量化器的数目, 即逆量化系统的数目可以任意设置。

(2-4-1)

首先说明逆量化器 61a 的工作。逆量化器 61a 对色度格式信号指示 4:2:0 格式且彩色空间信号指示 YCbCr 的图像信号进行逆量化。应指出, 因为逆量化器 61a 的工作相同于前面所述现有技术的工作, 其详细说明被省略。

(2-4-2)

下面说明逆量化器 61b 的工作。逆量化器 61b 对色度格式信号指示 4:2:2 格式且彩色空间信号指示 YCbCr 的图像信号进行逆量化。

具体说, 若逆量化的 DC 系数是 fdc'' , 则在 QP_c 为 6 或更大的情况下, 2×2 色度 DC 块的逆量化 DC 系数值由下面的式 (80) 表示, 在 QP_c 小于 6 的情况下由下面的式 (81) 表示。应指出, 因为对于 AC 系数的逆量化相同于 4:2:0 格式的情况, 其说明被省略。

$$fdc''[i, j] = (fdc'[i, j] \times Q(QP_c \% 6, 0, 0)) \ll (QP_c / 6 - 2) \quad (i = 0..1, j = 0..3) \quad \dots \quad (80)$$

$$fdc''[i, j] = (fdc'[i, j] \times Q(QP_c \% 6, 0, 0)) \gg (2 - QP_c / 6) \quad (i = 0..1, j = 0..3) \quad \dots \quad (81)$$

(2-4-3)

接着说明逆量化器 61c 的工作。逆量化器 61c 对色度格式信号指示 4:4:4 且彩色空间信号指示 YCbCr, RGB 或 XYZ 的图像信号进行逆量化。

具体说, 若逆量化的 DC 系数是 fdc'' , 则在 QP_c 为 6 或更大的情况下, 4×4 色度 DC 块的逆量化系数值由下面的式 (82) 表示, 在 QP_c 小于 6 的情况下由下面的式 (83) 表示。应指出, 对于 AC 系数的逆量化相同于 4:2:0 格式的情况, 其说明被省略。

$$fdc''[i, j] = (fdc'[i, j] \times Q(QP_c \% 6, 0, 0)) \ll (QP_c / 6 - 2) \quad (i, j = 0..3) \quad \dots \quad (82)$$

$$fdc''[i, j] = (fdc'[i, j] \times Q(QP_c \% 6, 0, 0)) \gg (2 - QP_c / 6) \quad (i, j = 0..3) \quad \dots \quad (83)$$

(2-5) 逆正交变换单元

色度格式信号和彩色空间信号也被提供给逆正交变换单元 19。

逆正交变换单元 19 的一个结构例示于图 11。逆正交变换单元 19 基于色度格式信号—它指示彩色分量的分辨率是 4:2:0 格式, 4:2:2 格式和 4:4:4 格式等中的哪一个—和彩色空间信号—它指示彩色空间是

YCbCr, RGB 和 XYZ 等中的哪一个一切换逆正交变换系统。

在图 11 所示逆正交变换单元 19 中, 色度格式信号和彩色空间信号被提供给开关 70, 72。开关 70, 72 基于色度格式信号和彩色空间信号选择逆正交变换元件 71a, 71b, 71c 中的一个, 提供逆量化单元 18 的输出到所选择的逆正交变换元件, 从所选择的逆正交变换元件输出信号。开关 70, 72 选择同一个逆正交变换元件。应指出, 上述对图 11 的说明基于三种逆正交变换元件 71a, 71b, 71c 中的任一个被选择, 然而逆正交变换元件的数目, 即逆正交变换系统的数目可以任意设置。

(2-5-1)

首先说明逆正交变换元件 71a 的工作。逆正交变换元件 71a 对色度格式信号指示 4:2:0 格式且彩色空间信号指示 YCbCr 的图像信号进行逆正交变换。应指出, 因为逆正交变换元件 71a 的工作相同于前面所述现有装置的工作, 其详细说明被省略。

(2-5-2)

下面说明逆正交变换元件 71b 的工作。逆正交变换元件 71b 对色度格式信号指示 4:2:2 格式且彩色空间信号指示 YCbCr 的图像信号进行逆正交变换。

具体说, 对 2×4 DC 块进行 2×4 逆变换处理。若逆变换后的 2×4 色度 DC 块表示为 $\text{fdc}'''_{2 \times 4}$, 对于色度 DC 块的逆变换由下面的式(84)表示。

$$\text{fdc}'''_{2 \times 4} = T_{v(4)} \times \text{fdc}''_{2 \times 4} \times T_{h(2)}^T \quad \dots \quad (84)$$

其中

$$T_{v(4)} = \begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & -1 & -1 \\ 1 & -1 & -1 & 1 \\ 1 & -1 & 1 & -1 \end{pmatrix}$$

$$T_{h(2)} = \begin{pmatrix} 1 & 1 \\ 1 & -1 \end{pmatrix}$$

若色度 DC 系数是如图 8 所示 4×4 块的 (0, 0) 系数, 各 4×4 块

的逆变换被进行。若 4×4 块—其中逆变换后的色度 DC $\text{fdc}'''_{2 \times 4}$ 为 $(0, 0)$ 系数—的相应系数表示为 $F'_{4 \times 4}$ ，而对应逆变换后 4×4 块的解码差信号表示为 $F''_{4 \times 4}$ ，则逆变换处理由下面的式 (85) 表示。

$$F''_{4 \times 4} = T_{4 \times 4} \times F'_{4 \times 4} \times T_{4 \times 4}^T \quad \dots \quad (85)$$

其中

$$T_{4 \times 4} = \begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 \\ 2 & 1 & -1 & -2 \\ 1 & -1 & -1 & 1 \\ 1 & -2 & 2 & -1 \end{pmatrix}$$

(2-5-3)

接着说明逆正交变换元件 71c 的工作。逆正交变换元件 71c 对色度格式信号指示 4:4:4 且彩色空间信号指示 YCbCr, RGB 或 XYZ 的图像信号进行逆正交变换。

