

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.

G06T 9/00 (2006.01)

H04N 7/26 (2006.01)



[12] 发明专利说明书

专利号 ZL 03148080.2

[45] 授权公告日 2006年5月10日

[11] 授权公告号 CN 1255770C

[22] 申请日 2003.6.30 [21] 申请号 03148080.2

[71] 专利权人 大唐微电子技术有限公司

地址 100083 北京市海淀区学院路40号

[72] 发明人 耿静 陈小敬 庞潼川 周闰

审查员 于行洲

[74] 专利代理机构 北京安信方达知识产权代理有限公司

代理人 颜涛 郑霞

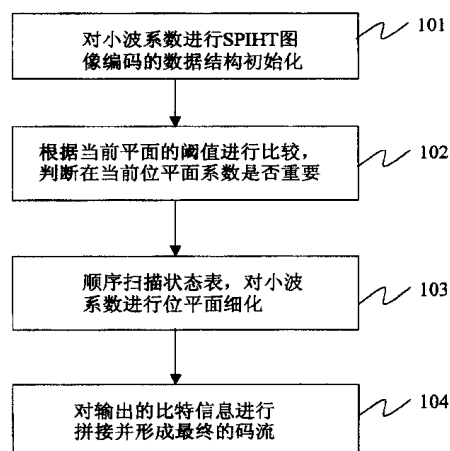
权利要求书3页 说明书9页 附图7页

[54] 发明名称

基于数字信号处理器的层次树集合划分图像编解码方法

[57] 摘要

一种基于数字信号处理器的层次树集合划分图像编解码方法。首先在初始化时计算出所有有后代的系数的最大子孙值，并保存于一个二维数组表SDL中，并初始化表示非重要像素、重要像素和非重要集合三个状态的数组，并使用二维数组状态表LIST来表示；然后按行的顺序对位平面进行扫描，判断在当前位平面系数是否重要；顺序扫描状态表LIST，对小波系数进行位平面细化，输出比特信息，其中，对于在当前位平面标注为非重要集合LIS的系数，通过查询SDL表中对应位置的数值获得后代信息；再对输出的比特信息进行拼接并形成最终的码流。本发明更容易实现数据在内外存之间的吞吐，从而使得具有缓冲机制的硬件在实现时效率更高。



1、一种基于数字信号处理器的层次树集合划分图像编码方法，其特征在于包括如下步骤：

5 (1) 对小波系数进行层次树集合划分图像编码的数据结构初始化，包括：将小波系数的符号与绝对值分离，计算出小波系数的最大绝对值位平面；计算出所有有后代的系数的最大子孙值，并保存于一个二维数组表SDL中；初始化表示非重要象素LIP、重要象素LSP和非重要集合LIS三个状态的数组，并使用一个统一的二维数组状态表LIST来表示；

10 (2) 按行的顺序对位平面进行扫描，根据当前平面的阈值进行比较，判断在当前位平面系数是否重要；

 (3) 顺序扫描状态表LIST，对小波系数进行位平面细化，输出比特信息，其中，对于在当前位平面标注为非重要集合LIS的系数，通过查询SDL表中对应位置的数值获得后代信息；

15 (4) 对输出的比特信息进行拼接并形成最终的码流。

2、如权利要求1所述的方法，其特征在于还包括如下步骤：

 (5) 将位平面数减1，如果需要继续编码，则返回步骤(2)。

3、如权利要求1所述的方法，其特征在于还包括如下步骤：

20 将小波系数的最大绝对值位平面信息传递给解码端，本地解码用参数传递；异地解码将此信息存入码流传递。

4、如权利要求1所述的方法，其特征在于所述LIST二维数组用一个字节代表原系数矩阵中相邻两个系数的状态，大小为原系数矩阵的1/2。

5、如权利要求1所述的方法，其特征在于所述所有有后代的系数的最大子孙值保存于二维数组SDL中，用一个字节代表原系数矩阵中有后代系
25 数的状态，用最大值的最高位平面代替数值本身。

6、如权利要求1所述的方法，其特征在于所述步骤（2）中系数采用按行的顺序扫描方式，将预扫描的当前行系数 n ，包含此行系数所有直接后代的 $2 \times n$ 行和 $2 \times n+1$ 行系数及其对应的状态表LIST、SDL中所在行数放入内存。

5 7、如权利要求1所述的方法，其特征在于所述步骤（3）包括：

顺序扫描状态表，对于状态表中，在当前位平面标注为重要象素LSP的系数，将在当前位平面上已经成为重要象素的点细化输出，同时输出控制比特信息和系数表中系数相应的比特信息；

10 顺序扫描状态表，对于状态表中，在当前位平面标注为非重要象素LIP的系数，在当前位平面进行扫描，根据与当前位平面阈值的比较，重新更改状态表中LSP和LIP的比特位，重新分配到LSP或LIP，同时输出控制比特信息和系数表中系数相应的比特信息；

