



[12] 发明专利说明书

[21] ZL 专利号 97120082.3

[45] 授权公告日 2005 年 4 月 6 日

[11] 授权公告号 CN 1196340C

[22] 申请日 1997.10.6 [21] 申请号 97120082.3

[30] 优先权

[32] 1996.11.7 [33] US [31] 745584

[71] 专利权人 国际商业机器公司

地址 美国纽约州

[72] 发明人 A·S·布特尔

J·M·卡茨马尔兹克 A·Y·盖

E·F·维斯特尔曼

R·J·雅格莱

审查员 吴黄飞

[74] 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司

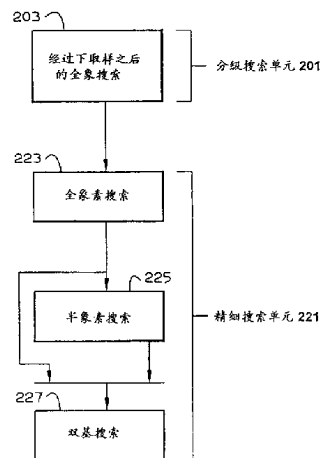
代理人 程天正 董巍

权利要求书 2 页 说明书 14 页 附图 10 页

[54] 发明名称 用于数字视频运动补偿的搜索方法和处理器

[57] 摘要

数字视频数据流的时域压缩首先在参考图象的至少一个搜索单元中分级搜索象素，以便找到与当前宏块相对应的最佳匹配宏块，接着构建在参考图象的最佳匹配宏块和当前宏块之间的运动矢量。



1. 一种用于数字视频运动估计的搜索方法，包括以下步骤：在至少一个分级搜索单元中分级搜索参考图象中的象素，以便在那里寻找与当前宏块相对应的最佳匹配宏块；构造最佳匹配宏块和当前宏块之间的偏移的运动矢量；
- 5 将运动矢量从该至少一个分级搜索单元传送到精细搜索单元；和在最佳匹配块的偏移附近进行精细搜索，所述精细搜索包括在全分辨率单元，半分辨率单元和双基单元中进行的精细搜索。
2. 权利要求 1 的搜索方法，其特征在于包括在多个分级搜索单元
- 10 中进行多个分级搜索以便增大搜索窗的尺寸。
3. 权利要求 2 的搜索方法，其特征在于包括以串级链的方式将最佳匹配宏块的差值和偏移从一个搜索单元传送到另一个搜索单元。
4. 一种用于数字视频运动估计的搜索方法，包括：
- 用下取样后的全象素值在参考图象中搜索象素，以便在那里寻找
- 15 与当前宏块相对应的最佳匹配宏块，并构建最佳匹配宏块和当前宏块之间的偏移的运动矢量；
- 在最佳下取样匹配的偏移附近重建精细搜索数据；
- 在这之后，用重建后的精细搜索数据在最佳匹配宏块的偏移附近进行无下取样的全象素搜索。
- 20 5. 权利要求 4 的搜索方法，其特征在于，包括使用 2: 1 下取样搜索或 4: 1 下取样的象素值。
6. 权利要求 4 的搜索方法，其特征在于，下一图象要被帧内编码并且其输出是原先的当前宏块。
7. 权利要求 4 的搜索方法，其特征在于，下一图象要被双向编码
- 25 或预测编码，并且其输出是最佳匹配的差值宏块。
8. 权利要求 4 的搜索方法，其特征在于，包括采用非重建的参考宏块数据来搜索最佳匹配宏块。
9. 权利要求 8 的搜索方法，其特征在于包括在这之后要利用根据最佳匹配的无下取样的全象素最佳匹配宏块的偏移重建的精细数据来进行半象素搜索。
- 30 10. 权利要求 9 中的搜索方法，其特征在于包括进行双基搜索。
11. 权利要求 1 的搜索方法，其特征在于，分级搜索包含采用带

偶/偶，奇/奇，偶/奇，奇/偶场搜索单元输入的场搜索在参考图象场中搜索象素。

12. 权利要求 11 的搜索方法，其特征在于，包括采用最佳场搜索的内插来进行搜索。

5 13. 一种用于数字视频运动估计的搜索处理器，所述的搜索处理器包括：

a. 分级搜索单元；以及

b. 通过最佳匹配差异/偏移总线与分级搜索单元相连的精细搜索单元，包括全象素搜索装置、半象素搜索装置、和双基搜索装置，所
10 述的全象素搜索装置要与所述的半象素搜索装置和双基搜索装置相
连，并且所述的半象素搜索装置与所述的双基搜索装置相串连。

14. 权利要求 13 的搜索处理器，其特征在于，所述的分级搜索单元包括下取样全象素搜索装置。

用于数字视频运动补偿的搜索方法和处理器

技术领域

5 本发明涉及用于符合 MPEG2 的数字视频编码的实时运动估计。

背景技术

运动估计通过使用运动矢量在图象间起压缩作用。根据本发明,数字视频数据流的时域压缩通过在参考图象的至少一个搜索单元中分级搜索象素为当前宏块寻找最佳匹配宏块来实现。接着是在当前宏块和
10 参考图象的最佳匹配宏块之间构造运动矢量。

在过去的十年中,世界范围的电子通信系统的出现改善了人们接收和发送信息的方式。特别是在最近的几年中,实时视频和音频系统的性能得到了极大的提高。为了向用户提供诸如图象点播和会议电视之类的业务,需要占用很多的网络带宽。事实上网络带宽通常是这类
15 系统有效性的主要障碍。

为了克服网络带来的限制,出现了压缩系统。这些系统通过去除图象序列中的冗余来减少需要传输的视频和音频的数据量。在接收端,图象序列被解压缩并且可以实时地显示。

现有视频压缩标准的一个例子是 MPEG 标准。在 MPEG 标准中,视频压缩被规定为在给定图象内的压缩和图象间的压缩。图象内的视频压缩通过离散余弦变换、量化和游程编码等处理来完成。图象间的压缩通过一个被称之为运动估计的处理来实现,其中运动矢量被用来描述一系列的图象元素(象素)从一幅图象到另一图象的移动。这些运动矢量本身要被编码。
20

运动估计算法是重复性的操作,如果要有效地实现,则需要极大的计算能力。如果运动估计要在实时的视频传输环境下实现更是这样。此外,系统设计者施加的两个重要的限制是:完成运动估计功能需要占用的卡/板的面积和元器件的费用。特别要包括用于存储参考图象数据所需的 DRAM 和/或 SRAM 的数量。完善的运动估计数据所需流程
30 的要求是使计算能力最大以便满足实时编码的要求,同时使实现该功能需要占用的芯片面积最小。另一个很明显的要求是运动估计的数据流程要很灵活以便能够支持多种系统成本估计。

发明内容

本发明的一个目的是提供完善的运动估计数据流程，使计算能力能够达到最大以满足实时编码的要求，同时在其实现时芯片占用的面积要最小。

- 5 本发明的另一个目的是提供灵活的运动估计数据流程以便能够支持多种系统成本估计。

本发明的再一个目的是提供一种分级的运动估计方法和设备。

本发明的又一个目的是提供一种分级的运动估计方法和设备，其中分级运动估计搜索是藉利用经过下取样之后的全像素值来进行的。

- 10 本发明的又一个目的是提供一种分级的运动估方法和设备，其中分级运动估计搜索是场搜索。

利用这里介绍的方法和设备能够达到上述目的和其他目的。

- 15 根据本发明的一种用于数字视频运动估计的搜索方法，包括以下步骤：在至少一个分级搜索单元中分级搜索参考图象中的像素，以便在那里寻找与当前宏块相对应的最佳匹配宏块；构造最佳匹配宏块和当前宏块之间的偏移的运动矢量；将运动矢量从该至少一个分级搜索单元传送到精细搜索单元；和在最佳匹配块的偏移附近进行精细搜索，所述精细搜索包括在全分辨率单元，半分辨率单元和双基单元中进行的精细搜索。

- 20 根据本发明的一种用于数字视频运动估计的搜索方法，包括：用下取样后的全像素值在参考图象中搜索像素，以便在那里寻找与当前宏块相对应的最佳匹配宏块，并构建最佳匹配宏块和当前宏块之间的偏移的运动矢量；在最佳下取样匹配的偏移附近重建精细搜索数据；在这之后，用重建后的精细搜索数据在最佳匹配宏块的偏移附近进行
25 无下取样的全像素搜索。

