



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 102148993 A

(43) 申请公布日 2011. 08. 10

(21) 申请号 201010116325. 8

(22) 申请日 2010. 02. 10

(71) 申请人 中兴通讯股份有限公司

地址 518057 广东省深圳市南山区高新技术产业园科技南路中兴通讯大厦法务部

(72) 发明人 左雯 王宁 于培松 郭秀江
卓力 田卫 李晓光 周真理
张菁

(74) 专利代理机构 北京派特恩知识产权代理事
务所(普通合伙) 11270
代理人 张颖玲 王黎延

(51) Int. Cl.

H04N 7/30(2006. 01)

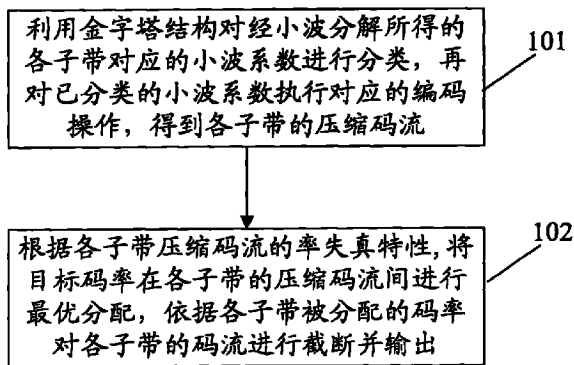
权利要求书 2 页 说明书 8 页 附图 3 页

(54) 发明名称

一种小波图像的编码方法和装置

(57) 摘要

本发明公开了一种小波图像的编码方法,包括:利用金字塔结构对经小波分解所得的各子带对应的小波系数进行分类,再对已分类的小波系数执行对应的编码操作,得到各子带的压缩码流;根据各子带压缩码流的率失真特性,将目标码率在各子带的压缩码流间进行最优分配,依据各子带被分配的码率对各子带的码流进行截断,得到对小波图像进行编码的码流。本发明还同时公开了一种小波图像的编码装置,运用该方法和装置可提高编码所得码流的抗误码能力,且码流支持多种空间分辨率的解码。



1. 一种小波图像的编码方法,其特性在于,该方法包括:

利用金字塔结构对经小波分解所得的各子带对应的小波系数进行分类,再对已分类的小波系数执行对应的编码操作,得到各子带的压缩码流;根据各子带压缩码流的率失真特性,将目标码率在各子带的压缩码流间进行最优分配,依据各子带被分配的码率对各子带的码流进行截断,得到对小波图像进行编码的码流。

2. 根据权利要求1所述的小波图像的编码方法,其特性在于,所述利用金字塔结构对经小波分解所得的各子带对应的小波系数进行分类,再对已分类的小波系数执行对应的编码操作的过程,具体为:

为当前子带构建对应的金字塔结构;

为当前子带设置第一像素列表和第二节点列表,并初始化设置第一像素列表和第二节点列表中的内容及比特平面系数 n 的初始值大小;

对所构建金字塔结构中的所有小波系数进行分类;

对分类得到的第一像素列表中的小波系数执行细化操作;

判断当前比特平面系数 n 与 1 的大小关系,如果 n 大于等于 1,则令 $n = n-1$,并从所述执行分类操作步骤开始继续执行后续的编码过程;如果 n 小于 1,则结束当前子带的小波系数完全编码过程。

3. 根据权利要求2所述的小波图像的编码方法,其特性在于,所述当前子带构建的金字塔结构由 1 级组成,所述 1 的最大值为 $\max\{\log_2 W, \log_2 H\}$ 。

4. 根据权利要求3所述的小波图像的编码方法,其特性在于,所述 W 和 H 分别为当前子带的宽度和高度。

5. 根据权利要求3或4所述的小波图像的编码方法,其特性在于,所述为当前子带设置第一像素列表和第二节点列表时,设置一个第一像素列表和 1 个第二节点列表。

6. 根据权利要求1至4任一项所述的小波图像的编码方法,其特性在于,所述在各子带的压缩码流间分配目标码率,依据被分配的码率截断码流的过程为:

根据各子带的率失真特性确定各子带对应的最优截断点,根据所述的最优截断点对各子带的压缩码流进行截断。

7. 一种小波图像的编码装置,其特性在于,该装置包括:编码模块和截断模块;其中,

所述编码模块,用于利用金字塔结构对经小波分解所得的各子带对应的小波系数进行分类,再对已分类的小波系数执行对应的编码操作,得到各子带的压缩码流,并将所得的各子带的压缩码流传输给截断模块;

所述截断模块,用于根据编码模块所发的各子带压缩码流的率失真特性,将目标码率在各子带的压缩码流间进行最优分配,并依据各子带被分配的码率对各子带的码流进行截断,得到对小波图像进行编码的码流。

8. 根据权利要求7所述的小波图像的编码装置,其特性在于,所述编码模块利用金字塔结构对经小波分解所得的各子带对应的小波系数进行分类,再对已分类的小波系数执行对应的编码操作,具体为:

编码模块先为当前子带构建对应的金字塔结构,并为当前子带设置第一像素列表和第二节点列表,初始化设置第一像素列表和第二节点列表中的内容及比特平面系数 n 的初始值大小;对所构建金字塔结构中的所有小波系数进行分类,并对分类得到的第一像素列表