15 顺序扫描状态表，对于状态表中，在当前位平面标注为非重要象素集合LIS的系数，将按照零树分裂的算法，查询与其对应SDL表中的信息，和直接后代的系数大小，通过与当前位平面阈值的比较，判断和重新分裂为非重要集合、非重要象素和重要象素，修改LIST状态表中的相应比特位，同时输出控制比特信息和系数表中系数相应的比特信息。

8、如权利要求1所述的基于数字信号处理器的SPIHT图像编码方法，其特征在于所述步骤（4）是单比特或多比特拼接输出。

20 9、如权利要求8所述的方法，其特征在于所述多比特拼接输出，包括：将若干比特先集中存储于一个整形32比特缓冲区内，根据循环的执行情况，达到一定的数目后再用函数将缓冲区内变长码拼接成输出码流。

25 10、如权利要求1所述的方法，其特征在于所述层次树集合划分图像编码过程是利用直接存储器访问在存储空间的不同区域之间转移数据，在处理一行数据的同时完成上一行或下一行数据的搬运，使数据搬运和变换

运算操作同时进行。

11、一种基于数字信号处理器的层次树集合划分图像解码方法，其特征在于包括如下步骤：

（1）进行层次树集合划分图像编码的数据结构初始化，包括：将小波系数的符号和绝对值分开；初始化表示非重要象素LIP、重要象素LSP和非重要集合LIS三个状态的数组；获得从编码端传递过来的小波系数的最大绝对值位平面信息；

（2）从码流中按比特输入信息；

（3）顺序扫描状态表，根据输入信息进行层次树集合划分编码的位平面细化。

12、如权利要求11所述的方法，其特征在于所述步骤（3）包括：

对于重要象素LSP，根据所述输入信息在当前位平面上做细化；

对于非重要象素LIP，在当前位平面进行扫描，根据当前位平面的阈值，重新分配到LSP或LIP，同时还原出分配到LSP的系数的最高位，为下一个位平面的细化解码做准备；

对于非重要集合LIS，根据所述输入信息将非重要象素集合按照零树分裂的算法重新分裂为非重要集合LIS、非重要象素LIP和重要象素LSP。

13、如权利要求11所述的方法，其特征在于所述SPIHT编码过程是利用直接存储器访问在存储空间的不同区域之间转移数据，在处理一行数据的同时完成上一行或下一行数据的搬运，使数据搬运和变换运算操作同时进行。

基于数字信号处理器的层次树集合划分图像编解码方法

5 技术领域

本发明涉及一种图像编解码方法，特别涉及一种基于数字信号处理器的层次树集合划分图像编解码方法。

背景技术

10 目前，小波变换已经作为JPEG2000的国际标准，广泛应用于JPEG2000、MPEG4的静态纹理信息压缩和医学图像压缩等领域。但是，由于对小波变换后系数的编解码算法的效率直接影响基于小波变换的视频编解码效率，目前还处在不断发展之中。并且对小波系数的压缩通常是针对整帧图像进行的，在硬件实现中对硬件的处理速度和存储器要求很苛刻，给硬件的实时实现带来了困难，因此小波变换在产品中使用较少，特别是硬件实现方面更少。

图像经小波变换后，其系数主要有两个特点：

第一个特点是能量集中：图像的大部分能量集中在低频子带，其余频带之中的能量主要集中在与图像的亮度突变边缘对应的子带系数处，而且一般相应的高层系数比底层系数的绝对值大。

第二个特点是自相似：同一类子带的不同层间，通常具有自相似性的特点。这种层间的自相似，一方面，反映在对应于边缘的各层大系数的位置间的相似；另一方面，也反映在小系数的层间关系上，与一个小系数相应的低层的系数一般也比较小。

25 后一特点导出了零树的概念。Shapiro把小波系数组成树的结构，定

义某棵子树为当前阈值下的零树，如果这棵子树的所有系数都比该阈值小。

层次树集合划分的图像编码方法(Set Partitioning in Hierarchical Trees, SPIHT)继承了零树小波编码技术的思想，利用不同尺度之间图像小波变换系数之间的自相似性进行编码。一个小波系数关于一个给定阈值是重要的和非重要的，取决于该小波系数是否超过该阈值。图像小波变换系数与一组递减阈值进行比较，从而将小波变换系数按系数幅值大小组织成一种有序子集。

SPIHT编码方法的主要特征之一是排序数据并不直接传送，而是基于这样的事实：算法的执行路线是通过分支节点的比较结果定义的。所以，如果编码和解码有同样的排序算法，那么解码就可以利用与编码相同的执行路线。如果解码器能得到系数幅值比较结果，排序信息就能从同样的执行路线恢复。

