

(12) 按照专利合作条约所公布的国际申请

(19) 世界知识产权组织
国际局



(43) 国际公布日
2006年3月16日 (16.03.2006)

PCT

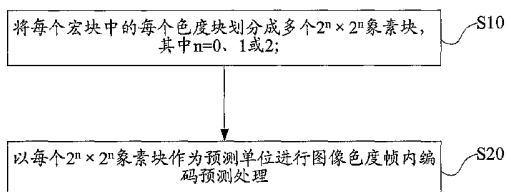
(10) 国际公布号
WO 2006/026903 A1

- (51) 国际专利分类号: H04N 7/32
- (21) 国际申请号: PCT/CN2005/000949
- (22) 国际申请日: 2005年6月30日 (30.06.2005)
- (25) 申请语言: 中文
- (26) 公布语言: 中文
- (30) 优先权: 200410074268.6
2004年9月8日 (08.09.2004) CN
- (71) 申请人 (对除美国外的所有指定国): 华为技术有限公司 (HUAWEI TECHNOLOGIES CO., LTD.) [CN/CN]; 中国广东省深圳市龙岗区坂田华为总部办公楼, Guangdong 518129 (CN).
- (72) 发明人; 及
- (75) 发明人/申请人 (仅对美国): 熊联欢 (XIONG, Lianhuan) [CN/CN]; 中国广东省深圳市龙岗区坂田华为总部办公楼, Guangdong 518129 (CN).
- (74) 代理人: 北京集佳知识产权代理有限公司 (UNITALEN ATTORNEYS AT LAW); 中国北京市朝阳区建国门外大街22号赛特广场7层, Beijing 100004 (CN).
- (81) 指定国 (除另有指明, 要求每一种可提供的国家保护): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.
- (84) 指定国 (除另有指明, 要求每一种可提供的地区保护): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 欧亚 (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), 欧洲 (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS,

[见续页]

(54) Title: METHOD FOR IMAGE CHROMINANCE PREDICTION BASED ON INTRA-FRAME CODING

(54) 发明名称: 基于帧内编码的图像色度预测方法



S10 DIVIDING THE CHROMINANCE BLOCKS IN THE MACRO-BLOCKS INTO A PLURALITY OF $2^n \times 2^n$ PIXELS, WHEREIN $n=0, 1$ OR 2
 S20 CARRYING OUT IMAGE CHROMA INTRA-FRAME CODING PREDICTION PROCESS IN WHICH SAID EACH $2^n \times 2^n$ CHROMINANCE BLOCKS IS USED AS PREDICTIVE UNIT

(57) Abstract: A method for image chrominance prediction based on intra-frame coding. The method is used for image chrominance prediction process during the intra-frame process and comprises the steps as following: dividing the chrominance blocks in the macro-blocks into a plurality of $2^n \times 2^n$ pixels, wherein $n = 0, 1$ or 2 ; carrying out image chrominance intra-frame prediction process in which said each $2^n \times 2^n$ chroma blocks is used as predictive unit. The present invention can effectively improve coding efficiency of image chrominance in the video image coding technique.

(57) 摘要:

本发明公开了一种基于帧内编码的图像色度预测方法, 用于帧内编码预测处理过程中的图像色度预测处理, 包括步骤: 将宏块中的每个色度块划分成多个 $2^n \times 2^n$ 像素块, 所述 $n=0, 1$ 或 2 ; 以所述每个 $2^n \times 2^n$ 像素块作为预测单位进行图像色度帧内编码预测处理。本发明可以有效提高视频图像编码技术中图像色度的编码效率。

WO 2006/026903 A1



IT, LT, LU, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI
(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR,
NE, SN, TD, TG)。

所引用双字母代码及其它缩写符号，请参考刊登在每
期PCT公报期刊起始的“代码及缩写符号简要说明”。

本国际公布：

— 包括国际检索报告。

基于帧内编码的图像色度预测方法

技术领域

本发明涉及视频编解码技术领域，更进一步涉及一种基于帧内编码的图像色度预测方法。

5 背景技术

随着多媒体通信技术和多媒体通信应用业务的逐步发展和迅速推广，一系列的图像压缩标准技术得到了广泛的关注，特别是由运动图像专家组（MPEG, Motion picture experts group）和国际电信联盟（ITU, International Telecommunications Union）两个标准组织联合制定的先进视频压缩标准 H.264，凭借其先进的压缩编码技术特点和较好的压缩性能，已经在会议电视应用领域、可视电话应用领域、流媒体应用领域、高清晰度激光视频光盘（HD DVD, High definition digital video disc）应用领域以及视频监控应用领域等得到了广泛的应用，并将在发展极为迅速的广播电视技术领域及第三代移动通信（3G）技术领域得到广泛推广和应用。

15 请参阅图 1，该图是现有技术中 H.264 压缩编码技术对图像进行压缩编码处理的处理过程示意图；由图 1 可见，H.264 压缩编码技术会将要处理的图像划分为 16×16 象素大小的基本处理宏块，并对划分处理后的宏块进行多帧参考、帧内预测（Intra-frame Prediction）、多宏块模式、 4×4 整数变换/缩放/量化、去方块效应滤波、 $1/4$ 象素运动估计、基于上下文的自适应变长编码（CAVLC, Context-based Adaptive Variable Length Coding）和
20 基于上下文的自适应二进制算术编码（CABAC, Context-based Adaptive Binary Arithmetic Coding）熵编码等先进图像处理技术的处理，其压缩编码效率相对于 MPEG-2 压缩编码技术、H.263 压缩编码技术及 MPEG-4 ASP（高级的简单档次，Advanced simple profile）压缩编码技术的编码效率提
25 高了一倍多。

由上述处理过程可见，H.264 压缩编码技术的编码过程，其主要特点之一就是将对要处理的图像数据进行了帧内编码（INTRA）预测处理，极大的提高了 INTRA 帧的编码效率。其中在对图像数据进行帧内编码预测处

理的过程中，其对图像亮度预测处理包括 16×16 块预测和 4×4 块预测两种预测单位。

请参阅图 2，该图是现有技术亮度预测处理中， 16×16 块预测所采用的四种预测模式示意图；其中在 H.264 压缩编码技术中， 16×16 块预测处理包括：

垂直方向预测 (vertical)，如图 2 中图 (a) 所示；

水平方向预测 (horizontal)，如图 2 中图 (b) 所示；

水平和垂直平均预测 (DC)，如图 2 中图 (c) 所示；和

水平和垂直加权预测 (Plane)，图 2 中图 (d) 所示；

10 因此 16×16 块预测处理包括上述四种预测模式。

请参阅图 3，该图是现有技术亮度预测处理中， 4×4 块预测所采用的九种预测模式示意图；其中在 H.264 压缩编码技术中， 4×4 块预测处理包括：

垂直方向预测 (vertical)，如图 3 中图 (a) 所示；

15 水平方向预测 (horizontal)，如图 3 中图 (b) 所示；

水平和垂直平均预测 (DC)，如图 3 中图 (c) 所示；

左下方向对角预测 (Diagonal Down-Left)，如图 3 中图 (d) 所示；

右下方向对角预测 (Diagonal Down-Right)，如图 3 中图 (e) 所示；

垂直向右方向预测 (Vertical-Right)，如图 3 中图 (f) 所示；

20 垂直向左方向预测 (Vertical-Left)，如图 3 中图 (g) 所示；

水平向下方向预测 (Horizontal-Down)，如图 3 中图 (h) 所示；和

水平向上方向预测 (Horizontal-Up)，如图 3 中图 (i) 所示；

因此 4×4 块预测处理包括上述九种预测模式。

而在 H.264 的帧内编码预测处理过程中，对图像色度预测处理只是以
25 8×8 块为预测单位进行帧内编码预测的，其包括四种预测模式：垂直方向预测 (vertical)、水平方向预测 (horizontal)、水平和垂直平均预测 (DC) 和水平和垂直加权预测 (Plane)，该四种预测模式和亮度预测处理中的 16

× 16 块预测所采用的四种预测模式相似,即具体请参阅图 2 所示的四种预测模式。

由此可见,在 H.264 帧内编码预测处理过程中,对图像色度预测处理只是以 8×8 块为预测单位进行帧内编码预测的,而没有像亮度预测处理过程,对图像色度预测处理进一步考虑以 4×4 块为预测单位进行帧内编码预测处理,即没有充分利用图像色度 4×4 块之间的局部相关性(所谓块之间的局部相关性是指当前块的象素点与附近块的象素点之间具有的相似性);这样就导致了在 H.264 帧内编码预测技术中,图像色度的编码效率不是很高的缺陷。