- 30 根据本发明的一种用于数字视频运动估计的搜索处理器，所述的搜索处理器包括：a. 分级搜索单元；以及 b. 通过最佳匹配差异/偏移总线与分级搜索单元相连的精细搜索单元，包括全像素搜索装置、半像素搜索装置、和双基搜索装置，所述的全像素搜索装置要与所述的半像素搜索装置和双基搜索装置相连，并且所述的半像素搜索装置与所述的双基搜索装置相串连。

根据本发明，提供了一种数字视频数据流的时域压缩方法。这种方法开始时要在参考图象的至少一个搜索单元中分级搜索象素以寻找对应于当前宏块的最佳匹配宏块。下一步是在最佳匹配宏块和当前宏块之间构造运动矢量。

5 根据另一个实施例，它提供了一种数字视频数据流的时域压缩方法。这种方法包括通过利用经过下取样之后的全象素值在参考图象中搜索象素，从而寻找最佳匹配宏块。最佳匹配宏块是指在参考图象中与当前宏块最相象的宏块。下一步是在最佳匹配宏块和当前宏块之间构造运动矢量。

10 根据本发明的又一个实施例，它提供了一种数字视频数据流的时域压缩方法，包括具有偶/偶、奇/奇、偶/奇，奇/偶场搜索单元输入的场搜索。搜索是针对参考图象场中的象素的，目的是寻找其中对应于当前宏块的最佳匹配宏块。同前面一样，要在最佳匹配宏块和当前宏块之间构造运动矢量。

15 参考本发明的附图可以理解本发明。

图 1 是通用的符合 MPEG2 的编码器 11 的流程图，包括离散余弦变换器 21，量化器 23，变长编码器 25，反量化器 29，反离散余弦变换器 31，运动补偿 41，帧存储器 42 和运动估计 43。数据通路包括第 i 帧图象输入 111，差值数据 112，运动矢量 113，图象输出 121，用于运动估计和补偿的反馈图象 131，以及经过运动补偿后的图象 101。本图假设第 i 帧图象已经在帧存储器或帧存 42 中存在，并且正在用运动估计对第 $i+1$ 帧图象进行编码。

图 2 说明了 I, P 和 B 图象，给出的例子中有它们的显示顺序，传输顺序和前向及后向运动预测。

25 图 3 给出了从当前帧或图象中的运动估计块到后续帧或前面帧或图象中的最佳匹配块的搜索。单元 211 和 211' 表示在两图象中的相同位置。

图 4 给出了图象块根据运动矢量从它们在前一图象中的位置移动到新图象中的位置，同时还给出了利用运动矢量进行调整之后的前一帧的图象块。

30 图 5 给出了带有分级搜索单元 201 和精细搜索单元 221 的搜索单元的总体结构。分级搜索单元 201 有一个下取样全象素搜索单元 203。

精细搜索单元有一个全象素的搜索单元 223, 它为半象素搜索单元 225 和双基搜索单元 227 提供输入。双基搜索单元 227 还要从半象素搜索单元 225 接收输入。

图 6 显示了分级运动估计的数据流程图, 分级搜索单元 201 从前一个分级搜索单元 (图中未画出) 接收最佳匹配差值/偏移数据和从当前宏块 (CMB) 数据总线 205 接收数据, 并把它的输出送给精细搜索/重建单元 221 和分级搜索存储器 211。精细搜索/重建单元 221 接收来自当前宏块数据总线 205 的数据, 同时把数据发送到 Diff/Qxfrm 总线 231 和精细搜索存储器 229 或者是从 Diff/Qxfrm 总线 231 和精细搜索存储器 229 接收数据。精细搜索/重建单元 221 的输出被送到运动矢量总线 241。

图 7 显示了分级搜索单元的数据流, 它通过亮度缓冲器 207 从当前宏块数据总线 (只有亮度信号 205) 接收数据, 同时接收来自搜索数据总线 207 的数据以及将数据传送给搜索数据总线 207。图中显示了四个场搜索, f1/f1, 301, f2/f2, 303, f1/f2, 305, 和 f2/f1, 307。它们分别提供了 f1/f1 的差值, f2/f2 的差值, f1/f2 的差值, 以及 f2/f1 的差值。这些数据送到最佳匹配结果选择单元 311, 该单元输出最佳匹配的差值/偏移 313。

图 8 显示了精细搜索/重建单元 212 的数据流程图。色度和亮度数据在存储器控制器 301 的控制下通过 CMB 数据总线 205 和亮度/色度缓冲器 207 进入该单元。数据通过全分辨率单元 (FR) 321 和半分辨率单元 (HR) 323 送到双基单元 (DP) 325, 并通过该双基单元送到 FD 单元 327, 然后从 FD 单元 327 被送到运动调整单元 (MA) 329。运动估计处理单元 (MEPROC) 331 对这些单元进行控制并向运动矢量总线 (MV 总线) 发送控制信号。FD 单元的输出 327 送到 Diff/QXFRM 数据总线 332, 并从那里到达反量化器 (IQ) 333 和反离散余弦变换单元 (ID) 335, 最后回到运动调整单元 (MA) 329。

表 1 显示了运动估计的策略, 包括搜索模式 (分级或是无分级), 图象结构 (隔行或是逐行), 图象类型 (帧内, 预测, 双向), 运动估计选项 (双基, 无双基), 搜索次数, 搜索类型, 以及精细尺度。

这里公开的是一种运动估计结构, 它灵活高效, 并且能够满足实时编码环境的严格要求。

本发明涉及符合 MPEG 和 HDTV 的编码器和编码过程。编码器完成的编码功能，包括：数据输入，运动估计，宏块模式产生，数据重建，熵编码和数据输出。运动估计和运动补偿起着时域压缩的作用。它们是重复性的操作，需要很高的运算能力，同时它们包括集中的重建处理，比如反离散余弦变换，反量化和运动补偿。

具体而言，本发明涉及运动估计、补偿和预测，更具体而言涉及运动矢量的计算。运动补偿利用时域冗余度的方法是把当前图象划分为块（比如宏块），然后在前面已经传输的图象的相同位置附近寻找具有相似内容的块。只有当前块象素和从参考图象中取出的预测块象素的差值才真正进行用于传输的压缩并在以后传输出去。

最简单的运动预测和补偿方法是在“I”图象中记录每个象素的亮度和色度即：强度和颜色，然后在后续的图象中为每个特定的象素记录亮度和色度的变化即：强度和颜色的变化。但是从传输媒体带宽、存储器、处理器能力以及处理时间的角度来看这样做是不经济的，因为物体在图象间是运动的，也就是说象素内容从一幅图象中一个位置移动到了后续图象中的另一个位置。一种更先进的思想是利用前面的图象来预测一个块的象素在后续的一幅图象或多幅图象中的位置，比如说用运动矢量，并且以“预测图象”或“P”图象的形式写下该结果。更具体而言，这就要牵涉到对第 $i+1$ 帧图象中的象素或宏块在第 i 帧图象中的位置进行最佳预测或估计。进一步还可以利用后面图象和前面的图象来预测象素块将在中间或“B”图象中的什么位置。

应该注意图象的编码顺序和图象传输的顺序并不一定与图象显示的顺序一致。参看图 2。对于 I-P-B 的系统，输入图象的传输顺序不同于编码顺序，输入的图象必须要暂时存储起来直到用于编码。有一个缓冲器会将这些输入保存直到使用它们。

为了便于描述，图 1 显示了通用的符合 MPEG 的编码流程图。在这个流程图将处理第 i 帧图象和第 $i+1$ 帧图象以便产生运动矢量。运动矢量预测一个象素宏块在前面和/或后面图象中的位置。使用运动矢量而不是整个图象是 MPEG 和 HDTV 标准中时域压缩的关键因素。正如图 1 所示，运动矢量一旦产生就将被用来把第 i 帧图象中象素宏块平移到第 $i+1$ 帧图象中去。

正如图 1 所示，在编码过程中第 i 帧和第 $i+1$ 帧图象在编码器 11

中被处理以便产生运动矢量，其它的图象，比如第 $i+1$ 帧图象和后面的图象也将用这种方式来进行编码和传输。后续图象的输入图象 $111X$ 被送入编码器的运动估计单元 43。运动矢量 113 作为运动估计单元 43 的输出被构成。这些运动矢量被运动补偿单元 41 用来从前面和/或后面的图象中恢复被称作为参考数据的宏块数据，作为本单元的输出。运动补偿单元 41 的一个输出带负号地与运动估计单元 43 的输出相加，并将结果送到离散余弦变换器 21 的输入。离散余弦变换器 21 的输出在量化器 23 中被量化。量化器 23 的输出被分为两路输出 121 和 131；一路输出 121 送入下一个单元 43 以在传输前被进一步地压缩和处理，比如说送给游程编码器；另一路输出 131 通过重建编码的象素宏块然后被存储到帧存储器 42 中。在用于描述目的编码器中，这个第二路输出 131 通过反量化 29 和反离散余弦变换 31 得到差值宏块的一个有损失的版本。这个数据同运动补偿单元 41 的输出相加得到原先图象的一个有损失的版本送入帧存储器 42。