现有的SPIHT编码方法是利用链表结构来实现数据结构的，然而链表结构对于硬件实现时，由于寻址方式的限制，会增加不必要的运算复杂度和时间开销，使算法的运行效率大大降低，又由于链表结构的优势是一个变长结构，但对于有着固定资源的硬件而言，变长结构的意义并不明显。

另外，现有的SPIHT编码方法是按频带对位平面进行扫描的，但是，按频带扫描顺序，如图1所示，从根本上说，是一种树形扫描的结构，这种扫描结构的优势在于在输出码流的顺序上充分利用了各频带之间的自相似性。但与链表结构一样，这种不规则的扫描方式使数据寻址变得复杂。而且由于DSP的内存空间有限，而一帧图像的数据量很大，不可能全部存放到片内存储区，只能将一部分数据放到片内，以增加算法的运行速度。SPIHT算法中处理LIS的特点决定了各频带数据之间的相关性很大，如果采用树形扫描，如图2所示，采用按频带扫描，如果该频带的行列范围是

$(m1, n1) \sim (m2, n2)$ ，则与该频带直接相关的数据地址范围是 $(2 \times m1, 2 \times n1) \sim (1+2 \times m2, 1+ 2 \times n2)$ ，相关数据的地址在存储上是跳跃的，无法简单的连续调入内存。

由此可见，目前的SPIHT编解码算法结构缺乏应用针对性，不便于硬件实现。

发明内容

本发明所要解决的技术问题在于提供一种基于数字信号处理器的SPIHT图像编解码方法，使数据的寻址更加有规则，提高编解码运行效率，以利于硬件实现。

本发明提供一种基于数字信号处理器的SPIHT图像编码方法，包括如下步骤：

(1) 对小波系数进行层次树集合划分图像编码的数据结构初始化，包括：将小波系数的符号与绝对值分离，计算出小波系数的最大绝对值位平面；计算出所有有后代的系数的最大子孙值，并保存于一个二维数组表SDL中；初始化表示非重要象素LIP、重要象素LSP和非重要集合LIS三个状态的数组，并使用一个统一的二维数组状态表LIST来表示；

(2) 按行的顺序对位平面进行扫描，根据当前平面的阈值进行比较，判断在当前位平面系数是否重要；

(3) 顺序扫描状态表LIST，对小波系数进行位平面细化，输出比特信息，其中，对于在当前位平面标注为非重要集合LIS的系数，通过查询SDL表中对应位置的数值获得后代信息；

(4) 对输出的比特信息进行拼接并形成最终的码流。

还包括如下步骤：

(5) 将位平面数减1，如果需要继续编码，则返回步骤(2)。

还包括如下步骤:

将小波系数的最大绝对值位平面信息传递给解码端,本地解码用参数传递;异地解码将此信息存入码流传递。

其中,所述LIST二维数组用一个字节代表原系数矩阵中相邻两个系数的状态,大小为原系数矩阵的1/2。

所述所有有后代的系数的最大子孙值保存于二维数组SDL中,用一个字节代表原系数矩阵中有后代系数的状态,用最大值的最高位平面代替数值本身。

相应的,本发明也提供一种基于数字信号处理器的SPIHT图像解码方法,包括如下步骤:

(1) 进行层次树集合划分图像编码的数据结构初始化,包括: 将小波系数的符号和绝对值分开; 初始化表示非重要象素LIP、重要象素LSP和非重要集合LIS三个状态的数组; 获得从编码端传递过来的小波系数的最大绝对值位平面信息;

(2) 从码流中按比特输入信息;

(3) 顺序扫描状态表,根据输入信息进行SPIHT编码的位平面细化。

其中,所述步骤(3)包括:

对于重要象素LSP,根据所述输入信息在当前位平面上做细化;

对于非重要象素LIP,在当前位平面进行扫描,根据当前位平面的阈值,重新分配到LSP或LIP,同时还原出分配到LSP的系数的最高位,为下一个位平面的细化解码做准备;

对于非重要集合LIS,根据所述输入信息将非重要象素集合按照零树分裂的算法重新分裂为非重要集合LIS、非重要象素LIP和重要象素LSP。

本发明所述的层次树集合划分编解码过程是利用直接存储器访问在存储空间的不同区域之间转移数据,在处理一行数据的同时完成上一行或

下一行数据的搬运，使数据搬运和变换运算操作同时进行。

本发明提供的基于数字信号处理器的SPIHT图像编解码方法，由于使用固定二维数组代替了原有的链表结构，使用顺序扫描代替了按频带扫描，使数据的寻址更加有规律，数据在内外存之间数据吞吐更容易，从而
5 使得具有缓冲机制的硬件在实现时效率更高。