10 发明内容

本发明要解决的技术问题在于提出一种可以有效提高视频图像编码技术中图像色度编码效率的基于帧内编码的图像色度预测方法。

为解决上述问题,本发明提出了一种基于帧内编码的图像色度预测方法,用于帧内编码预测处理过程中的图像色度预测处理,包括步骤:

15 (A1) 将宏块中的每个色度块划分成多个 $2^n \times 2^n$ 象素块,所述 $n=0, 1$ 或 2 ;

(A2) 以所述每个 $2^n \times 2^n$ 象素块作为预测单位进行图像色度帧内编码预测处理。

20 其中所述每个宏块中划分出的多个 $2^n \times 2^n$ 象素块采用相同的预测模式进行图像色度帧内编码预测处理,且每个宏块只编码传输一次该相同的色度帧内编码预测模式。

其中所述步骤 (A1) 和 (A2) 之间还包括步骤:

(A1-1) 判断是否以 16×16 象素的亮度块作为预测单位进行图像亮度帧内编码预测处理,如果是,转至步骤 (A1-2); 否则转至步骤 (A2);

25 (A1-2) 将每个 8×8 象素的色度块作为预测单位进行图像色度帧内编码预测处理。

其中所述步骤 (A1) 和 (A2) 之间还包括步骤:

(a1) 基于率失真优化分别计算以所述 $2^n \times 2^n$ 象素块作为预测单位进行图像色度帧内编码预测处理的编码效率 $E1$ 及以 8×8 象素的色度块作为预

-4-

测单位进行图像色度帧内编码预测处理的编码效率 E2;

(a2) 比较 E1 是否大于 E2, 如果是, 转至步骤 (A2); 否则转至步骤 (a3);

(a3) 将每个 8×8 象素的色度块作为预测单位进行图像色度帧内编码
5 预测处理。

其中所述每个宏块中划分出的多个 $2^n \times 2^n$ 象素块采用相同的预测模式进行图像色度帧内编码预测处理; 或

采用不同的预测模式进行图像色度帧内编码预测处理。

其中所述步骤 (A1) 和 (A2) 之间还包括步骤:

10 (A11) 基于率失真优化分别计算以 8×8 象素的色度块作为预测单位进行图像色度帧内编码预测处理的编码效率 E1、以所述 $2^n \times 2^n$ 象素块作为预测单位在采用相同预测模式下进行图像色度帧内编码预测处理的编码效率 E2、及以所述 $2^n \times 2^n$ 象素块作为预测单位在采用不同预测模式下进行图像色度帧内编码预测处理的编码效率 E3;

15 (A12) 如果 E1 大于 E2 和 E3, 转至步骤 (A13); 如果 E2 大于 E1 和 E3, 则所述各个 $2^n \times 2^n$ 象素块在采用相同预测模式条件下执行步骤 (A2); 如果 E3 大于 E1 和 E2, 则所述各个 $2^n \times 2^n$ 象素块在采用不同预测模式条件下执行步骤 (A2);

(A13) 将每个 8×8 象素的色度块作为预测单位进行图像色度帧内编码
20 预测处理。

所述相同预测模式的确定方式为:

基于率失真优化分别计算以每个 8×8 象素的色度块作为预测单位进行图像色度帧内编码预测处理在各种预测模式下的编码效率, 将最高编码效率对应的预测模式作为所述相同的预测模式; 或

25 基于率失真优化分别计算以所述 $2^n \times 2^n$ 象素块作为预测单位进行图像色度帧内编码预测处理在各种预测模式下的编码效率, 将最高编码效率对应的预测模式作为所述相同的预测模式; 或

建立图像亮度帧内编码预测处理过程中以 16×16 象素的亮度块作为预测单位所采用的预测模式和图像色度帧内编码预测处理过程中以所述

$2^n \times 2^n$ 象素块作为预测单位所采用的预测模式之间的第一映射关系表；及
建立图像亮度帧内编码预测处理过程中以 4×4 象素的亮度块作为预测单位所采用的预测模式组合和图像色度帧内编码预测处理过程中以所述 $2^n \times 2^n$ 象素块作为预测单位所采用的预测模式之间的第二映射关系表；

5 并

根据图像亮度帧内编码预测处理过程中亮度块所采用的预测模式或预测模式组合查询第一映射关系表或第二映射关系表，确定对应的预测模式作为所述相同的预测模式。

其中所述 $2^n \times 2^n$ 象素块采用的预测模式包括垂直方向预测、水平方向
10 预测、水平和垂直平均预测和水平和垂直加权预测。

其中以所述 $2^n \times 2^n$ 象素块作为预测单位进行图像色度帧内编码预测处理过程中，以相应参考块相应点当时的预测值作为预测参考值。或以所述 $2^n \times 2^n$ 象素块作为预测单位进行图像色度帧内编码预测处理过程中，以相应参考块相应点的重构象素值作为预测参考值。

15 本发明基于帧内编码的图像色度预测方法提出将宏块中的每个色度块划分成多个 $2^n \times 2^n$ 象素块，其中所述 $n=0, 1$ 或 2 ；再以每个 $2^n \times 2^n$ 象素块作为预测单位进行图像色度帧内编码预测处理；基于此方案对 H.264 压缩编码标准中的图像色度帧内编码预测进行了改进，以 4×4 象素块、 2×2 象素块或 1×1 象素块作为预测单位进行图像色度帧内编码预测，从而
20 充分利用了色度图像划分出的多个块之间的局部相关性，因此提高了图像色度的编码效率，而又不需要增加各种预测模式下的编码开销。

附图说明

图 1 是现有技术中 H.264 压缩编码技术对图像进行压缩编码处理的处理过程示意图；

25 图 2 是现有技术亮度预测处理中， 16×16 块预测所采用的四种预测模式示意图；

图 3 是现有技术亮度预测处理中， 4×4 块预测所采用的九种预测模式示意图；

图 4 是本发明基于帧内编码的图像色度预测方法中所涉及宏块的格式示意图;

图 5 是本发明基于帧内编码的图像色度预测方法的主要实现原理流程图;

5 图 6 是本发明基于帧内编码的图像色度预测方法的第一实施例流程图;

图 7 是本发明基于帧内编码的图像色度预测方法的第二实施例流程图;

10 图 8 是本发明基于帧内编码的图像色度预测方法的第三实施例流程图;

图 9 是本发明基于帧内编码的图像色度预测方法确定预测值的示意图。

具体实施方式

15 本发明基于帧内编码的图像色度预测方法对 H.264 压缩编码标准中的帧内编码 (INTRA) 预测进行了改进, 以 4×4 象素块、或更小的 2×2 象素块和 1×1 象素块作为预测单位进行图像色度帧内编码预测, 其中 4 个象素块可以采用相同的预测模式, 这样就可以充分利用色度块划分出的多个象素块之间的局部相关性, 来提高图像色度的编码效率, 而又不需要增加各种预测模式下的编码开销; 当然 4 个象素块也可以采用不同的预测模
20 式。

下面结合各个附图对本发明基于帧内编码的图像色度预测方法的具体实施方式进行详细的阐述。其中本发明基于帧内编码的图像色度预测方法所提及的多媒体视频图像中的宏块是指 4:2:0 格式下的宏块, 即一个宏块包括 16 个 4×4 象素的亮度块 Y, 4 个 4×4 象素的色度块 Cb 和 4 个 4×4
25 象素的色度块 Cr。请参阅图 4, 该图是本发明基于帧内编码的图像色度预测方法中所涉及宏块的格式示意图; 其中编号 0~15 分别为 16 个 4×4 象素的亮度块 Y; 编号 16~19 分别为 4 个 4×4 象素的色度块 Cb; 编号 20~23 分别为 4 个 4×4 象素的色度块 Cr。

请参阅图 5, 该图是本发明基于帧内编码的图像色度预测方法的主要实现原理流程图; 其主要实现过程包括:

步骤 S10, 将视频图像宏块中的每个色度块 (包括色度块 Cb 和 Cr) 划分成多个 $2^n \times 2^n$ 像素块, 其中 $n=0, 1$ 或 2 ; 即基于现有技术宏块中每个 8×8 像素的色度块 Cb 和 Cr, 如果 $n=0$ 时, 则每个色度块可以划分成 64 个 1×1 像素块; 如果 $n=1$ 时, 则每个色度块可以划分成 16 个 2×2 像素块; 如果 $n=2$ 时, 则每个色度块可以划分成 4 个 4×4 像素块。经过多次实验测试分析, 本发明这里将 $n=2$, 即将每个色度块划分成 4 个 4×4 像素块作为最优的实施方式来说明。

10 步骤 S20, 以步骤 S10 划分出的每个 $2^n \times 2^n$ 像素块作为预测单位进行图像色度帧内编码预测处理; 这样在图像色度帧内编码预测处理过程中, 由于 $2^n \times 2^n$ 像素块在 $n=0, 1$ 或 2 的情况下相对于现有技术中以 8×8 像素的色度块作为预测单位, 其可以更好的利用不同像素块之间的局部相关性, 因此可以提高图像色度的编码效率。

15 其中每个宏块中划分出的多个 $2^n \times 2^n$ 像素块可以采用相同的预测模式进行图像色度帧内编码预测处理, 且每个宏块只编码传输一次该相同的色度帧内编码预测模式, 其中采用的相同预测模式可以在水平方向预测 (vertical)、垂直方向预测 (horizontal)、水平和垂直方向预测 (DC) 及水平和垂直加权预测 (Plane) 四种预测模式中进行选择, 其中 $2^n \times 2^n$ 像素块所应用的 Plane 预测模式可以类似于 8×8 像素的色度块所应用的 Plane 预测模式。

25 在上述多个 $2^n \times 2^n$ 像素块采用相同的预测模式进行图像色度帧内编码预测处理的情况下, 当然也有可能存在图像色度帧内编码预测处理过程中, 以 8×8 像素的色度块作为预测单位比以 $2^n \times 2^n$ 像素块 (如 4×4 像素块) 作为预测单位进行图像色度帧内预测处理更好的情况; 因此, 可以根据具体情况在图像色度帧内编码预测处理过程中取 8×8 像素的色度块或取 $2^n \times 2^n$ 像素块作为预测单位。请参阅图 6, 该图是本发明基于帧内编码的图像色度预测方法的第一实施例流程图; 该第一实施例的具体实施过程为:

步骤 S11, 将视频图像宏块中的每个色度块 (包括色度块 Cb 和 Cr)

划分成多个 $2^n \times 2^n$ 象素块, 其中 $n=0, 1$ 或 2 ;

步骤 S12, 判断在图像亮度帧内编码预测处理过程中, 是否以 16×16 象素的亮度块作为预测单位进行图像亮度帧内编码预测处理, 如果是, 执行步骤 S13; 否则执行步骤 S14;

5 步骤 S13, 以每个 8×8 象素的色度块 (即整个色度块 Cb 和 Cr) 作为预测单位进行图像色度帧内编码预测处理;

步骤 S14, 以划分出的每个 $2^n \times 2^n$ 象素块作为预测单位进行图像色度帧内编码预测处理。

10 请参阅图 7, 该图是本发明基于帧内编码的图像色度预测方法的第二实施例流程图; 该第二实施例的具体实施过程为:

步骤 S21, 将视频图像宏块中的每个色度块 (包括色度块 Cb 和 Cr) 划分成多个 $2^n \times 2^n$ 象素块, 其中 $n=0, 1$ 或 2 ;

15 步骤 S22, 基于率失真优化 (RDO, Rate-Distortion Optimize) 分别计算以 $2^n \times 2^n$ 象素块作为预测单位进行图像色度帧内编码预测处理的编码效率 E1、及以 8×8 象素的色度块 (即整个色度块 Cb 和 Cr) 作为预测单位进行图像色度帧内编码预测处理的编码效率 E2;

步骤 S23, 比较 E1 和 E2 的大小, 判断 E1 是否大于 E2, 如果是, 执行步骤 S25; 否则执行步骤 S24;

20 步骤 S24, 以每个 8×8 象素的色度块 (即整个色度块 Cb 和 Cr) 作为预测单位进行图像色度帧内编码预测处理;

步骤 S25, 以划分出的每个 $2^n \times 2^n$ 象素块作为预测单位进行图像色度帧内编码预测处理。

25 当然, 每个宏块中划分出的多个 $2^n \times 2^n$ 象素块也可以采用不同的预测模式进行图像色度帧内编码预测处理, 这样基于每个宏块中的多个 $2^n \times 2^n$ 象素块采用相同的预测模式或采用不同的预测模式进行图像色度帧内编码预测处理的情况下, 也有可能存在图像色度帧内编码预测处理过程中, 每个宏块中的色度块 (包括色度块 Cr 或 Cb) 划分出的多个 $2^n \times 2^n$ 象素块采用不同预测模式相对于采用相同预测模式进行图像色度帧内编码预测处理的编码效率更高的情况; 因此, 可以设立一个句法元素以用于指示图

像色度帧内编码预测处理过程中，选取 8×8 像素的色度块作为预测单位，或选取 $2^n \times 2^n$ 像素块之间在选取相同预测模式下作为预测单元，或选取 $2^n \times 2^n$ 像素块之间在选取不同预测模式下作为预测单元，再基于 RDO 分别计算以这三种预测方式进行图像色度帧内编码预测处理的图像色度编码效率，然后比较这三种预测方式的编码效率，选取编码效率最高的预测方式进行最后的图像色度编码处理。

请参阅图 8，该图是本发明基于帧内编码的图像色度预测方法的第三实施例流程图；该第三实施例的具体实施过程为：

步骤 S31，将视频图像宏块中的每个色度块（包括色度块 Cb 和 Cr）划分成多个 $2^n \times 2^n$ 像素块，其中 $n=0、1$ 或 2 ；

步骤 S32，基于率失真优化 RDO 计算以 8×8 像素的色度块作为预测单位进行图像色度帧内编码预测处理的编码效率 E1；

步骤 S33，基于率失真优化 RDO 计算以 $2^n \times 2^n$ 像素块作为预测单位在采用相同预测模式下（即每个宏块中划分出的所有 $2^n \times 2^n$ 像素块采用相同的预测模式）进行图像色度帧内编码预测处理的编码效率 E2；

步骤 S34，基于率失真优化 RDO 计算以 $2^n \times 2^n$ 像素块作为预测单位在采用不同预测模式下（即每个宏块中划分出的所有 $2^n \times 2^n$ 像素块采用不相同的预测模式）进行图像色度帧内编码预测处理的编码效率 E3；

步骤 S35，比较 E1、E2 和 E3 之间的大小，判断 E1 是否大于 E2 和 E3，如果是，执行步骤 S36；否则执行步骤 S37；

步骤 S36，以每个 8×8 像素的色度块（即整个色度块 Cb 和 Cr）作为预测单位进行图像色度帧内编码预测处理；

步骤 S37，判断 E2 是否大于 E1 和 E3，如果是，执行步骤 S38；否则执行步骤 S39；

步骤 S38，以每个 $2^n \times 2^n$ 像素块作为预测单位，并每个色度块（包括色度块 Cb 和 Cr）划分出的所有 $2^n \times 2^n$ 像素块采用相同的预测模式进行图像色度帧内编码预测处理；

步骤 S39，以每个 $2^n \times 2^n$ 像素块作为预测单位，并每个色度块（包括色度块 Cb 和 Cr）划分出的所有 $2^n \times 2^n$ 像素块采用不相同的预测模式进行

图像色度帧内编码预测处理。

其中上述，每个色度块（包括色度块Cb和Cr）划分出的所有 $2^n \times 2^n$ 像素块在采用相同预测模式时，其所采用的相同预测模式可以通过如下方式来确定，具体如下：

