



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101170688 B

(45) 授权公告日 2010.12.01

(21) 申请号 200710050618.9

(22) 申请日 2007.11.26

(73) 专利权人 电子科技大学

地址 611731 四川省成都市高新区(西区)
西源大道2006号

(72) 发明人 陈雷霆 卢光辉 何明耘 崔金钟
蔡洪斌

(74) 专利代理机构 成都九鼎天元知识产权代理
有限公司 51214

代理人 周永宏 吴彦峰

(51) Int. Cl.

H04N 7/24 (2006.01)

H04N 7/26 (2006.01)

(56) 对比文件

US 2005/0069211 A1, 2005.03.31, 全文.

CN 1700772 A, 2005.11.23, 全文.

JP 特开 2005-229404 A, 2005.08.25, 全文.

CN 1533183 A, 2004.09.29, 全文.

WO 2005/004491 A1, 2005.01.13, 全文.

CN 1112768 A, 1995.11.29, 全文.

CN 1741418 A, 2006.03.01, 全文.

CN 1615019 A, 2005.05.11, 全文.

审查员 苗浩

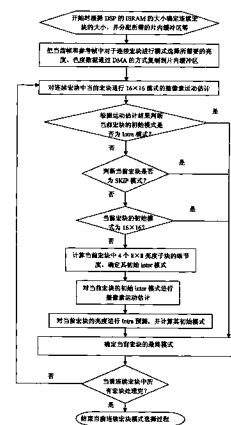
权利要求书 3 页 说明书 5 页 附图 1 页

(54) 发明名称

一种宏块模式的快速选择方法

(57) 摘要

本发明涉及一种视频信息处理过程中宏块模式的快速选择方法,特别是一种适用于P-slice的宏块模式的快速选择方法。包括步骤:步骤1,开始时根据片内存储器的大小确定连续宏块的大小,把一帧中的所有宏块划分为若干连续的16×16宏块,每个连续宏块中的所有宏块都处于一帧中同一行上,并分配所需的片内缓冲区;步骤2,把当前帧和参考帧中对于连续宏块进行模式选择所需要的亮度、色度数据复制到片内缓冲区;步骤3,对连续宏块中每个宏块的模式进行计算以确定每个宏块的最终模式;步骤4,若当前连续宏块中所有宏块模式处理完,则结束当前连续宏块模式选择过程;否则回到步骤1继续进行。本发明的技术方案可以有效的加快视频压缩计算速度,实现视频实时压缩。



1. 一种宏块模式的快速选择方法,其特征在于,该方法包括步骤:

步骤 1,开始时根据 DSP 的片内存储器的大小确定连续宏块的大小,把一帧中的所有宏块划分为若干连续的 16×16 宏块,每个连续宏块中的所有宏块都处于一帧中同一行上,并分配所需的片内缓冲区;

步骤 2,把当前帧和参考帧中对于连续宏块进行模式选择所需要的亮度、色度数据复制到片内缓冲区;

步骤 3,对连续宏块中每个宏块的模式进行计算以确定每个宏块的最终模式,包括步骤:

步骤 3.1,对连续宏块中当前宏块进行 16×16 模式的整像素运动估计;

步骤 3.2,根据运动估计结果判断当前宏块的初始模式是否为 Intra 模式,若是,则把当前宏块的初始模式作为 Intra 模式,转到步骤 3.8,若不是,则进行:

步骤 3.3,判断当前宏块的初始模式是否为 SKIP 模式,若是,则把当前宏块的初始模式作为 SKIP 模式,转到步骤 3.8,若不是,则进行:

步骤 3.4,判断当前宏块的初始模式是否为 16×16 模式,若是,则把当前宏块的初始模式作为 16×16 模式,转到步骤 3.8,若不是,则进行:

步骤 3.5,计算当前宏块中 4 个 8×8 亮度子块的细节度,确定其初始帧间编码模式;

步骤 3.6,对当前宏块的初始帧间编码模式进行整像素运动估计;

步骤 3.7,对当前宏块的亮度进行帧内编码模式预测,并计算其初始模式;

步骤 3.8,确定当前宏块的最终模式;