具体说，对 4×4 DC 块进行 4×4 逆变换处理。若逆变换后 4×4 色度 DC 块表示为 $\text{fdc}'''_{4 \times 4}$ ，则对色度 DC 块的逆变换处理由以下式 (86) 表示。

$$\text{fdc}'''_{4 \times 4} = T_4 \times \text{fdc}''_{4 \times 4} \times T_4^T \quad \dots \quad (86)$$

其中

$$T_4 = \begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & -1 & -1 \\ 1 & -1 & -1 & 1 \\ 1 & -1 & 1 & -1 \end{pmatrix}$$

若色度 DC 系数是 AC 系数 4×4 块的 $(0, 0)$ 系数，逆变换处理对相应的 4×4 块进行。若 4×4 块—其中逆变换后的色度 DC $\text{fdc}'''_{4 \times 4}$ 为 $(0, 0)$ 系数—的相应系数表示为 $F'_{4 \times 4}$ ，而对应逆变换后 4×4 块的解码差信号表示为 $F''_{4 \times 4}$ ，则逆变换处理由下面的式 (87) 表示。

$$F'_{4 \times 4} = T_{4 \times 4} \times F'_{4 \times 4} \times T_{4 \times 4}^T \quad \dots \quad (87)$$

其中

$$T_{4 \times 4} = \begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 \\ 2 & 1 & -1 & -2 \\ 1 & -1 & -1 & 1 \\ 1 & -2 & 2 & -1 \end{pmatrix}$$

(2-6) 其它功能块

色度格式信号和彩色空间信号也被提供给可逆编码单元 16，在此单元这些信号被进行可变长度编码或算术编码。编码所得到的信号输出到图像压缩信息中。

色度格式信号和彩色空间信号例如以下面所示的语法被编码：

```
seq_parameter_set_rbsp(){
:
chroma_format_idc          u(2)
color_space_idc            u(2)
:
}
```

这里作为 $u(2)$ 被编码的语法被可变长度码例如“001x1x0”编码。其中 x1 和 x0 对应于被编码语法的两个比特。

(3) 图像信息解码装置的结构和工作

对应于上面已说明的图像信息编码装置 10 的图像信息解码装置的结构简示于图 12 中。如图 12 所示，图像信息解码装置 80 包括一个存储缓冲器 81，一个可逆解码单元 82，一个逆量化单元 83，一个逆正交变换单元 84，一个相加器 85，一个图像分类缓冲器 86，一个 D/A（数字/模拟）变换单元 87，一个运动预测/补偿单元 88，一个帧存储器 89 和一个帧内预测单元 90。

图 12 中，作为输入的图像压缩信息首先存储到存储缓冲器 81 中，

然后被传递给可逆解码单元 82。可逆解码单元 82 基于预定的图像压缩信息格式进行可变长度解码或算术解码等。在对应帧是帧间编码帧的情况下,可逆解码单元 82 也对存储在图像压缩信息头部的运动矢量信息进行解码,将获得的已解码信息传递到运动预测/补偿单元 88。而且,可逆解码单元 82 将色度格式信息和彩色空间信号解码,提供所获得的已解码信号给逆量化单元 83,逆正交变换单元 84 和帧内预测单元 90。

可逆解码单元 82 输出的量化的变换系数被提供给逆量化单元 83,在其上它们被作为变换系数输出。逆正交变换单元 84 基于预定的图像压缩信息格式对变换系数进行诸如逆离散余弦变换或逆 Karhunen-Loeve 变换等逆变换。在相应的帧是帧内编码帧的情况下,已经进行逆正交变换的图像信息被存储到图像分类缓冲器 86 中,并在进行 D/A 变换处理后输出。

这里,在对应帧或宏块是帧内编码的帧或宏块的情况下,解码处理利用与上面说明过的相同的逆量化方法、逆正交变换方法和帧内预测方法基于已在可逆解码单元 82 中解码的色度格式信号和彩色空间信号进行。

另一方面,在对应帧是帧间编码帧的情况下,基于已进行可逆解码处理的运动矢量信息和存储在帧存储器 89 中的图像信息产生参考图像。所产生的参考图像和逆正交变换单元 84 的输出在相加器 85 中合成。因为其它的处理相同于帧内编码帧的处理,其说明被省略。

应指出,本发明已按照附图所示并在上面详细描述的某些优选的实施例而被说明,然而本发明不限于这些实施例,各种改动、替代的结构或等价物可以被实现,而不脱离如后附权利要求所述的本发明的范围和精神。

工业应用性

本发明可以不仅对相应格式为 4:2:0 格式且彩色空间为 YCbCr 的输入图像信号,而且对于相应格式为 4:2:2 格式或 4:4:4 格式,而彩色空间是 RGB 或 XYZ 等的输入图像信号,通过图像内预测编码而高效地实现编码处理。