附图说明

- 图1是现有技术中的SPIHT编码按频带对位平面进行扫描的示意图；
图2是现有技术中的SPIHT编码按频带扫描的数据寻址示意图；
10 图3是本发明基于数字信号处理器的SPIHT图像编码方法流程图；
图4是本发明应用的LIST二维数组示意图；
图5是本发明应用的SDL二维数组示意图；
图6是本发明应用的按行顺序扫描方式的数据寻址示意图；
图7是本发明的初始化过程。
15 图8是本发明基于数字信号处理器的SPIHT图像解码方法流程图。

具体实施方式

本发明提供一种基于数字信号处理器的SPIHT图像编码方法，如图3所示，编码时，处理对象是小波变换后的变换系数，首先对SPIHT图像编码的数据结构初始化（步骤301）；然后根据当前平面的阈值进行比较，判断在当前位平面系数是否重要（步骤302）；顺序扫描状态表，对小波系数进行位平面细化（步骤303）；对输出的比特信息进行拼接并形成最终的码流（步骤304）。
20

如果需要继续编码，则将位平面数减1，返回步骤（2）。

其中，步骤301所述的数据结构是用二维数组取代了原来的链表结构，
25 因此，我们可以称之为无链表层次树集合划分（Non-List Set

Partitioning in Hierarchical Trees, NL-SPIHT), 对该二维数组的初始化包括: 将小波系数的符号与绝对值分离, 计算出小波系数的最大绝对值位平面; 计算出所有有后代的系数的最大子孙值; 初始化表示非重要象素LIP、重要象素LSP和非重要集合LIS三个状态的数组, 用一个统一的二维数组状态表LIST代表。

如图4所示, LIST二维数组用一个字节代表原系数矩阵中相邻两个系数的状态, 大小为原系数矩阵的1/2, LIS用两个比特表示, LIP和LSP用两个比特表示, 而LSP在初始化时为空。其中A1A2B1B2表示第i个数据的状态, C1C2D1D2表示第i+1个数据的状态:

| | | |
|----|-----------------|--------------------|
| 10 | A1A2: 表示LIS状态 | B1B2: 表示LIP, LSP状态 |
| | 0 1 ----- a类LIS | 0 1 ----- LIP |
| | 1 0 ----- b类LIS | 1 0 ----- LSP |
| | 0 0 ----- 忽略 | 0 0 ----- 忽略 |

如图5所示, SDL二维数组中一个字节代表原系数矩阵中有后代系数的状态, 存储SD和SL的最高位平面值, 其中SD表示包括直接后代的所有后代, SL表示不包括直接后代的间接后代。1个字节可以表示一个LIS系数的SD和SL最高位平面值, 其中高四位表示SLmax位平面值, 低四位表示SDmax位平面值。

在保存所有有后代的系数的最大子孙值的二维数组SDL中, 一个字节可以表示两个相邻系数的最大子孙值, 具体实现方法可以用二进制的形式, 使用四个比特将最大值的最高位平面代替数值本身。例如: 相邻两个系数的最大子孙值分别为 $\max_1=1000$, $\max_2=500$, $2^9 < \max_1 < 2^{10}$, $2^8 < \max_2 < 2^9$, 因此, \max_1 的最大位平面=9 (0x1001), \max_2 的最大位平面=8 (0x1000), 在SDL中用0x10001001表示。从最高位平面开始编码。

25 如果对一帧图像进行4层小波变换, 本发明的具体初始化如图7所示。

步骤302中的系数是采用按行的顺序扫描方式，如果位平面数为N，判断在当前位平面系数是否重要，采用阈值 2^N 进行比较，将预扫描的当前行系数n，包含此行系数所有直接后代的第 $2 \times n$ 行和第 $2 \times n+1$ 行系数及其对应的状态表LIST、SDL中所在行数放入内存，以提高计算效率。

- 5 系数数组的扫描顺序与状态数组的变更顺序是一致的，因此，顺序扫描在本发明中是为二维状态数组LIST服务的。二维数组代替链表的优点在于寻址方式简单、直接，而顺序扫描更加加强了这种优点，使寻址方式更加简单，如图6所示，一行系数的编码涉及到的相关数据比一个频带的相关数据要少很多，如果当前处理的行数据为第m行，则只需要将第 $2 \times m$ 和
- 10 第 $2 \times m+1$ 行数据调入内存即可。

步骤303所述的对小波系数进行位平面细化，包括：

顺序扫描状态表，对于状态表中，在当前位平面标注为重要象素LSP的系数，将在当前位平面上已经成为重要象素的点细化输出，同时输出控制比特信息和系数表中系数相应的比特信息；

- 15 顺序扫描状态表，对于状态表中，在当前位平面标注为非重要象素LIP的系数，在当前位平面进行扫描，根据与当前位平面阈值的比较，重新更改状态表中LSP和LIP的比特位，重新分配到LSP或LIP，同时输出控制比特信息和系数表中系数相应的比特信息；

