



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101588502 B

(45) 授权公告日 2013.04.24

(21) 申请号 200910148813.4

EP 0940994 A2, 1999.09.08,

(22) 申请日 2002.06.17

N. Memon. «Adaptive coding of DCT coefficients by Golomb-Rice codes». «Image Processing, 1998. ICIP '98. Proceedings. 1998 International Conference on» . 1998,

(30) 优先权数据

09/895,618 2001.06.29 US

(62) 分案原申请数据

02816802.X 2002.06.17

审查员 李萍

(73) 专利权人 高通股份有限公司

地址 美国加利福尼亚州

(72) 发明人 K·蒂亚加拉简

(74) 专利代理机构 上海专利商标事务所有限公司 31100

代理人 毛力

(51) Int. Cl.

H04N 7/30 (2006.01)

(56) 对比文件

US 5452104 A, 1995.09.19,

CN 1124889 A, 1996.06.19,

US 5583500 A, 1996.10.10,

US 5603012 A, 1997.02.11,

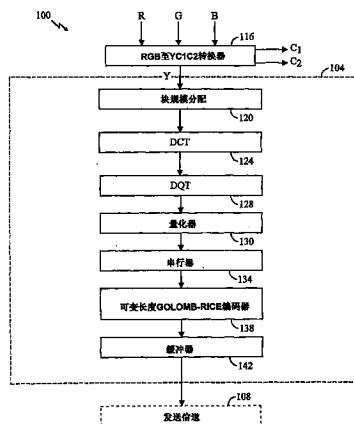
权利要求书1页 说明书9页 附图10页

(54) 发明名称

应用Golomb-Rice编码法的DCT压缩法

(57) 摘要

提出一种对量化频率表示的数据编码的设备与方法(600),所述数据包括零和表示非零的数据。对表示零的数据,确定零连续长度。把Golomb参数定为该零连续长度的函数,商编码为零连续长度和Golomb参数的函数,余数编码为零连续长度、Golomb参数和商的函数。编码的商与余数串接。对表示非零的数据,把非零数据编码为该非零数据值及其符号的函数。



1. 一种用于对表示图像数据的经量化变换系数的零连续长度进行编码的图像编码方法,其特征在于,所述方法包括:

确定所述图像数据的经量化变换系数的零连续长度 n;

用公式  $m = \lceil \log_2 n \rceil$  把 Golomb 参数 m 确定为零连续长度 n 的函数;

把商 Q 编码为零连续长度 n 和 Golomb 参数 m 的函数;

把余数 R 编码为零连续长度 n、Golomb 参数 m 和商 Q 的函数;和

串接编码的商与编码的余数。

2. 如权利要求 1 所述的方法,其特征在于,用公式  $Q = \lceil n/2^m \rceil$  来确定商 Q。

3. 如权利要求 1 所述的方法,其特征在于,用公式  $R = n - 2^m Q$  来确定余数 R。

4. 如权利要求 1 所述的方法,其特征在于,用公式  $Q = n/m$  来确定商 Q。

5. 如权利要求 1 所述的方法,其特征在于,所述串接操作包括:把编码的商与编码的余数串接,或把编码的余数与编码的商串接。

6. 一种用于对表示图像数据的经量化变换系数的零连续长度进行编码的图像编码设备,其特征在于,所述设备包括:

第一确定器,确定所述图像数据的经量化变换系数的零连续长度 n;

第二确定器,用公式  $m = \lceil \log_2 n \rceil$  把 Golomb 参数 m 确定为零连续长度 n 的函数;

编码器,把商 Q 编码为零连续长度 n 和 Golomb 参数 m 的函数,并且把余数 R 编码为零连续长度 n、Golomb 参数 m 和商 Q 的函数;和

串接器,串接编码的商与编码的余数。

7. 如权利要求 6 所述的设备,其特征在于,用公式  $Q = \lceil n/2^m \rceil$  来确定商 Q。

8. 如权利要求 6 所述的设备,其特征在于,用公式  $R = n - 2^m Q$  来确定余数 R。

9. 如权利要求 6 所述的设备,其特征在于,用公式  $Q = n/m$  来确定商 Q。

10. 如权利要求 6 所述的设备,其特征在于,所述串接器把编码的商与编码的余数串接,或把编码的余数与编码的商串接。

11. 一种用于对表示图像数据的经量化变换系数的零连续长度进行编码的图像编码设备,其特征在于,所述设备包括:

用于确定所述图像数据的经量化变换系数的零连续长度 n 的装置;

用于用公式  $m = \lceil \log_2 n \rceil$  把 Golomb 参数 m 确定为零连续长度 n 的函数的装置;

用于把商 Q 编码为零连续长度 n 和 Golomb 参数 m 的函数的装置;

用于把余数 R 编码为零连续长度 n、Golomb 参数 m 和商 Q 的函数的装置;和

用于串接编码的商与编码的余数的装置。

12. 如权利要求 11 所述的设备,其特征在于,用公式  $Q = \lceil n/2^m \rceil$  来确定商 Q。

13. 如权利要求 11 所述的设备,其特征在于,用公式  $R = n - 2^m Q$  来确定余数 R。

14. 如权利要求 11 所述的设备,其特征在于,用公式  $Q = n/m$  来确定商 Q。

15. 如权利要求 11 所述的设备,其特征在于,用于串接的装置把编码的商与编码的余数串接,或把编码的余数与编码的商串接。

## 应用 Golomb-Rice 编码法的 DCT 压缩法

[0001] 本发明是国际申请日为 2002 年 6 月 17 日、PCT 国际申请号为 PCT/US02/19407、中国专利申请号为 02816802X、题为“应用 Golomb-Rice 编码法的 DCT 压缩法”的专利申请的分案申请。

### 技术领域

[0002] 本发明涉及图形处理与压缩，尤其涉及应用 Golomb-Rice 的 DCT 系数编码法。

### 背景技术

[0003] 在数字信号处理的一般规范内，数字图片处理具有显著的地位。在数字图片处理技术与科学中，人的视觉的重要性颇引人关注。在视频信号收发领域中，诸如投影电影，正对图像压缩技术进行各种改进。许多现有的和提议的视频系统都利用了数字编码技术，包括图形编码、图像恢复与图像特征选择。图像编码表示试图以有效的方式发送数字通信信道的图片，尽量用少的位以减小所需的带宽，同时使畸变保持在一定极限之内。图像恢复是复原目标的真实图像。经通信信道发送的编码图像会被各种因素畸变，劣化源由从目标形成图像而引起。特征选择指某些图片属性的选择，这类属性为在更广泛范围内的识别、分类与判断所需。

[0004] 数字电影等视频的数字编码，是一个得益于图像压缩技术改进的领域。数字图像压缩一般分为两类：无损法和有损法。无损图像恢复时不损失任何信息。有损法涉及某些信息不可挽回的损失，具体视压缩比、压缩算法质量与算法实施情况而定。通常，为达到经济的数字电影法所期望的压缩比，就考虑有损压缩法。为实现数字电影质量水平，压缩法应提供目视无损水平的性能。因此，虽然压缩处理存在数学上的信息损失，但在正常观看条件下，观众应该看不出该损失造成的图像畸变。

[0005] 对其它应用即电视系统已开发出诸现有的数字图像压缩技术，这类技术对原来的应用虽然作出了设计上的折衷，但并未满足电影放映所需的质量要求。

[0006] 数字电影压缩技术应提供看电影的人以前经历过的观看质量。数字电影的观看质量最好要超过高质量的发行电影拷贝的质量，同时压缩技术应具有可实践的高编码效率。按本文规定，编码效率指压缩图像质量达到某一定性水平所需的位速率。而且，系统与编码技术应具有适应不同格式的内在灵活性而且是经济的，即小规模而有效的译码器或编码器处理。

[0007] 现有的许多压缩技术虽具有高的压缩水平，但会造成视频信号的质量劣化。通常，传递压缩信息的技术要求压缩信息以恒定位速率传递。

[0008] 既能提供高压缩水平又可对视频信号保持期望质量水平的一种压缩技术，应用了自适应定尺寸的编码“离散余弦变换 (DCT) ”系数数据块与分块，该技术下称“自适应块尺寸离散余弦变换 (ABSDCT) 法。题为“Adaptive BlockSize Image Compression Method and System”的美国专利 NO. 5, 021, 891 揭示了该技术。该专利已转让给本发明的受让人，通过引用包括在这里。题为“Adaptive Block Size Image Compression Method and System”

的美国专利 NO. 5, 107, 345 也揭示了 DCT 技术, 该专利已转让给本发明受让人, 通过引用包括在这里。另外, 题为“Adaptive Block Size Image Compression Methodand System”的美国专利 NO. 5, 452, 104 还讨论了 ABSDCT 技术与“差分象限树变换”技术的组合使用, 该专利也已转让给本发明受让人, 通过引用包括在这里。这些专利所揭示的系统应用了所谓的“帧内”编码法, 图像数据的各帧编码时与任何其它帧的内容无关。应用 ABSDCT 技术, 可实现的数据率能从每秒 15 亿位减到每秒 0.5 亿位, 看不出像质劣化。

[0009] ABSDCT 技术可压缩黑白或彩色图像或者代表图像的信号。彩色输入信号可以是 YIQ 格式, Y 是辉度或亮度样本, I 和 Q 位色度或彩色样本, 格式为 4:4:4 或另一种格式。也可应用其它已知的格式, 如 YUV、YC<sub>b</sub>C<sub>r</sub> 或 RGB 格式。由于眼睛对彩色的空间灵敏度低下, 大多数研究表明, 沿水平与垂直方向把彩色分量的副样本减小到 1/4 是合适的, 因而视频信号可用四个亮度分量和两个色度分量表示。

[0010] 应用 ABSDCT, 一般把视频信号分成若干像素块来处理。对每一块, 把亮度与色度分量传到块交织器, 例如可把 16×16(像素) 块送到块交织器, 后者排列或组织各 16×16 块内的图像样本, 产生数据块和合成分块以作离散余弦变换 (DCT) 分析。DCT 操作器是一种把时空取样的信号转换成用频率表示的方法。转换成频率表示后, DCT 技术已被证明适合极高的压缩水平, 因为设计的量化 器可以利用图像的频率分布特性。在一实施例中, 一个 16×16DCT 用于第一排序, 四个 8×8DCT 用于第二排序, 16 个 4×4DCT 用于第三排序, 62 个 2×2DCT 用于第四排序。