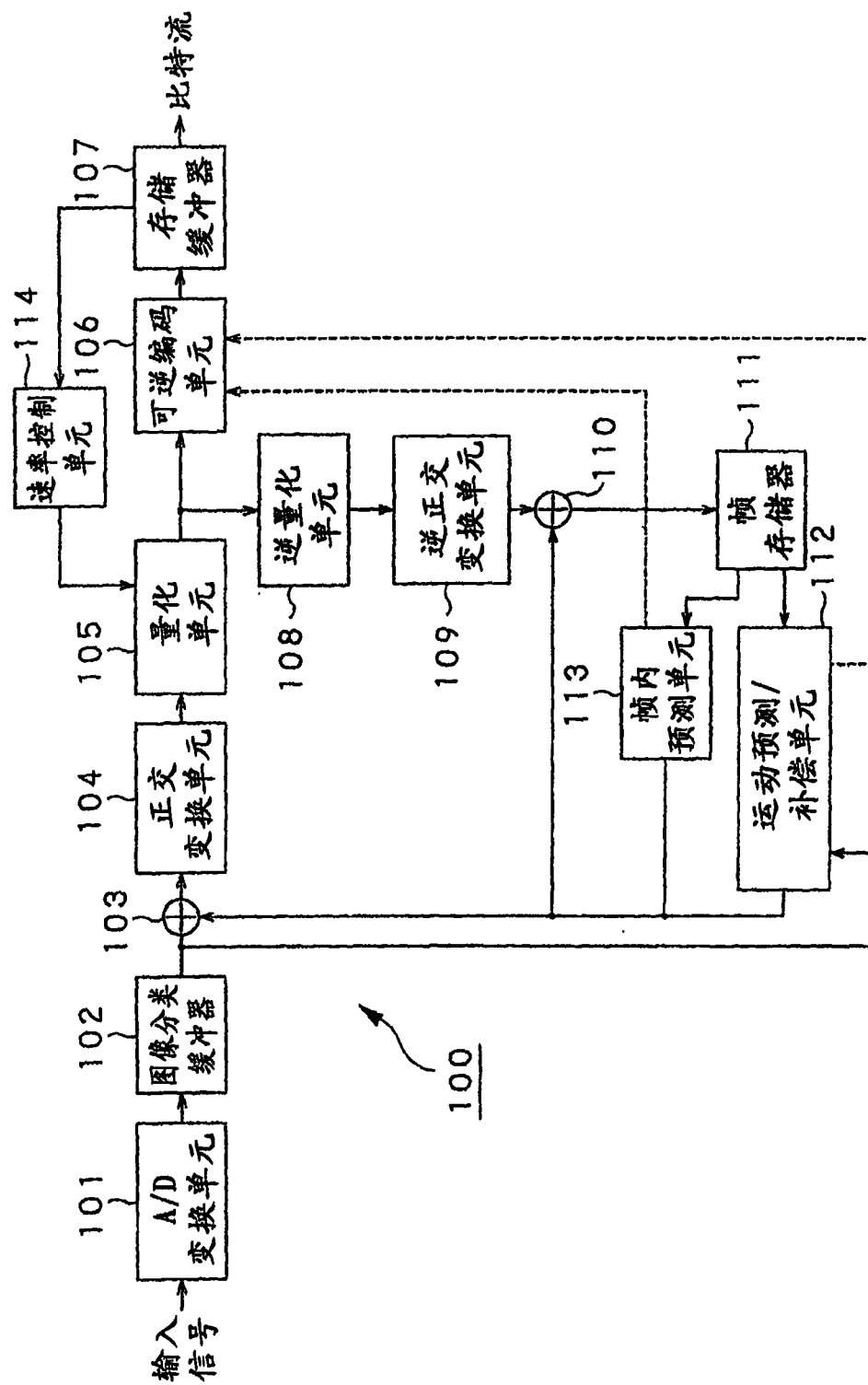


图1

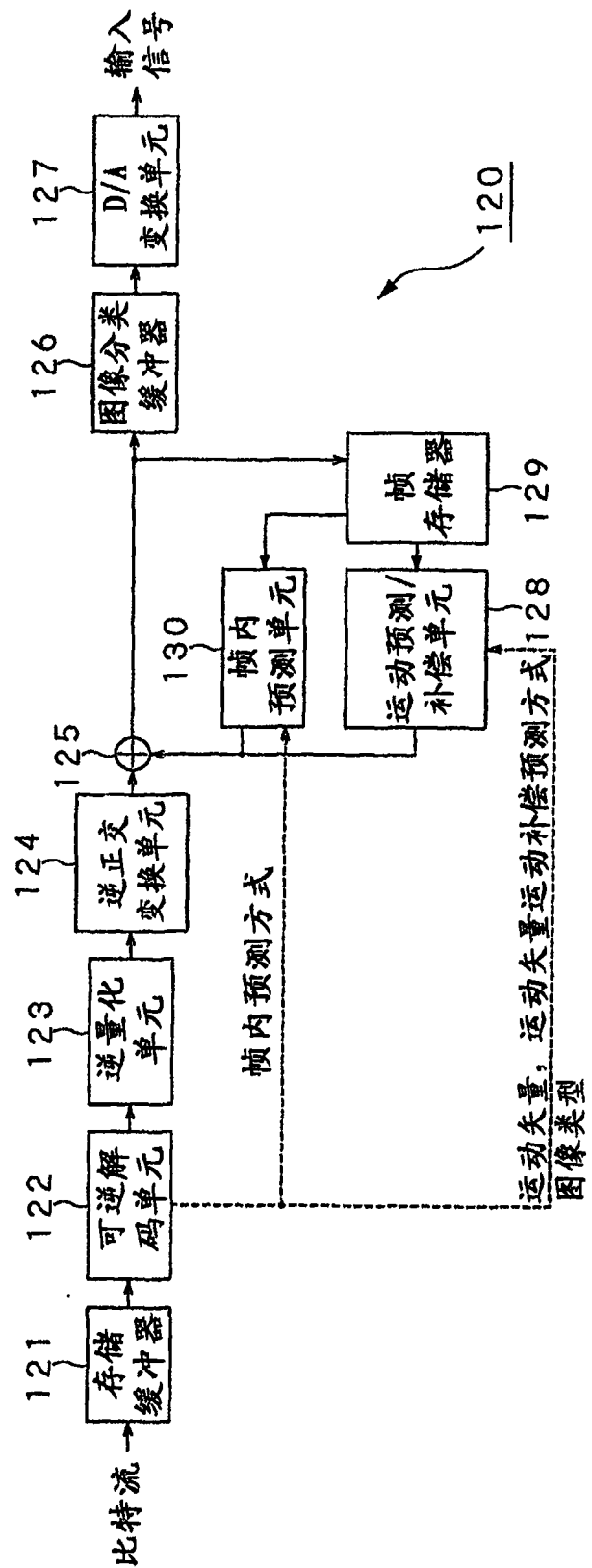


图 2