- 20 顺序扫描状态表，对于状态表中，在当前位平面标注为非重要象素集合LIS的系数，将按照零树分裂的算法，查询与其对应SDL表中的信息，和直接后代的系数大小，通过与当前位平面阈值的比较，判断和重新分裂为非重要集合、非重要象素和重要象素，修改LIST状态表中的相应比特位，同时输出控制比特信息和系数表中系数相应的比特信息。

- 25 步骤304所述的最终的码流输出，可以使用单比特的输出方式，但考虑到频繁的单个比特输出使算法的运行效率降低，所以本发明也可以将

SPIHT的比特输出与码流拼接分离，对SPIHT的比特输出先保存为变长码，然后通过专门函数拼接这些变长码，例如，可以将若干比特先集中存储在一个整型（int）的32比特缓冲区内，根据循环的执行情况，达到一定的数目后再用函数将缓冲区内的变长码拼接到输出码流，这样能提高算法的
5 运行速度。

SPIHT算法的处理顺序是按照数据的位平面进行的，数据的调用非常频繁，而由于整帧图像数据量很大，不能存放在DSP的片内存储区，而需要存放在片外，数据的反复调用使算法运行效率降低。由于本发明是基于DSP的算法实现，充分利用DSP的特点，能提高算法的运行效率。例如，在
10 TIC6x的系列DSP中，DMA（直接存储器访问）可以在存储空间的不同区域之间转移数据，这种存取访问无需CPU的介入，由DMA控制器完成所有的控制。DMA控制器独立于CPU工作，具有单周期的数据吞吐率，具有灵活的地址产生方式和多种传送数据字长，在算法的实现中，可以在处理一行数据的同时，完成上一行或下一行数据的搬运，使大多数的数据搬运和变换运
15 算操作都同时进行。

与编码过程相对应，本发明还提供一种基于数字信号处理器的SPIHT图像解码方法，解码过程与编码过程完全可逆，但由于需解码的系数大小尚不可知，在解码端的初始化中，不需要SDL数组。如图8所示，首先进行SPIHT图像编码的数据结构初始化（步骤801），从码流中按比特输入信息
20 （步骤802），然后顺序扫描状态表，根据输入信息进行SPIHT编码的位平面细化（步骤803）。

步骤801的初始化过程包括：将小波系数的符号和绝对值分开，初始化表示非重要象素LIP、重要象素LSP和非重要集合LIS三个状态的数组。

由于解码系数大小尚不可知，所以并不需要像编码过程那样计算出小
25 波系数的最大绝对值位平面，编码端会将这一信息传递给解码端，本地解

码可用参数传递，异地解码可将此信息存入码流。

步骤803包括：

对于重要象素LSP，根据所述输入信息在当前位平面上做细化；

对于非重要象素LIP，在当前位平面进行扫描，根据当前位平面的阈
5 值，重新分配到LSP或LIP，同时还原出分配到LSP的系数的最高位，为下一个位平面的细化解码做准备；