步骤 4,若当前连续宏块中所有宏块模式处理完,则结束当前连续宏块模式选择过程;否则回到步骤 1 继续进行。

2. 根据权利要求 1 所述的宏块模式的快速选择方法,其特征在于,步骤 3.5 包括步骤:对于每个 8×8 子块,首先计算每个像素点 (x, y) 的 $V_x(x, y)$, $V_y(x, y)$ 和 $G(x, y)$ 值,其计算方法如下:

设像素点 (x, y) 的值为 $F(x, y)$,

$$V_x(x, y) = | \{ F[x-1, y-1] + 2F[x-1, y] + F[x-1, y+1] \} - \{ F[x+1, y-1] + 2F[x+1, y] + F[x+1, y+1] \} |$$

$$V_y(x, y) = | \{ F[x-1, y-1] + 2F[x, y-1] + F[x+1, y-1] \} - \{ F[x-1, y+1] + 2F[x, y+1] + F[x+1, y+1] \} |$$

$$G(x, y) = V_x(x, y) + V_y(x, y)$$

则 8×8 子块的细节度为 $\sum_{y=0}^7 \sum_{x=0}^7 G(x, y)$, 设第 i 个 8×8 子块的细节度为 D_i , 确定一个阈值 $T_3 = 1024 \times (\max(\min(14, q/3), 6))$, 其中 q 为量化参数,然后把 D_i 二值化:

$$DS_i = \begin{cases} 1, & D_i > T_3; \\ 0, & D_i \leq T_3; \end{cases}$$

若 (a) 如果 4 个 DS_i 中至多有 1 个为 1, 则当前宏块的初始 inter 模式为 16×16 模式; 或,

(b) 如果 4 个 DS_i 中至少有 3 个为 1, 则当前宏块的初始 inter 模式为 8×8 模式; 或,

(c) 如果 4 个 DS_i 中恰好有 2 个为 1, 则当前宏块的初始 inter 模式为 16×8 模式或 8×16 模式。

3. 根据权利要求 2 所述的宏块模式的快速选择方法, 其特征在于, 步骤 3.5 中的步骤 (c) 包括以下步骤之一:

(c1) 如果 $DS_0 = DS_1 = 1$ 或者 $DS_2 = DS_3 = 1$, 则当前宏块的初始 inter 模式为 16×8 模式; 或,

(c2) 如果 $DS_0 = DS_2 = 1$ 或者 $DS_1 = DS_3 = 1$, 则当前宏块的初始 inter 模式为 8×16 模式; 或,

(c3) 如果 $DS_0 = DS_3 = 1$ 或者 $DS_1 = DS_2 = 1$, 令 $V_x = \sum_{y=0}^{15} \sum_{x=0}^{15} V_x(x, y)$, $V_y = \sum_{y=0}^{15} \sum_{x=0}^{15} V_y(x, y)$, 当 $V_x > V_y$ 时, 则当前宏块的初始 inter 模式为 16×8 模式; 当 $V_x \leq V_y$ 时, 则当前宏块的初始 inter 模式为 8×16 模式。

4. 根据权利要求 1 所述的宏块模式的快速选择方法, 其特征在于, 步骤 3.7 包括以下步骤:

对当前宏块中每个 8×8 亮度子块进行预测, 预测时上边界和左边界的像素都取当前帧的像素, 残差值最小的预测模式作为 8×8 亮度子块的预测模式, 四个 8×8 亮度子块的最小残差值之和记为 SAD_3 , 残差值为 $SAD_1 = \sum_{i,j} |X_{i,j} - Y_{i,j}|$, 其中 $X_{i,j}$ 和 $T_{i,j}$ 分别为当前帧和参考帧中第 (i, j) 位置的像素值, 设所有亮度子块的运动估计残差值之和 SAD_2 , 若

(a) 如果 $SAD_2 > SAD_1$, 并且 $SAD_1 > SAD_3$, 则当前宏块的初始模式修改为 Intra 模式;

(b) 如果 $SAD_2 > SAD_1$, 并且 $SAD_1 \leq SAD_3$, 则当前宏块的初始模式修改为 16×16 inter 模式;

(c) 如果 $SAD_2 \leq SAD_1$, 并且 $SAD_2 > SAD_3$, 则当前宏块的初始模式修改为 Intra 模式;

(d) 如果 $SAD_2 \leq SAD_1$, 并且 $SAD_2 \leq SAD_3$, 则当前宏块的初始模式不变。

5. 根据权利要求 1 所述的宏块模式的快速选择方法, 其特征在于, 步骤 3.8 包括以下步骤之一:

(a) 如由步骤 3.2 得到的当前宏块的初始模式为 Intra 模式, 则当前宏块的最终模式为 Intra 模式; 其每个 8×8 亮度子块和色度子块的最终预测模式方法如下:

先由该子块在当前帧中的边界值计算出各种模式的预测值, 然后计算预测值和当前子块的残差值, 最后把残差值最小的预测模式作为该子块的最终预测模式; 或,

(b) 由步骤 3.3 得到的当前宏块的初始模式为 SKIP 模式, 则当前宏块的最终模式为 SKIP 模式; 或,

(c) 由步骤 3.4 得到的当前宏块的初始模式为 16×16 inter 模式, 则当前宏块的最终模式为 16×16 inter 模式, 并进行子像素运动估计, 得到最终的运动向量; 或,

(d) 由步骤 3.7 得到的当前宏块的初始模式为 inter 模式, 则当前宏块的最终模式就为初始模式, 并进行子像素运动估计, 得到最终的运动向量; 如由步骤 3.7 得到的当前宏块的初始模式为 intra 模式, 则把每个亮度子块的预测残差值最小的预测模式作为该亮度子块的最终预测模式, 色度子块的最终预测模式的计算方法与步骤 (a) 相同。

6. 根据权利要求 1-5 任一项所述的宏块模式的快速选择方法,其特征在于,步骤 1 中宏块的大小 L 为:
$$L = \left\lfloor \frac{M_0 - 416 - 64N - 8N^2}{928 + 64N} \right\rfloor$$
,其中: M_0 为有效的 ISRAM 的字节大小,片内缓冲区 M 的大小为:

$$M = 2 \times (16 \times L + 2N) \times (16 + 2N) + (L + 1) \times 16 \times 26, \text{运动向量的取值范围为: } -N \sim +N.$$

7. 根据权利要求 1-5 任一项所述的宏块模式的快速选择方法,其特征在于,步骤 2 中数据复制到片内缓冲区的方式为直接存储访问方式。

一种宏块模式的快速选择方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种视频信息处理过程中宏块模式的快速选择方法,特别是一种适用于 P-slice 的宏块模式的快速选择方法。

背景技术

[0002] AVS(Audio-Video Standard) 数字音视频编解码技术标准,是我国数字电视、高清晰度视盘、流媒体和多媒体等数字音视频产业的共同基础技术标准,代表了当前国际先进水平。H. 264 是由 ISO/IEC 与 ITU-T 组成的联合视频组(JVT) 制定的新一代视频压缩编码标准,基于先期的视频压缩标准,H. 264 引入了很多先进的技术,也是目前国际公认的先进视频技术标准之一。

[0003] P-slice 是 AVS、H. 264 等标准中最为常用的一种 slice, AVS、H. 264 及近年来广泛应用的其它视频编解码标准对 P-slice 都是采用以宏块(macro-block) 为基本单位的编解码方式。从现有技术来看,对于宏块模式的选择主要有以下一些方法:(1) 采用率失真优化(RDO:Rate-Distortion Optimization) 方法计算各种宏块模式的率失真代价(RDCost:Rate-Distortion Cost),并将率失真代价最小的模式当作最终编码模式,这种方法提高了编码效率和图像质量,但它需对每一种可能的宏块模式进行率失真优化计算,使得计算量急剧增加。(2) 根据运动搜索计算代价函数值,选取值最小的那种宏块模式作为最终模式,这种方法能够良好的保证解码后的图像质量,但是计算量也很大,使运动估计成为整个视频编码最费时的部分之一。(3) 采用宏块图像的细节程度来对 Inter 模式的宏块进行子块的划分,从而决定 inter 宏块的最终模式(inter 宏块的子块类型),该方法的计算量小,但不易于在帧内编码(intra) 或者帧间编码(inter) 模式上作出选择,从而不能有效地选择出 p-slice 的宏块模式。(最接近的现有技术是不是第 3 种?)