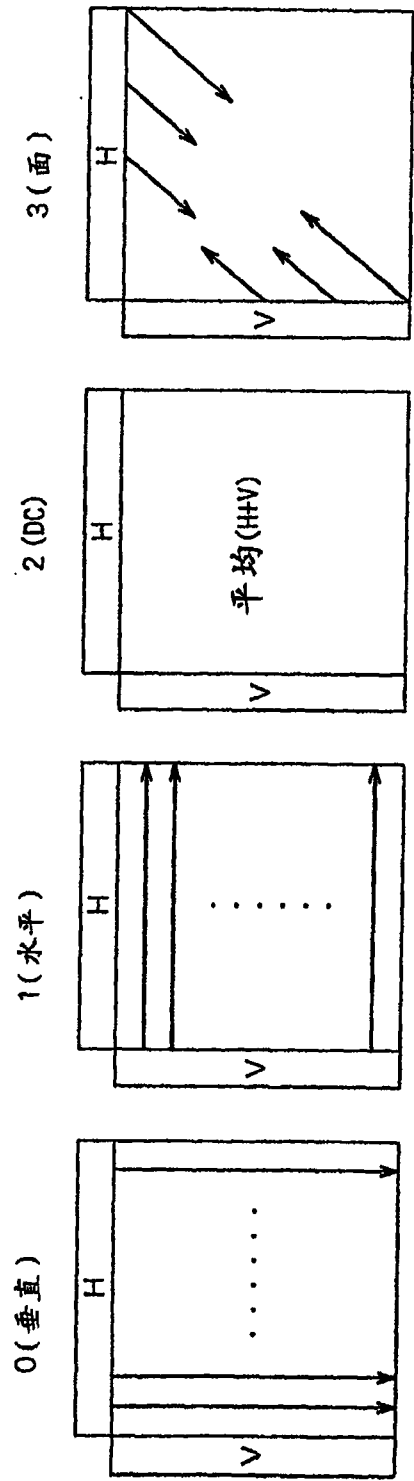


图3

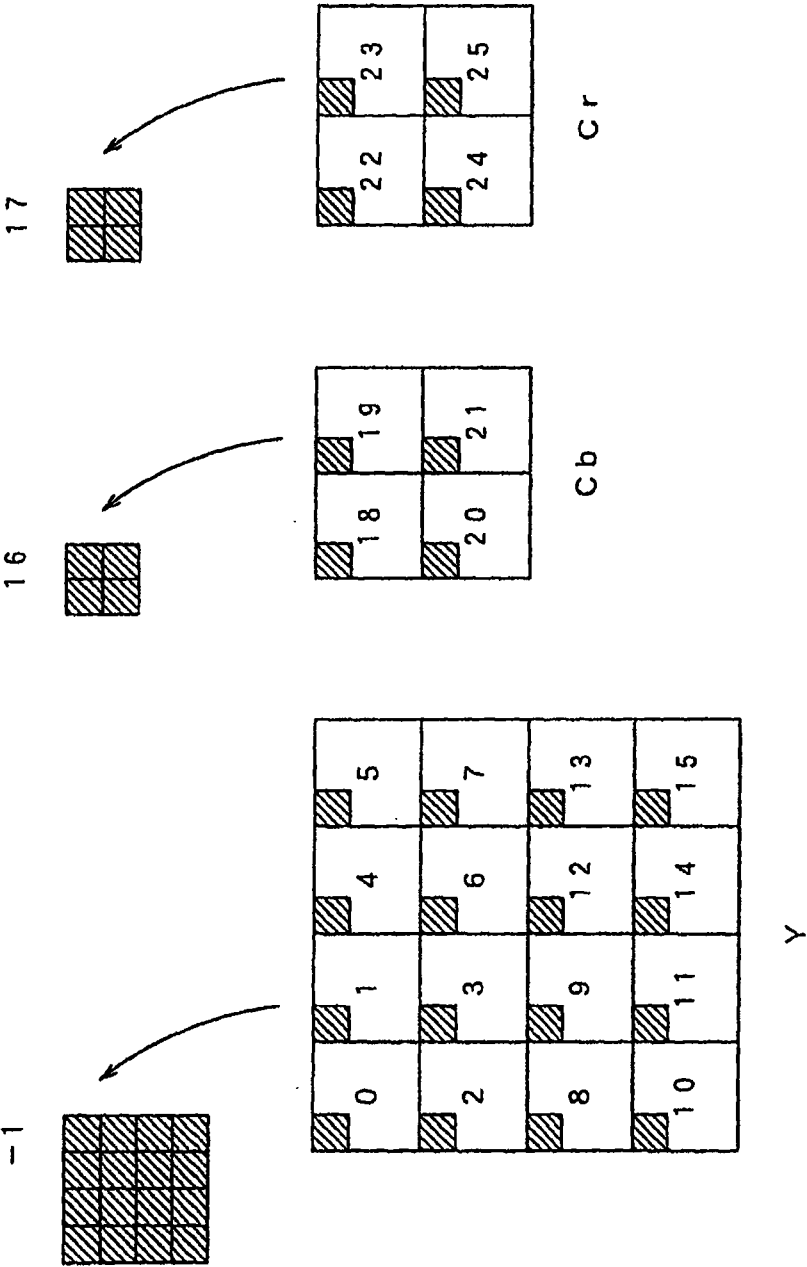


图 4