- 5 1) 基于率失真优化RDO分别计算以每个 8×8 像素的色度块（包括色度块Cb和Cr）作为预测单位进行图像色度帧内编码预测处理在各种预测模式（包括vertical、horizontal、DC和Plane四种预测模式）下的编码效率，将最高编码效率对应的预测模式作为要确定的相同预测模式；即按照H.264压缩编码标准中的率失真最优化（RDO，Rate distortion optimized）
- 10 分别计算以 8×8 像素的色度块作为预测单位进行图像色度帧内编码预测处理在各种预测模式下的编码效率，将效率最高的编码模式作为每个色度块中所有 $2^n \times 2^n$ 像素块所要采用的相同预测模式；即“按 8×8 像素的色度块作为预测单位来确定预测模式，并按 $2^n \times 2^n$ 像素块作为预测单位来进行预测”。
- 15 2) 基于率失真优化RDO分别计算以 $2^n \times 2^n$ 像素块作为预测单位进行图像色度帧内编码预测处理在各种预测模式（包括vertical、horizontal、DC和Plane四种预测模式）下的编码效率，并将最高编码效率对应的预测模式作为要确定的相同预测模式；即按照H.264压缩编码标准中的RDO计算以 $2^n \times 2^n$ 像素块作为预测单位进行图像色度帧内编码预测处理在各种预
- 20 测模式下的编码效率，然后取编码效率最高的预测模式作为最后所要确定的预测模式。
- 25 3) 建立图像亮度帧内编码（INTRA）预测处理过程中以 16×16 像素的亮度块作为预测单位所采用的预测模式（包括vertical、horizontal、DC和Plane四种预测模式）和图像色度帧内编码（INTRA）预测处理过程中以 $2^n \times 2^n$ 像素块作为预测单位所采用的预测模式（包括vertical、horizontal、DC和Plane四种预测模式）之间的第一映射关系表；及

建立图像亮度帧内编码预测处理过程中以 4×4 像素的亮度块作为预测单位所采用的预测模式组合（包括垂直方向预测vertical、水平方向预测horizontal、水平和垂直平均预测DC、左下方向对角预测Diagonal

Down-Left、右下方向对角预测 Diagonal Down-Right、垂直向左方向预测 Vertical-Left、水平向下方向预测 Horizontal-Down、垂直向右方向预测 Vertical-Right 和水平向上方向预测 Horizontal-Up 九种预测模式所组成的预测模式组合)和图像色度帧内编码预测处理过程中以所述 $2^n \times 2^n$ 象素块
5 作为预测单位所采用的预测模式(包括 vertical、horizontal、DC 和 Plane 四种预测模式)之间的第二映射关系表;

然后在帧内编码预测处理过程中,根据图像亮度帧内编码预测处理过程中亮度块(包括色度块 Cb 和 Cr)所采用的预测模式或预测模式组合来查询上述建立的第一映射关系表或第二映射关系表,从而确定对应的预测
10 模式来作为要选取的相同预测模式。

其中上述在以 $2n \times 2n$ 象素块作为预测单位进行图像色度帧内编码预测处理过程中,由于色度直流分量哈达码(DC HADAMARD)变换原因,当因 HADAMARD 变换而导致所需参考的象素值不可得时,则可以取该 $2n \times 2n$ 象素块本身相应点当时的预测值作为预测参考值,请参阅图 9,该
15 图是本发明基于帧内编码的图像色度预测方法确定预测值的示意图;图中所示,该 4 个 4×4 象素块中的块 2 和块 4 的水平方向参考象素分别取块 1 和块 3 的最右一列象素当时的预测值作为预测参考值(图中块 1 和块 3 竖直虚线所示),而块 3 和块 4 的垂直方向参考象素分别取块 1 和块 2 的最下一行象素当时的预测值作为预测参考值(图中块 1 和块 2 水平虚线所示),如块 4 的图像色度帧内预测可以参考块 2 的水平方向参考象素和块 3 的
20 的垂直方向参考象素来进行;这样,帧内预测编码方式还是按照原来的编码方式进行编码传输,而且不会增加编码开销,也不会增加处理复杂度。

而如果在帧内编码预测过程中忽略色度直流分量的 HADAMARD 变换这一过程,则在以 $2n \times 2n$ 象素块作为预测单位进行图像色度帧内编码
25 预测处理过程中,就可以参照以 4×4 象素大小的亮度块作为预测单位进行图像亮度帧内编码预测处理过程的预测方式,即直接取 $2n \times 2n$ 象素块的重构象素值来作为预测值进行预测计算。

本发明经过多次实验测试分析,发现当 $n=2$ 时,即将每个色度块(包括色度块 Cb 和 Cr)划分成 4 个 4×4 象素块,以每个 4×4 象素块作为预

测单位进行图像色度帧内编码预测处理的实施效果是最好的。

以下实验结果只是针对上述的“按 8×8 象素的色度块作为预测单位来确定预测模式，并按 4×4 象素块作为预测单位来进行预测”这一实施方式而得出的，由于本发明只是针对 INTRA 帧编码技术，故这里将所有测试序列的编码模式取为全 I 帧情形。

利用本发明的这一实施方案，针对 bus.yuv、football.yuv、foreman.yuv、mobile.yuv、news.yuv、paris.yuv 和 tempete.yuv 七个图像序列进行性能测试对比，对于通用中间格式 (CIF, Common intermediate format) 30 FPS (30 frame per second, 即每秒 30 帧)、CIF 15FPS、QCIF (Quarter CIF, 四分之一 CIF 格式) 15FPS 和 QCIF 5FPS 四种情况，其性能测试结果如下表所示，由该表中数据记载可见，本发明能够达到的总体性能相对于现有技术而言会有 0.01505 的平均增益。

视频序列	CIF 30fps 增益	CIF 15fps 增益	QCIF 15fps 增益	QCIF 5fps 增益
bus	-0.001478	-0.004155	0.000397	0.002708
football	0.012205	0.014652	0.015041	0.017764
foreman	0.009198	0.005866	0.014642	0.009637
mobile	0.031122	0.025907	0.041631	0.042214
news	0.016307	0.007621	0.014482	0.005836
paris	0.010274	0.007317	0.031661	0.031424
tempete	0.011389	0.010626	0.018882	0.018239
平均增益	0.0127167	0.009690571	0.0195337	0.018260286

以上所述仅是本发明的优选实施方式，应当指出，对于本技术领域的普通技术人员来说，在不脱离本发明原理的前提下，还可以做出若干改进和润饰，这些改进和润饰也应视为本发明的保护范围。

权 利 要 求

1、一种基于帧内编码的图像色度预测方法，用于帧内编码预测处理过程中的图像色度预测处理，其特征在于，包括步骤：

5 (A1) 将宏块中的每个色度块划分成多个 $2^n \times 2^n$ 象素块，所述 $n=0$ 、1 或 2；

(A2) 以所述每个 $2^n \times 2^n$ 象素块作为预测单位进行图像色度帧内编码预测处理。

10 2、根据权利要求 1 所述的基于帧内编码的图像色度预测方法，其特征在于，所述每个宏块中划分出的多个 $2^n \times 2^n$ 象素块采用相同的预测模式进行图像色度帧内编码预测处理，且每个宏块只编码传输一次该相同的色度帧内编码预测模式。

3、根据权利要求 2 所述的基于帧内编码的图像色度预测方法，其特征在于，所述步骤 (A1) 和 (A2) 之间还包括步骤：

15 (A1-1) 判断是否以 16×16 象素的亮度块作为预测单位进行图像亮度帧内编码预测处理，如果是，转至步骤 (A1-2)；否则转至步骤 (A2)；

(A1-2) 将每个 8×8 象素的色度块作为预测单位进行图像色度帧内编码预测处理。

4、根据权利要求 2 所述的基于帧内编码的图像色度预测方法，其特征在于，所述步骤 (A1) 和 (A2) 之间还包括步骤：

20 (a1) 基于率失真优化分别计算以所述 $2^n \times 2^n$ 象素块作为预测单位进行图像色度帧内编码预测处理的编码效率 E1 及以 8×8 象素的色度块作为预测单位进行图像色度帧内编码预测处理的编码效率 E2；

(a2) 比较 E1 是否大于 E2，如果是，转至步骤 (A2)；否则转至步骤 (a3)；

25 (a3) 将每个 8×8 象素的色度块作为预测单位进行图像色度帧内编码预测处理。

5、根据权利要求 1 所述的基于帧内编码的图像色度预测方法，其特征在于，

所述每个宏块中划分出的多个 $2^n \times 2^n$ 象素块采用相同的预测模式进行图像色度帧内编码预测处理；或

采用不同的预测模式进行图像色度帧内编码预测处理。

6、根据权利要求 5 所述的基于帧内编码的图像色度预测方法，其特征在于，所述步骤 (A1) 和 (A2) 之间还包括步骤：

(A11) 基于率失真优化分别计算以 8×8 象素的色度块作为预测单位
5 进行图像色度帧内编码预测处理的编码效率 E1、以所述 $2^n \times 2^n$ 象素块作为预测单位在采用相同预测模式下进行图像色度帧内编码预测处理的编码效率 E2、及以所述 $2^n \times 2^n$ 象素块作为预测单位在采用不同预测模式下进行图像色度帧内编码预测处理的编码效率 E3；