对于非重要集合LIS，根据所述输入信息将非重要象素集合按照零树分裂的算法重新分裂为非重要集合LIS、非重要象素LIP和重要象素LSP。

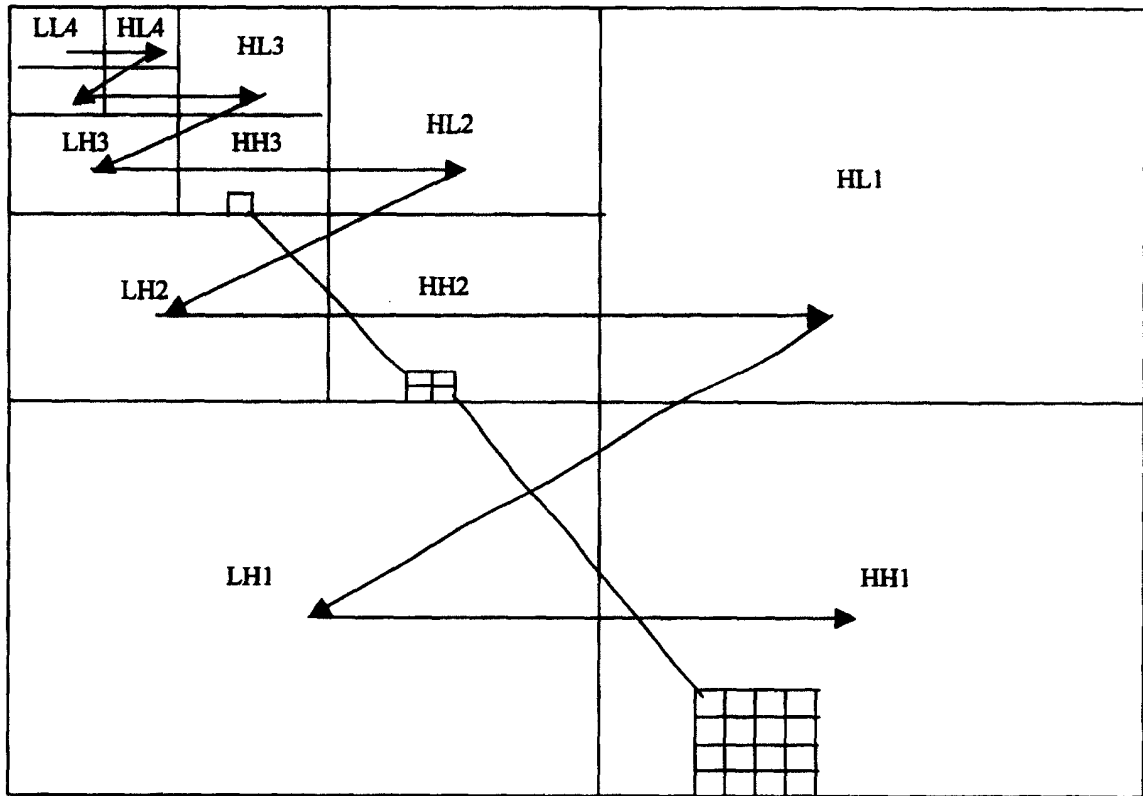


图1

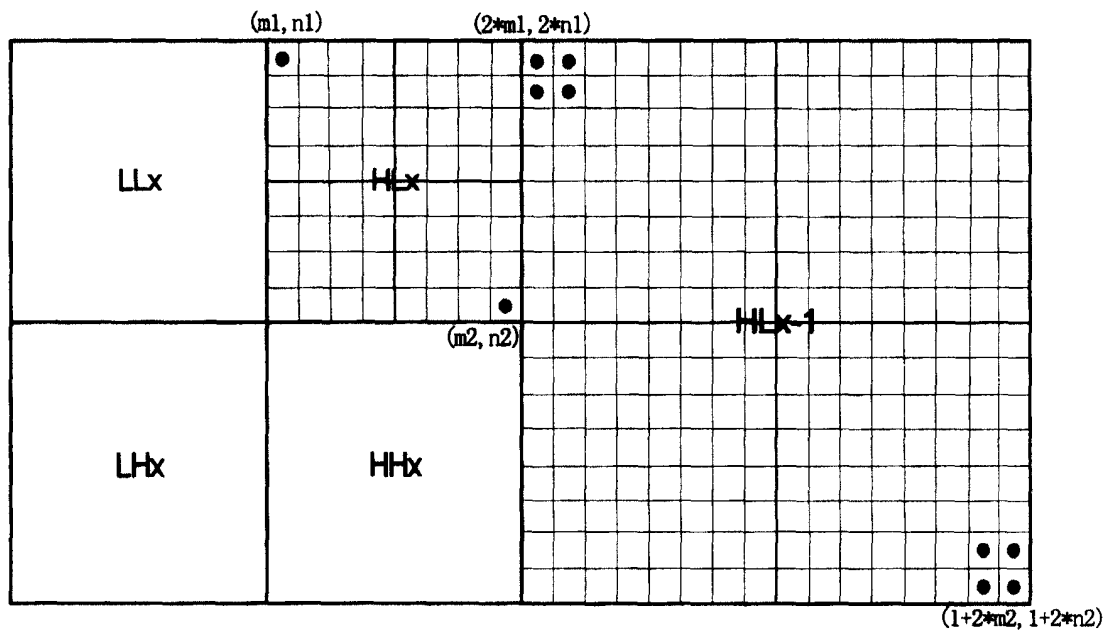