发明内容

[0004] 为了加快视频压缩计算速度,实现视频实时压缩,本发明提供了一种针对 P-slice 宏块模式的快速选择方法。

[0005] 本发明的技术方案是:一种宏块模式的快速选择方法,该方法包括步骤:步骤 1,开始时根据片内存储器的大小确定连续宏块的大小,把一帧中的所有宏块划分为若干连续的 16×16 宏块,每个连续宏块中的所有宏块都处于一帧中同一行上,并分配所需的片内缓冲区;步骤 2,把当前帧和参考帧中对于连续宏块进行模式选择所需要的亮度、色度数据复制到片内缓冲区;步骤 3,对连续宏块中每个宏块的模式进行计算以确定每个宏块的最终模式;步骤 4,若当前连续宏块中所有宏块模式处理完,则结束当前连续宏块模式选择过程;否则回到步骤 1 继续进行。

[0006] 进一步的,在步骤 3 中对每个连续宏块中的当前宏块进行 16×16 模式的整像素运动估计,并对于每个连续宏块中的所有宏块模式的计算进行连续的循环处理,其间不对宏块进行变换、量化、重建、变长编码等操作。

[0007] 本发明的有益效果是：由于把一帧中的所有宏块划分为若干连续宏块，每个连续宏块中的所有宏块都处于一帧中同一行上，并把模式选择所需要的亮度、色度数据复制到片内缓冲区内，减少了数据的交换，使得数据访问的速度加快，加快了视频压缩的计算速度。在选择模式时不需要对宏块进行变换、量化、重建、变长编码等操作，使得计算复杂度大为减少，进一步的加快了视频压缩的计算速度。

附图说明

[0008] 图 1 示出了根据本发明实施例的一种宏块模式的快速选择方法的流程图；

[0009] 图 2 示出了 4 个 8×8 亮度子块的编号方式。

具体实施方式

[0010] 下面结合附图和实施例为例对本发明进行进一步说明：

[0011] 在 AVS 标准中，宏块模式分为帧间编码 (inter) 模式和帧内编码 (intra) 模式，帧间编码模式又可按照子块尺寸划分为 16×16、16×8、8×16、8×8 模式，而 P-slice 中的跳过模式是帧间编码模式的一种特殊模式。帧内编码模式中每个 8×8 亮度子块包含 5 种预测模式，每个 8×8 色度子块包含 4 种预测模式。编码器通过对运动估计值、细节度值等参数的计算来对宏块的模式进行选择。

[0012] 在本实施例中，选用美国德州仪器 (TI) 公司的 TMS320DM64x 系列多媒体处理芯片作为本实施例的硬件平台。德州仪器 (TI) 公司的 TMS320DM64x 系列多媒体处理芯片，适合于数字媒体应用，DM64x 片上具有一级缓存 (cache) 和可配置 RAM/Cache，以及 64 个 32 位通用寄存器，这些存储空间保证了大规模音视频处理程序高效快速地运行。一级缓存分为程序 cache 和数据 cache 两种，访问速度快。可配置 RAM/Cache 可以把它分割为片内存储器 (ISRAM) 和二级缓存，片内存储器 (ISRAM) 可以存放程序和数据，访问速度快。二级缓存也是一种高速 cache，可提高程序和数据的访问速度。DM64x 所应用的 EDMA 控制器具有 64 个独立 DMA 通道，其传输配置信息保存在 RAM 中，能够同时处理多个 DMA 传输任务。DMA 传输只需要 DSP 核最小程度地介入，从而有效地提高了系统的处理速度。在本实施例中选用 AVS 标准的 P-SLICE 进行模式选择。

[0013] 如图 1 所示的流程图给出了本实施例的具体过程：

[0014] 步骤 1，初始时根据 DSP 有效的片内存储器 (ISRAM) 的大小确定连续宏块的大小，并分配所需的片内缓冲区等。连续宏块的大小（其包含的宏块个数）是根据能用的 ISRAM 的大小和运动向量的取值范围决定：

[0015] 一般地，设连续宏块的大小为 L，运动向量的取值范围为 -N ~ +N，有效的 ISRAM 的大小为 M₀ 字节，参考帧数为 1 帧，则

$$[0016] \quad L = \left\lceil \frac{M_0 - 416 - 64N - 8N^2}{928 + 64N} \right\rceil$$

[0017] 根据计算出的连续宏块的大小 L 从而确定实际所需的片内缓冲区大小 M (字节)，

$$[0018] \quad M = 2 \times (16 \times L + 2N) \times (16 + 2N) + (L + 1) \times 16 \times 26$$