中的小波系数执行细化操作；

还用于判断当前比特平面系数 n 与 1 的大小关系,确定 n 大于等于 1 时,令 $n = n-1$,并从所述执行分类操作步骤开始继续执行后续的编码过程;确定 n 小于 1 时,结束当前子带的小波系数完全编码过程。

9. 根据权利要求 8 所述的小波图像的编码装置,其特性在于,所述编码模块进一步包括:金字塔构建模块、初始化模块、分类模块、细化模块和量化模块;其中,

所述金字塔构建模块,用于为当前编码的子带构建对应的金字塔结构,并将构建结果发送到初始化模块;

所述初始化模块,用于为当前子带设置第一像素列表和第二节点列表,并初始化设置第二节点列表和第一像素列表中的内容及比特平面系数 n 的初始值大小,并将设置的结果发送到分类模块;

所述分类模块,用于以初始化模块所发的初始值为依据对当前子带对应的金字塔结构中的所有小波系数进行分类,并将分类结果发送到细化模块;还用于收到量化模块所发的当前比特平面系数 n 后,以新的 n 为依据继续执行分类操作;

所述细化模块,用于对分类模块分类得到的第一像素列表中的小波系数执行细化操作,并在执行完当前细化操作后触发量化模块;还用于收到量化模块的通知后将当前子带的所有小波系数的细化结果发送到截断模块;

所述量化模块,用于判断分类模块中当前比特平面系数 n 与 1 的大小关系,如果 n 大于等于 1,则 n 减 1,将递减后的 n 发送到分类模块,并触发分类模块以新的 n 为依据继续执行分类操作;

所述量化模块,还用于确定分类模块中当前比特平面系数 n 小于 1 时,通知细化模块将当前子带的所有小波系数的细化结果发送到截断模块。

10. 根据权利要求 7 或 8 所述的小波图像的编码装置,其特性在于,所述截断模块在各子带的压缩码流间分配目标码率,依据被分配的码率截断码流的操作为:根据各子带的率失真特性确定各子带对应的最优截断点,根据所述的最优截断点对各子带的压缩码流进行截断。

一种小波图像的编码方法和装置

技术领域

[0001] 本发明涉及数字图像编码和视频编码技术领域,尤其涉及一种小波图像的编码方法和装置。

背景技术

[0002] 自 20 世纪 80 年代以来,小波变换因其特有的与人眼视觉特性相符的多分辨率分析能力及方向选择能力,而被广泛应用于图像压缩领域,并取得了很好的效果。

[0003] 图像经小波分解后可得到一系列不同分辨率的子带,不同分辨率的子带对应的频率也不同,之后再对得到的子带进行编码,也就是对小波图像进行编码,从而达到压缩图像的目的,以便执行后续图像传输的操作。小波图像编码的关键就是如何更好地组织和表示小波系数,从而更好地利用小波系数所具有的统计特性,实现最大程度的数据压缩。其中,所述小波系数与图像经小波分解后所得的各子带对应,每个子带均有与之对应的多个小波系数。

[0004] 目前,小波图像编码的方法有很多,包括:矢量量化、标量量化、零树编码以及零块编码等,这些编码方法中,编码效率比较高的主要有两种:基于零树 (Zero-tree) 的小波编码方法和基于零块 (Zero-block) 的小波编码方法。

[0005] 其中,所述基于零树的小波编码方法中,比较有代表性的有嵌入式零树小波 (EZW, Embedded Zero-tree Wavelet) 编码方法和分层小波树集合分裂 (SPIHT, Set Partitioning In Hierarchical Trees) 编码方法。这里,所述 EZW 编码方法充分利用了不同尺度间小波系数的相似特性,有效地剔除了对高频小波系数的编码,极大地提高了小波系数的编码效率;所述 SPIHT 编码方法,是在 EZW 编码方法基础上提出的一种更高效的小波图像编码方法,通过设计空间方向树来更有效地组织小波系数,所述空间方向树的数据结构不仅充分利用了不同尺度间小波系数的相关性,也充分考虑了同一尺度下小波系数的相关性,因此可以更有效地组织小波系数,提高编码效率。

[0006] 所述基于零块的小波编码方法,采用二叉树分解的小波系数组织方式,即将图像分成四个区域,各区域对应一个集,如果这个集中的所有像素值都小于当前预设的阈值,则认为这个集是不重要,是“零块”,用比特 0 就可以表示该集中所有小波系数的状态;如果这个集中的所有像素值都大于当前预设的阈值,则认为这个集是重要的,将这个区域再分裂成四个子区域得到四个子集,然后对这四个子集重复进行重要性检测,对重要的子集仍然采用所述二叉树分解方法继续进行分裂,直到确定当前阈值下所有重要的小波系数。基于零块的小波编码主要有集合分裂嵌入块编码方法 (SPECK, Set Partitioned Embedded Block Coder) 和优化截断点的嵌入块编码方法 (EBCOT, Embedded Block Coding with Optimized Truncation) 等。

[0007] 虽然现有的 EZW、SPIHT 和 SPECK 等小波编码方法具有嵌入的特性,但这些编码方法得到的嵌入式码流对误码非常敏感,由于所述已有的编码方法利用不同子带小波系数间的相关性,那么,如果码流的传输过程中一旦出现误码,小波系数间的相关性遭到破坏,则