图2

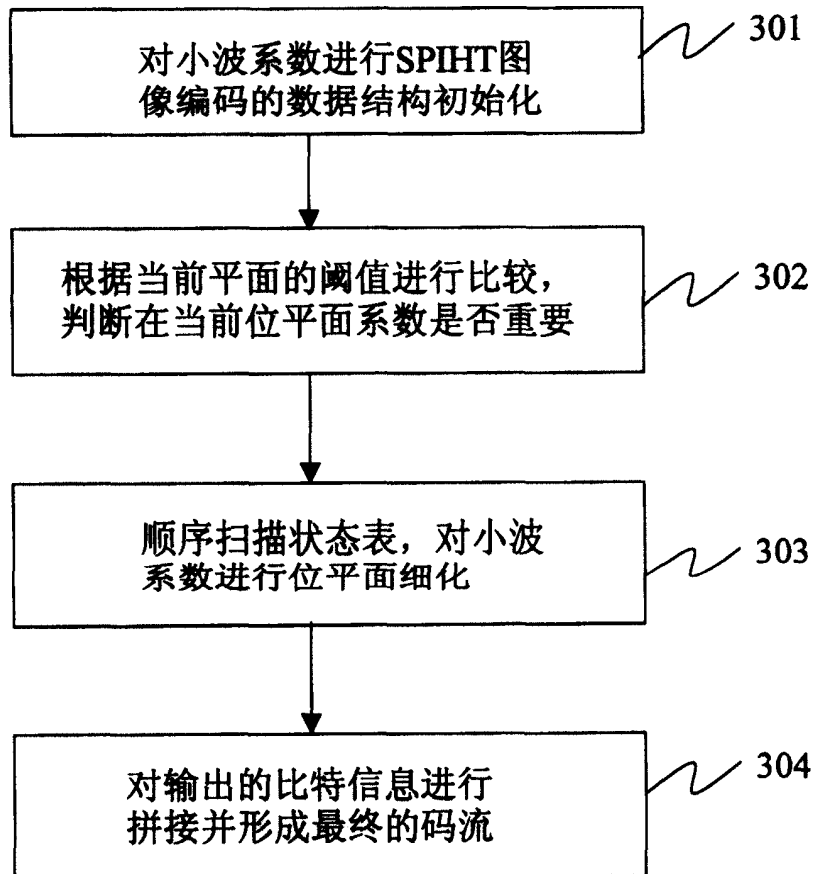


图3

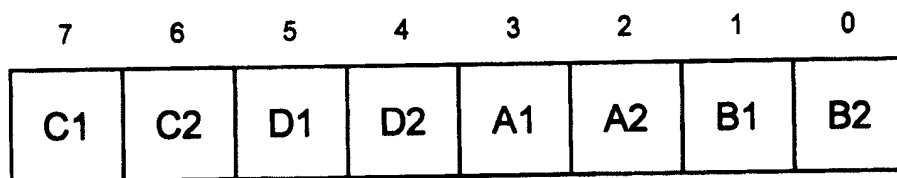


图4

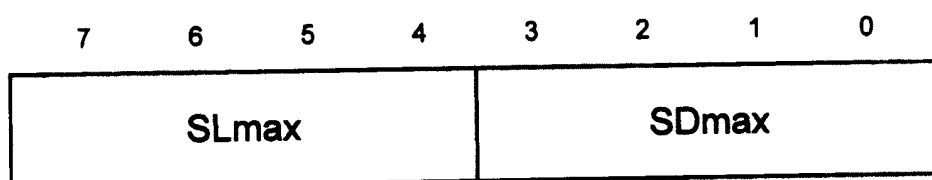