[0011] DCT 操作减少了视频源固有的空间冗余度。在 DCT 之后, 大部分视频信号能量易集中于少数 DCT 系数。为减少 DCT 系数间的冗余度, 可应用附加变换, 即“差分象限树变换 (DQT) ”。

[0012] 对 16×16 块和各分块, 分析 DCT 系数值和 DQT 值 (若仅用 DQT) 确定块或分块编码所需的位数, 然后选用要求最少位数编码的块或分块组合代表图像段。例如, 可选择两个 8×8 分块、六个 4×4 分块和八个 2×2 分块代表该图像段。

[0013] 接着, 正确地依次持选择的块或分块组合排成 16×16 块。然后, DCT/DQT 系数值经历频率加权、量化和编码 (如可变长度编码)、准备传输。上述 ABSDCT 技术虽然便于执行, 但运算量很大, 故实施该技术的硬件难以密集化。

[0014] 可变长度编码法一直以连续长度与尺寸的形式实施。其它压缩法如“联合照相专家组 (JPEG)”或“活动图片专家组 (MPEG-2)”, 都对整个处理的块尺寸应用了普通的 Z 字形扫描法。但应用 ABSDCT, 则根据数据块内的变化生成不同的块尺寸。有些编码法如 Huffman 编码, 包括一连串零再接一非零系数。然而, 当源码元概率为 2 的负幂时, Huffman 编码更优。不过在连续长度 / 尺寸对情况下, 码元概率很少为 2 的负幂。

[0015] 再者, Huffman 编码还要求存贮预计算码字的码簿, 而码簿的规模很大, 最长的码字很长, 故对连续长度 / 尺寸对码元用 Huffman 编码, 效率并不高。

## 发明内容

[0016] 描述一种以无损方式码量化 DCT 系数的连续长度与幅度以实现压缩的设备与方法。具体地说, 量化后用 Golomb-Rice 编码法对 DCT 系数的零连续与非零幅度都编码。发现利用数据指数分布的方法如 Golomb-Rice 编码法, 可实现比其它方法更高的编码效率。

[0017] 本发明是一种基于质量的图像压缩系统与方法,应用了离散余弦变换系数数据自适应定尺寸的块和分块以及基于质量的量化稳定系数。像素数据块被输入编码器,后者包括一块尺寸指定(BSA)元件,把输入的像素块分割后作处理。块尺寸指定基于输入块和再细分块的变化。通常,将变化较大的区域细分成较小的块,而变化较小的区域不再细分,使块与分块的平均值落入不同的预定范围内。这样,根据其平均值,首先按其标称值修改块的变化阈值,然后将块的变化与阈值比较,若变化大于阈值,再细分该块。

[0018] 将块尺寸指定供给变换元件,后者把像素数据换成频域数据。只对通过块尺寸指定选择的块和分块变换,然后经量化与串行化对变换数据标定。变换数据的量化基于某个像素亮度,诸如调节反差、系数计数、速率畸变、块尺寸指定密度的定标系数和/或过去的定标系数。Z字串行化基于对同一值建立可能的最长连续长度,然后用可变长度编码器编码数据流以供传输。应用了基于指数分布的编码法,如Golomb-Rice编码。具体而言,对表示零的数据确定零连续长度。Golomb参数的函数,而余数被编码为零连续长度,Golomb参数和窗的函数。编码的窗与余数串接。对表示非零的数据,把非零数据编码为非零数据值及其符号的函数。编码的数据经传输信道送给译码器,像素数据重建后供显示。

[0019] 因此,一实施例的一个方面不要求先验码生成。

[0020] 一实施例的另一个方面不要求存贮使用的内容广泛的码簿。

[0021] 一实施例的又一个方面减小了硬件实现所需的尺寸。

[0022] 一实施例再一个方面实现了高编码效率。

[0023] 一实施例还有一个方面利用了DCT数据的指数分布。

## 附图说明

[0024] 通过下面结合附图所作的详述,本发明的诸特征与优点就更清楚了,图中用相同的标号标识对应的物件,其中:

[0025] 图1是图像压缩与处理系统中编码器部分的框图;

[0026] 图2是图像压缩与处理系统中译码器部分的框图;

[0027] 图3是基于变化的块尺寸指定涉及的处理步骤的流程图;

[0028] 图4a示出DCT系数矩阵中零连续长度Y分量的指数分布;

[0029] 图4b示出DCT系数矩阵中零连续长度C<sub>b</sub>分量的指数分布;

[0030] 图4c示出DCT系数矩阵中零连续长度C<sub>r</sub>分量的指数分布;

[0031] 图5a示出DCT系数矩阵中幅度大小Y分量的指数分布;

[0032] 图5b示出DCT系数矩阵中幅度大小C<sub>b</sub>分量的指数分布;

[0033] 图5c示出DCT系数矩阵中幅度大小C<sub>r</sub>分量的指数分布;

[0034] 图6示出Golomb-Rice编码过程;和

[0035] 图7示出Golomb-Rice编码设备。

## 具体实施方式

[0036] 为利于数字信号纯属并分享相应的好处,一般必须应用某种信号压缩形式。为实现得到图像的高度压缩,保持图像的高质量也很重要。再者,在许多场合中,密集的硬件实施还期望着运算效率。

[0037] 在详述本发明一实施例之前,应该理解,本发明的应用并不限于下面描述或图示诸元件的结构与安排的细节,本发明具有其它诸实施例的功能并以各种方式实施。还应明白,本文使用的术语出于描述目的,不可视为限制。

[0038] 一实施例一个方面应用的图像压缩,基于离散余弦变换(DCT)技术,诸如在1999年11月8日提交的题为“Contrast Sensitive Variance Based Adaptive Block Size DCT Image Compression”的共同待批美国专利申请连续号09/436,085所揭示的技术,该申请已转让给本申请受让人,通过引用包括在这里。2000年1月28日提交的题为“Quality Based Image Compression”的共同待批美国专利申请09/494,192,描述了应用DCT的图像压缩与解缩系统,该申请已转让给本申请受让人,通过引用包括在这里。通常,准备以数字域处理的图形,其像素数据被分成不重叠块的阵列,尺寸为N×N,可对每一块作二维DCT由下式定义:

$$[0039] X(k,l) = \frac{\alpha(k)\beta(l)}{\sqrt{N * M}} \sum_{m=0}^{N-1} \sum_{n=0}^{N-1} x(m,n) \cos\left[\frac{(2m+1)\pi k}{2N}\right] \cos\left[\frac{(2n+1)\pi l}{2N}\right], \quad 0 \leq k, l \leq N-1$$

[0040] 式中,  $\alpha(k), \beta(k) = \begin{cases} 1, & \text{如果 } k = 0 \\ \sqrt{2}, & \text{如果 } k \neq 0 \end{cases}$ , 并且

[0041]  $x(m, n)$  是  $N \times M$  块内位置  $(m, n)$  处的像素, 而

[0042]  $X(k, l)$  为相应的DCT系数。

[0043] 因像素值非负数,故DCT分量  $X(0,0)$  总是正数,通常具有最大能量。其实对典型的图像而言,大部分变换能量集中在分量  $X(0,0)$  周围,这一能量压缩特性使DCT技术成为如此受人关注的压缩方法。

[0044] 该图像压缩技术运用反差自适应编码进一步减小位速率。据观察,大多数自然的图像由变化相对慢的平坦区和目标边界域高反差结构等忙碌区组成。反差自适应编码法利用这一因素,对忙碌区分配更多的位,对不忙碌区分配较少的位。

[0045] 反差自适应方法应用帧内编码(空间处理),不用帧间编码(时空处理)。帧间编码除了处理电路更复杂外,还要求多个帧缓冲器。在许多场合中,实际实施要求降低复杂性。帧内编码还适合使时空编码法效能低下的场合,如可将每秒24帧的影片归入这一类,因为机械快门造成的积分时间相对短,引起更高度的时间混淆。对于不稳定的迅速移动,设想的帧间相关性被破坏。在涉及50HZ和60HZ两种电力线频率时,帧内编码还更易标准化。目前电视信号以50HZ或60HZ发射,应用数字方式的帧内法能适应50HZ与60HZ两种操作,通过平衡帧速率与空间分辨率,甚至还适合每秒24帧的影片。

[0046] 出于图像处理目的,对分为不重叠块阵列的像素数据作DCT操作。注意,虽然这里讨论的块尺寸为N×N,但可以设想出使用各种块尺寸,例如可使用N×M块的尺寸,N与M均为整数,而且M大于或小于N。另一要点是可将块分成至少一层分块,如N/ixN/i、N/ixN/j、N/ixM/j等,i和j均为整数。再者,这里讨论的示例性块尺寸是16×16像素块,带相应的DCT系数的块与分块。还可设想出各种其它整数,诸如使用奇偶整数值,例如9×9。

[0047] 图1和2示出的图像处理系统100,结合了可配置串行化器的理念。该系统100包括压缩接收视频信号的编码器104。压缩信号用传输信道或物理媒体108发送,被译码器112接收,后者把收到的编码数据译码成图像样本再显示。

[0048] 图像一般被分成像素块作处理。彩色信号用RGB/YC<sub>1</sub>C<sub>2</sub>转换器116从RGB空间转

换到  $YC_1C_2$  空间,  $Y$  是辉度或亮度分量,  $C_1$  与  $C_2$  为色度或彩色分量。由于眼睛对彩色的空间灵敏度低下, 故许多系统在水平与垂直方向把  $C_1$  与  $C_2$  分量的亚取样减到 1/4。但亚取样并非必需。在某些场合如涉及“数字电影”的场合中, 4:4:4 格式的全分辨率图像极为有用或者必需的。两种可能的  $YC_1C_2$  表示法是 YIQ 和 YUV 表示法, 二者为本领域熟悉。还可应用 YUV 表示法的变型, 即  $YC_bC_r$ , 这可进一步分为奇偶分量。因而在一实施例中, 使用了表示法  $Y$ - 偶、 $Y$ - 奇、 $C_b$ - 偶、 $C_b$ - 奇、 $C_r$ - 偶、 $C_r$ - 奇。