正如图 2 所示，图象类型有三种。“帧内图象”或“ I ”图象被完全编码和传输，同时不需要定义运动矢量。这些“ I ”图象起着运动矢量源的作用。“预测图象”或“ P ”图象通过相对于前面图象的运动矢量来得到，并且为别的图象起着运动矢量源的作用。最后，“双向图象”或“ B ”图象通过相对于另外两幅图象的运动矢量来得到，一是前面的图象一是后面的图象，它不能作为运动矢量的源。运动矢量要从“ I ”和“ P ”图象得到并且用于构造“ P ”和“ B ”图象。

图 3 显示的是一种进行运动估计的方法，该方法开始时要在前一帧图象中一个区域中对第 $i+1$ 帧的宏块 211 进行全搜索，寻找最佳匹配宏块 213 (211' 与 211 处在同一位置但它在前一帧图象之中)。以这种方式平移这些宏块就得到了第 $i+1$ 帧图象的宏块类型，如图 4 所示。这样，第 i 帧的图象只要比如说藉利用运动矢量和差值数据做很少的改变以便生成第 $i+1$ 帧图象。被编码的是差值数据和运动矢量，而不是第 $i+1$ 帧图象本身。运动矢量逐帧图象地平移图象的位置，而差值数据载有色度、亮度和饱和度的变化，也就是颜色和亮度的变化。

回到图 3，我们从在第 i 帧图象中的与在第 $i+1$ 帧图象中的 211X 位置相同的 211' 位置开始寻找好的匹配。在第 i 帧图象中要创建一个搜索窗口。我们要在这个搜索窗口中搜索最佳匹配。一旦找到，该宏

块的最佳运动矢量就被编码。最佳匹配宏块的编码包括运动矢量，也就是说在下一帧图象中，在 Y 方向有多少个象素和在 X 方向有多少个象素是最佳匹配位移的。被编码的还有差值数据，也被称为“预测误差”，它是在当前宏块和最佳匹配宏块之间在色度和亮度上的差值。

5 图 4 给出了图象块根据运动矢量从它们在前一帧图象中的位置移动到新图象中的位置，同时还给出了利用运动矢量进行调整后的前一帧的图象块。

本发明的总体结构显示在图 5 和图 6 之中。如图 5 所示，采用了两级分级处理器结构，而如图 6 所示，采用了两级分级搜索的方法。

10 当前宏块数据总线(CMB 数据总线)205 被用来给分级搜索单元 201 和精细搜索/重建单元 202 输入当前宏块 (CMB) 的亮度数据。这条总线还为精细搜索/重建单元提供 CMB 的亮度和色度数据。

图中所示的分级搜索单元 201 通常被用来藉使用下取样的 CMB 数据来完成其搜索操作。用户可以选择数据下取样的程度，其在水平方向上从最大的 4: 1 到最小的 1: 1 (即没有下取样)。所使用的这类单
15 元的数目根据需要的搜索范围可以变化 (1, 2 或 4)。分级搜索单元 201 存储和取出分级搜索存储器中的 I-帧和 P-帧的亮度数据。分级搜索存储器的大小取决于图象数据下取样的程度。如果用户选择进行下
20 取样，所存储的亮度搜索数据与对输入的当前宏块 (CMB) 数据进行下取样之后的数据量相当。在搜索结束时，分级搜索单元根据最小绝对差值并通过最佳匹配差值/偏移总线为给定的当前宏块 (CMB) 输出最佳匹配搜索结果和它的相对于当前宏块 (CMB) 位置相应的偏移。上面的描述是针对亮度的，但是也可以用于色度和/或亮度和色度数据。

25 图 5, 6 和 8 中所示的精细搜索/重建单元 221 既可以在独立环境下 (也就是说没有附加的分级搜索单元) 为 IP 的编码而工作, 也可以与附加的分级搜索单元一起为 IPB 的编码而工作。该单元 221 利用未经下取样的当前宏块 (CMB) 的亮度数据来完成它的搜索操作而不是利用存储在精细搜索存储器中的重建的前面和/或后面的 I-帧和 P-帧数据。当搜索结束时, 精细搜索/重建单元在 DIFF/QXFRM 数据总线 231
30 上输出帧内当前宏块 (CMB) 的亮度和色度的象素值或是输出非帧内当前宏块 (CMB) 的亮度和色度减去最佳匹配精细宏块 (RMB) 的亮度和色度的象素的差值数据。此外, 当输出非帧内的差值数据时, 运动矢

量被输出到运动矢量总线 (MV 总线) 241 上, 该运动矢量相应于最佳匹配参考宏块 (RMB) 位置相对于当前宏块 (CMB) 的位置。

在对输出的帧内数据或非帧内的差值数据完成离散余弦变换 (DCT) 和量化后, 变换后的亮度和色度块通过 DIFF/QXFRM 数据总线 231 被输入到精细搜索/重建单元, 使得精细搜索/重建单元 221 能够正确地重建被输出到精细搜索存储器的 I 和 P 帧的数据。在每个单元内采用扩充的流水线其目的是为了满足不同实时编码环境的性能要求。

这里公开的运动补偿结构所采用的总的搜索策略被分成下面图 6 到图 8 所示的流水线部分。

正如图 6 和图 8 所示, 分级搜索单元 201 藉利用下取样 (平均) 的全象素值完成典型的搜索。在藉利用非重建的当前宏块 (CMB) 数据从前面和/或后面的 I-和 P-帧中确定了最佳的经过下取样的匹配后, 精细搜索单元 221 藉利用在最佳下取样匹配的偏移附近重建的精细搜索数据来进行非下取样的全象素搜索。在确定了非下取样的全象素匹配之后, 半象素和可选用的双基 (DP) 精细搜索根据最佳无下取样全象素匹配的位置藉利用重建的精细数据来进行。根据由最小绝对差值确定的最佳匹配运动估计的结果, 如果宏块是要被帧内或非帧内编

码, 则将分别输出原先的当前宏块 (CMB) 或最佳匹配差值宏块的亮度和色度数据。非帧内的结果有三种不同的可能结果:

- 20 CMB-RMB 全象素最佳匹配
- CMB-RMB 半象素最佳匹配
- CMB-RMB 双基最佳匹配

分级搜索单元被显示在图 5 和图 6 之中。该单元的数据流程图在图 7 中给出。如图所示, 当前宏块 (CMB) 的亮度数据保存在亮度缓冲器 207 中。数据的下取样就在这里进行。为了给用户尽可能多的灵活性, 根据搜索的范围和搜索存储器的大小, 可以有如下列的下取样选项:

4: 1——宏块的每个象素行存储四个象素, 每个象素取同一行中四个连续象素值的平均值。这样每个单元能够提供最大的搜索窗口 (水平 ± 64 , 垂直 ± 56), 同时需要的搜索存储器最少 (两个搜索参考帧为 0.25MB)。

2: 1——宏块的每个象素行存储八个象素, 每个象素取同一行中

每两个连续象素的平均值。这样每个单元能够提供次最大的搜索窗口（水平 ± 32 ，垂直 ± 32 ），同时需要次最大的搜索存储器（两个搜索参考帧为 0.5MB）。

5 1: 1——每个象素行存储十六个象素（无下取样）。这样每个单元能够提供最小的搜索窗口（水平 ± 16 ，垂直 ± 16 ），同时需要最大的搜索存储器（两个参考搜索帧为 1MB）。

经过下取样或是没有经过下取样的 CMB 数据通过亮度缓冲器 207 输出到四个场搜索单元，301，303，305 和 307，如图 7 所示。对 I-和 P-图象来说，当前宏块（CMB）数据还要通过搜索数据总线输出到分
10 级搜索存储器。注意，B-图象的当前宏块（CMB）数据将不会输出到分级搜索存储器，因为 MPEG2 标准使 B-图象不能作为参考帧。包含在搜索窗口中的所有宏块的搜索存储器数据也将被输入到四个场搜索单元。当只使用一个搜索分级搜索单元时，在获取搜索数据时要保证位于搜索窗口中心的搜索宏块（SMB）与正在被搜索的宏块处于相同的位置。
15 当使用两个或四个分级搜索单元时，在获取搜索数据时要保证位于所有单元的组合搜索窗口中心的搜索宏块位置与当前宏块（CMB）位置的偏移等于前一图象的平均运动矢量。