此误码之后的码流将失去同步,导致后续将码流解码出的图像“面目全非”,可见,现有小波编码方法的抗误码能力较差。此外,同样由于现有编码过程中小波系数间的相关性,使得现有小波编码方法不支持多种空间分辨率解码,也就是说,现有小波编码方法得到的压缩码流经解码后只能得到固定分辨率的解码图像,应用范围受到限制。

发明内容

[0008] 有鉴于此,本发明的主要目的在于提供一种小波图像的编码方法和装置,可提高编码所得码流的抗误码能力,且码流支持多种空间分辨率的解码。

[0009] 为达到上述目的,本发明的技术方案是这样实现的:

[0010] 本发明提供了一种小波图像的编码方法,该方法包括:

[0011] 利用金字塔结构对经小波分解所得的各子带对应的小波系数进行分类,再对已分类的小波系数执行对应的编码操作,得到各子带的压缩码流;根据各子带压缩码流的率失真特性,将目标码率在各子带的压缩码流间进行最优分配,依据各子带被分配的码率对各子带的码流进行截断,得到对小波图像进行编码的码流。

[0012] 其中,所述利用金字塔结构对经小波分解所得的各子带对应的小波系数进行分类,再对已分类的小波系数执行对应的编码操作的过程,具体为:

[0013] 为当前子带构建对应的金字塔结构;

[0014] 为当前子带设置第一像素列表和第二节点列表,并初始化设置第一像素列表和第二节点列表中的内容及比特平面系数 n 的初始值大小;

[0015] 对所构建金字塔结构中的所有小波系数进行分类;

[0016] 对分类得到的第一像素列表中的小波系数执行细化操作;

[0017] 判断当前比特平面系数 n 与 1 的大小关系,如果 n 大于等于 1,则令 $n = n-1$,并从所述执行分类操作步骤开始继续执行后续的编码过程;如果 n 小于 1,则结束当前子带的小波系数完全编码过程。

[0018] 其中,所述当前子带构建的金字塔结构由 l 级组成,所述 l 的最大值为 $\max\{\log_2^W, \log_2^H\}$ 。

[0019] 其中,所述 W 和 H 分别为当前子带的宽度和高度。

[0020] 其中,所述为当前子带设置第一像素列表和第二节点列表时,设置一个第一像素列表和 l 个第二节点列表。

[0021] 其中,所述在各子带的压缩码流间分配目标码率,依据被分配的码率截断码流的过程为:

[0022] 根据各子带的率失真特性确定各子带对应的最优截断点,根据所述的最优截断点对各子带的压缩码流进行截断。

[0023] 本发明还提供了一种小波图像的编码装置,该装置包括:编码模块和截断模块;其中,

[0024] 所述编码模块,用于利用金字塔结构对经小波分解所得的各子带对应的小波系数进行分类,再对已分类的小波系数执行对应的编码操作,得到各子带的压缩码流,并将所得的各子带的压缩码流传输给截断模块;

[0025] 所述截断模块,用于根据编码模块所发的各子带压缩码流的率失真特性,将目标

码率在各子带的压缩码流间进行最优分配,并依据各子带被分配的码率对各子带的码流进行截断,得到对小波图像进行编码的码流。

[0026] 其中,所述编码模块利用金字塔结构对经小波分解所得的各子带对应的小波系数进行分类,再对已分类的小波系数执行对应的编码操作,具体为:

[0027] 编码模块先为当前子带构建对应的金字塔结构,并为当前子带设置第一像素列表和第二节点列表,初始化设置第一像素列表和第二节点列表中的内容及比特平面系数 n 的初始值大小;对所构建金字塔结构中的所有小波系数进行分类,并对分类得到的第一像素列表中的小波系数执行细化操作;

[0028] 还用于判断当前比特平面系数 n 与 1 的大小关系,确定 n 大于等于 1 时,令 $n = n - 1$,并从所述执行分类操作步骤开始继续执行后续的编码过程;确定 n 小于 1 时,结束当前子带的小波系数完全编码过程。

[0029] 其中,所述编码模块进一步包括:金字塔构建模块、初始化模块、分类模块、细化模块和量化模块;其中,

[0030] 所述金字塔构建模块,用于为当前编码的子带构建对应的金字塔结构,并将构建结果发送到初始化模块;

[0031] 所述初始化模块,用于为当前子带设置第一像素列表和第二节点列表,并初始化设置第二节点列表和第一像素列表中的内容及比特平面系数 n 的初始值大小,并将设置的结果发送到分类模块;

[0032] 所述分类模块,用于以初始化模块所发的初始值为依据对当前子带对应的金字塔结构中的所有小波系数进行分类,并将分类结果发送到细化模块;还用于收到量化模块所发的当前比特平面系数 n 后,以新的 n 为依据继续执行分类操作;

[0033] 所述细化模块,用于对分类模块分类得到的第一像素列表中的小波系数执行细化操作,并在执行完当前细化操作后触发量化模块;还用于收到量化模块的通知后将当前子带的所有小波系数的细化结果发送到截断模块;

[0034] 所述量化模块,用于判断分类模块中当前比特平面系数 n 与 1 的大小关系,如果 n 大于等于 1,则 n 减 1,将递减后的 n 发送到分类模块,并触发分类模块以新的 n 为依据继续执行分类操作;