[0049] 在一较佳实施例中, 处理每个奇偶  $y$ 、 $C_b$  与  $C_r$  分量, 不作亚取样, 因而向编码器 104 输入  $16 \times 16$  像素块的六个分量。为了说明, 示出  $Y$  偶分量的编码器 104, 对  $Y$  奇分量和奇偶  $C_6$  与  $C_r$  分量同样使用编码器。编码器 104 包括块尺寸指定元件 120, 执行块尺寸指定以供视频压缩, 并根据块中图像的感性特征决定对  $16 \times 16$  块的块分解。根据  $16 \times 16$  块内的活动性, 块尺寸指定以象限树方式把各  $16 \times 16$  块细分成更小的块, 如  $8 \times 8$ 、 $4 \times 4$  和  $2 \times 2$ 。块尺寸指定元件 120 生成称为 PQR 数据的象限树数据, 长度为 1 ~ 21 位。因此, 若块尺寸指定决定要划分一  $16 \times 16$  块, 就设置 PQR 数据的 R 位, 后接 Q 数据对应于四个划分的  $8 \times 8$  块的四个附加位。若块尺寸指定块定细分任一  $8 \times 8$  块, 则对各细分的  $8 \times 8$  块添加 P 数据的四个附加位。

[0050] 现参照图 3, 该流程图详细示出了块尺寸指定元件 120 的操作。块变化被用作决定的细分块的量度。在步骤 202 开始, 读出像素的一个  $16 \times 16$  块。在步骤 204, 计算该块的变化  $v_{16}$ , 算式如下:

$$[0051] \quad \text{var} = \frac{1}{N^2} \sum_{i=0}^{N-1} \sum_{j=0}^{N-1} x_{i,j}^2 - \left( \frac{1}{N^2} \sum_{i=0}^{N-1} \sum_{j=0}^{N-1} x_{i,j} \right)^2$$

[0052] 式中  $N = 16$ ,  $x_{i,j}$  是  $N \times N$  块内第  $i$  行第  $j$  列的像素。在步骤 206, 若块的平均值在两预定值之间, 就先修改变化阈值  $T_{16}$ 。得出新阈值  $T'_{16}$ , 再将块变化与新阈值  $T'_{16}$  比较。

[0053] 若变化  $v_{16}$  不大于阈值  $T_{16}$ , 则在步骤 208 把  $16 \times 16$  块的起始地址写入暂存器, 并将 PQR 数据的 R 位置 0, 表示不细分该  $16 \times 16$  块。于是算法读像素下一个  $16 \times 16$  块。若变化  $v_{16}$  大于阈值  $T_{16}$ , 则在步骤 210 把 PQR 数据的 R 位置 1, 表示要将该  $16 \times 16$  块细分成四个  $8 \times 8$  块。

[0054] 如步骤 212 所示, 四个  $8 \times 8$  块  $i = 1 : 4$  连续考虑再细分。在步骤 214, 算出各  $8 \times 8$  块的变化  $v_{8i}$ 。在步骤 216, 若块的平均值在两预定值之间, 就先修改变化阈值  $T_8$ , 得出新阈值  $T'_8$ , 然后将块变化与该新阈值比较。

[0055] 若变化  $v_{8i}$  不大于阈值  $T_8$ , 则在步骤 218 把  $8 \times 8$  块的起始地址写入暂存器, 相应的 Q 位  $Q_i$  置 0。然后, 处理下一  $8 \times 8$  块。若变化  $v_{8i}$  大于阈值  $T_8$ , 则在步骤 220 将相应的 Q 位  $Q_i$  置 1, 表示要将该  $8 \times 8$  块细分成四个  $4 \times 4$  块。

[0056] 如步骤 222 所示, 考虑四个  $4 \times 4$  块  $j_i = 1 : 4$  再细分。在步骤 224, 算出各  $4 \times 4$  块的变化  $v_{4ij}$ 。在步骤 226, 若该块的平均值在两预定值之间, 先修改变化阈值  $T_4$ , 得出新阈值  $T'_4$ , 再将块变化与该新阈值比较。

[0057] 若变化  $v_{4ij}$  不大于阈值  $T_4$ , 则在步骤 228 写  $4 \times 4$  块的地址, 相应的 P 位  $P_{ij}$  置 0, 再处理下一  $4 \times 4$  块。若变化  $v_{4ij}$  大于阈值  $T_4$ , 则在步骤 230 将相应的 P 位  $P_{ij}$  置 1, 表示要把该  $4 \times 4$  块细分成四个  $2 \times 2$  块。此外, 将四个  $2 \times 2$  块的地址写入暂存器。

[0058] 阈值 T16、T8 与 T4 为预定常数。这就是硬判断。另外,可实行自适应或软判断,例如软判断根据  $2N \times 2N$  块的平均像素值改变诸变化的阈值,其中 N 可以是 8、4 或 2,从而把平均像素值的函数用作阈值。

[0059] 为了说明,看下列实例。对  $16 \times 16$ 、 $8 \times 8$  和  $4 \times 4$  块,分别设 Y 分量的预定变化阈值为 50、1100 和 880,换言之,  $T_{16} = 50$ ,  $T_8 = 1100$ ,  $T_4 = 880$ 。设平均值范围为 80 和 100。假定对  $16 \times 16$  块算出的变化为 60。因 60 大于  $T_{16}$ ,而平均值 90 在 80 与 100 之间,故将  $16 \times 16$  块细分成四个  $8 \times 8$  分块。假定对  $8 \times 8$  块算出的变化为 1180、935、980 与 1210,因两个  $8 \times 8$  块的变化超出 78,故将这两块再细分,得出总共八个  $4 \times 4$  分块。最后,假定八个  $4 \times 4$  块的变化为 620、630、670、610、590、525、930 与 690,相应的平均值为 90、120、110、115,因第一个  $4 \times 4$  块的平均值在 (80, 100) 范围内,其阈值应减小到  $T'_4 = 200$ ,这小于 880,故除了第七  $4 \times 4$  块以外,也要细分该  $4 \times 4$  块。

[0060] 注意,对亮度分量 Y<sub>奇</sub> 和色度分量 C<sub>b-偶</sub>、C<sub>b-奇</sub>、C<sub>r-偶</sub> 与 C<sub>r-奇</sub>,可用类似方法指定块尺寸。色度分量以水平、垂直两种方法取 10 分之一。

[0061] 另须注意,虽然把块尺寸指定描述为自上而下的方式,其中首先评估最大的块(本例为  $16 \times 16$ ),但可以换用自下而上的方式,即首先评估最小的块(本例为  $2 \times 2$ )。

[0062] 再回看图 1, PQR 数据与选择块的地址一起送到 DCT 元件 124,后者用 PQR 数据对选择的块执行合适尺寸的离散余弦变换,只是选择的块需作 DCT 处理。

[0063] 图像处理系统 100 还包括减少 DCT 诸 DC 系数之间冗余度的 DQT 元件 128。DC 系数位于各 DCT 块的左上角,一般比 AC 系数大,尺寸差异造成难以设计出有效率的可变长度编码器,故减小 DC 系数之间的冗余度是有利的。

[0064] DQT 元件对 DC 系数执行二维 DCT,一次取  $2 \times 2$ 。从  $4 \times 4$  块内的  $2 \times 2$  块开始,对四个 DC 系数作二维 DCT,这种  $2 \times 2$ DCT 称为差分象限树变换,或四个 DC 系数的 DQT。接着,用 DQT 系数与一  $8 \times 8$  块内三个邻近 DC 系数一起计算下一层 DQT。最后,用一  $16 \times 16$  块内四个  $8 \times 8$  块的 DC 系数计算 DQT。这样在  $16 \times 16$  块内,有一个真实的 DC 系数,其余都是对应于 DCT 和 DQT 的 AC 系数。

[0065] 对量化器设置变换系数(DCT 与 DQT 两种)作量化。在一实施例中,DCT 系数利用频率加权掩码(FWM)和量化标定系数作量化。FWM 是一张与输入 DCT 系数块同尺寸的频率权重表,频率加权对不同的 DCT 系数加不同的权重。加权设计成强调人的视觉或光学系统对其频率分量更敏感的输入样本,不注重视觉或光学系统对其频率分量不大敏感的样本。加权法还可根据视距等因素来设计。

[0066] 权重按经验数据选择。在国际标准组织于 1994 年发布的题为“Digital Compression and encoding of continuous-tone still image-part 1: Requirements and guidelines”的 ISO/IEC ITC1CD10918 中,揭示了对  $8 \times 8$ DCT 系数设计加权掩码的方法,通过引用包括在这里。一般设计两个 FWM,一个用于亮度分量,一个用于色度分量。通过取 1/10 和对  $8 \times 8$  块内插  $16 \times 16$ ,得到块尺寸  $2 \times 2$ 、 $4 \times 4$  的 FWM 表,标定系数控制了量化系数的质量与位速率。

[0067] 这样,各 DCT 系数按下式量化:

$$[0068] DCT_q(i, j) = \left\lceil \frac{8 * DCT(i, j)}{fwm(i, j) * q} \pm \frac{1}{2} \right\rceil$$

[0069] 式中  $DCT(i, j)$  是输入 DCT 系数,  $fwm(i, j)$  是频率加权掩码,  $q$  为标定系数,  $DCTq(i, j)$  为量化的系数。注意, 根据 DCT 系数的符号, 大括号里的第一项作四舍五入。DQT 系数还用适当的加权掩码量化, 不过可对各 Y、Cb 与 Cr 分量应用多张表或掩码。

[0070] 然后, 用量化器 130 或标定系数元件对像素数据和频率加权掩码块标定。DCT 系数量化将其大部分减为零而导致压缩。在一实施例中, 有 32 个对应于平均位速率的标定系数。与 MPEG2 等其它压缩法不同, 平均位速率的控制基于处理图像的质量而不是目标位速率与缓冲器状态。

