



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101583032 B

(45) 授权公告日 2011.04.27

(21) 申请号 200910023085.4

审查员 蒋路帆

(22) 申请日 2009.06.26

(73) 专利权人 西安电子科技大学

地址 710071 陕西省西安市太白路2号

(72) 发明人 吴家骥 焦李成 邢艳 石光明

张向荣 王爽 公茂果 马文萍

姜昆

(74) 专利代理机构 陕西电子工业专利中心

61205

代理人 王品华 朱红星

(51) Int. Cl.

H04N 7/26 (2006.01)

H04N 7/30 (2006.01)

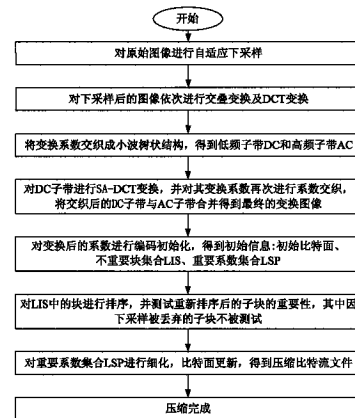
权利要求书 1 页 说明书 5 页 附图 5 页

(54) 发明名称

基于自适应下采样和交叠变换的图像压缩方法

(57) 摘要

本发明提出了一种基于自适应下采样和交叠变换的图像压缩方法,主要解决现有基于下采样的压缩方法性能低及复杂度高的问题。其过程是: 1. 对原图进行自适应下采样; 2. 先对自适应下采样后的图在未被下采样的 DCT 块之间进行交叠变换,再对整幅图进行 DCT 变换; 3. 将变换后的系数交织成小波树状结构,得到低频子带 DC 和高频子带 AC; 4. 对低频子带 DC 做形状自适应 DCT 变换,并再次进行系数交织; 5. 利用面向对象的 SPECK 编码方法对呈小波树状结构的系数进行编码,得到压缩的比特流; 6. 对传输到解码端的比特流进行解压缩,得到最终的重构图像。本发明在低码率下可获得高于传统图像压缩方法的性能,并且拥有低的复杂度,可用于对复杂度和实时性要求严格的低码率图像编码。



1. 一种基于自适应下采样和交叠变换的图像压缩方法,包括如下步骤:

(1) 对原图像进行 DCT 变换,用 SPECK 对变换后的图像在当前码率下预编码,得到截止比特面的阈值,记为 MT;

(2) 将原图分割成大小为 32×32 的块,再对每一个块做下面的判断:

2a) 对当前块进行 DCT 变换,如果大于阈值 MT 的变换系数的个数不超过该块中总系数个数的 1.6% 时,对该块进行 5/3 小波变换,否则,不进行 5/3 小波变换,并将该块标记为 0;

2b) 对 5/3 小波变换后的块的低频子带进行 DCT 变换,如果大于阈值 MT 的变换系数的个数仍不超过该低频子带中总系数个数的 1.6% 时,该 32×32 的块被标记为 1,否则,标记为 0;

2c) 将标记为 1 的块视为平滑块,对平滑块进行 5/3 小波变换,舍去高频子带,保留低频子带作为下采样的结果;

(3) 对下采样后的图像依次进行如下交叠变换及离散余弦变换,得到变换系数:

(3a) 在 DCT 变换之前,选择在未被下采样的 DCT 块边界处进行交叠变换,以去除块间的相关性;

(3b) 对交叠变换后的图像进行 16 点的 DCT 变换;

(4) 对变换后的系数进行系数交织,得到低频子带 DC 和高频子带 AC;

(5) 对低频子带 DC 进行形状自适应离散余弦变换,并对变换后的系数再次进行系数交织,将交织后的低频子带 DC 与高频子带 AC 合并,得到最终的变换系数;

(6) 对最终的变换系数进行面向对象的 SPECK 编码,并根据所要求的码率舍去不重要信息,得到压缩的比特流;