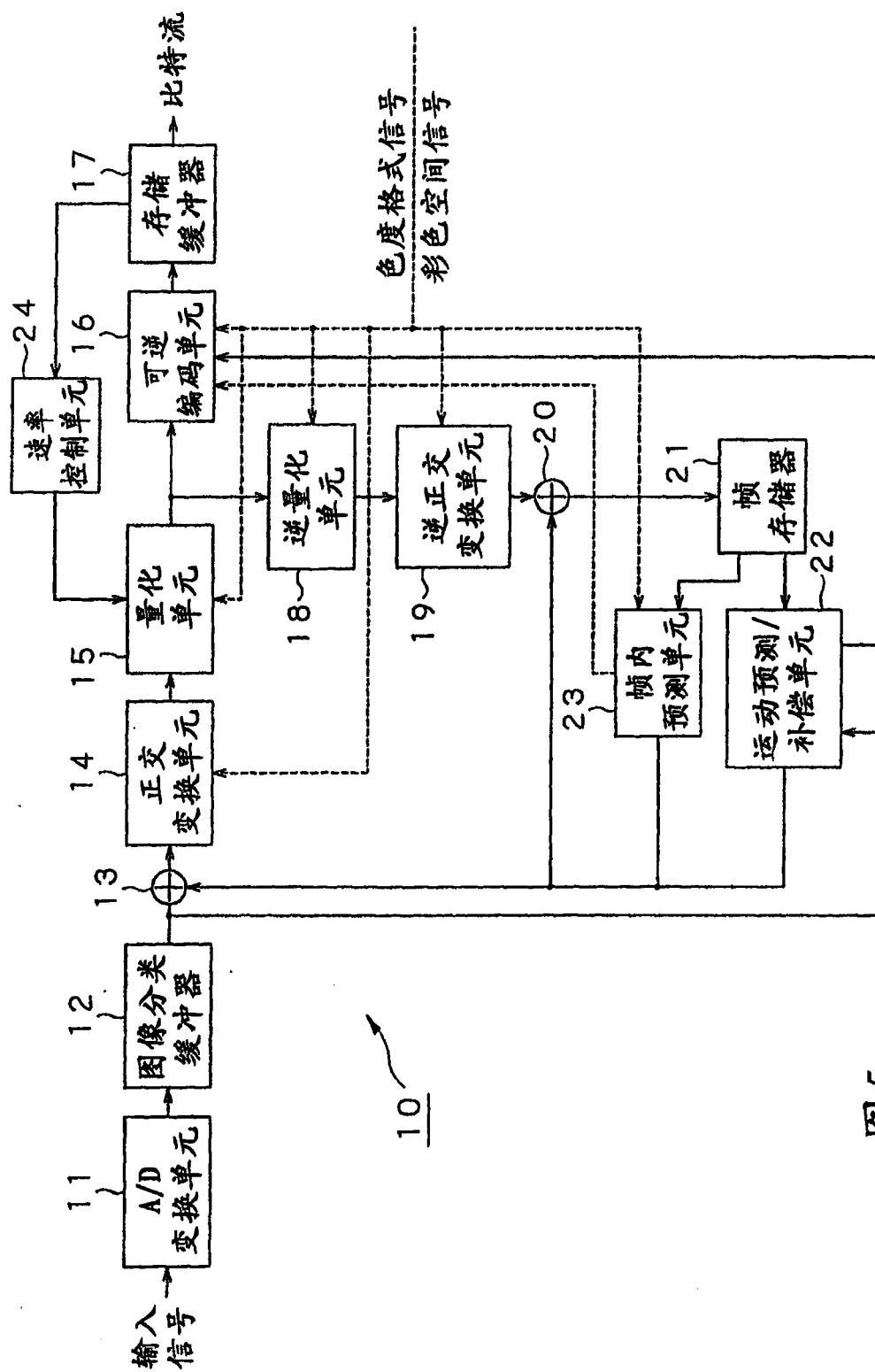


图5

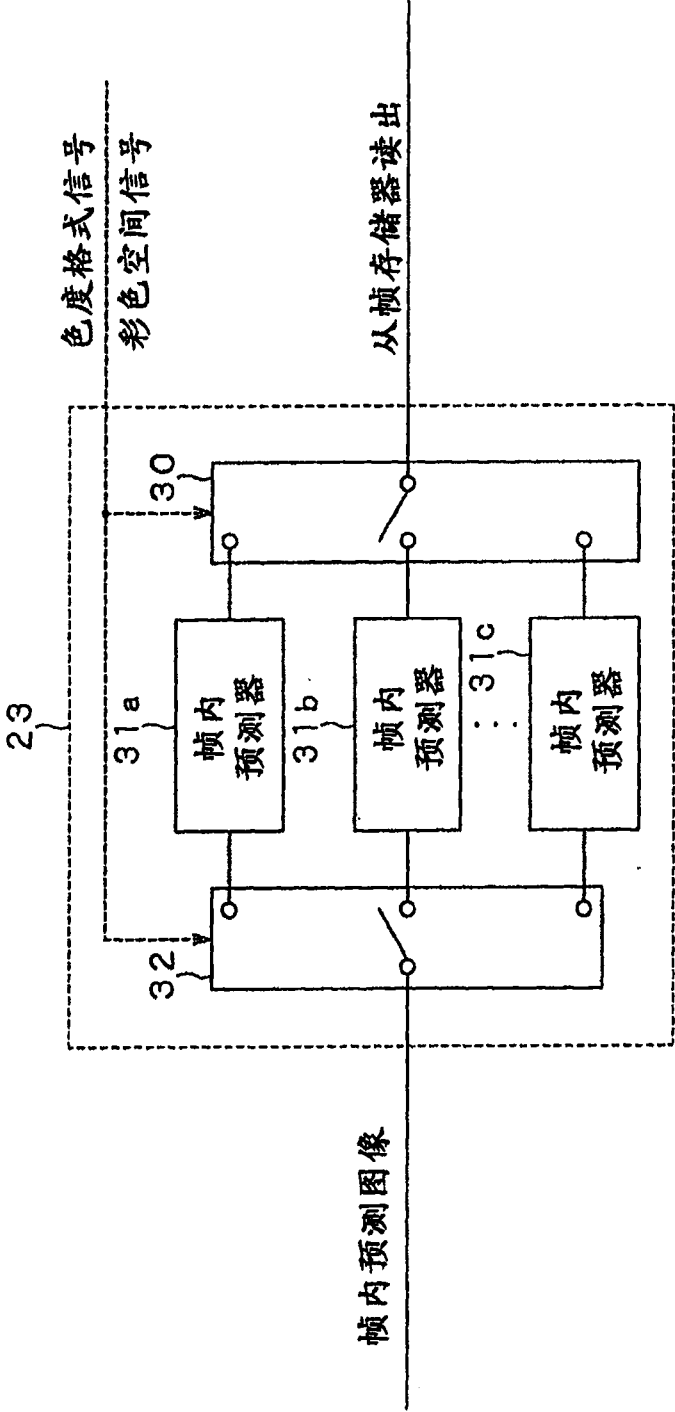


图6