[0019] 步骤 2，把当前帧和参考帧中对于连续宏块进行模式选择所需要的亮度、色度数据通过 DMA 的方式复制到片内缓冲区。这些数据包含：当前帧的连续宏块中的亮度、色度数

据,以及连续宏块边界的上一行数据和左边数据;参考帧中对应位置的亮度、色度数据。

[0020] 步骤 3,连续宏块中每个宏块的模式计算。

[0021] 步骤 3.1,对连续宏块中当前宏块进行 16×16 模式的整像素运动估计。

[0022] 确定连续宏块中当前宏块的位置,并运用本单位专利 1 的方法进行 16×16 块模式的快速运动估计计算,设运动估计完成后得到的运动向量为 $MV_1 = (MVX_1, MVY_1)$,残差值为 $SAD_1 = \sum_{i,j} |X_{i,j} - Y_{i,j}|$ 。其中 $X_{i,j}$ 和 $Y_{i,j}$ 分别为当前帧和参考帧中第 (i, j) 位置的像素值。

[0023] 步骤 3.2,根据运动估计结果判断当前宏块的初始模式是否为 Intra 模式?

[0024] 确定一个阈值 $T_0 = 16 \times (\max(\min(40, q), 24))^2$,其中 q 为量化参数。当 $SAD_1 > T_0$ 时,把当前宏块的初始模式作为 Intra 模式,进行到步骤 3.8;否则,进行到下一步骤 3.3。

[0025] 步骤 3.3,判断当前宏块是否为 SKIP 模式?

[0026] 确定一个阈值 $T_1 = 256 \times (\max(\min(6, q/6), 4))^2$,其中 q 为量化参数。当 $SAD_1 < T_1$,且 MV_1 等于运动向量的预测值时,把当前宏块的初始模式作为 SKIP 模式,进行到步骤 3.8;否则,进行到下一步骤 3.4。

[0027] 步骤 3.4,当前宏块的初始模式为 16×16 ?

[0028] 确定一个阈值 $T_2 = 768 \times (\max(\min(16, q/3), 8))$,其中 q 为量化参数。当 $SAD_1 < T_2$,把当前宏块的初始模式作为 16×16 模式,进行到步骤 3.8;否则,进行到下一步骤 3.5。

[0029] 步骤 3.5,计算当前宏块中 4 个 8×8 亮度子块的细节度,确定其初始 inter 模式。

[0030] 4 个 8×8 亮度子块的编号如下图 2 所示。

[0031] 对于每个 8×8 子块,首先计算每个像素点 (x, y) 的 $V_x(x, y)$, $V_y(x, y)$ 和 $G(x, y)$ 值,其计算方法如下:

[0032] 设像素点 (x, y) 的值为 $F(x, y)$,

[0033] $V_x(x, y) = |\{F[x-1, y-1]+2F[x-1, y]+F[x-1, y+1]\}-$

[0034] $\{F[x+1, y-1]+2F[x+1, y]+F[x+1, y+1]\}|$

[0035] $V_y(x, y) = |\{F[x-1, y-1]+2F[x, y-1]+F[x+1, y-1]\}-$

[0036] $\{F[x-1, y+1]+2F[x, y+1]+F[x+1, y+1]\}|$

[0037] $G(x, y) = V_x(x, y)+V_y(x, y)$

[0038] 则 8×8 子块的细节度为 $\sum_{y=0}^7 \sum_{x=0}^7 G(x, y)$ 。

[0039] 设第 i 个 8×8 子块的细节度为 $D_i (i = 0, 1, 2, 3)$ 。确定一个阈值 $T_3 = 1024 \times (\max(\min(14, q/3), 6))$,其中 q 为量化参数。然后把 D_i 二值化:

[0040] $DS_i = \begin{cases} 1 & , D_i > T_3 \\ 0 & , D_i \leq T_3 \end{cases}$

[0041] 当前宏块的初始 inter 模式计算方法如下:

[0042] (a) 如果 4 个 DS_i 中至多有 1 个为 1,则前宏块的初始 inter 模式为 16×16 模式;

[0043] (b) 如果 4 个 DS_i 中至少有 3 个为 1,则前宏块的初始 inter 模式为 8×8 模式;

[0044] (c) 如果 4 个 DS_i 中恰好有 2 个为 1 时:

[0045] (c1) 如果 $DS_0 = DS_1 = 1$ 或者 $DS_2 = DS_3 = 1$,则前宏块的初始 inter 模式为 16×8

模式；

[0046] (c2) 如果 $DS_0 = DS_2 = 1$ 或者 $DS_1 = DS_3 = 1$, 则前宏块的初始 inter 模式为 8×16 模式；

[0047] (c3) 如果 $DS_0 = DS_3 = 1$ 或者 $DS_1 = DS_2 = 1$, 令 $V_x = \sum_{y=0}^{15} \sum_{x=0}^{15} V_x(x, y)$, $V_y = \sum_{y=0}^{15} \sum_{x=0}^{15} V_y(x, y)$,

当 $V_x > V_y$ 时, 则前宏块的初始 inter 模式为 16×8 模式; 当 $V_x \leq V_y$ 时, 则前宏块的初始 inter 模式为 8×16 模式。

[0048] 步骤 3.6: 对当前宏块的初始 inter 模式进行整像素运动估计。

[0049] 对当前宏块的每个亮度子块 (由初始 inter 模式决定, 如初始 inter 模式为 16×8 , 则两个亮度子块均为 16×8 子块) 按照步骤 3.1 的方式进行整像素运动估计, 设所有亮度子块的运动估计残差值之和 SAD_2 。

[0050] 步骤 3.7: 对当前宏块的亮度进行 Intra 预测, 并计算其初始模式。

[0051] 对当前宏块中每个 8×8 亮度子块进行预测, 预测时上边界和左边界的像素都取当前帧的像素 (不取重建帧的像素), 残差值最小的预测模式作为 8×8 亮度子块的预测模式, 四个 8×8 亮度子块的最小残差值之和记为 SAD_3 (也称象素值绝对差和, Sum of Absolute Difference, 简称 SAD)。

[0052] (a): 如果 $SAD_2 > SAD_1$, 并且 $SAD_1 > SAD_3$, 则前宏块的初始模式修改为 Intra 模式;

[0053] (b): 如果 $SAD_2 > SAD_1$, 并且 $SAD_1 \leq SAD_3$, 则前宏块的初始模式修改为 16×16 inter 模式;

[0054] (c): 如果 $SAD_2 \leq SAD_1$, 并且 $SAD_2 > SAD_3$, 则前宏块的初始模式修改为 Intra 模式;

[0055] (d): 如果 $SAD_2 \leq SAD_1$, 并且 $SAD_2 \leq SAD_3$, 则前宏块的初始模式不变;

[0056] 步骤 3.8: 确定当前宏块的最终模式。

[0057] (a) 如由步骤 3.2 得到的当前宏块的初始模式为 Intra 模式, 则当前宏块的最终模式为 Intra 模式。

[0058] 其每个 8×8 亮度子块和色度子块的最终预测模式方法如下:

[0059] 先由该子块在当前帧中的边界值计算出各种模式的预测值, 然后计算预测值和当前子块的残差值, 最后把残差值最小的预测模式作为该子块的最终预测模式。

[0060] (b) 由步骤 3.3 得到的当前宏块的初始模式为 SKIP 模式, 则当前宏块的最终模式为 SKIP 模式。

[0061] (c) 由步骤 3.4 得到的当前宏块的初始模式为 16×16 inter 模式, 则当前宏块的最终模式为 16×16 inter 模式, 并进行子像素运动估计, 得到最终的运动向量。

[0062] (d) 如由步骤 3.7 得到的当前宏块的初始模式为 inter 模式, 则当前宏块的最终模式就为初始模式, 并进行子像素运动估计, 得到最终的运动向量; ; 如由步骤 3.7 得到的当前宏块的初始模式为 intra 模式, 则把每个亮度子块的预测残差值最小的预测模式作为该亮度子块的最终预测模式, 色度子块的最终预测模式的计算方法与本步骤中的情形 (a) 相同。

[0063] 步骤 3.9, 当前连续宏块中所有宏块处理完?