[0071] 为进一步提高压缩, 把量化的系数送到扫描串行化器 134, 后者扫描量化系数块, 产生串行化的量化系数流。可应用 Z 字形扫描、列扫描或行扫描。还可选用若干不同的 Z 字形扫描图案及其图案。一较佳技术对 Z 字形扫描应用  $8 \times 8$  块尺寸。量化系数的 Z 字形扫描改善了遇到零值连续大的机会, 而这种零连续本身具有递减的概率, 可用 Huffman 码有效地编码。

[0072] 串行化、量化的系数流被送到可变长度编码器 138。Z 编码器在零与非零系数之间分离量化系数, 参照图 6 作详述。在一实施例中, 应用了 Golomb-Rice 编码法, 有利于编码指数分布的非负整数。应用 Golomb 码对指数分布状变量提供更短长度码, 对压缩更佳。

[0073] 在 Golomb 编码连续长度中, Golomb 码被非负整数  $m$  参数化, 如给出参数  $m$ , 正整数  $n$  的 Golomb 编码表示为一元码的商  $n/m$  后接用修改二元码表示的余数, 若该余数小于  $2^{\lceil \log_2 m \rceil} - m$ , 它为  $\lceil \log_2 m \rceil$  位长, 否则为  $\lceil \log_2 m \rceil + 1$  位长。Golomb-Rice 编码是 Golomb 编码的特殊情况, 参数  $m$  表示为  $m = 2^K$ 。在此情况下, 通过将参数  $n$  的二进制表示右移  $K$  位得到商  $n/m$ , 而  $n/m$  的余数用  $n$  的最低  $K$  位表示。因此, Golomb-Rice 码是两者的串接。Golomb-Rice 编码法可对两侧几何形状(指数)分布的正负两种整数编码, 公式如下:

$$P_a(x) = c a^{-|x|} \quad (1)$$

[0075] 式(1)中,  $a$  是表征  $X$  概率衰落的参数,  $c$  为归一化常数。因  $p_a(x)$  是单调的, 故可看出, 整数值序列应满足

$$p_a(x_i = 0) \geq p_a(x_i = -1) \geq p_a(x_i = +1) \geq p_a(x_i = -2) \geq \dots \quad (2)$$

[0077] 如图 4a ~ 4c 和 5a ~ 5c 所示, 量化的 DCT 系数矩阵中的零连续与幅度都具有指数分布, 图中示出的分布基于来自实际图像的数据。图 4a 示出零连续长度与相对频率的 Y 分量分布 400, 同样地, 图 4b 和 4c 示出零连续长度与相对频率 410 和 420 的 Cb 与 Cr 分量分布。图 5a 示出幅度大小与相对频率的 Y 分量分布, 同样地, 图 5b 和 5c 分别示出幅度大小与相对频率 510 和 520 的 Cb 与 Cr 分量分布。注意, 在图 5a ~ 5c 中, 图表示 DCT 系数大小的分布。每个大小代表一系数值范围, 例如四的大小值的范围为  $\{-15, -14, \dots, -8, 8, \dots, 14, 15\}$ , 共 16 个值。同样地, + 的大小值的范围为  $\{-1023, -1022, \dots, -512, 512, \dots, 1022, 1023\}$ , 共 1024 个值。从图 4a ~ 4c 和 5a ~ 5c 可以看出, 连续长度和幅度大小都具有指数分布。幅度的实际分布适合公式(3):

$$p(X_{k,l}) = \frac{\sqrt{2\lambda}}{2} \exp\left\{-\sqrt{2\lambda}|X_{k,l}|\right\}, k, l \neq 0 \quad (3)$$

[0079] 式(3)中,  $X_{k,l}$  代表沿垂直与水平维度分别对应于频率  $k$  与  $l$  的 DCT 系数, 而均值  $\mu_x = 1/\sqrt{2\lambda}$ , 变化  $\sigma_x^2 = \frac{1}{2\lambda}$ 。因而在处理 DCT 中的数据时, 以所述方式应用 Golomb-Rice 编

码法更佳。

[0080] 虽然下面描述图像数据压缩,但诸实施例同样适用于压缩音频数据的实施例。压缩图像数据时,图像或视频信号可以是例如 RGB 或 YIQ 或 YUV 或 YC<sub>b</sub>C<sub>r</sub> 分量,具有线性或对数编码像素值。

[0081] 图 6 示出零与非零系数的编码过程 600。当扫描 DCT 矩阵时,零与非零系数被分别处理并分开 (604)。对零数据,确定零连续长度 (608)。注意,连续长度为正整数。例如,若求出连续长度为 n,则确定 Golomb 参数 m(612)。在一实施例中,Golomb 参数定为连续长度的函数。在另一实施例中,由式 (4) 确定 Golomb 参数 (m) :

$$m = \lceil \log_2 n \rceil \quad (4)$$

[0083] 另一方法是用计数器或寄存器统计连续长度的长度和有关的 Golomb 参数 (616)。为编码零连续长度 n,对商作编码 (620)。在一实施例中,商被定 为零连续长度和 Golomb 参数的函数。在另一实施例中,商 (Q) 由式 (5) 确定 :

$$Q = \lceil n/2^m \rceil \quad (5)$$

[0085] 在一实施例中,商 Q 以一元码编码,要求 Q+1 位。接着,对余数编码 (624)。在一实施例中,余数被编码为连续长度与商的函数。在另一实施例中,用式 (6) 确定余数 (R) :

$$R = n - 2^m Q \quad (6)$$

[0087] 在一实施例中,余数 R 以 m 位二进制码编码。之后确定商 Q 与余数 R,将 Q 与 R 的代码串接起来 (628),代表零连续长度 n 的总码。

[0088] 非零函数也用 Golomb-Rice 编码。因系数幅度可正可负,故必须使用符号位并编码给定幅度的绝对值。给出的非零函数的幅度为 x,可把该幅度表示为幅度绝对值与符号的函数。因此,可用式 (7) 把幅度表示为 y :

[0089]

$$y = \begin{cases} 2x & \text{如果 } x \geq 0 \\ 2|x|-1 & \text{其它} \end{cases} \quad (7)$$

[0090] 相应地,非零系数值有选择地用计数器或寄存器统计 (632)。然后,判断该幅度大于还是等于零 (636),若是,把该值编码为给出值的二倍 (640);若不是,则把该值编码为小于绝对值二倍的值 (644)。还可应用其它映射方法,关键在于不要求区分值符号的额外位。

[0091] 编码公式 (7) 表示的幅度,造成 x 的正值为偶整数,负值变成奇整数。而且,该映射法把 x 的概率指定保留在式 (2) 中。式 (7) 所示的编码法,其优点是可避免用符号位代表正负数。映射后,以对零连续同样的方式对 y 编码,操作一直连续到当前块中扫描了所有的系数。

[0092] 重要的是,虽然本发明诸实施例把系数值和连续长度定为式 (1) ~ (7) 的函数,但不一定应用精密的公式 (1) ~ (7)。利用 Golomb-Rice 编码和 DCT 系数的指数分布,可更有效地压缩音像数据。

[0093] 由于编码后的零连续与非零幅度区分不出,故必需应用固定长度的专用前缀码来标志第一零连续的出现。在遇到一非零幅度后,通常在块中会遇到全零,此时使用块结束 (EOB) 码而不用 Golomb-Rice 码更有效。EOB 码仍可选为专用固定长度码。

[0094] 根据式 (1) 或 (3),DCT 系数矩阵中幅度或连续长度的概率分布用  $\alpha$  或  $\lambda$  参数化,这意味着若出现不是特定 DCT 系数块的范围,就可提高编码效率,于是可使用一合适

的 Golomb-Rice 参数编码有关量。在一实施例中,对每个连续长度与幅度大小值用计数器或寄存器来计算各自累计值和相应的该值出现次数。例如,若存贮累计值与累计元件数的寄存器分别为  $R_{rl}$  与  $N_{rl}$ ,则下面的式 (6) 可用作编码连续长度的 Rice-Golomb 参数 :

$$[0095] \quad \left\lceil \log_2 \frac{R_{rl}}{N_{rl}} \right\rceil \quad (6)$$

[0096] 对幅度可应用类似方法。

[0097] 回过来再看图 1,编码器 104 生成的压缩图像信号,可用缓冲器 142 暂存,然后用传输信道 108 发送给译码器 112。传输信道 108 可以是物理媒体,如磁学或光学存贮装置,或是有线或无线传输处理或设备。含块尺寸指定信息的 PQR 数据也送到译码器 112(图 2),后者包括缓冲器 164 和可变长度译码器 168,译码器 168 对连续长度值和非零值译码,其操作方式与图 6 所述译码器相似但相反。

[0098] 可变长度译码器 168 的输出供给逆串行化器 172,后者按采用的扫描法排列诸系数。例如,若应用混合的 Z 字形扫描、垂直扫描和水平扫描,逆串行化器 172 就根据应用的扫描类型正确地重排诸系数。逆串行化器 172 接收 PQR 数据,帮助将诸系数正确地排列成一合成系数块。

[0099] 由于使用了量化器标定系数和频率加权掩码,为使处理恢复原状,把合成块送给逆量化器 174。

[0100] 若应用了差分象限树变换,则把系数块送到 IPQT 元件 186,后接 IDCT 元件 190,否则直接送到 IDCT 元件 190。IDQT 和 IDCT 元件 186 与 190 对系数作逆变换,产生像素数据块。然后该像素数据必须内插转换成 RGB 形式,再存贮起来供将来显示。

[0101] 图 7 示出一 Golomb-Rice 编码设备 700,该设备较佳地执行图 6 所述的过程。确定器 704 确定连续长度 ( $n$ ) 和 Golomb 参数 ( $m$ )。或者对每个连续长度与幅度大小值用计数器或寄存器 708 计算各自的累计值和相应的该值出现的次数。编码器 712 将商 ( $Q$ ) 编码为连续长度和 Golomb 参数的函数。编码器 712 还将余数 ( $R$ ) 编码为连续长度、Golomb 参数和商的函数。在另一实施例中,编码器 712 还把非零数据编码为非零数据值及其符号的函数。 $Q$  值与  $R$  值用串接器 716 串接。