[0035] 所述量化模块,还用于确定分类模块中当前比特平面系数 n 小于 1 时,通知细化模块将当前子带的所有小波系数的细化结果发送到截断模块。

[0036] 上述方案中,所述截断模块在各子带的压缩码流间分配目标码率,依据被分配的码率截断码流的操作为:根据各子带的率失真特性确定各子带对应的最优截断点,根据所述的最优截断点对各子带的压缩码流进行截断。

[0037] 本发明提供的小波图像的编码方法和装置,利用金字塔结构对经小波分解所得的各子带对应的小波系数进行分类,再对已分类的小波系数执行对应的编码操作,得到各子带的压缩码流;根据各子带压缩码流的率失真特性,将目标码率在各子带的压缩码流间进行最优分配,依据各子带被分配的码率对各子带的码流进行截断,所得码流即为对小波图像进行编码的码流。本发明的编码过程是分别对各子带独立进行编码,没有涉及到不同子带小波系数间的相关性,编码过程相对现有简单,因此,如果传输中某个子带的码流发生误码不会影响到其它子带的码流,抗误码能力得到提高。

[0038] 此外,由于编码最终得到的码流是不同级数的子带码流排列组成的,因此,在解码时可有选择地对部分级数的码流进行解码,从而得到不同分辨率的解码图像,用户体验得到提高。

附图说明

- [0039] 图 1 为本发明小波图像的编码方法实现流程示意图；
 [0040] 图 2 为本发明小波编码后所得的输出码流的结构示意图；
 [0041] 图 3 为本发明所述对各子带的小波系数进行完全编码的方法实现流程示意图；
 [0042] 图 4 为本发明所述金字塔结构组织方法构建所得的结构示意图；
 [0043] 图 5 为本发明小波图像编码的装置结构示意图。

具体实施方式

[0044] 本发明的基本思想是:利用金字塔结构对经小波分解所得的各子带对应的小波系数进行分类,再对已分类的小波系数执行对应的编码操作,得到各子带的压缩码流;根据各子带压缩码流的率失真特性将目标码率在各子带的压缩码流间进行最优分配,依据各子带被分配的码率对各子带的码流进行截断,所得码流即为对小波图像进行编码的码流。

[0045] 下面结合附图及具体实施例对本发明作进一步详细说明。

[0046] 图 1 为本发明小波图像的编码方法实现流程示意图,如图 1 所示,该流程实现步骤如下:

[0047] 步骤 101:利用金字塔结构对经小波分解所得的各子带对应的小波系数进行分类,再对已分类的小波系数执行对应的编码操作,得到各子带的压缩码流;

[0048] 具体为:图像经小波分解后得到对应的小波图像,可根据需要将原始图像进行不同级数的分解,如:进行三级小波分解,分解过程为现有技术,此处不再详述;之后分别对经小波分解所得的各子带对应的小波系数执行编码操作,分别得到各子带的压缩码流。其中,所述完全编码是指对各子带独立进行编码,对各子带的编码过程不涉及各子带小波系数间的相关性。

[0049] 这里,所述对各子带的小波系数进行完全编码的过程中,首先对各子带的小波系数进行 1 级金字塔结构构建,所述 1 为整数,1 的最大值为 $\max\{\log_2^W, \log_2^H\}$,其中,所述 W 和 H 分别为当前子带的宽度和高度;并为每个子带设置一个重要像素列表 (LSP, List of Significant Pixels) 和 1 个不重要节点列表 (LIN, List of Insignificant Node),每一级金字塔对应一个 LIN,本发明中,将 LSP 描述为第一像素列表;将 LIN 描述为第二节点列表。对每个子带的小波系数进行编码时,首先要初始化当前子带的第一像素列表和所有第二节点列表,同时要初始化比特平面系数 n,所述 n 为整数,其值为 $\left\lfloor \log_2^{\max\{c(i,j)\}} \right\rfloor$,所述 $c(i,j)$ 为当前子带的小波系数值;然后根据 n 对每一级金字塔结构中的系数进行分类,分类过程从金字塔最高级开始一直到最低级结束,得到第一像素列表,再对第一像素列表中的系数进行细化,得到每个系数的第 n 个最重要比特 (MSB, Most Significant Bit);将 n-1,重复上述的分类和细化过程,直到 n = 0 为止,得到 n+1 个比特平面;最后,利用二进制算术编码来进一步提高压缩效率。

[0050] 步骤 102:根据各子带压缩码流的率失真特性,将目标码率在各子带的压缩码流

间进行最优分配,依据各子带被分配的码率对各子带的码流进行截断;

[0051] 具体为:从各子带经编码所得的压缩码流中,利用现有的计算方法得到各子带的率失真特性;根据各子带对应的率失真特性,将目标码率在各子带的压缩码流间进行分配。这里,所述目标码率如何分配可以为:根据各子带的率失真特性确定各子带对应的最优截断点,使得各子带的截断码率之和小于目标码率时,整幅图像的编码失真率达到最小,也就达到了所述的最优分配。这样,所述将目标码率在各子带的压缩码流间进行分配的过程,也就是在各子带的最优截断点处将各子带截断,截断后所得的截断码率即为各子带被分配的码率。

[0052] 其中,由于各子带有多个截断点,因此需找到各子带的最优截断点;所述率失真特性是指子带被某一截断点截断后所对应的失真率,子带被任一截断点分割后所对应的失真率均可用现有的计算方法得到;所述截断码率是指各子带被截断点截断后的码率。上述目标码率分配的过程可用公式(1)表示如下:

$$[0053] \quad \min D = \sum_{i=1}^N D_i^{(z_i)} \text{ s. t. } L = \sum_{i=1}^N L_i^{(z_i)} \leq L_{\max} \quad (1)$$