(A12) 如果 E1 大于 E2 和 E3，转至步骤 (A13)；如果 E2 大于 E1 和 E3，
10 则所述各个 $2^n \times 2^n$ 象素块在采用相同预测模式条件下执行步骤 (A2)；如果 E3 大于 E1 和 E2，则所述各个 $2^n \times 2^n$ 象素块在采用不同预测模式条件下执行步骤 (A2)；

(A13) 将每个 8×8 象素的色度块作为预测单位进行图像色度帧内编码预测处理。

7、根据权利要求 2 或 6 所述的基于帧内编码的图像色度预测方法，其特征
15 在于，所述相同预测模式的确定方式为：

基于率失真优化分别计算以每个 8×8 象素的色度块作为预测单位进行图像色度帧内编码预测处理在各种预测模式下的编码效率，将最高编码效率对应的预测模式作为所述相同的预测模式；或

20 基于率失真优化分别计算以所述 $2^n \times 2^n$ 象素块作为预测单位进行图像色度帧内编码预测处理在各种预测模式下的编码效率，将最高编码效率对应的预测模式作为所述相同的预测模式；或

建立图像亮度帧内编码预测处理过程中以 16×16 象素的亮度块作为预测单位所采用的预测模式和图像色度帧内编码预测处理过程中以所述
25 $2^n \times 2^n$ 象素块作为预测单位所采用的预测模式之间的第一映射关系表；及

建立图像亮度帧内编码预测处理过程中以 4×4 象素的亮度块作为预测单位所采用的预测模式组合和图像色度帧内编码预测处理过程中以所述 $2^n \times 2^n$ 象素块作为预测单位所采用的预测模式之间的第二映射关系表；并

-15-

根据图像亮度帧内编码预测处理过程中亮度块所采用的预测模式或预测模式组合查询第一映射关系表或第二映射关系表，确定对应的预测模式作为所述相同的预测模式。

5 8、根据权利要求 7 所述的基于帧内编码的图像色度预测方法，其特征在于，所述 $2^n \times 2^n$ 象素块采用的预测模式包括垂直方向预测、水平方向预测、水平和垂直平均预测和水平和垂直加权预测。

9、根据权利要求 1 所述的基于帧内编码的图像色度预测方法，其特征在于，以所述 $2^n \times 2^n$ 象素块作为预测单位进行图像色度帧内编码预测处理过程中，以相应参考块相应点当时的预测值作为预测参考值。

10 10、根据权利要求 1 所述的基于帧内编码的图像色度预测方法，其特征在于，以所述 $2^n \times 2^n$ 象素块作为预测单位进行图像色度帧内编码预测处理过程中，以相应参考块相应点的重构象素值作为预测参考值。

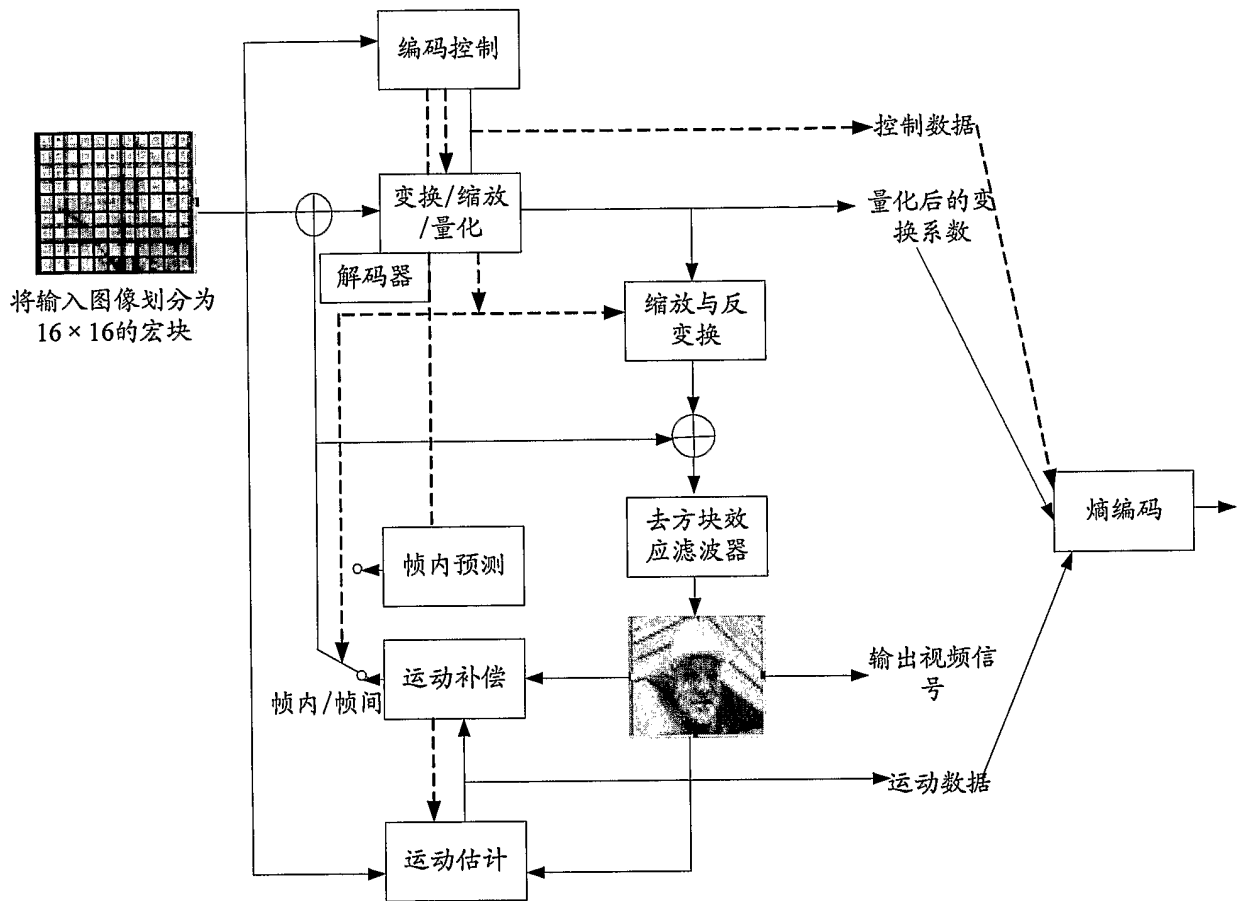


图 1

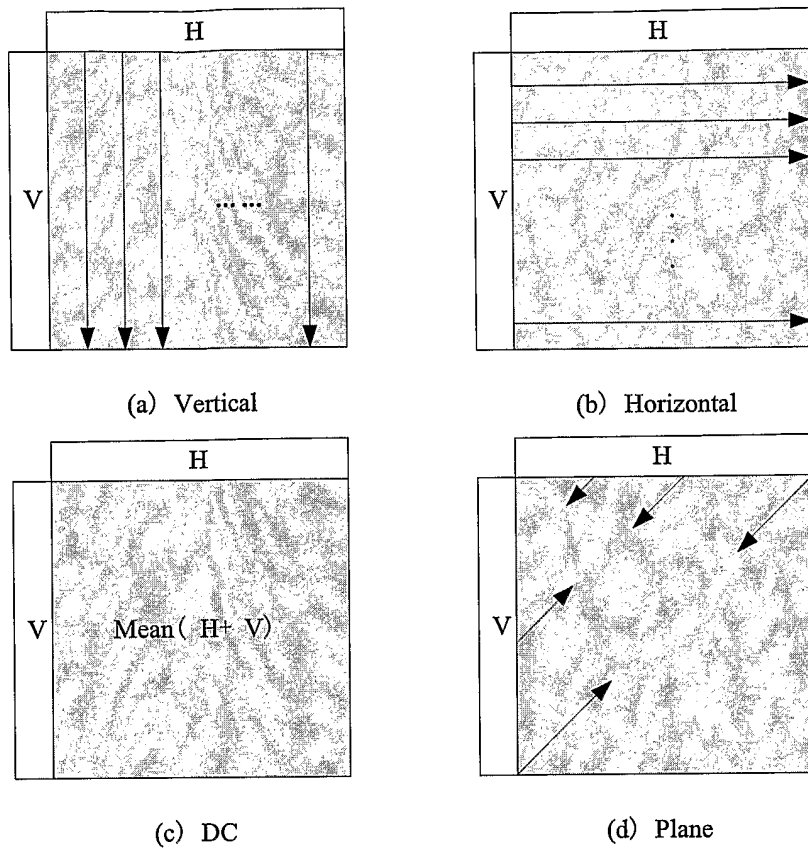
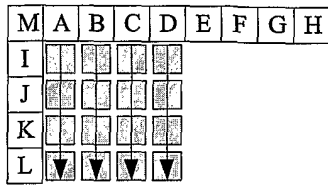
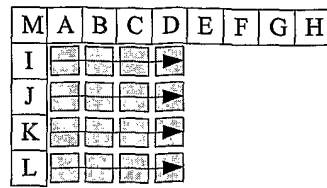