[0102] 作为举例,结合本文揭示的诸实施例描述的诸示例性逻辑块、流程图和步骤,可用硬软件实现,包括专用集成电路 (ASIC)、可编程逻辑装置、分立门或晶体管逻辑、诸如寄存器与 FIFO 等分立硬件元件、执行固件指令组的处理器、任一普通可编程软件与处理器或它们的任何组合。处理器以微处理器有利,但也可以是任一普通处理器、控制器、微控制器或状态机。软件可驻留于 ROM、闪发光存储器、ROM、寄存器、硬盘、可卸盘、CD-ROM、DVD-ROM 或本领域已知的任何其它形式的存贮媒体。

[0103] 前述诸较佳实施例供本领域技术人员制作或应用本发明,对这些实施例的各种修正对他们是很显而易见的,本文限定的一般原理可应用于其它实施例而无须应用创造才智。因此,本发明并不限于本文所示的诸实施例,而是负荷本文揭示的原理与新特征最广泛的范围。

[0104] 本发明的其它特征和优点在下面的权利要求中提出。

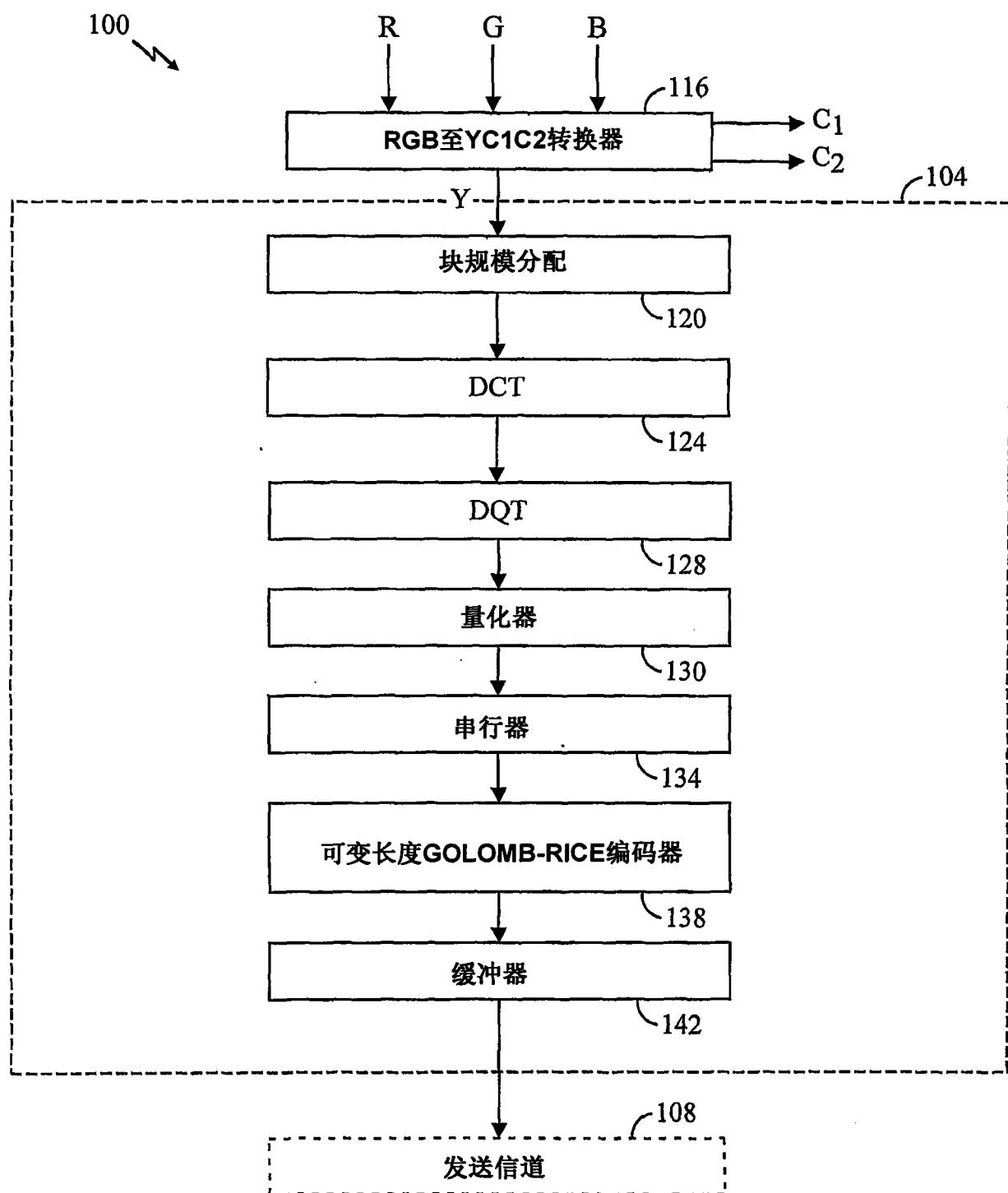


图 1