图5

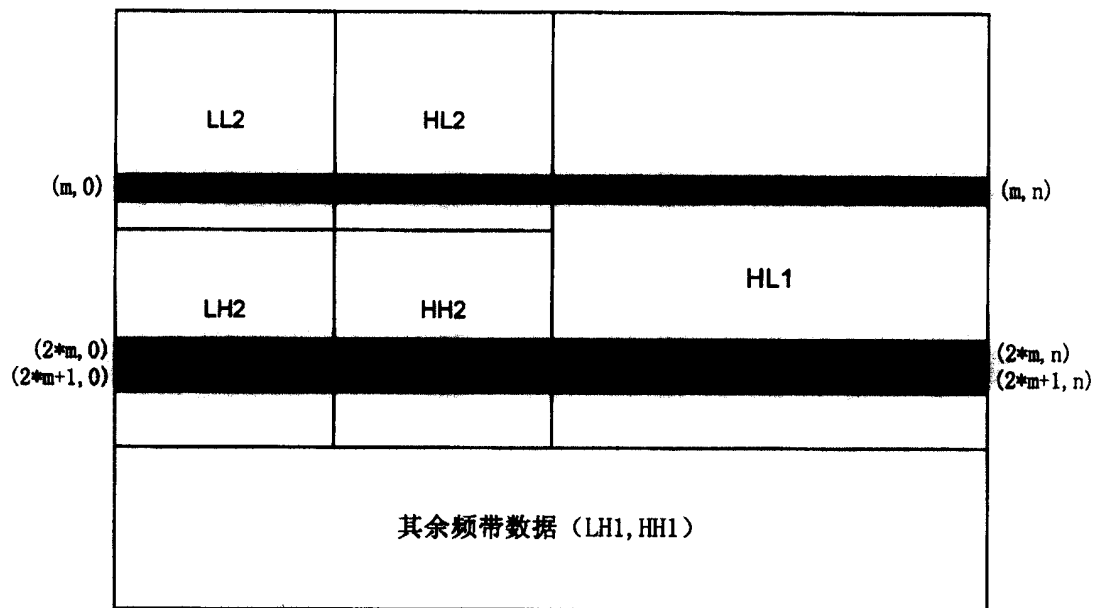


图6

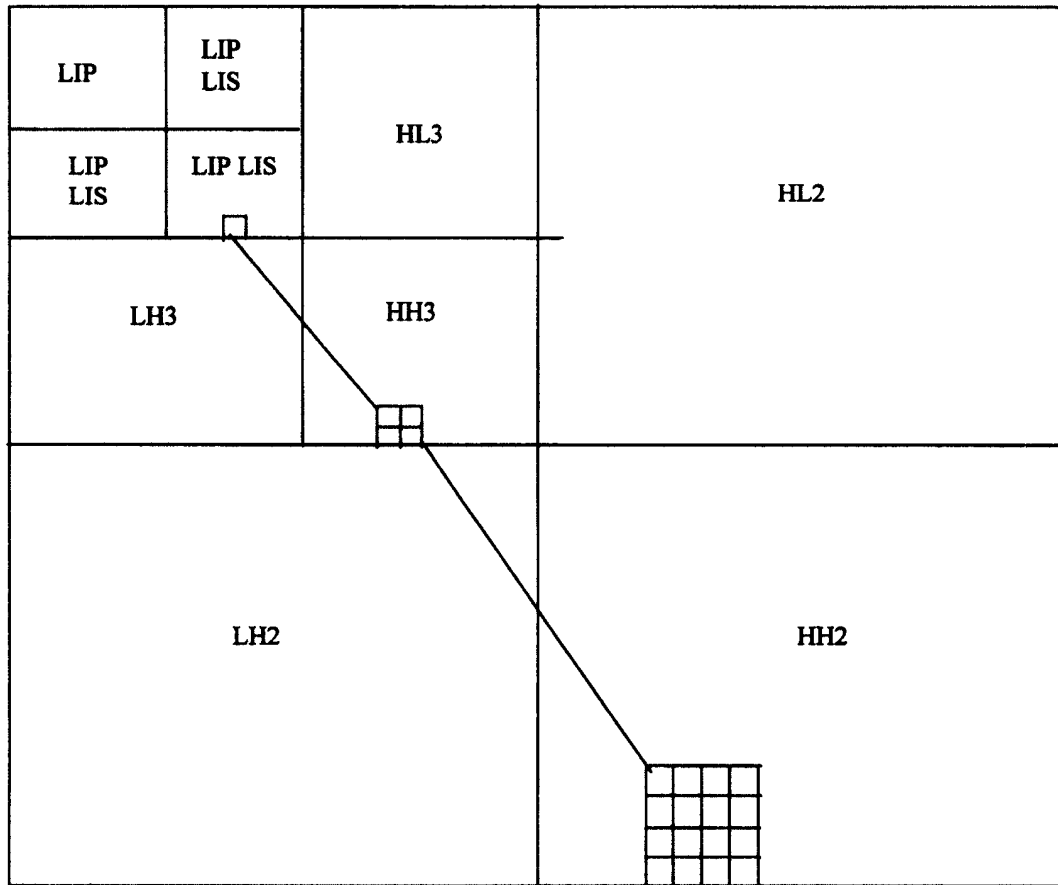


图7

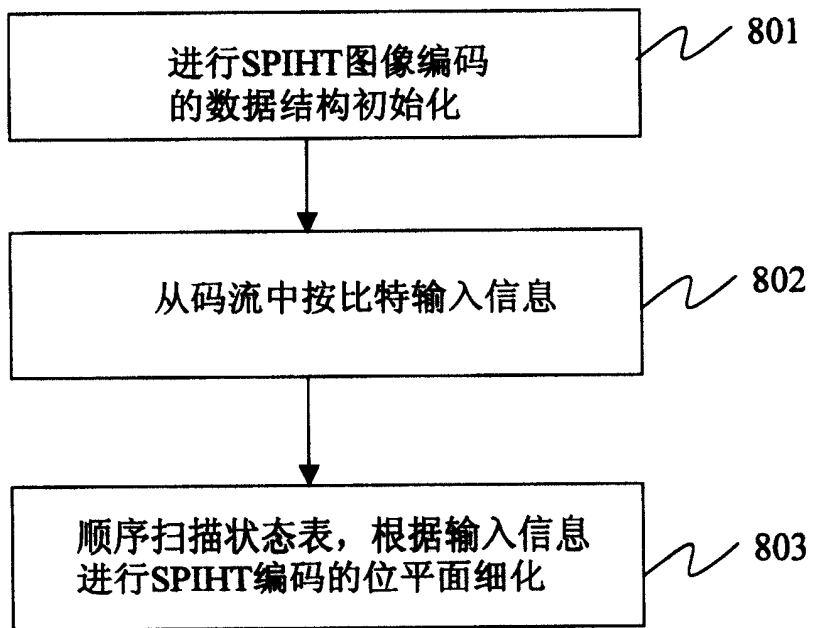


图8