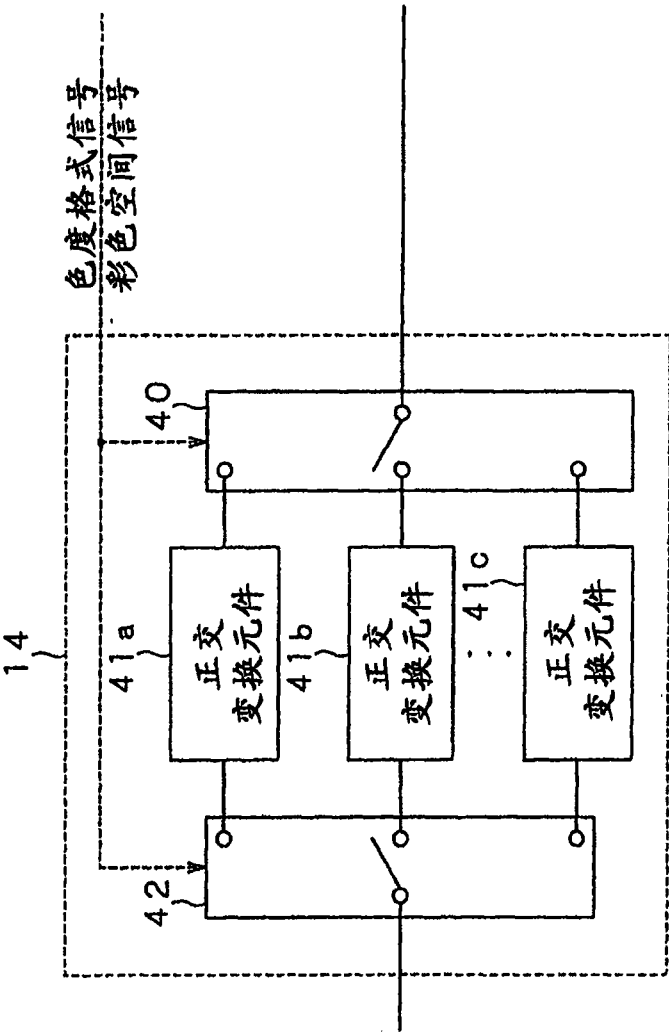


图7

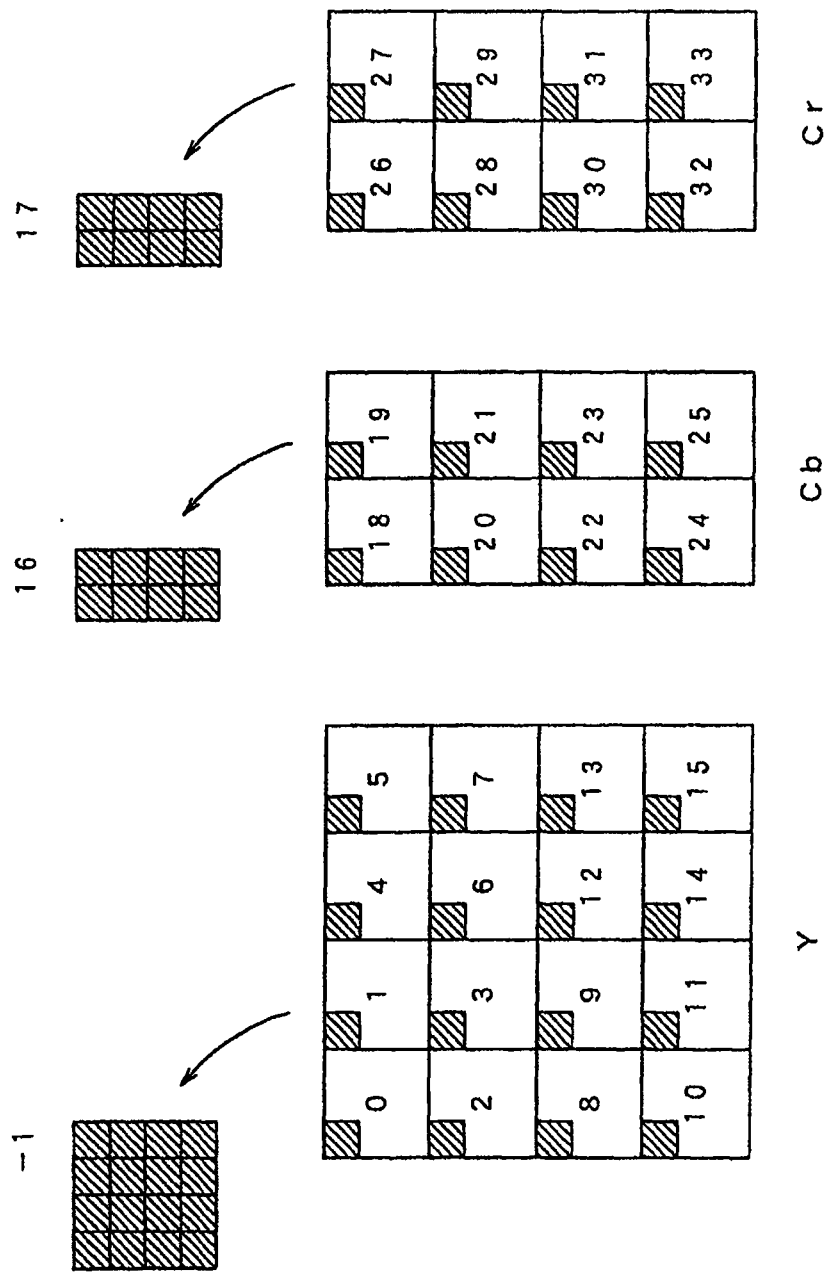


图 8