(7) 在解码端,根据传输的比特流解压缩,得到最终的解码图像。

2. 根据权利要求 1 所述的图像压缩方法,其中步骤 (4) 所述的系数交织,是将变换系数交织成小波树状结构,该结构由低频子带 DC 和高频子带 AC 构成。

3. 根据权利要求 1 所述的图像压缩方法,其中步骤 (6) 所述的对最终的变换系数进行面向对象的 SPECK 编码,是指只编码经过下采样后保留下来的系数。

基于自适应下采样和交叠变换的图像压缩方法

技术领域

[0001] 本发明属于图像处理技术领域,特别是涉及图像压缩方法,可用于在低码率下用于实现低复杂度和低功耗图像压缩。

背景技术

[0002] 图像,作为信息含量最为丰富的信息载体,成为信息时代必不可少的要素之一。近年来,随着视频会议、可视电话、高清晰电视、远程监控和遥感成像等技术的广泛应用,图像已成为人们生活中信息交流的主要载体,而高分辨率的图像也被不同行业所需要。随着成像技术的发展,许多设备已能够提供高分辨率的数字图像以满足人们的要求,然而,分辨率的提高使图像蕴含了更大的信息量,这对图像压缩提出了更高的要求。因此必须在保证一定图像质量的前提下,用尽可能少的数据量来表示图像。

[0003] 近些年,武筱林、吴枫等人已尝试用插值的方法去改进低码率下的图像压缩并且在这方面取得了较好成果。他们的方法基本遵从这样一模式:在编码端对整幅图像利用滤波或提升技术进行下采样,得到一副低分辨率的图像,对这幅低分辨率的图像进行变换编码,得到压缩文件;而在解码端,先解码压缩文件,重构低分辨率图像,然后再利用插值来提高分辨率,得到解码图像。尽管这类方法已能够在相对低的码率下提高编码性能,但仍有以下不足:一是由于此类方法是对整幅图像,不管是平滑区域还是边缘区域都进行下采样,而在边缘区域,邻域之间的相关性很难被估计,因此,很难利用一般的插值方法上采样出清晰的高分辨率图,从而影响了解码图像的质量;二是由于此类方法使用了复杂度相当高的插值方法,所以不适合应用到一些对实时性、复杂度要求严格的设备中。

发明内容

[0004] 本发明的目的在于克服现有技术的不足,提出一种基于自适应下采样和交叠变换的图像压缩方法,以提高低码率下图像的压缩性能,降低计算复杂度,满足许多设备对实时性、低复杂度和低功耗的要求。

[0005] 为实现上述目的,本发明的实现步骤包括如下:

[0006] (1) 对原图像进行 DCT 变换,用 SPECK 对变换后的图像在当前码率下预编码,得到截止比特面的阈值,记为 MT ;

[0007] (2) 把原图分割成大小为 32×32 的块,再对每一个块做下面的判断:

[0008] 2a) 对当前块进行 DCT 变换,如果大于阈值 MT 的变换系数的个数不超过该块中总系数个数的 1.6% 时,对该块进行 $5/3$ 小波变换,否则,不进行变换,并将该块标记为 0 ;

[0009] 2b) 对 $5/3$ 小波变换后的块的低频子带进行 DCT 变换,如果大于阈值 MT 的变换系数的个数仍不超过该低频子带中总系数个数的 1.6% 时,该 32×32 的块被标记为 1 ,否则,标记为 0 ;

[0010] 2c) 将标记为 1 的块视为平滑块,对平滑块进行 $5/3$ 小波变换,舍去高频子带,保留低频子带作为下采样的结果;

[0011] (3) 对下采样后的图像先在 DCT 块之间进行交叠变换, 再对交叠变换后的图像进行离散余弦变换, 得到变换系数;

[0012] (4) 对变换后的系数进行系数交织, 得到低频子带 DC 和高频子带 AC;

[0013] (5) 对低频子带 DC 进行形状自适应离散余弦变换, 并对变换后的系数再次进行系数交织, 将交织后的低频子带 DC 与高频子带 AC 合并, 得到最终的变换系数;

[0014] (6) 对最终的变换系数进行面向对象的 SPECK 编码, 并根据所要求的码率舍去不重要信息, 得到压缩的比特流;

[0015] (7) 在解码端, 根据传输的比特流解压缩, 得到最终的解码图像。

[0016] 本发明与现有技术相比具有如下优点:

[0017] 本发明由于采用自适应下采样方法, 只对图像的平滑区域下采样, 解决了传统的基于下采样的图像压缩方法对边缘区域重构质量不理想的问题。同时由于本发明在 DCT 块之间进行了交叠变换, 能有效消除由 DCT 变换引起的方块效应, 获得较好的主观视觉效果。此外由于本发明采用了复杂度小的插值方法, 克服了传统基于下采样的图像压缩方法实时性差的缺点。

附图说明

[0018] 图 1 是本发明的压缩流程图;

[0019] 图 2 是本发明的解压缩流程图;

[0020] 图 3 是本发明编码前的操作结果图; 其中,

[0021] 图 3(a) 是自适应下采样后的图,

[0022] 图 3(b) 是系数交织后的图,

[0023] 图 3(c) 是图 3(b) 的低频子带 DC 的放大图,

[0024] 图 3(d) 是经过 SA-DCT 变换后的 DC 子带;

[0025] 图 4 是本发明利用 5/3 小波下采样的示意图;

[0026] 图 5 是本发明系数交织示意图; 其中,

[0027] 图 5(a) 是原始系数分布图,

[0028] 图 5(b) 是交织后系数分布图;

[0029] 图 6 是本发明与 JPEG2000 的重构图像主观视觉效果比较图。

具体实施方式

[0030] 参照图 1, 本发明的图像压缩过程如下:

[0031] 步骤 1, 对原始图像做 DCT 变换, 用 SPECK 对变换后的图像在当前码率下预编码, 得到截止比特面的阈值, 记为 MT ;

[0032] 步骤 2, 将原图分割成大小为 32×32 的块, 再对每一个块做下面的判断:

[0033] (2a) 对当前块进行 DCT 变换, 如果大于阈值 MT 的系数的个数不超过该块中总系数个数的 1.6% 时, 对该块进行 5/3 小波变换, 否则, 不进行变换, 并将该块标记为 0;

[0034] (2b) 对 5/3 小波变换的块的低频子带再进行 DCT 变换, 如果大于阈值 MT 的系数的个数也不超过该低频子带中总系数个数的 1.6% 时, 该 32×32 的块被标记为 1, 否则, 标记为 0;

[0035] (2c) 将标记为 1 的块视为平滑块,对平滑块进行 5/3 小波变换,舍去高频子带,保留低频子带作为下采样的结果,如图 4 所示,其中,图 4(a) 是原图像块,

[0036] 图 4(b) 是 5/3 小波变换后的图像块,图 4(c) 是下采样后的图像块;由步骤 (2a) ~ (2c) 可以得到如图 3(a) 所示的下采样结果图。

[0037] 步骤 3,对下采样后的图依次进行交叠变换和 DCT 变换。

[0038] 具体过程如下:

[0039] (3a) 在 DCT 变换之前,选择在未被下采样的 DCT 块边界处进行交叠变换,以去除块间的相关性。交叠变换矩阵 P 定义为下式:

$$[0040] \quad P = \frac{1}{2} \begin{bmatrix} \mathbf{I} & \mathbf{J} \\ \mathbf{J} & -\mathbf{I} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \mathbf{I} & \mathbf{0} \\ \mathbf{0} & \mathbf{V} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \mathbf{I} & \mathbf{J} \\ \mathbf{J} & -\mathbf{I} \end{bmatrix} \quad (1)$$

[0041] 其中, I 是单位矩阵, J 是反单位矩阵,

[0042]

$$[0042] \quad \mathbf{J} = \begin{bmatrix} 0 & \cdots & 0 & 1 \\ 0 & \cdots & 1 & 0 \\ \vdots & \ddots & & \vdots \\ 1 & 0 & \cdots & 0 \end{bmatrix} \quad (2)$$

[0043] V 是自由控制矩阵,

$$[0044] \quad \mathbf{V} = \mathbf{J}(\mathbf{C}_{M/2}^{\text{II}})^{\text{T}} \mathbf{C}_{M/2}^{\text{IV}} \mathbf{J} \quad (3)$$

[0045] $\mathbf{C}_{M/2}^{\text{II}}$ 和 $\mathbf{C}_{N/2}^{\text{IV}}$ 分别是 8 个点的第二类型离散余弦变换 DCT-II 和第四类型离散余弦变换 DCT-IV。