[0054] 其中,所述D表示整幅图像的编码失真率,所述L表示各子带的截断码率之和,所述N表示图像经小波分解后所得子带的数目,N与小波分解的级数p间的关系为: $N = 3 * p + 1$,例如:图像经三级小波分解后得到10个子带, L_{\max} 为目标码率, $L_i^{(z_i)}$ 和 $D_i^{(z_i)}$ 分别表示第i个子带的截断点为 z_i , $i = 1, 2, \dots, N$ 时,该子带所对应的码率,即截断码率和失真率。

[0055] 可以发现公式(1)是一个约束条件下的最优化问题,利用拉格朗日乘子法可以将约束条件下的最优化问题转化为无约束的最优化问题,那么,引入拉格朗日乘子 λ 得到:

$$[0056] \quad D + \lambda \cdot L = \sum_{i=1}^N (D_i^{(z_i)} + \lambda \cdot L_i^{(z_i)}) \quad (2)$$

$$[0057] \quad \text{设: } J = D_i^{(z_i)} + \lambda \cdot L_i^{(z_i)} \quad (3)$$

$$[0058] \quad L'(\lambda) = \sum_{i=1}^N L_i^{(z_i^*)} \quad (4)$$

[0059] 根据拉格朗日乘子法,在给定 λ 的情况下,使公式(3)达到最小,同时也满足公式(4)的截断点 z_i^* , $i = 1, 2, \dots, N$ 一定也是公式(1)的最优解,这样,搜索各子带的最优截断点 z_i^* , $i = 1, 2, \dots, N$ 的过程,就简化为求解 $L'(\lambda) = L_{\max}$ 的 $\lambda \times$ 值。因为 z_i 对应的是一些离散的采样点,因此本发明中采用二分法来搜索 $\lambda \times$ 值。在给定 λ 的情况下,求解使公式(4)最小的 z_i^* , $i = 1, 2, \dots, N$ 的过程可以在每个子带内独立进行。因此,对每个小波子带,本发明提出了如下的快速搜索算法:

[0060] 初始化:设 $z_{opt} = 0$;

[0061] for $z_i = 1, 2, \dots, z_i$

[0062] 设 $\Delta L = L_i^{(z_i)} - L_i^{(z_{opt})}$, $\Delta D = D_i^{(z_i)} - D_i^{(z_{opt})}$

[0063] 如果 $\Delta D / \Delta L > \lambda$, $z_{opt} = z_i$;

[0064] 结束: $z_i^* = z_{opt}$

[0065] 上述算法即为：设截断点的最优取值为 z_{opt} ，并令 z_{opt} 的初始值为 0，之后对第 i 个子带的所有截断点依次执行 $\Delta D/\Delta L$ 与 λ 的比较运算，确定 $\Delta D/\Delta L > \lambda$ 时，所得到的 z_{opt} 的值则为截断点的最优取值，即得到所求的最优截断点 z_i^* ，之后在最优截断点 z_i^* 位置处将各子带的码流截断，各子带经截断的码流形成最后的输出码流。

[0066] 图 2 为本发明小波编码后所得的输出码流的结构示意图，如图 2 所示，不同级数的子带依次排列输出，其中，所述 LH1、HL1 和 HH1 用于标识一级小波分解后对应的子带，LH3、HL3 和 HH3 用于标识三级小波分解后对应的子带等等，图 2 中 B_{Ll} 等表示各子带被截断后对应的压缩码流，那么，如要对图 2 中的压缩码流进行解码，则可有选择地对压缩码流进行解码。假设原始图像的分辨率为 512×512 ，如果选择 LH3、HL3 和 HH3 三个子带的压缩码流进行解码，那么所得图像的分辨率则为 128×128 ；如果 LH3、HL3、HH3、LH2、HL2 和 HH2 六个子带的压缩码流进行解码，那么所得图像的分辨率则为 256×256 。当然，还可得到分辨率为 512×512 的图像，而现有的小波图像编码过程中涉及到各小波系数间的相关性，因此，现有技术对压缩码流进行解码后，只能得到分辨率与原始图像分辨率相同的图像，而不能得到其它多种与原始图像分辨率不同的图像。

[0067] 上述过程中，步骤 101 所述对各子带的小波系数进行完全编码的过程，如图 3 所示，每个子带的编码过程均包括金字塔结构的构建、初始化、分类、细化以及量化四个部分，具体实现流程如下：

[0068] 步骤 301：为当前子带构建对应的金字塔结构；

[0069] 具体为：采用金字塔结构对当前子带对应的所有小波系数进行分类，图 4 所示为一个两级金字塔结构的构建方法，金字塔的所有第 0 级系数对应当前子带的所有小波系数；金字塔的第 1 级系数是通过将金字塔相应位置的 4 个第 0 级系数求最大值得到，其方法如公式 (5) 所示，以此类推，得到图 4 所示的金字塔结构。

$$c_1(i, j) = \max \{c_{1-1}(2i, 2j), c_{1-1}(2i, 2j+1), c_{1-1}(2i+1, 2j), c_{1-1}(2i+1, 2j+1)\} \quad (5)$$