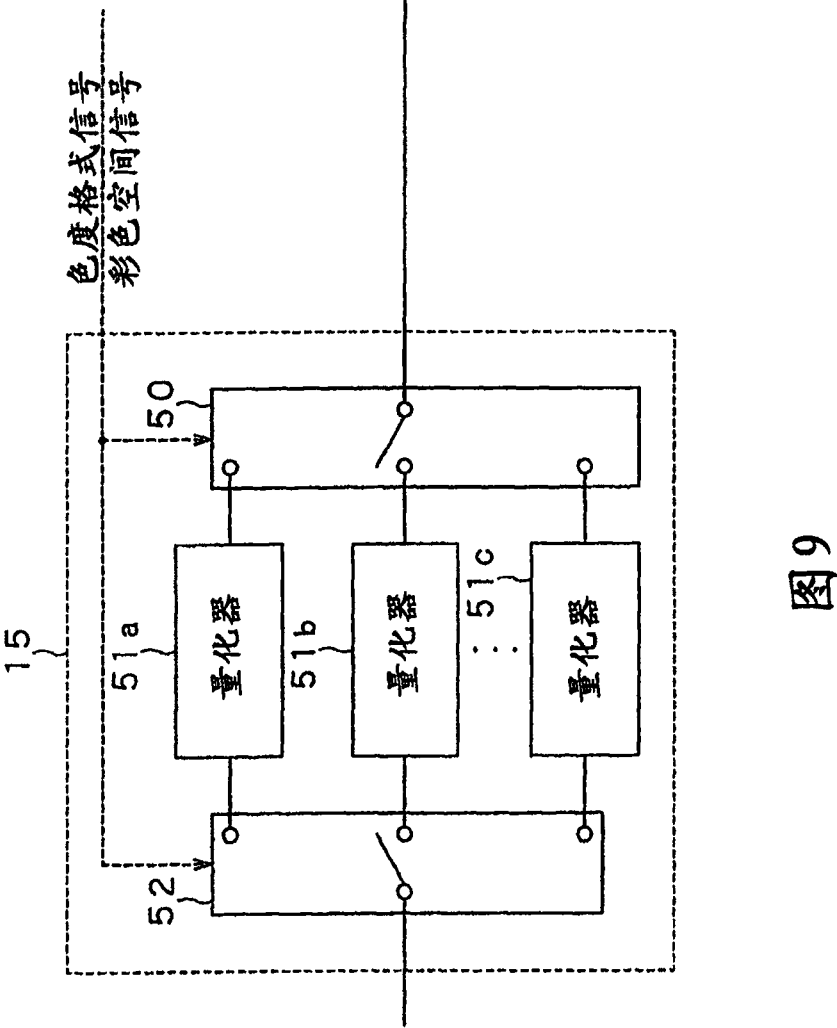


图9

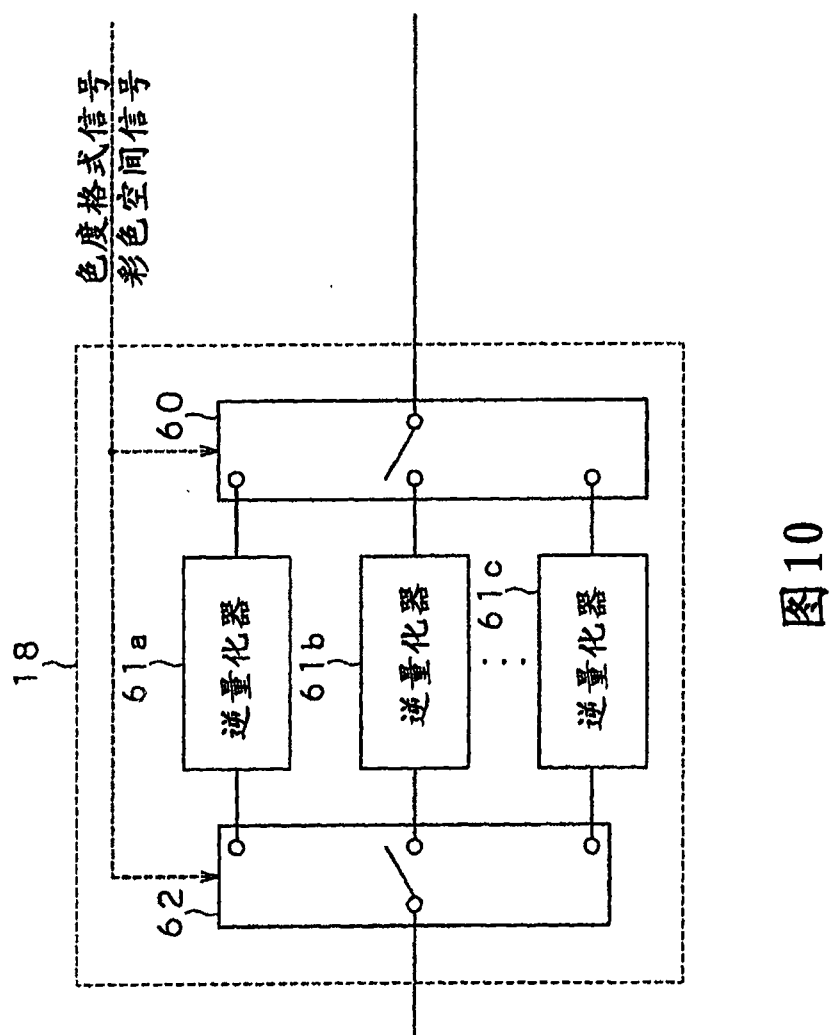


图10