如图 7 所示，场搜索是在分级搜索单元中进行的。f1/f1 场搜索单元 301 用当前宏块（CMB）的奇数行对搜索数据的奇数行进行搜索。
20 f2/f2 场搜索单元 303 用当前宏块（CMB）的偶数行对搜索数据的偶数行进行搜索。f1/f2 场搜索单元 305 用当前宏块（CMB）的奇数行对搜索数据的偶数行进行搜索。f2/f1 场搜索单元 307 用当前宏块（CMB）的偶数行对搜索数据的奇数行进行搜索。

对于这些单元输出的每个差值数据，通过合并 f1/f2 和 f2/f2 场
25 搜索的结果以及 f1/f2 和 f2/f1 场搜索的结果便得到另外两个帧搜索结果，每个结果被输入到最佳匹配结果选择单元 311。单元 311 进行的第一步工作是给每个结果加一个加权因子，称之为基本加权。基本加权值随搜索宏块（SMB）相对于前一图象的平均运动的偏移位置而变化。相对于前一图象的平均运动矢量，一个给定的搜索宏块到当前宏
30 块（CMB）偏置的位移越远，加到该搜索位置结果的基本加权值就越大。这样，搜索就趋向于选择最紧跟前一图象平均运动轨迹的 SMB 位置。

该单元在最佳匹配差值/位移总线上输出的结果的数目取决于正

在被搜索的图象的格式。对帧（逐行）格式的搜索，输出五个结果：四个最佳匹配的场搜索结果（ $f1/f1$, $f2/f2$, $f1/f2$, $f2/f1$ ），一个最佳当前宏块的帧搜索结果（ $f1/f1+f2/f2$ 差值和 $f1/f2+f2/f1$ 差值的最小值）。对于场（隔行）格式的搜索，输出两个结果：与当前宏块（CMB）奇偶性相同的最佳帧搜索（ $f1/f1+f2/f2$ 的差值最小），与当前宏块奇偶性相反的最佳帧搜索（ $f1/f2+f2/f1$ 的差值最小）。

此外，当对 B-图象进行搜索操作时，要产生两组这样的结果（一组是对前面参考图象的搜索，另一组是对后面参考图象的搜索）。除了最小的绝对差值之外，还要输出产生最小值的 SMB 的偏移位置。

正如上面所提到的那样，可以采用多个分级搜索单元来扩大搜索窗口的大小。当采用两个搜索单元时，使用 0.5MB 的搜索存储器可以得到的最大搜索窗口为水平 ± 128 ，垂直 ± 56 ，或者是水平 ± 64 ，垂直 ± 112 。当采用最大数目的四个单元时，使用 1MB 的搜索存储器可以得到的最大搜索窗口大小为水平 ± 128 ，垂直 ± 112 。在有多个分级搜索单元的情况下，最佳匹配的差值/偏移结果将以串级链方式从一个单元传送到另一个单元。在这种情况下，位于串级链顶端的第一个发送单元将它的绝对差值和偏移结果传送给第一个接收单元。第一个接收单元将其搜索的结果与从第一个发送单元接收到的结果进行比较，然后将最小的绝对值差值和偏移结果传送给第二个接收单元。这个过程一直进行下去直到链上的最后一个单元将最终的最小绝对差值和偏移结果传送到精细搜索/重建单元为止。

精细搜索/重建单元被显示在图 5, 6 和 8 中。在图 8 中还专门给出该单元的数据流程图。正如图中所示，当前宏块（CMB）的亮度和色度数据从 CMB 数据总线 205 上接收下来并被存储到亮度/色度缓冲器 207 中。亮度数据与前面所述的分级搜索单元所接收到的亮度数据是相同的。为了最有效地按流水线处理运动估计过程，缓冲器被设计成能够保持两个宏块的亮度数据和一个宏块的色度数据。

运动估计精细步骤的第一步在全分辨率（FR）单元 321 进行。该单元从亮度/色度缓冲器 207 取出当前宏块（CMB）的亮度数据，同时通过 MC（存储器控制器）单元 301 从精细搜索存储器中取出从属于全象素精细搜索窗口的参考宏块（RMB）的亮度数据。全分辨率单元（FR）321 所需要的用来完成精细数据获取的控制信息（地址和获取规模）由

运动估计处理单元 (MEPROC) 331 根据正在进行的操作是有分级的或是无分级的 (即: 没有分级搜索单元) 来确定。如果工作在无分级模式, 运动估计处理单元 (MEPROC) 331 将全象素精细搜索的中心定位在当前宏块 (CMB) 位置的附近。如果工作在分级搜索模式, 运动估计处理单元 (MEPROC) 331 要利用通过最佳匹配的差值/偏移总线 330 接收到的分级搜索单元的结果, 其目的是使全象素精细搜索的中心定位在偏移的位置附近。为了满足实时性能的要求, 根据搜索的模式 (分级或是无分级)、图象的结构和类型、以及用户选择的运动估计选项, 搜索进行的次数和类型以及搜索窗口的大小可以变化。表 1 对这些信息进行了总结。注意, 在 I-图象中也进行了运动估计搜索, 其目的是为了产生错误隐藏的运动矢量, 用户可以选择将它们插入到压缩后的比特流中去。

在表 1 中, Hier 表示分级搜索模式, Non-Hier 表示无分级搜索模式, DP 表示双基运动估计, x Ref 表示为搜索而规定的究竟是 1 个 (奇偶性相反) 还是 2 个 (奇偶性相同和相反) 参考场, OP 表示与当前宏块 (CMB) 的奇偶性相反的参考宏块 (RMB) 的场数据。SP 表示与当前宏块 (CMB) 的奇偶性相同的参考宏块 (RMB) 的场数据, (PR) 表示存储在精细搜索存储器中的前面图象的精细搜索数据, (FR) 表示存储在精细搜索存储器中的后面图象的精细搜索数据, (BR) 表示存储在精细搜索存储器中前面和后面的精细搜索数据之间的双向内插 (平均), f1/f1 表示被用来搜索当前宏块 (CMB) 奇数场行的奇数行的精细数据, f1/f2 表示被用来搜索当前宏块 (CMB) 奇数场行的偶数行的精细数据, f2/f1 表示被用来搜索当前宏块 (CMB) 偶数场行的奇数行的精细数据, f2/f2 表示被用来搜索当前宏块 (CMB) 偶数场行的偶数行的精细数据, f1/fx 表示被用来搜索当前宏块 (CMB) 奇数场行的奇数行或偶数行的精细数据, 这要根据 f1/f1 或 f1/f2 分级搜索单元的结果是否产生较好的匹配, 而 f2/fx 表示用于搜索当前宏块 (CMB) 偶数场行的奇数行或偶数行的精细数据, 这要根据 f2/f1 或 f2/f2 分级搜索单元的结果是否产生较好的匹配。在为每个搜索位置确定绝对差值时, 要给每个结果加一个基本的加权因子, 其方法与前面所述对分级搜索单元加权的方法相同。对每种搜索类型进行搜索的最终最佳匹配结果是由最小绝对差值加上基本加权值来确定的。

在搜索操作结束时，FR 单元输出 CMB 数据同时还输出围绕在每个最佳匹配的 RMB 附近的足够的精细数据以便进行多达八个的半象素的宏块搜索。对于隔行的图象，将输出一个（OP 场）或两个（SP 场，OP 场）最佳参考宏块（RMB）搜索区域，对于逐行图象，将输出两个场最佳匹配参考宏块（RMB）搜索区域（最佳 CMBf1 匹配，最佳 CMBf2 匹配）和一个最佳参考宏块（RMB）帧搜索区域。注意：为传输最佳匹配的参考宏块（RMB）搜索区域的数据，采用了 44 比特的总线，这是因为在 B-图象中当双向参考宏块（RMB）数据产生最佳匹配时，每一个参考宏块（RMB）最佳匹配象素值要用 11 比特的字节来表示（参考美国专利申请序列号 08/411,100 和美国专利申请序列号 08/602,472，这里加以引用，以供参考）。此外，对每个最佳匹配的 RMB 搜索区域的最佳匹配绝对差值和偏移结果将输出给 MEPROC 单元。