[0064] 如果当前连续宏块中所有宏块模式处理完, 则进行到步骤 4; 否则回到步骤 3.1 继续进行。

[0065] 步骤 4, 结束当前连续宏块模式选择过程。

[0066] 本实施例以德州仪器 (TI) 公司的 TMS320DM64x 系列多媒体处理芯片对 AVS 标准的 P-slice 的模式选择来说明本发明的原理, 本领域的普通技术人员将会意识到, 其它任何视频压缩标准和任何类似硬件平台对本发明的技术方案的应用, 尽管这里未明确描述和示出, 都应包括在本发明的保护范围内。而且, 这里所述的示例和公式和函数出于帮助读者理解本发明的原理, 应被理解为并不局限于这样的特别陈述的示例和条件。

0	1
2	3

图 2

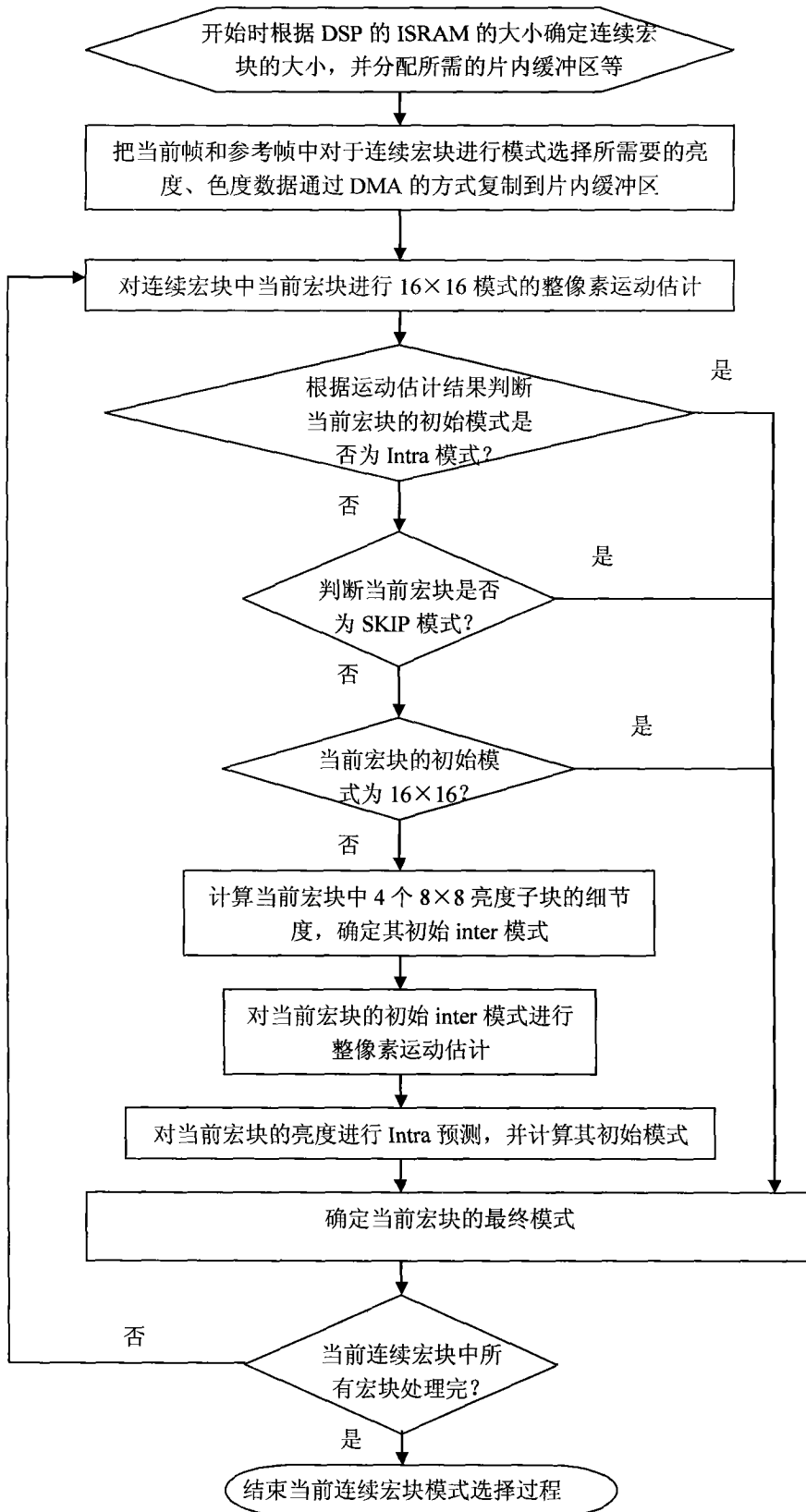


图 1