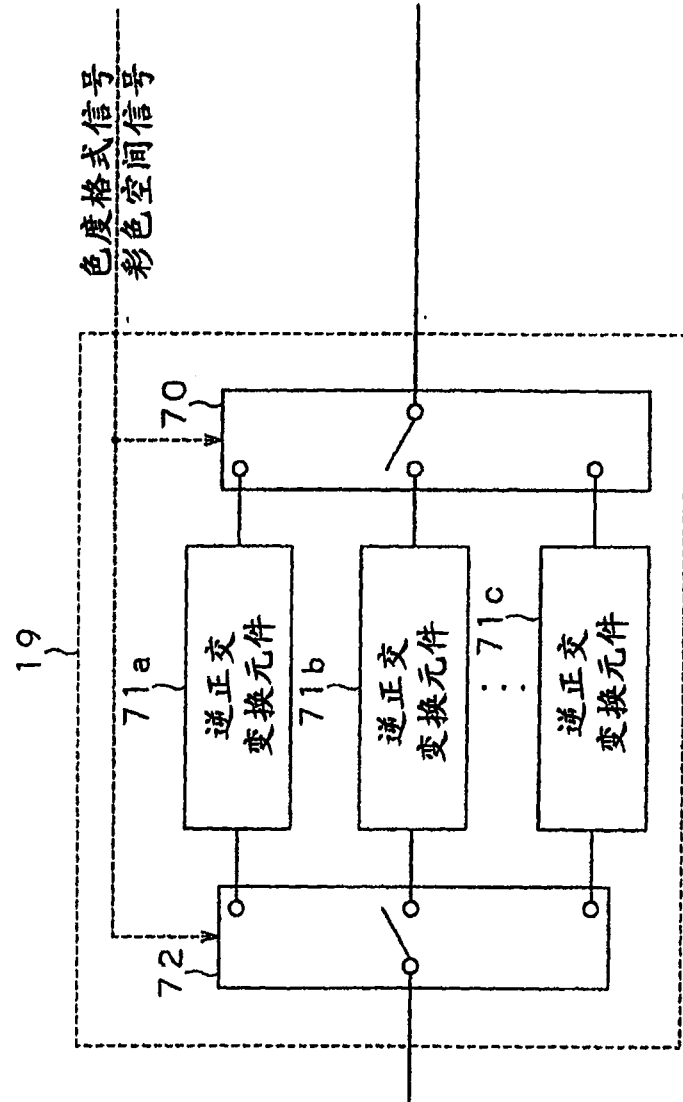


图11

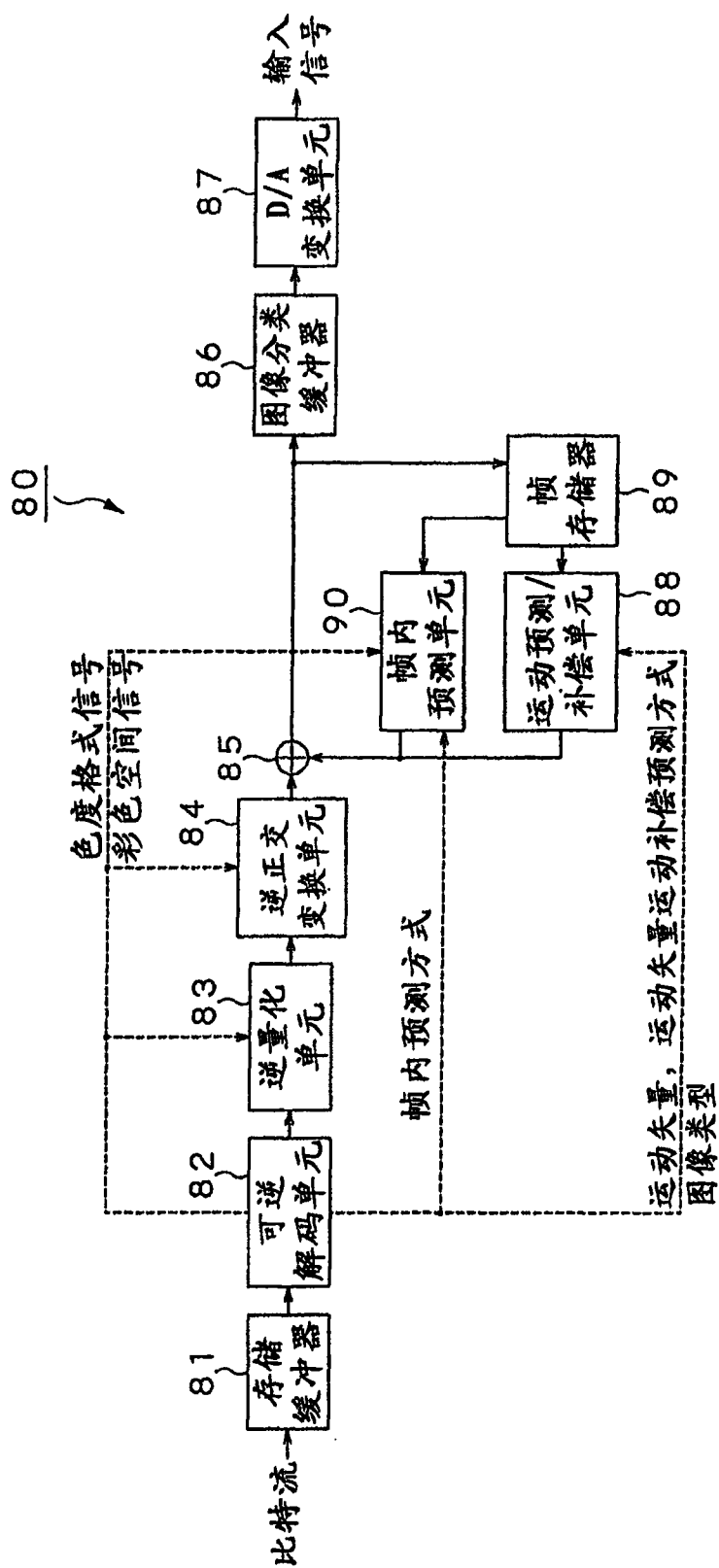


图 12