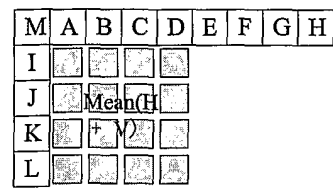
图 2



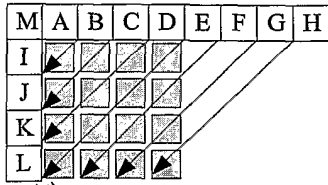
(a) Vertical



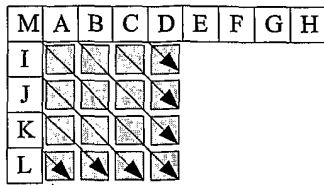
(b) Horizontal



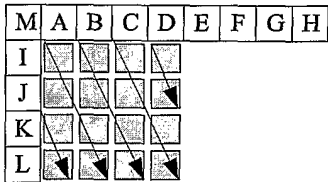
(c) DC



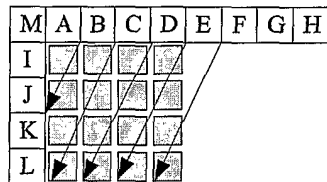
(d) Diagonal
Down-Left



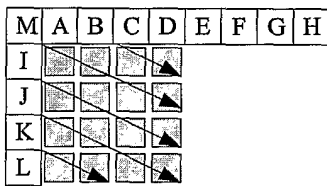
(e) Diagonal
Down-Right



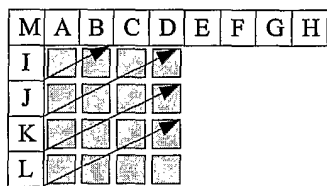
(f) Vertical-Right



(g) Vertical-Left



(h) Horizontal-
down



(i) Horizontal-up

图 3

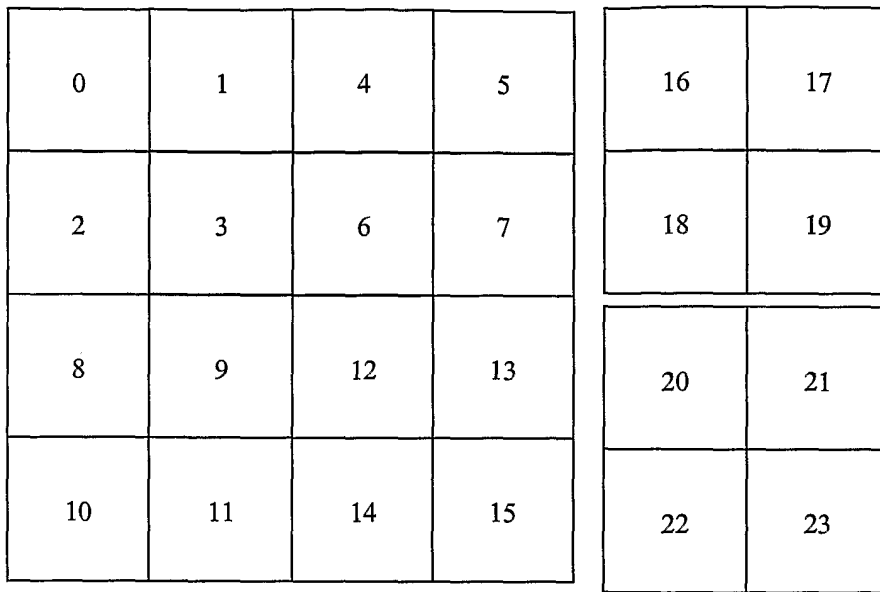


图 4

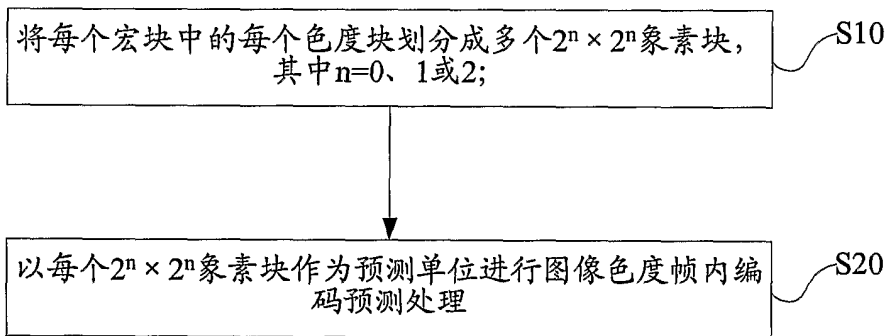


图 5

-5/6-

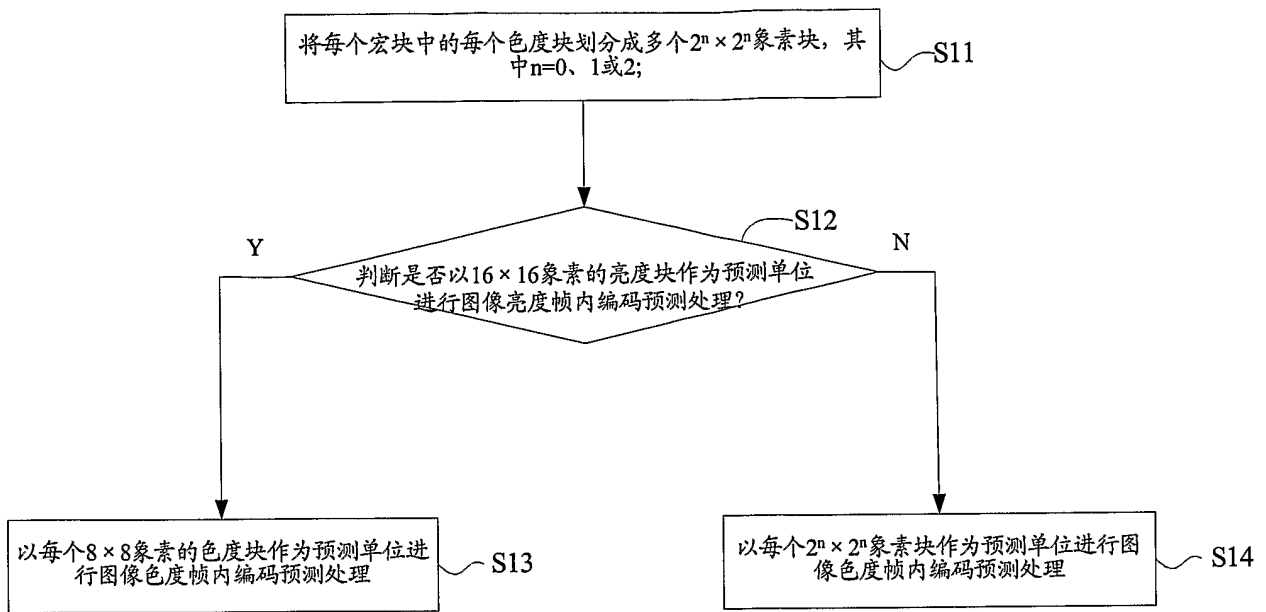


图 6

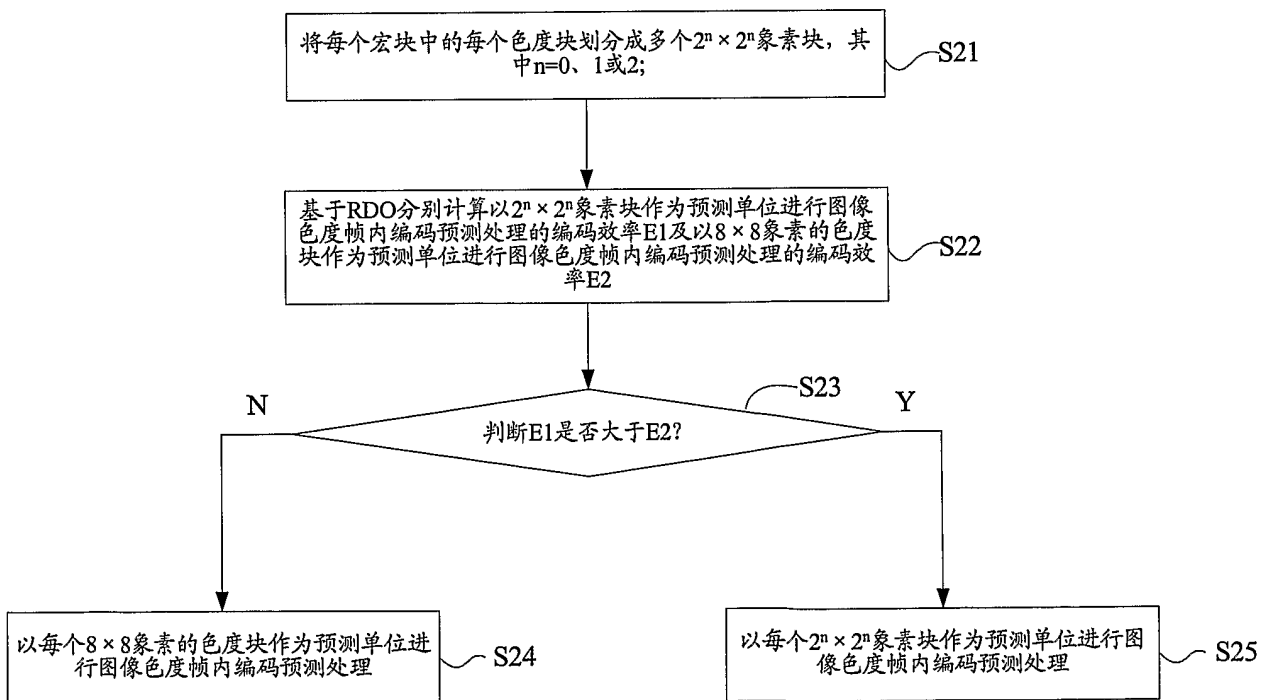


图 7

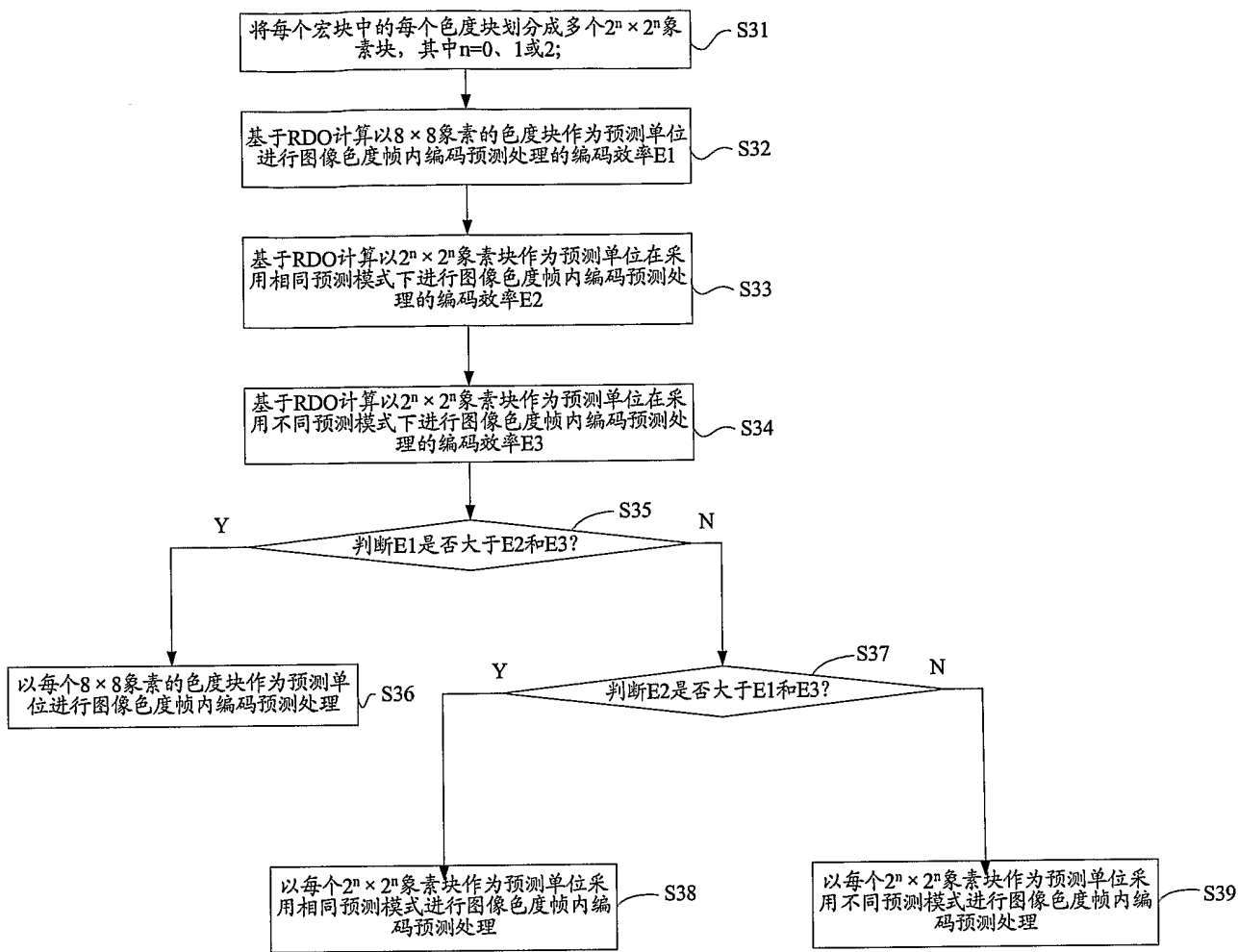


图 8

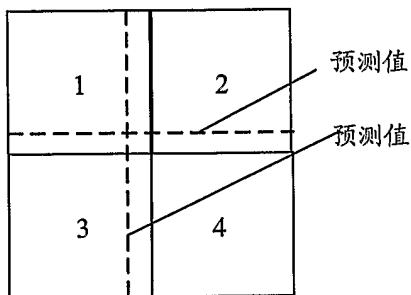



图 9

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/CN2005/000949

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER <p style="text-align: center;">IPC⁷ H04N7/32</p> <p>According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC</p>		
B. FIELDS SEARCHED <p>Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)</p> <p style="text-align: center;">IPC⁷ H04N7/32, H04N7/24, H04N7/26, H04N7/36</p> <p>Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched</p> <p style="text-align: center;">CN</p> <p>Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)</p> <p style="text-align: center;">CPRS; WPI;EPODOC;PAJ: macro block, divide, predict+,separate, partition, code, encode</p>		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	CN 1497985A(SAMSUNG ELECTRONICS CO LTD) 19.MAY2004(19.05.2004)	1-3, 5, 9, 10
A	Abstract, claims and description page 5, line20—line26	4, 6—8
X	CN1476253A(UNIV QINGHUA)18.FEB 2004(18.02.2004)	1-3, 5, 9, 10
A	Claims and description page 2, line19—page3, line25	4, 6—8
A	CN 1457606 A(NOKIA CORP) 19.NOV2003(19.11.2003)The whole document	1-10
A	US 6040865 A(SONY CORP) 21.MAR2000(21.03.2000)The whole document	1-10
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> See patent family annex.		
* Special categories of cited documents:	“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention “X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone “Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art “&”document member of the same patent family	
“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance		
“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date		
“L” document which may throw doubts on priority claim (S) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)		
“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means		
“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed		
Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report	
16.SEP2005(16.09.2005)	13 . SEP 2005 13 . 10 . 2005	
Name and mailing address of the ISA/CN The State Intellectual Property Office, the P.R.China 6 Xitucheng Rd., Jimen Bridge, Haidian District, Beijing, China 100088 Facsimile No. 86-10-62019451	Authorized officer Ma Guili Telephone No. 86-10-62084643	