[0071] 其中， l 为整数，最大值为 $\max \{\log_2^W, \log_2^H\}$ ， W 和 H 分别为当前子带的宽度和高度；所述 $c_l(i, j)$ 表示金字塔第 l 级 (i, j) 处的系数值，当 $l = 0$ 时， $c_l(i, j)$ 对应的是当前子带的小波系数。

[0072] 步骤 302：为当前子带设置第一像素列表和第二节点列表，并初始化设置第二节点列表和第一像素列表中的内容及 n 的初始值大小；

[0073] 具体为：为当前子带设置一个第一像素列表和 1 个第二节点列表， $LIN[1]$ 表示当前子带的第 1 级金字塔系数对应的第二节点列表。令金字塔结构中所有系数均为不重要系数，每一级金字塔结构中的系数归属于对应的 $LIN_k[1]$ ，此时第一像素列表则为空集，没有系数。本步骤所述初始化设置可表示为公式 (6)、(7) 和 (8)：

$$LIN[1] = \{ \text{第 1 级金字塔对应的所有系数} \}; \quad (6)$$

$$LSP = \phi; \quad (7)$$

[0076]

$$n = \lfloor \log_2^{\max\{c(i,j)\}} \rfloor; \quad (8)$$

[0077] 步骤 303：对所构建金字塔结构中的所有小波系数进行分类；

[0078] 如图 4 中所示黑色圆点为重要节点，也就是本发明中所述重要系数。这里，系数的

重要性定义为公式 (9) :

[0079]

$$S_n(i, j) = \begin{cases} 1, & 2^n < c_l(i, j) < 2^{n+1} \\ 0, & \text{其它} \end{cases} \quad (9)$$

[0080] $S_n(i, j)$ 是 n 的函数, $S_n(i, j) = 1$ 时, 表明此时 $S_n(i, j)$ 对应的小波系数为重要系数; $S_n(i, j) = 0$ 时, 表明此时 $S_n(i, j)$ 对应的小波系数为不重要系数。

[0081] 具体分类过程为:

[0082] 1) 从金字塔顶端开始, 即第 1 级金字塔开始, 对其小波系数进行重要性判断;

[0083] 2) 如果 $S_n(i, j)$ 的值为 0, 则将对应的 $c_1(i, j)$ 留在 LIN[1] 中;

[0084] 3) 如果 $S_n(i, j)$ 的值为 1,

[0085] 如果 $l > 0$ 时, LIN[1] 中对应的小波系数为 $c_1(i, j) \cdot 2^n$;

[0086] 如果 $l = 0$ 时, 将对应的小波系数 $c_0(i, j)$ 加入到第一像素列表中, 且 LIN[1] 中对应的小波系数为 $c_1(i, j) \cdot 2^n$;

[0087] 4) 如果当前级的金字塔中的小波系数全部分类结束, 则令 $l = l - 1$, 即进入第 $l - 1$ 级金字塔, 重复上述 2) 步, 直至 $l = 0$ 。

[0088] 5) 最终得到当前子带在比特平面系数为 n 时的第一像素列表。

[0089] 步骤 304: 对分类得到的第一像素列表中的小波系数执行细化操作;

[0090] 具体为: 输出当前比特平面系数为 n 时的第一像素列表中每个小波系数的第 n 个 MSB, 然后清空第一像素列表, 使之成为空集。所述各系数的第 n 个 MSB 的输出过程为现有技术, 此处不再详述。

[0091] 本发明中, 从比特平面系数 $n = \lfloor \log_2^{\max(c(i, j))} \rfloor$ 开始, 执行分类和细化过程, 直到 $n = 0$ 为止结束。

[0092] 步骤 305: 判断当前比特平面系数 n 与 l 的大小关系, 如果 n 大于等于 l , 则令 $n = n - 1$, 并返回步骤 303; 如果 n 小于 l , 则执行步骤 306;

[0093] 该步骤即为对比特平面系数 n 执行量化操作。

[0094] 其中, 所述 n 大于等于 l 时, 表明对当前子带的编码过程还未结束; 所述 n 小于 l 时, 表明对当前子带的编码过程已结束, 因为对各子带的编码过程是从 n 取最大值开始到 n 为 0 结束的。

[0095] 步骤 306: 当前子带的小波系数完全编码过程结束。

[0096] 这里, 当前子带完全编码过程结束后, 还需对最终输出的码流执行常规的二进制算术熵编码, 以便进一步提高压缩效率。

[0097] 为实现上述方法, 本发明还提供了一种小波图像编码的装置, 如图 5 所示, 该装置包括: 编码模块和截断模块; 其中,

[0098] 所述编码模块, 用于利用金字塔结构对经小波分解所得的各子带对应的小波系数进行分类, 再对已分类的小波系数执行对应的编码操作, 得到各子带的压缩码流, 并将所得的各子带的压缩码流传输给截断模块;

[0099] 所述截断模块, 用于根据编码模块所发的各子带压缩码流的率失真特性, 将目标码率在各子带的压缩码流间进行最优分配, 并依据各子带被分配的码率对各子带的码流进

行截断,得到对小波图像进行编码的码流。

[0100] 所述编码模块利用金字塔结构对经小波分解所得的各子带对应的小波系数进行分类,再对已分类的小波系数执行对应的编码操作,具体为:

[0101] 编码模块先为当前子带构建对应的金字塔结构,并为当前子带设置第一像素列表和第二节点列表,初始化设置第一像素列表和第二节点列表中的内容及比特平面系数 n 的初始值大小;对所构建金字塔结构中的所有小波系数进行分类,并对分类得到的第一像素列表中的小波系数执行细化操作;

[0102] 还用于判断当前比特平面系数 n 与 1 的大小关系,确定 n 大于等于 1 时,令 $n = n-1$,并从所述执行分类操作步骤开始继续执行后续的编码过程;确定 n 小于 1 时,结束当前子带的小波系数完全编码过程。

[0103] 所述编码模块进一步包括:金字塔构建模块、初始化模块、分类模块、细化模块和量化模块;其中,

[0104] 所述金字塔构建模块,用于为当前编码的子带构建对应的金字塔结构,并将构建结果发送到初始化模块;

[0105] 所述初始化模块,用于为当前子带设置第一像素列表和第二节点列表,并初始化设置第二节点列表和第一像素列表中的内容及比特平面系数 n 的初始值大小,并将设置的结果发送到分类模块;

[0106] 所述分类模块,用于以初始化模块所发的初始值为依据对当前子带对应的金字塔结构中的所有小波系数进行分类,并将分类结果发送到细化模块;还用于收到量化模块所发的当前比特平面系数 n 后,以新的 n 为依据继续执行分类操作;

[0107] 所述细化模块,用于对分类模块分类得到的第一像素列表中的小波系数执行细化操作,并在执行完当前细化操作后触发量化模块;还用于收到量化模块的通知后将当前子带的所有小波系数的细化结果发送到截断模块;

[0108] 所述量化模块,用于判断分类模块中当前比特平面系数 n 与 1 的大小关系,如果 n 大于等于 1,则 n 减 1,将递减后的 n 发送到分类模块,并触发分类模块以新的 n 为依据继续执行分类操作;

[0109] 所述量化模块,还用于确定分类模块中当前比特平面系数 n 小于 1 时,通知细化模块将当前子带的所有小波系数的细化结果发送到截断模块。

[0110] 以上所述,仅为本发明的较佳实施例而已,并非用于限定本发明的保护范围,凡在本发明的精神和原则之内所作的任何修改、等同替换和改进等,均应包含在本发明的保护范围之内。