[0046] (3b) 对交叠变换后的图像进行 16 点的 DCT 变换。

[0047] 步骤 4,对变换后的图像进行系数交织,得到低频子带 DC 和高频子带 AC,如图 3(b) 所示。

[0048] 系数交织,是将变换系数交织成小波树状结构,该结构由低频子带 DC 和高频子带 AC 构成。具体交织过程如下:

[0049] (4a) 初始化循环次数变量 $z = 4$,子带级数 $k = 1$;

[0050] (4b) 将每个块的 DC 系数取出放在一起组成低频子带 DC;

[0051] (4c) 将每个块的 DC 系数所对应的子系数取出放入相应位置组成高频子带 AC_k ;

[0052] (4d) 设 $z = z-1, k = k+1$;将上一级子系数对应的子系数取出放入相应位置组成高频子带 AC_k ;

[0053] (4e) 判断 z 是否为 0,若不为 0 则返回 (4d),若为 0,则系数交织完成,所有高频子带 AC_k 组成子带高频 AC。

[0054] 由步骤 (4a) ~ (4e) 得到如图 5(b) 所示的系数交织结果,从图 5(a) 可见,系数交织前,原始系数呈块状分布,DC 系数分布不集中,其中 1、2、3、4、5、6、7、8、9 代表 DC 系数,灰色符号代表 DC 系数所对应的子系数,其他符号代表高频系数,从图 5(b) 可见,交织后的系数呈树状分布,DC 系数被集中置于左上角,构成低频子带 DC,其余高频系数构成高频子带 AC,这种树状结构使能量更加集中,更易于编码。

[0055] 步骤 5,对如图 3(c) 所示的 DC 子带进行 SA-DCT 变换,并对得到的变换系数再次进

行系数交织,得到二次变换后的 DC 子带,与 AC 子带合并得到最终的变换图像。SA-DCT 变换的结果如图 3(d) 所示,具体过程如下:

[0056] (5a) 在自适应下采样中已标记出了被下采样的块,根据标记结果和系数交织的原理,确定在 DC 子带被丢弃系数的位置;

[0057] (5b) 将低频子带分成 16×16 的块,对每个块做 SA-DCT 变换:先将每一个块保留的系数按列向上排,对每列进行相应点数的一维 DCT 变换,把这些系数靠左排,对每行做一维 DCT 变换,每一行保留了几个系数就做几点的 DCT,这样就完成了 SA-DCT 变换。

[0058] 步骤 6,对最终的变换系数进行 OB-SPECK 编码,具体步骤如下:

[0059] (6a) 对变换后的系数进行编码初始化,得到初始信息,即先根据最高比特面

$$n_{\max} = \left\lfloor \log_2 \left(\max_{(i,j) \in X} \{ |c_{i,j}| \} \right) \right\rfloor, \text{得到初始比特面,并令比特面 } n = n_{\max}, \text{其中,}$$

[0060] $c_{i,j}$ 是变换系数;再将整幅图像作为一个块放入不重要块集合 LIS 中,得到初始的 LIS;然后设重要系数集合 $LSP = \emptyset$;

[0061] (6b) 对 LIS 中的块进行排序,并对重新排序后的子块依次进行测试,其中因下采样被丢弃的子块不被测试,若变换系数满足 $2^n \leq |c_{i,j}| < 2^{n+1}$,则认为该系数为重要系数,或该变换系数所在的块是重要块;

[0062] (6c) 对重要系数集合 LSP 进行细化,并对比特面进行循环更新,得到压缩比特流文件。

[0063] 参照图 2,本发明的图像解压缩过程如下:

[0064] 步骤 A,对编码端传送来的比特流进行所述步骤 6 的逆过程,得到解码图像。

[0065] 步骤 B,对解码图像的低频子带 DC 进行系数反交织,即将呈小波树状结构分布的系数重新排列成块状分布,并对反交织后的低频子带 DC 进行 SA-DCT 逆变换,得到重构的低频子带 DC;

[0066] 步骤 C,将重构的低频子带 DC 和解码图像的高频子带 AC 合并,并对合并后的图像依次进行系数反交织、DCT 逆变换以及交叠逆变换,得到下采样后的重构图像。