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/CN2005/000949

Patent Documents referred in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
CN1497985A	19.05.2004	US2004062445A1	01.04.2004
		JP2004129260A	22.04.2004
		KR2004028489A	03.04.2004
CN1476253A	18.02.2004	None	
CN1457606A	19.11.2003	US2004156437A1	12.08.2004
		WO0186962A1	15.11.2001
		AU200158472A	20.11.2001
		EP1282982A1	12.02.2003
		BR200110627A	18.03.2003
		KR2003011325A	07.02.2003
		JP2003533142T	05.11.2003
		HU200302617A2	28.11.2003
		MX2002010964A1	01.03.2003
		ZA200208767A	28.01.2004
		US6711211B1	23.03.2004
US6040865A	21.03.2000	JP3633159B2	30.03.2005
		JP1017845A	30.06.1998

国际检索报告

国际申请号
PCT/CN2005/000949

<p>A. 主题的分类</p> <p style="text-align: center;">IPC⁷ H04N7/32</p> <p>按照国际专利分类表(IPC)或者同时按照国家分类和 IPC 两种分类</p>																																	
<p>B. 检索领域</p> <p>检索的最低限度文献(标明分类系统和分类号)</p> <p style="text-align: center;">IPC⁷ H04N7/32, H04N7/26, H04N7/24, H04N7/36</p> <p>包含在检索领域中的除最低限度文献以外的检索文献</p> <p style="text-align: center;">CN</p> <p>在国际检索时查阅的电子数据库(数据库的名称, 和使用的检索词(如使用))</p> <p>CPRS: 宏块, 划分, 分割, 预测, 色度, 编码; WPI;EPODOC;PAJ: macro block, divide, predict+,separate, partition, code, encode</p>																																	
<p>C. 相关文件</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 10%;">类 型*</th> <th style="width: 60%;">引用文件, 必要时, 指明相关段落</th> <th style="width: 30%;">相关的权利要求</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>X</td> <td>CN1497985A (三星电子株式会社) 19.5 月 2004 (19.05.2004)</td> <td>1-3, 5, 9, 10</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>摘要, 权利要求书和说明书第 5 页第 20 行-第 26 行</td> <td>4, 6-8</td> </tr> <tr> <td>X</td> <td>CN1476253A (清华大学) 18.2 月 2004 (18.02.2004)</td> <td>1-3, 5, 9, 10</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>权利要求书和说明书第 2 页第 19 行-第 3 页第 25 行</td> <td>4, 6-8</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 1457606 A (诺基亚有限公司) 19.11 月 2003 (19.11.2003) 全文</td> <td>1-10</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>US 6040865A (索尼公司) 21.3 月 2000 (21.03.2000) 全文</td> <td>1-10</td> </tr> </tbody> </table> <p><input type="checkbox"/> 其余文件在 C 栏的续页中列出。 <input checked="" type="checkbox"/> 见同族专利附件。</p> <p>* 引用文件的具体类型:</p> <table style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 50%;">“A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件</td> <td style="width: 50%;">“T” 在申请日或优先权日之后公布, 与申请不相抵触, 但为了理解发明之理论或原理的在后文件</td> </tr> <tr> <td>“E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利</td> <td>“X” 特别相关的文件, 单独考虑该文件, 认定要求保护的发明不是新颖的或不具有创造性</td> </tr> <tr> <td>“L” 可能对优先权要求构成怀疑的文件, 或为确定另一篇引用文件的公布日而引用的或者因其他特殊理由而引用的文件</td> <td>“Y” 特别相关的文件, 当该文件与另一篇或者多篇该类文件结合并且这种结合对于本领域技术人员为显而易见时, 要求保护的发明不具有创造性</td> </tr> <tr> <td>“O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件</td> <td>“&” 同族专利的文件</td> </tr> <tr> <td>“P” 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件</td> <td></td> </tr> </table>			类 型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求	X	CN1497985A (三星电子株式会社) 19.5 月 2004 (19.05.2004)	1-3, 5, 9, 10	A	摘要, 权利要求书和说明书第 5 页第 20 行-第 26 行	4, 6-8	X	CN1476253A (清华大学) 18.2 月 2004 (18.02.2004)	1-3, 5, 9, 10	A	权利要求书和说明书第 2 页第 19 行-第 3 页第 25 行	4, 6-8	A	CN 1457606 A (诺基亚有限公司) 19.11 月 2003 (19.11.2003) 全文	1-10	A	US 6040865A (索尼公司) 21.3 月 2000 (21.03.2000) 全文	1-10	“A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件	“T” 在申请日或优先权日之后公布, 与申请不相抵触, 但为了理解发明之理论或原理的在后文件	“E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利	“X” 特别相关的文件, 单独考虑该文件, 认定要求保护的发明不是新颖的或不具有创造性	“L” 可能对优先权要求构成怀疑的文件, 或为确定另一篇引用文件的公布日而引用的或者因其他特殊理由而引用的文件	“Y” 特别相关的文件, 当该文件与另一篇或者多篇该类文件结合并且这种结合对于本领域技术人员为显而易见时, 要求保护的发明不具有创造性	“O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件	“&” 同族专利的文件	“P” 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件	
类 型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求																															
X	CN1497985A (三星电子株式会社) 19.5 月 2004 (19.05.2004)	1-3, 5, 9, 10																															
A	摘要, 权利要求书和说明书第 5 页第 20 行-第 26 行	4, 6-8																															
X	CN1476253A (清华大学) 18.2 月 2004 (18.02.2004)	1-3, 5, 9, 10																															
A	权利要求书和说明书第 2 页第 19 行-第 3 页第 25 行	4, 6-8																															
A	CN 1457606 A (诺基亚有限公司) 19.11 月 2003 (19.11.2003) 全文	1-10																															
A	US 6040865A (索尼公司) 21.3 月 2000 (21.03.2000) 全文	1-10																															
“A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件	“T” 在申请日或优先权日之后公布, 与申请不相抵触, 但为了理解发明之理论或原理的在后文件																																
“E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利	“X” 特别相关的文件, 单独考虑该文件, 认定要求保护的发明不是新颖的或不具有创造性																																
“L” 可能对优先权要求构成怀疑的文件, 或为确定另一篇引用文件的公布日而引用的或者因其他特殊理由而引用的文件	“Y” 特别相关的文件, 当该文件与另一篇或者多篇该类文件结合并且这种结合对于本领域技术人员为显而易见时, 要求保护的发明不具有创造性																																
“O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件	“&” 同族专利的文件																																
“P” 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件																																	
<p>国际检索实际完成的日期</p> <p style="text-align: center;">16.9 月 2005 (16.09.2005)</p>	<p>国际检索报告邮寄日期</p> <p style="text-align: center;">13 · 10 月 2005 (13 · 10 · 2005)</p>																																
<p>中华人民共和国国家知识产权局(ISA/CN)</p> <p>中国北京市海淀区蓟门桥西土城路 6 号 100088</p> <p>传真号: (86-10)62019451</p>	<p>授权官员</p> <p style="text-align: right;">马桂丽</p> <div style="text-align: right;">  </div> <p>电话号码: (86-10)62084643</p>																																

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号
PCT/CN2005/000949

检索报告中引用的 专利文件	公布日期	同族专利	公布日期		
CN1497985A	19.05.2004	US2004062445A1	01.04.2004		
		JP2004129260A	22.04.2004		
		KR2004028489A	03.04.2004		
CN1476253A	18.02.2004	无			
CN1457606A	19.11.2003	US2004156437A1	12.08.2004		
		WO0186962A1	15.11.2001		
		AU200158472A	20.11.2001		
		EP1282982A1	12.02.2003		
		BR200110627A	18.03.2003		
		KR2003011325A	07.02.2003		
		JP2003533142T	05.11.2003		
		HU200302617A2	28.11.2003		
		MX2002010964A1	01.03.2003		
		ZA200208767A	28.01.2004		
		US6711211B1	23.03.2004		
		US6040865A	21.03.2000	JP3633159B2	30.03.2005
				JP1017845A	30.06.1998