第二个运动估计精细步骤在半分辨率（HR）单元 323 进行。该单元对围绕在全分辨率（FR）单元 321 确定的最佳匹配的全象素参考宏块（RMB）附近的多达八个的半象素的参考宏块（RMBs）进行精细搜索。当对特定的搜索操作确定最佳匹配的半象素参考宏块（RMB）位置（即：产生了最小绝对差值的位置）时，最佳匹配的绝对差值和它的相应的半象素偏移都要被输出给运动估计处理器单元 331（MEPROC）。然后运动估计处理器（MEPROC）单元 331 把从全分辨率（FR）单元 321 和半分辨率（HR）单元 323 接收的最佳匹配绝对差值进行比较，同时指令半分辨率（HR）单元 323 输出参考宏块（RMB）的全象素或半象素亮度数据，它们为所进行的每种搜索操作产生最小绝对差值。半分辨率单元（HR 单元）把这些数据连同相应的当前宏块（CMB）数据输出到双基单元（DP 单元）。

运动估计精细步骤的另一步骤在双基单元（DP）325 进行。该单元可被配置来藉使用来自全分辨率（FR）还是半分辨率（HR）单元 323 的当前宏块（CMB）和参考宏块（RMB）数据进行双基精细处理。此外，对于隔行（场）图象，在被提供了两个参考场时该单元还可以被加以配置以便使用奇偶性相同或是相反的参考宏块（RMB）。缺省模式是藉利用全分辨率单元（FR 单元）321 的当前宏块（CMB）和参考宏块（RMB）数据来进行双基运动估计的，利用该缺省模式可以有两个优点：

第一，性能可以得到优化，因为半分辨率（HR）323 和双基（DP）

325 单元的搜索操作可以并行进行。

第二，对于逐行（帧）图象，消除了一种无效情况，在该情况下，半分辨率（HR）参考宏块（RMB）的帧最佳匹配牵涉到在奇偶性相反的场之间进行垂直内插，这样对于给定的当前宏块（CMB）进行有效双基
5 精细处理的可能性从 33%增加到 100%。

根据从分级搜索单元，全分辨率单元（FR 单元）321、和半分辨率单元（HR 单元）323 等接收到的偏移信息（如果选择了向 DP 单元 325 提供用于双基精细处理的数据的话），运动估计处理器（MEPROC）331 将构造出指向双基参考宏块（RMB）的运动矢量。然后运动估计处理器
10 （MEPROC）331 将进行运动矢量的比例缩放操作，并且把经过比例缩放之后的运动矢量转换到相应的精细搜索存储单元中，从这些单元可以取出用于进行双基运动估计的附加亮度精细搜索数据。一旦找到了双基最佳匹配，相应的绝对差值和偏移都要输出给运动估计处理器（MEPROC）单元 331。接着，运动估计处理器（MEPROC）单元根据图
15 象结构判定三个保留的结果中的哪一个产生总的最佳匹配：

逐行——最佳匹配的帧参考宏块（RMB），最佳匹配的组合 f1 和 f2 的场参考宏块（RMB），最佳匹配的双基参考宏块（RMB）。

隔行——奇偶性相反的最佳匹配场参考宏块（RMB），奇偶性相同的最佳匹配场参考宏块（RMB），最佳匹配的双基参考宏块（RMB），
20 运动估计处理器（MEPROC）331 通知双基（DP）单元 325 将：哪一个参考宏块（RMB）结果输出到 FD 单元 327。此时，精细运动估计过程就完成了。

开始宏块（MB）重建过程的下一个单元是 FD 单元 327。该单元从双基（DP）单元 325 收集当前宏块（CMB）和最佳匹配参考宏块（RMB）
25 的亮度数据，同时从亮度/色度缓冲器 207 取得相应的当前宏块（CMB）色度数据，以及对于非帧内编码的宏块还要从精细搜索存储器中取得参考宏块（RMB）的色度数据。根据从运动估计处理器（MEPROC）331 获得的指示当前宏块（CMB）将作为帧内还是非帧内编码的信息，该单元将用不同的方式处理亮度和色度数据。如果确定是帧内的（无运
30 动），那么 FD 单元将直接输出当前宏块（CMB）的亮度和色度数据到 DIFF/QXFRM 数据总线 332，并且给 MA（运动调整）单元 329 发送全“00”的参考宏块（RMB）的亮度和色度数据。如果确定是非帧内的（运动），

那么 FD 单元 327 将把 CMB-RMB 的亮度和色度输出到 DIFF/QXFRM 数据总线，同时给运动调整 (MA) 单元 329 发送所选择的参考宏块 (RMB) 的亮度和色度数据。在非帧内的情况下，运动估计处理器 (MEPROC) 单元 331 要初始化在 FD 单元 327 中的精细存储器的指针以便能够取得
5 所需要的参考宏块 (RMB) 的色度数据，从而 CMB-RMB 的色度差值才能计算出来。注意，FD 单元要负责 DIFF/QXFRM 数据总线 332 的正确仲裁。

这是通过由确保该单元发送的亮度 (或色度) 数据在下一个色度 (或亮度) 数据发送之前全部返回到 IQ (反量化) 单元 333 来完成的。
10 由 FD 单元 327 输出的数据的后面跟随着由运动估计处理器 (MEPROC) 单元 331 输出的非帧内宏块的运动矢量。运动估计处理器 (MEPROC) 单元把运动矢量数据输出到运动矢量总线 (MV 总线)。

当对由 FD 单元输出的数据进行了离散余弦变换 (DCT) 和量化变换后，这些数据以块的形式回到 IQ (反量化) 单元 333 用于对变换和
15 量化后的数据的重建 (解码)。IQ333 和 ID (反 DCT) 进行 MPEG-2 标准所规定的反量化和反离散余弦变换工作。这样就得到一个由 FD 单元输出的原先的亮度和色度 MB 数据的有损失版本，这正是外部 MPEG-2 解码器解压缩该宏块得到的内容。这些有损失的亮度和色度宏块数据被送到 MA (运动调整) 单元，该单元将该输入与以前从 FD 单元
20 接收到的参考宏块 (RMB) 数据相加。对于所有被处理的 I-和 P-图象，相加后的亮度和色度宏块数据将通过 MC 单元被输出到精细搜索存储器。