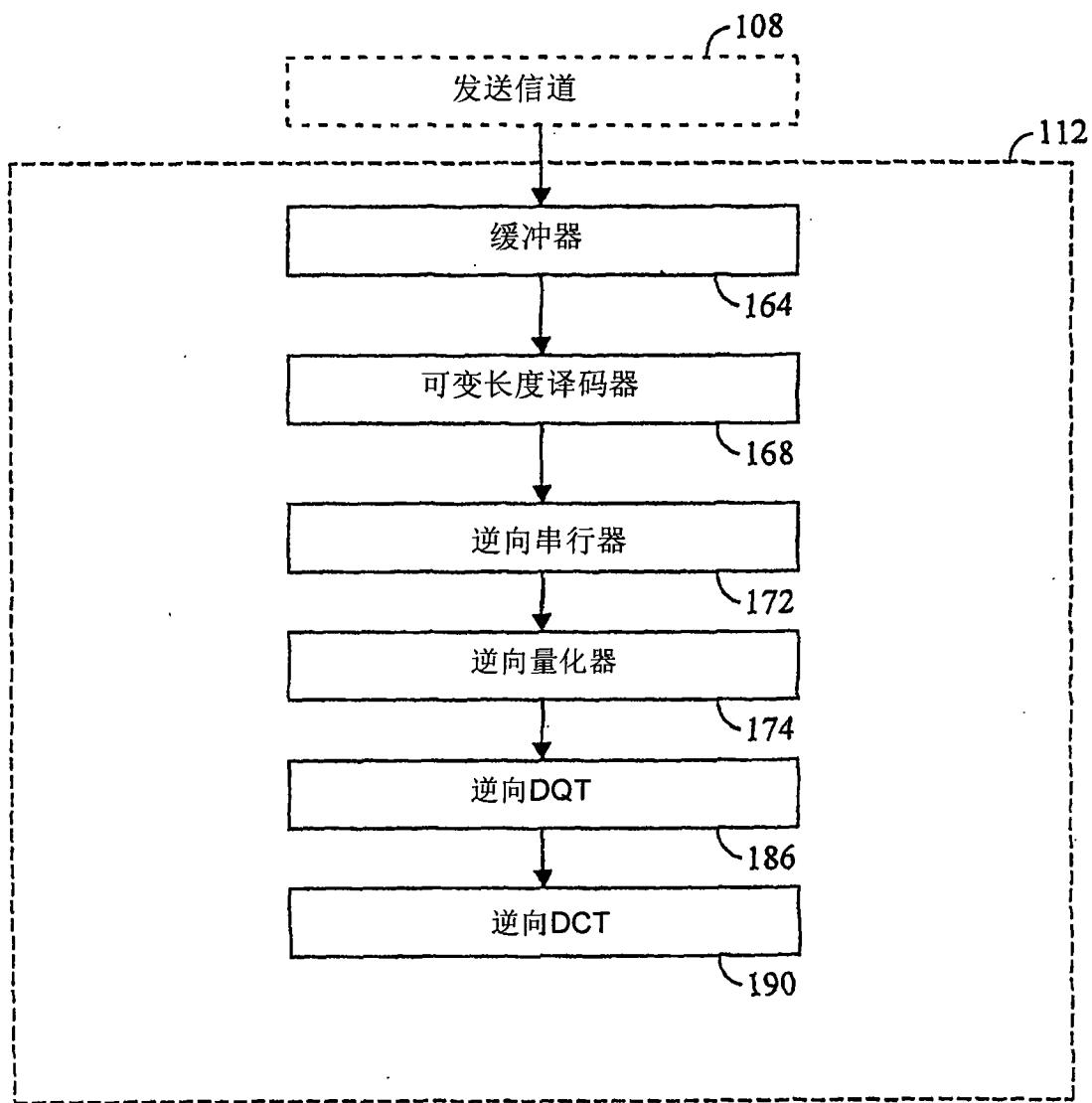


图 2

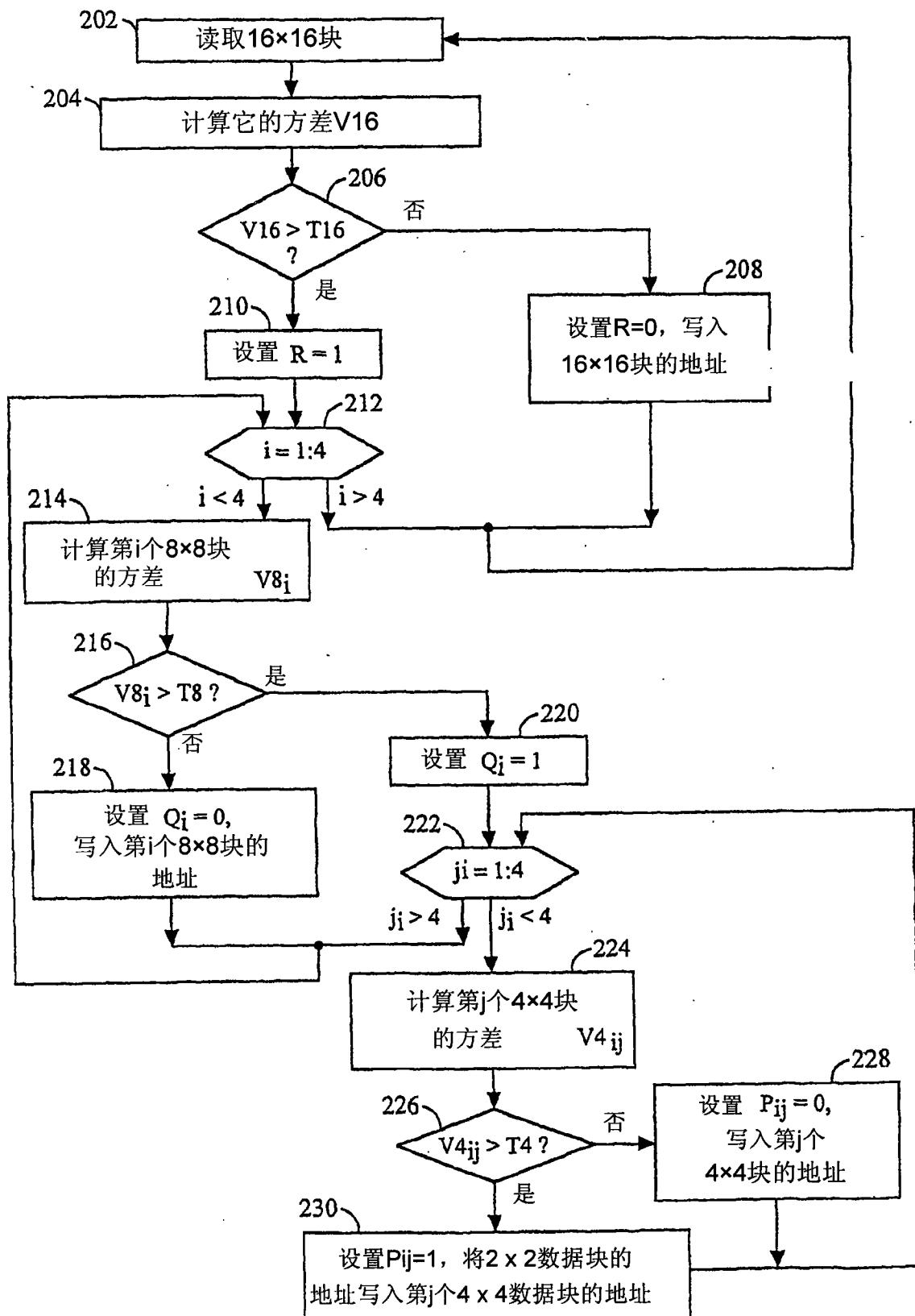


图 3

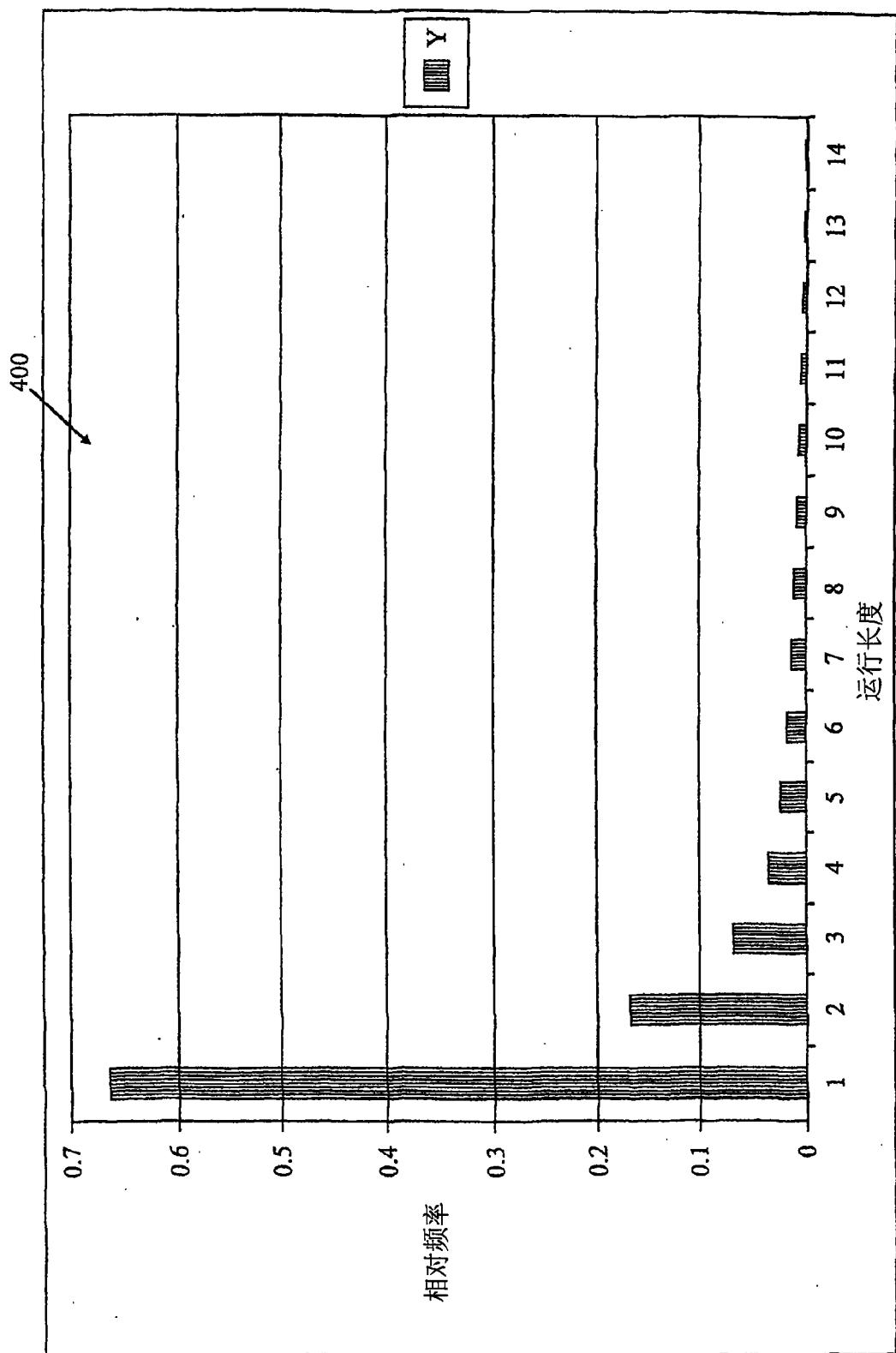


图 4A

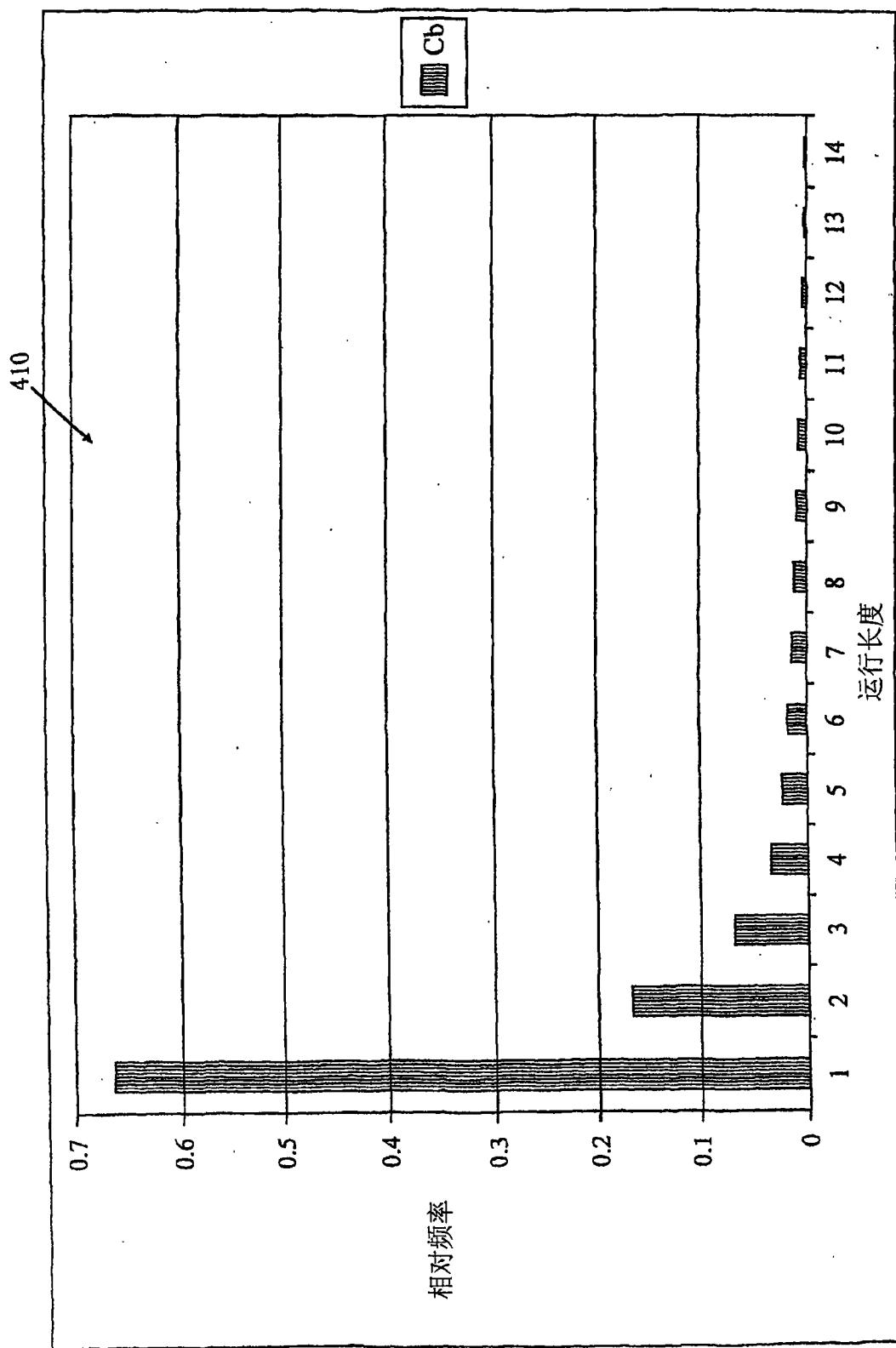


图 4B

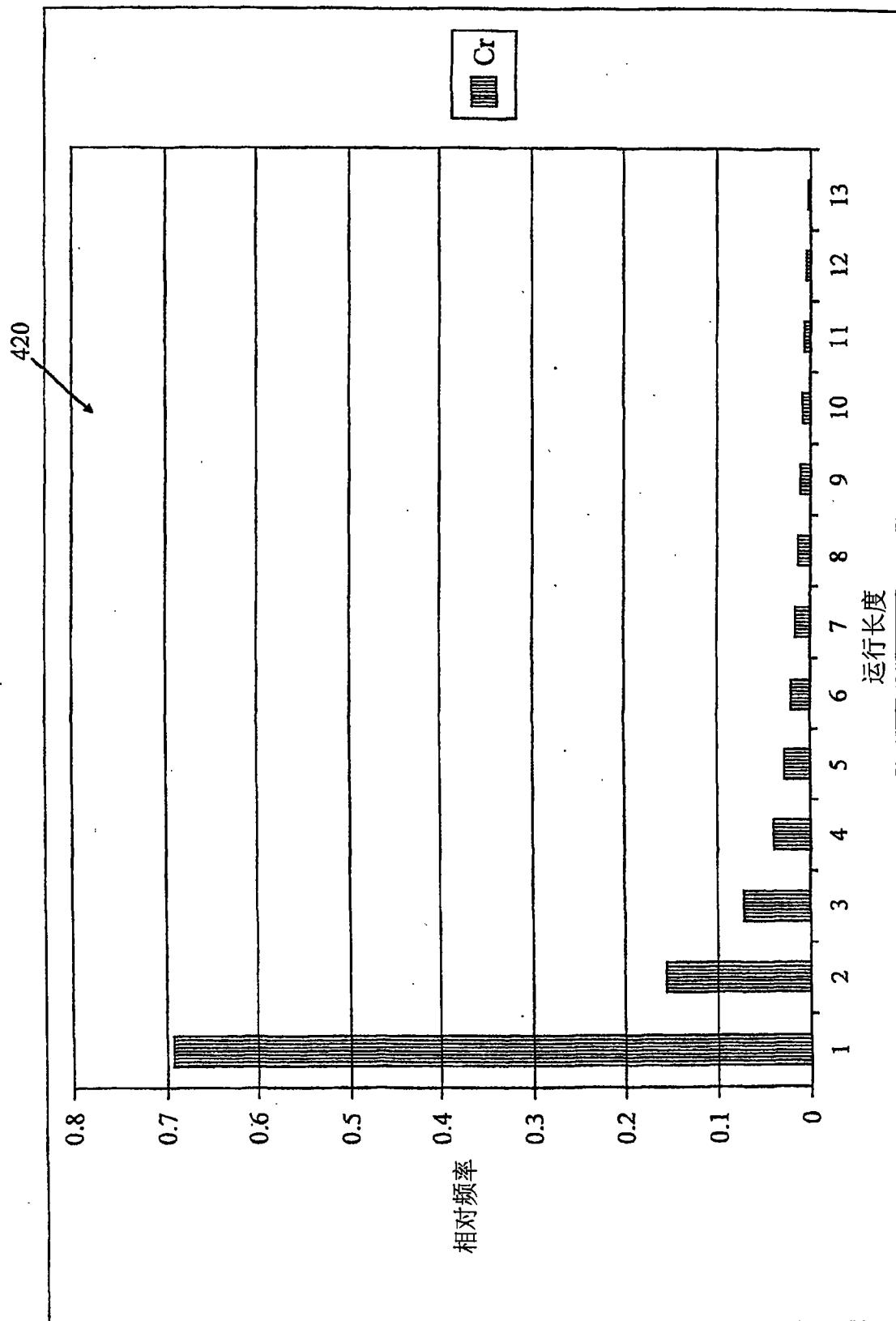


图 4C