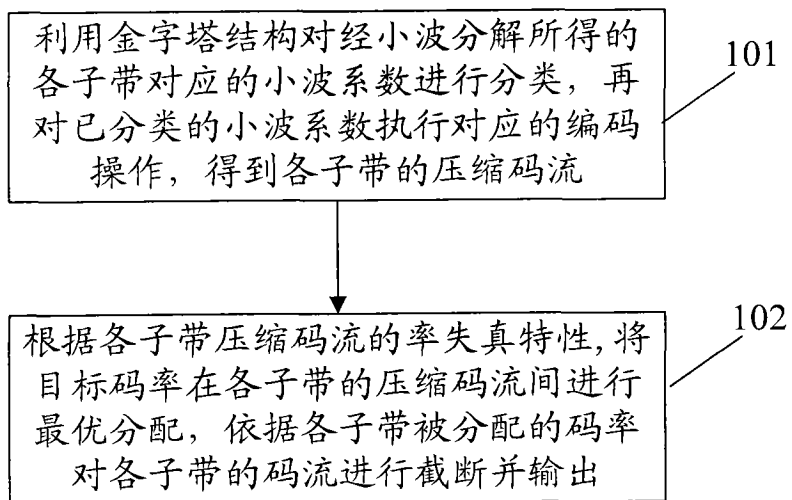


图 1

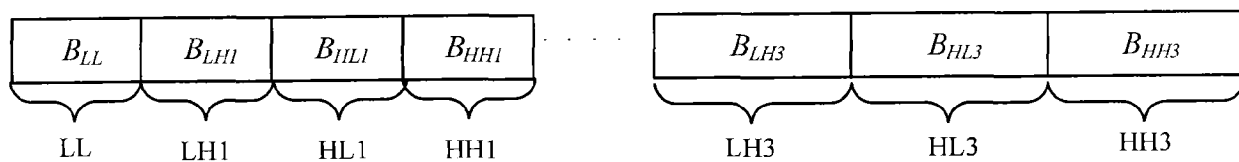


图 2

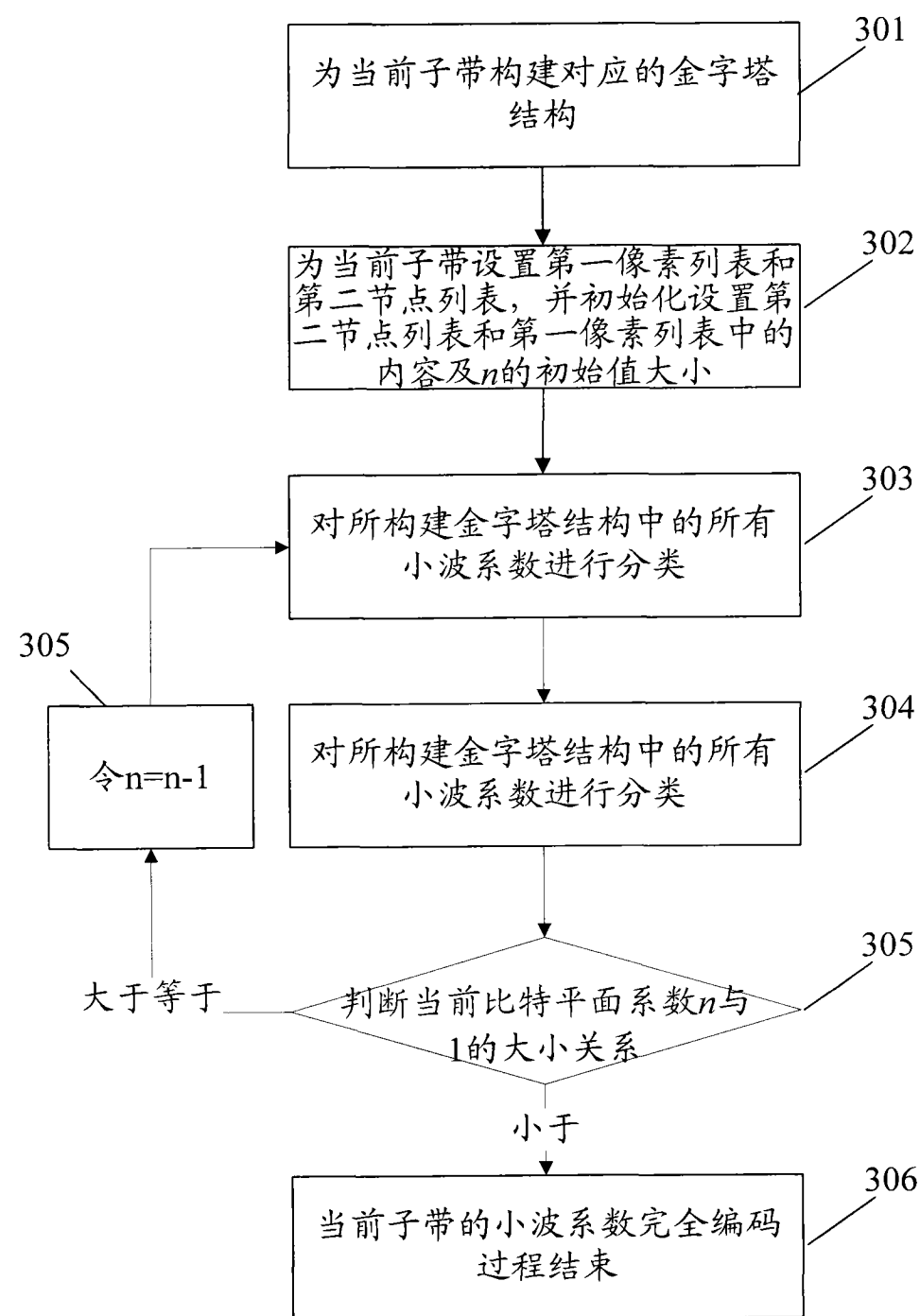


图 3

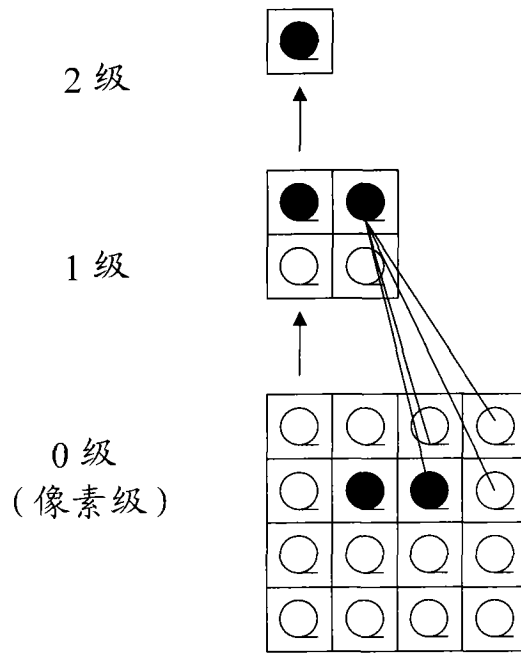


图 4

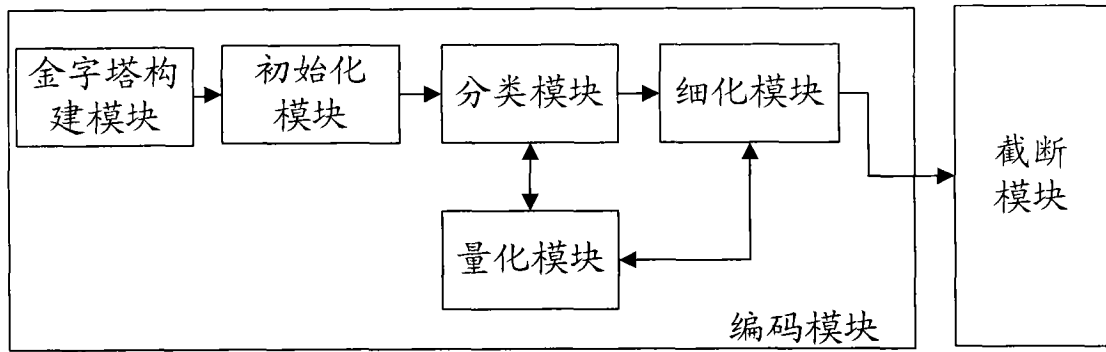


图 5