虽然我们的发明是利用了一些优选的实施例和例子来描述的，但这并不意味着本发明的范围就只限于此，它要由所附的权利要求书来
25 限定。

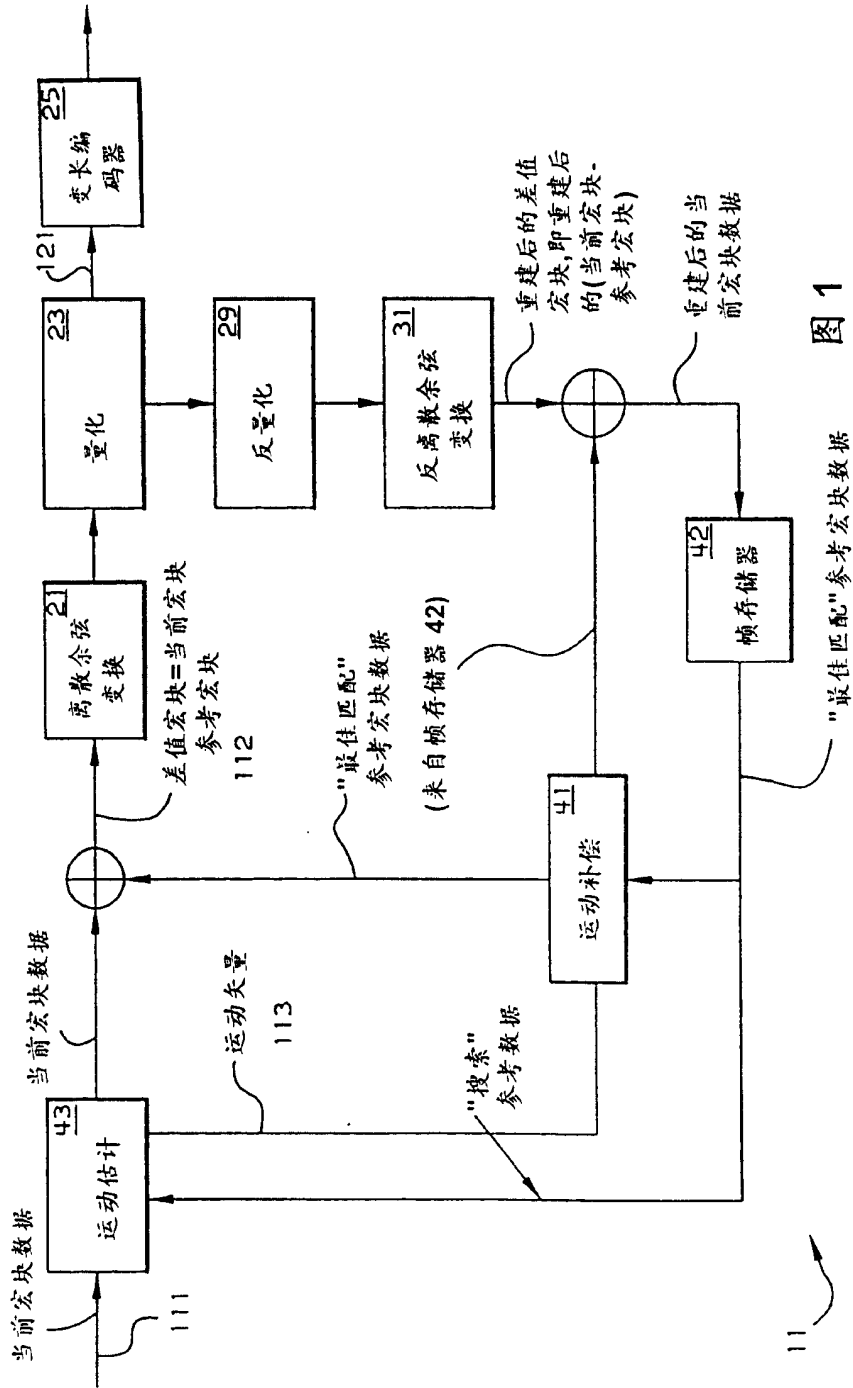


图 1

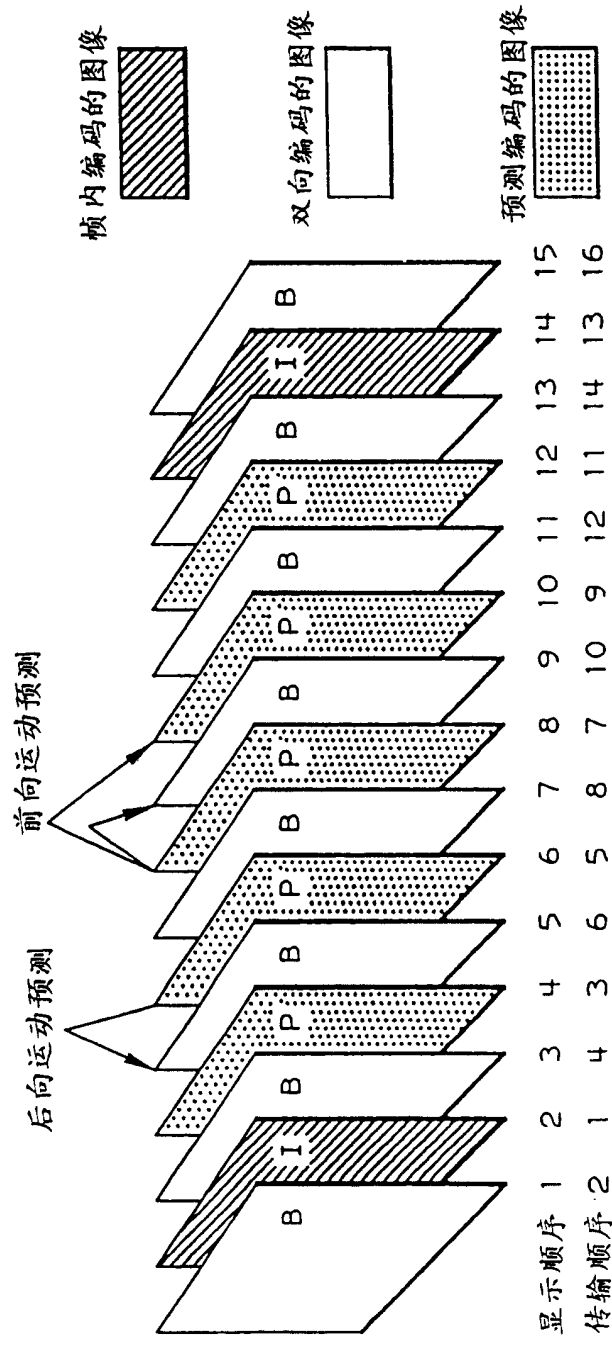


图 2

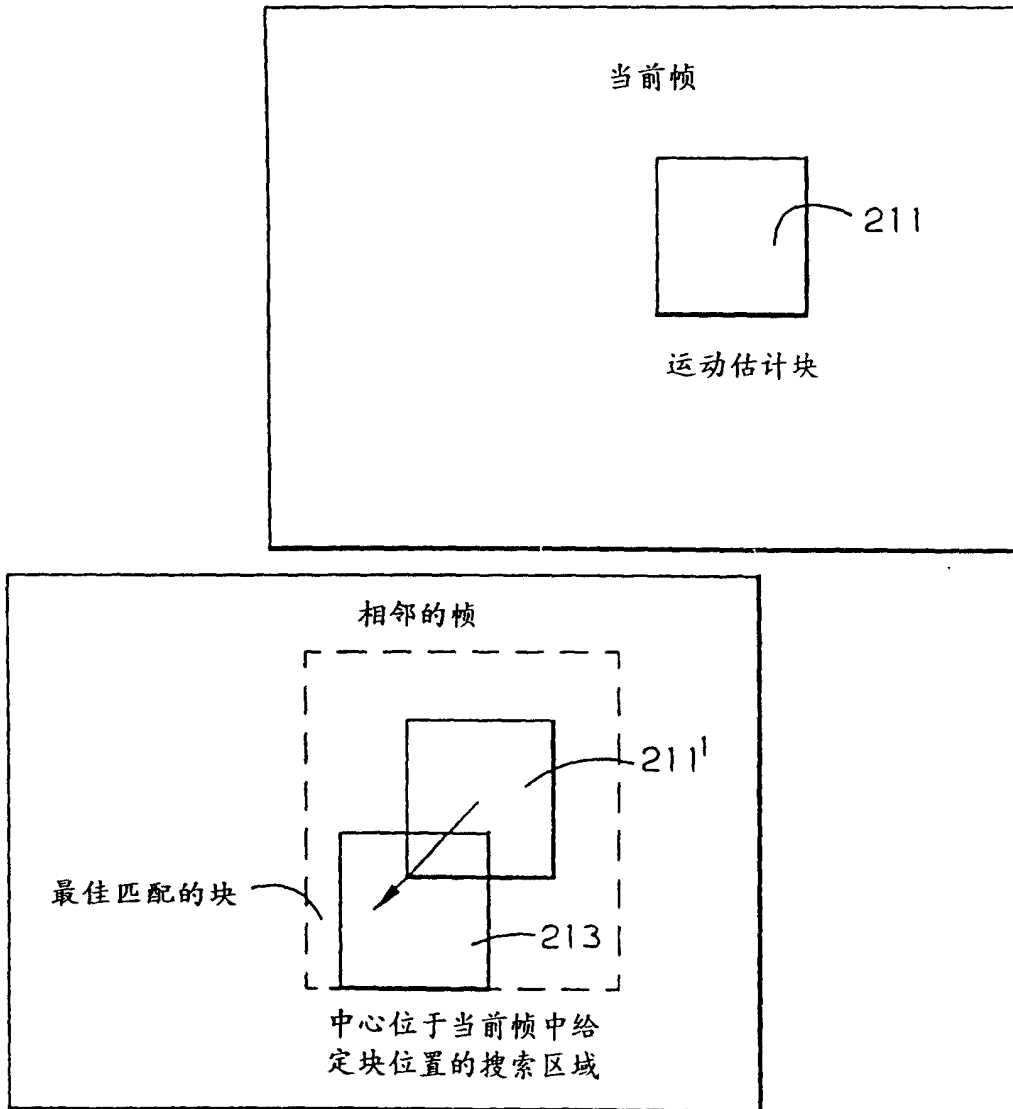
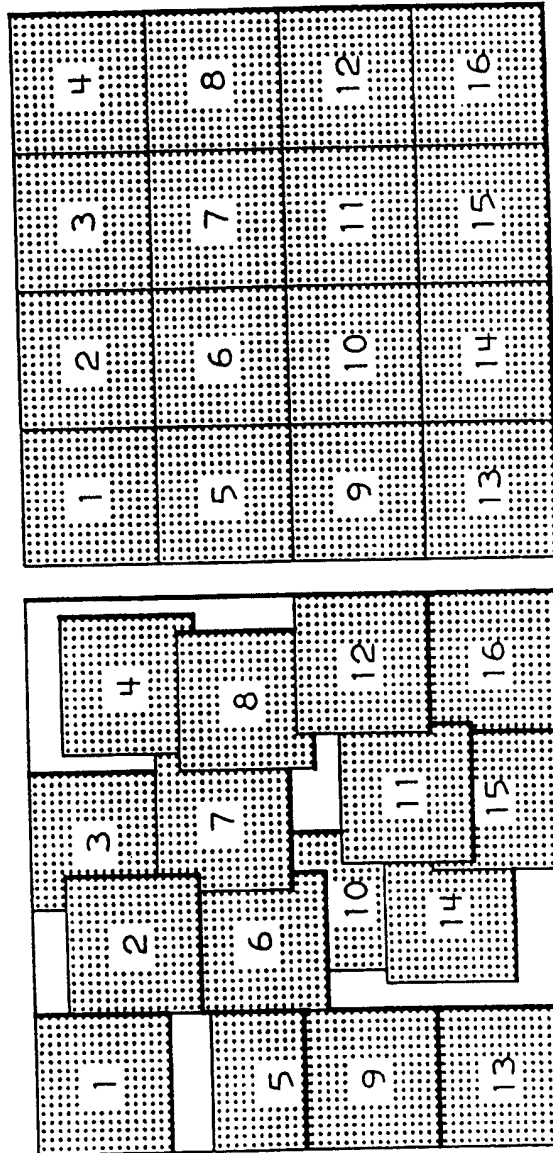