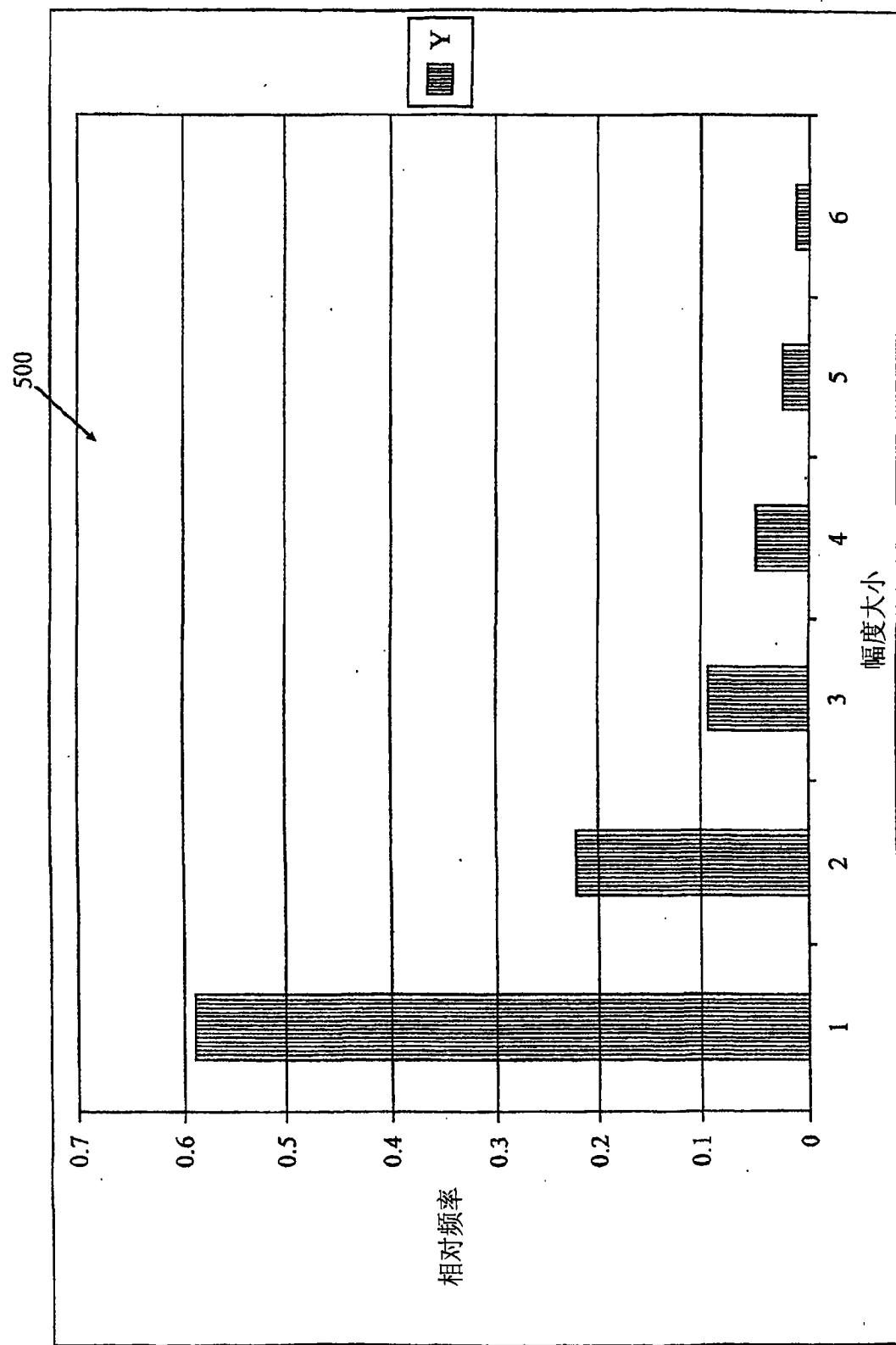


图 5A

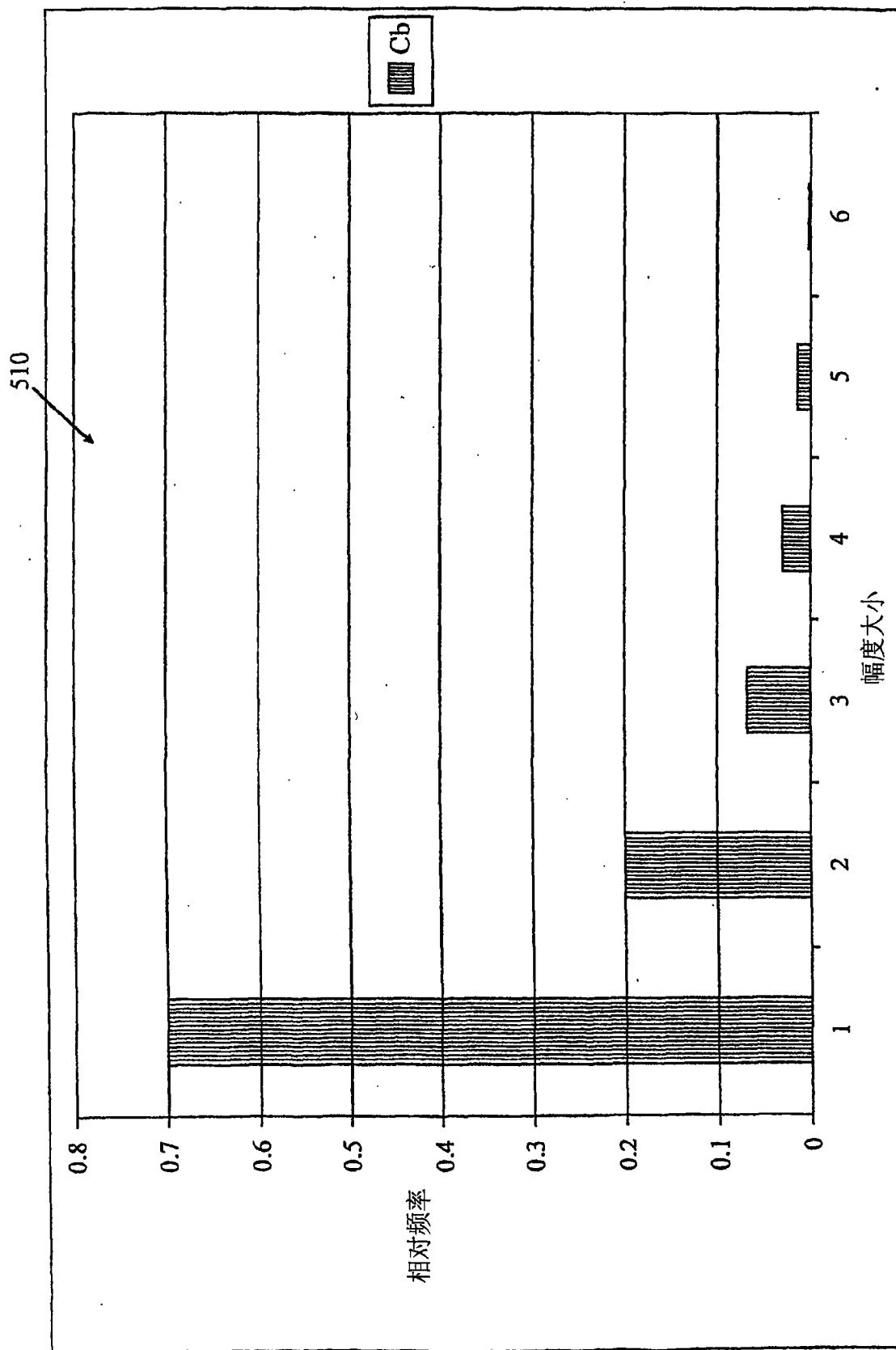


图 5B

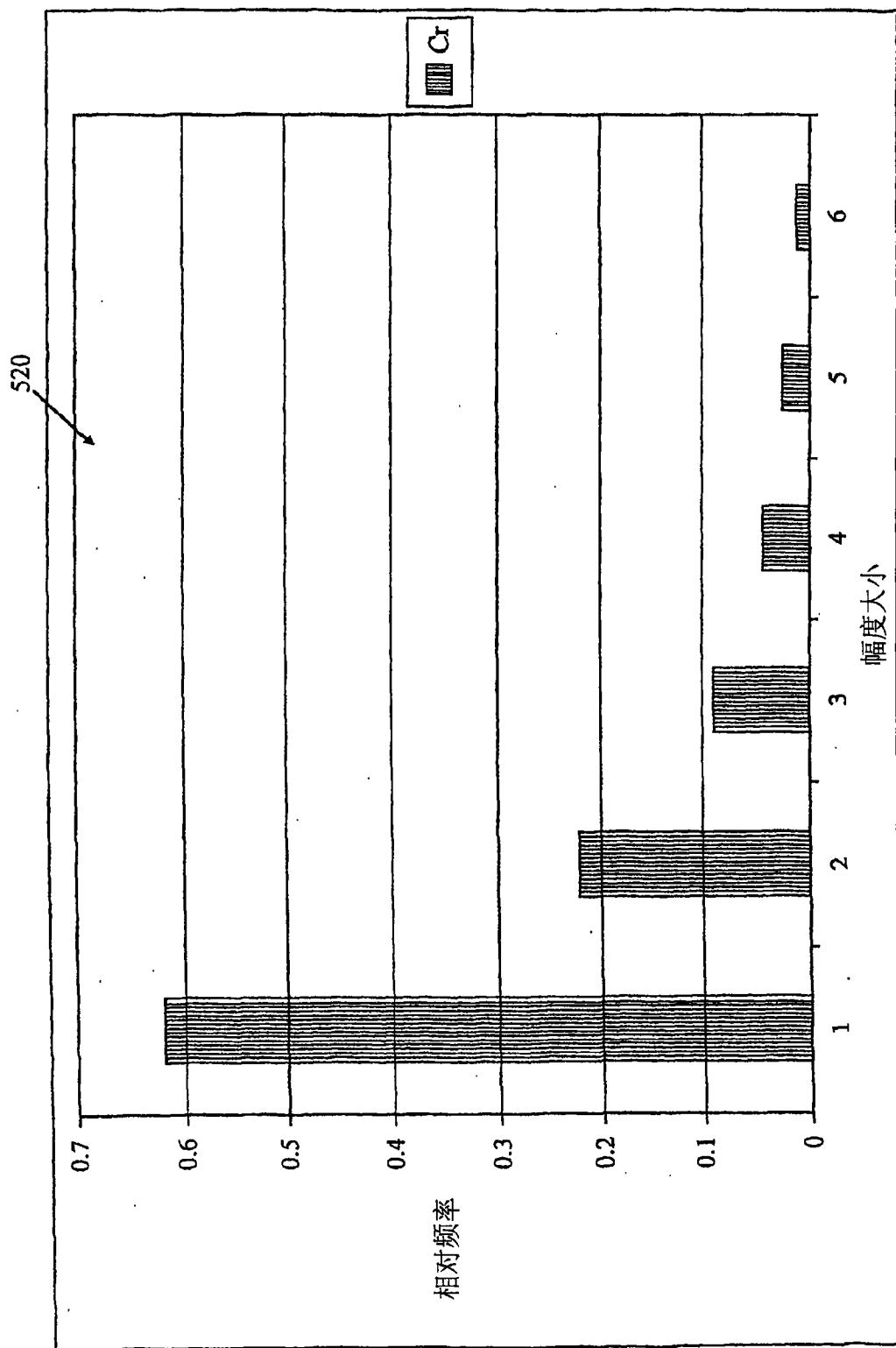


图 5C

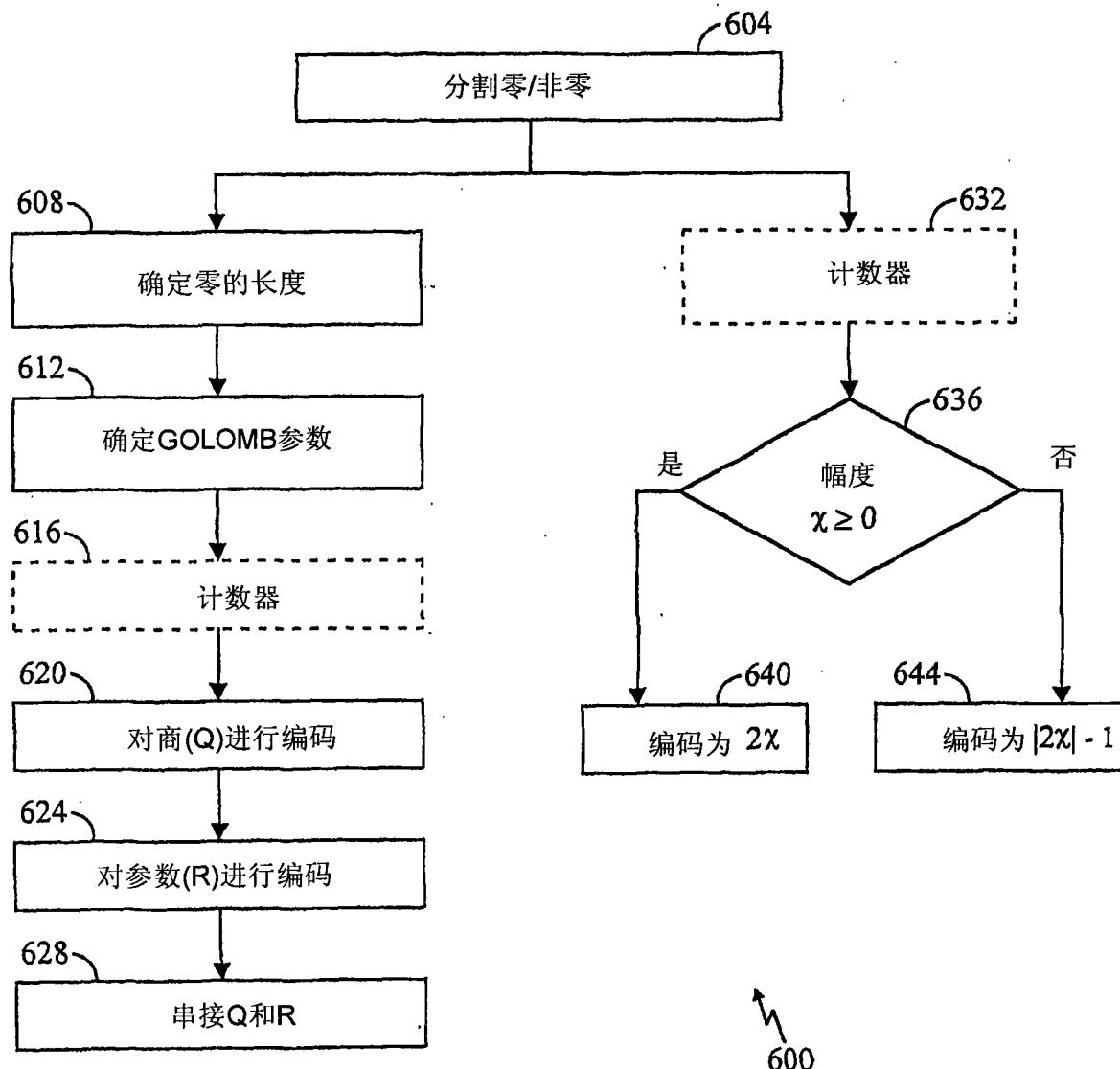


图 6

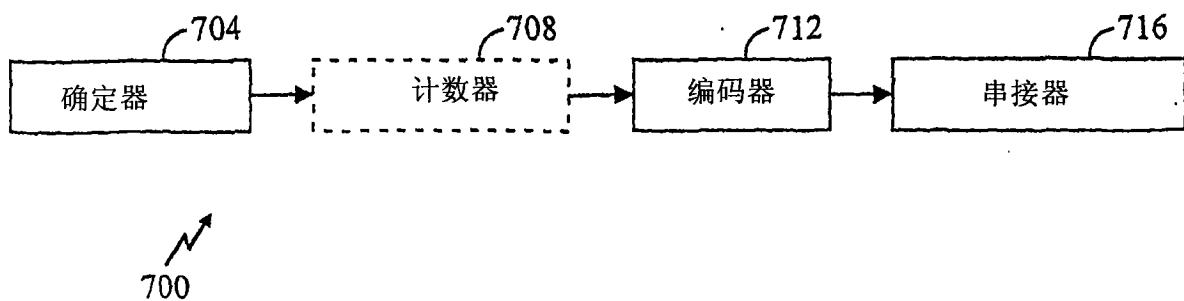


图 7