图 3



利用运动矢量调整前面图像块的位置后得到的当前图像

用于预测当前图像的前面图像的块

图 4

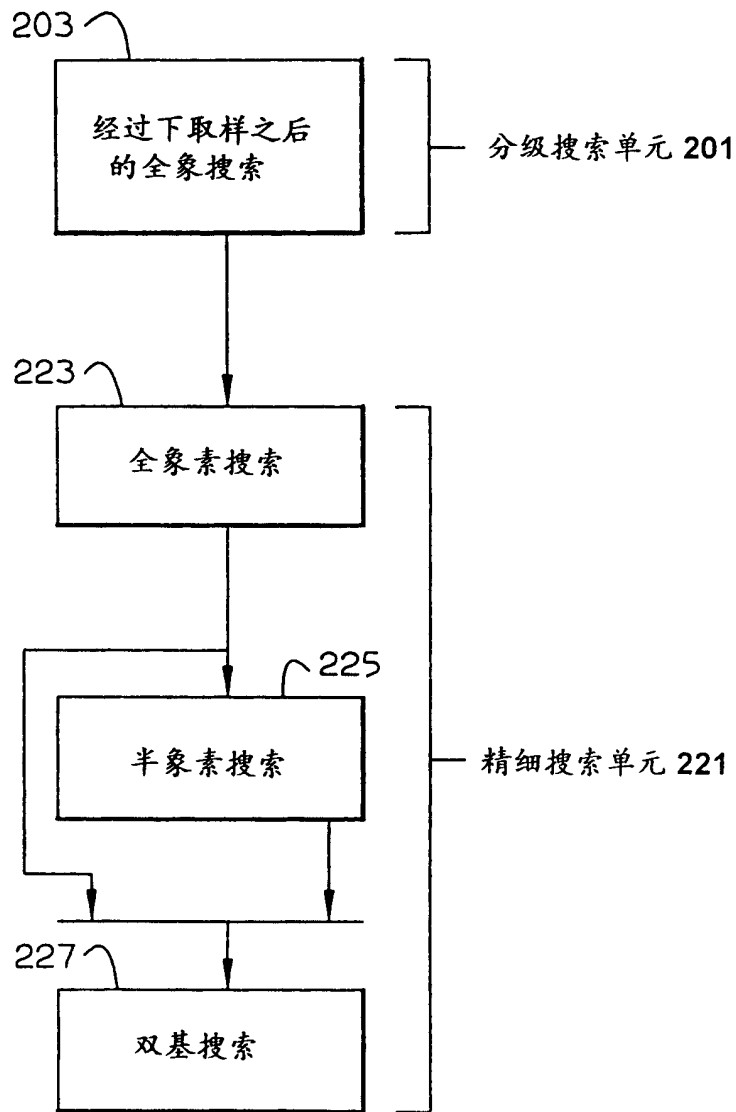


图 5

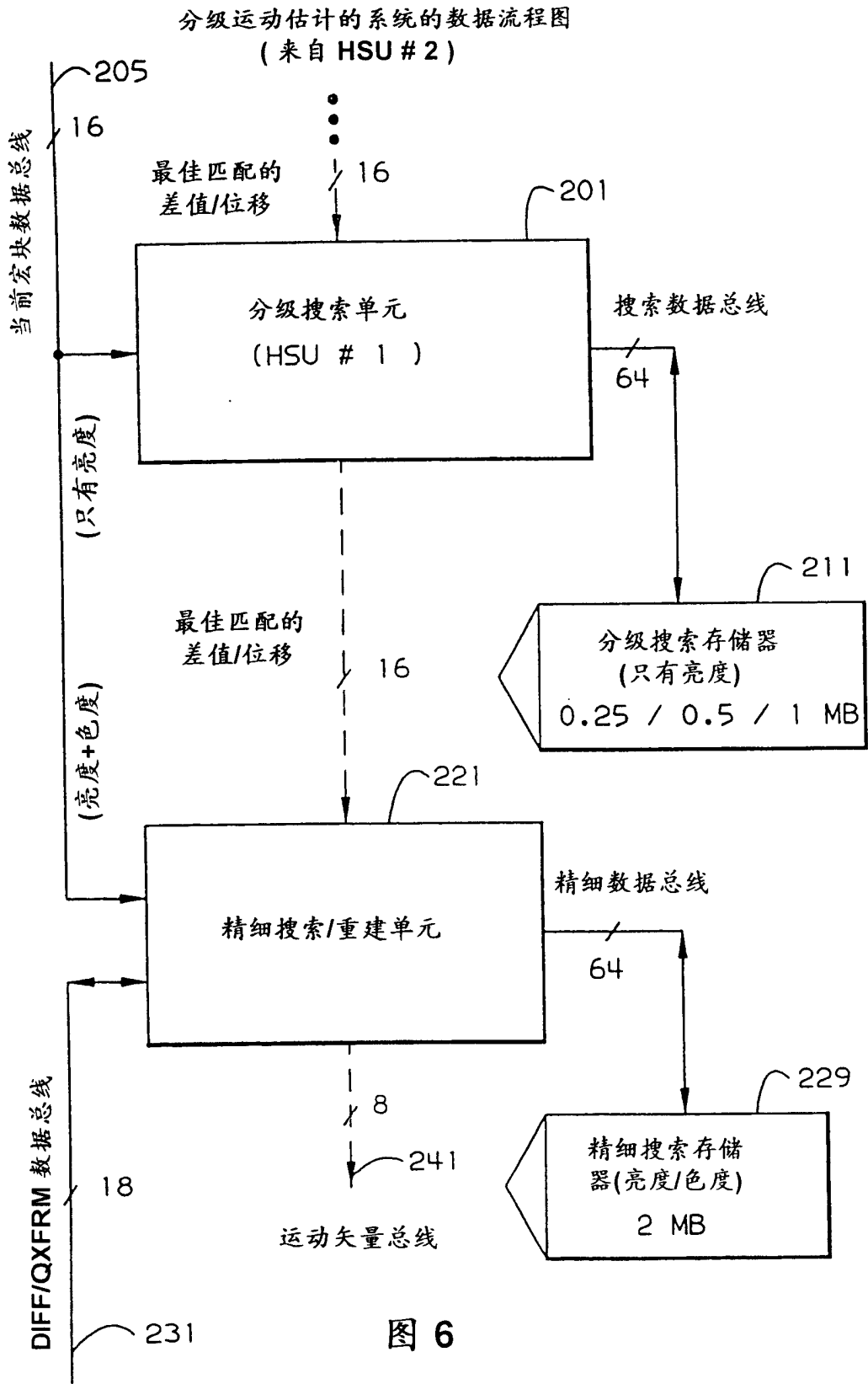


图 6

分级搜索单元的数据流程图

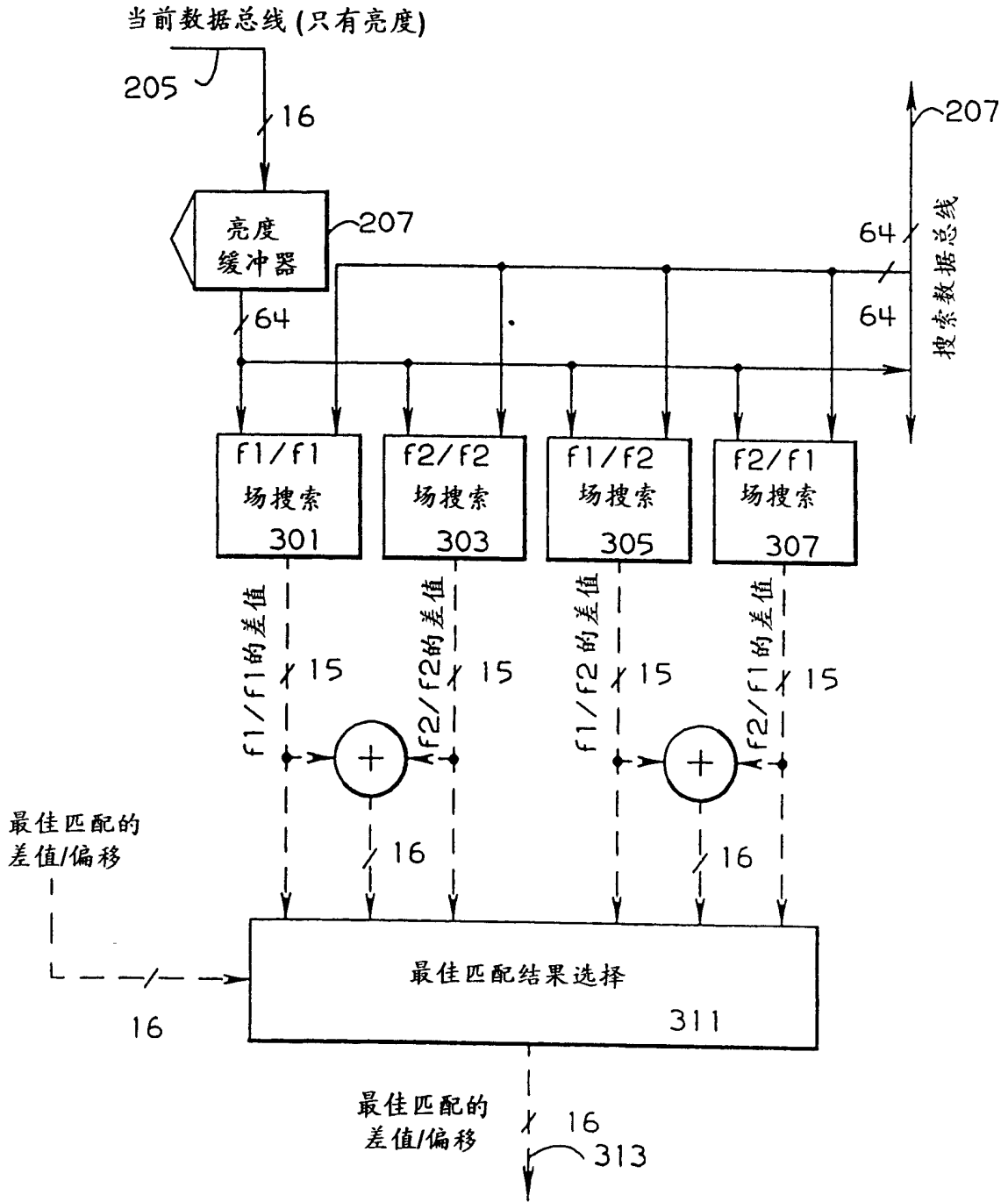
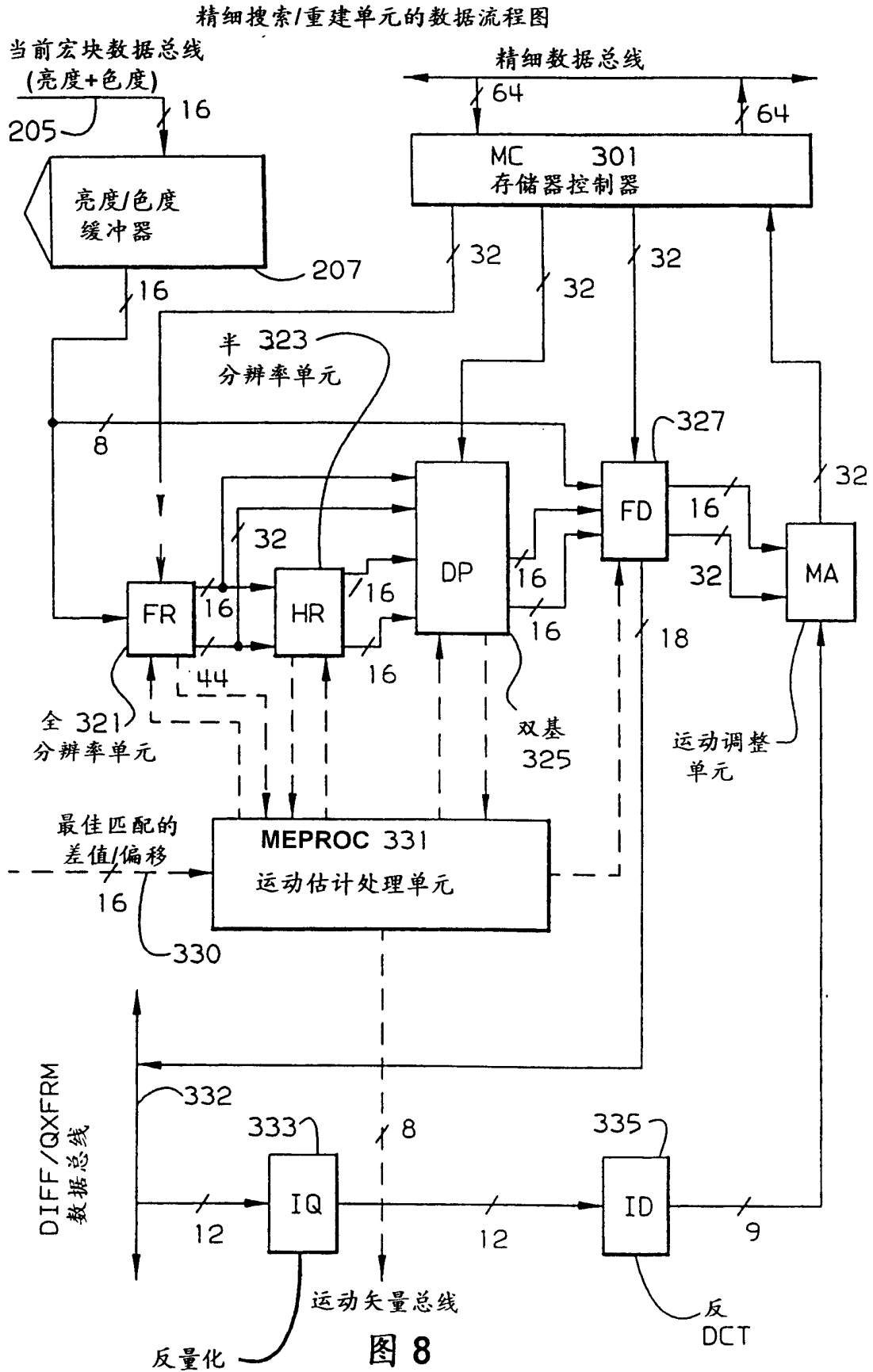


图 7



搜索模式	图像结构	图像类型	运动估计选项	搜索次数	搜索类型	搜索尺度
分级	隔行	I,P	无双基, 1 REF	1	OP	+/- 4H +/- 1V
分级	隔行	I,P	无双基, 2 REF	2	OP, SP	+/- 4H +/- 1V
分级	隔行	I,P	基双, 2 REF	2	OP, SP	+/- 4H +/- 1V
分级	隔行	B	无双基, 2 REF	6	OP (PR); SP (PR); OP (FR); SP (FR); OP (BR); SP (BR)	+/- 4H +/- 1V
分级	逐行	I,P	无双基	5	f1/f2, f1/f1 f2/f1, f2/f2, 帧	+/- 4H +/- 1V
分级	逐行	I,P	双基	3	F1/F2', F2/F1', 帧	+/- 4H +/- 1V

表 1 (a)

级	逐行	B	无双基	9	f1/fx (PR), f2/fx (PR), FRAME (PR), f1/fx (FR), f2/fx (FR), FRAME (FR), f1/fx (BR), f2/fx (BR), FRAME (BR)	+/- 4H +/- 1V
无分级	隔行	I,P	无双基,1 REF	1	OP	+/- 8H +/- 7V
无分级	隔行	I,P	无双基,2 REF	2	OP, SP	+/- 8H +/- 7V
无分级	隔行	I,P	双基,2 REF	1	OP	+/- 8H +/- 7V
无分级	逐行	I,P	无双基	5	f1/f1, f1/f2, f2/f1, f2/f2, 帧	+/- 8H +/- 7V
无分级	逐行	I,P	双基	5	f1/f1, f1/f2, f2/f1, f2/f2, 帧	+/- 8H +/- 7V

表 1 (b)