[0067] 步骤 D,对被下采样的区域利用 Cubic 插值恢复,得到最终的重构图。

[0068] 本发明的效果可以通过以下具体实验数据进一步说明。

[0069] 1. 实验条件与内容

[0070] 本发明的实验是取大小为 512×512 ,灰度为 8 比特的图像:Barbara、Lena、Goldhill 和 Baboon 的 4 幅图像,分别按照上述编码和解码的步骤进行编码和解码,并分别在压缩比 bpp 为 0.125bpp、0.25bpp 以及 0.5bpp 的条件下对比了在质量渐进模式下的峰值信噪比 PSNR 性能。其中在无算术编码的情况下,对比了 SPECK、SPIHT 方法和本发明方法的峰值信噪比 PSNR 性能;在有算术编码的情况下,对比了 SPECK-AC、SPIHT-AC、JPEG2000、带有交叠变换的 SPECK-AC 和带算术编码的本发明方法的峰值信噪比 PSNR 性能。

[0071] 2. 视觉效果比较结果

[0072] 如图 6 所示,对比了本发明方法与 JPEG2000 分别对 Lena 和 Barbara 两幅图像在 0.125bpp 的码率下得到的重构图像主观视觉效果。其中图 6(a) 是 Lena 的原图像,图 6(b) 是 JPEG2000 下的 Lena 重构图,图 6(c) 是本发明下的 Lena 重构图,图 6(d) 是 Barbara 的原图像,图 6(e) 是 JPEG2000 下的 Barbara 重构图,图 6(f) 是本发明下的 Barbara 的重构图,

从图 6 可见,由于交叠变换的作用,本发明方法对图像的纹理和边缘信息保持的较好,视觉效果明显好于 JPEG2000。

[0073] 3. 峰值信噪比 PSNR 对比结果如表 1 所示。

[0074] 表 1 不同方法的峰值信噪比 PSNR 性能比较

图像	码率	无算术编码			有算术编码				
		SPECK	SPIHT	本发明方法	SPECK-AC	SPIHT-AC	JPEG 2000	带有交叠变换的 SPECK-AC	本发明方法+算术编码
Barbara	0.125	24.89	24.47	26.75	24.98	24.86	25.02	26.99	27.22
	0.25	27.64	27.22	29.90	27.76	27.58	28.27	30.00	30.35
	0.5	31.32	30.94	33.50	31.54	31.40	32.15	33.72	34.01
Lena	0.125	30.80	30.72	30.83	31.00	31.10	31.03	30.84	31.21
	0.25	33.77	33.7	33.92	34.03	34.12	34.15	33.97	34.33
	0.5	36.86	36.85	37.00	37.10	37.22	37.28	37.11	37.35
Finger	0.125	21.78	21.65	21.64	21.93	21.87	21.73	22.38	22.52
	0.25	24.08	23.84	24.66	24.32	24.25	24.37	24.84	25.05
	0.5	27.4	27.17	28.06	27.79	27.67	27.86	28.36	28.53
Baboon	0.125	21.55	21.49	21.59	21.63	21.72	21.50	21.70	21.77
	0.25	22.97	22.93	23.16	23.10	23.26	23.10	23.32	23.38
	0.5	25.27	25.21	25.45	25.40	25.64	25.52	25.66	25.77

[0076] 从表 1 可见,在无算术编码时用本发明方法获得的峰值信噪比 PSNR 明显优于现有的 SPECK 和 SPIHT 方法,而且在大多数情况下本发明方法获得的峰值信噪比 PSNR 达到甚至优于采用算术编码的 SPECK-AC、SPIHT-AC 方法,接近 JPEG2000。当添加算术编码后,本发明带有算术编码的方法获得的峰值信噪比 PSNR 仍然明显优于 SPECK-AC、SPIHT-AC 和 JPEG2000。同时,本发明方法中添加的算术编码是与 SPIHT 和 SPECK 相同的算术编码,而非 JPEG2000 中所采用的高阶算术编码,因此本发明方法既具有比 SPECK-AC、SPIHT-AC 和 JPEG2000 更高的峰值信噪比 PSNR 性能,又具有低的复杂度,易于硬件实现。另外,与带有交叠变换的 SPECK-AC 相比,本发明的方法也具有明显优势,这说明本发明中的自适应下采样起到了一定作用。

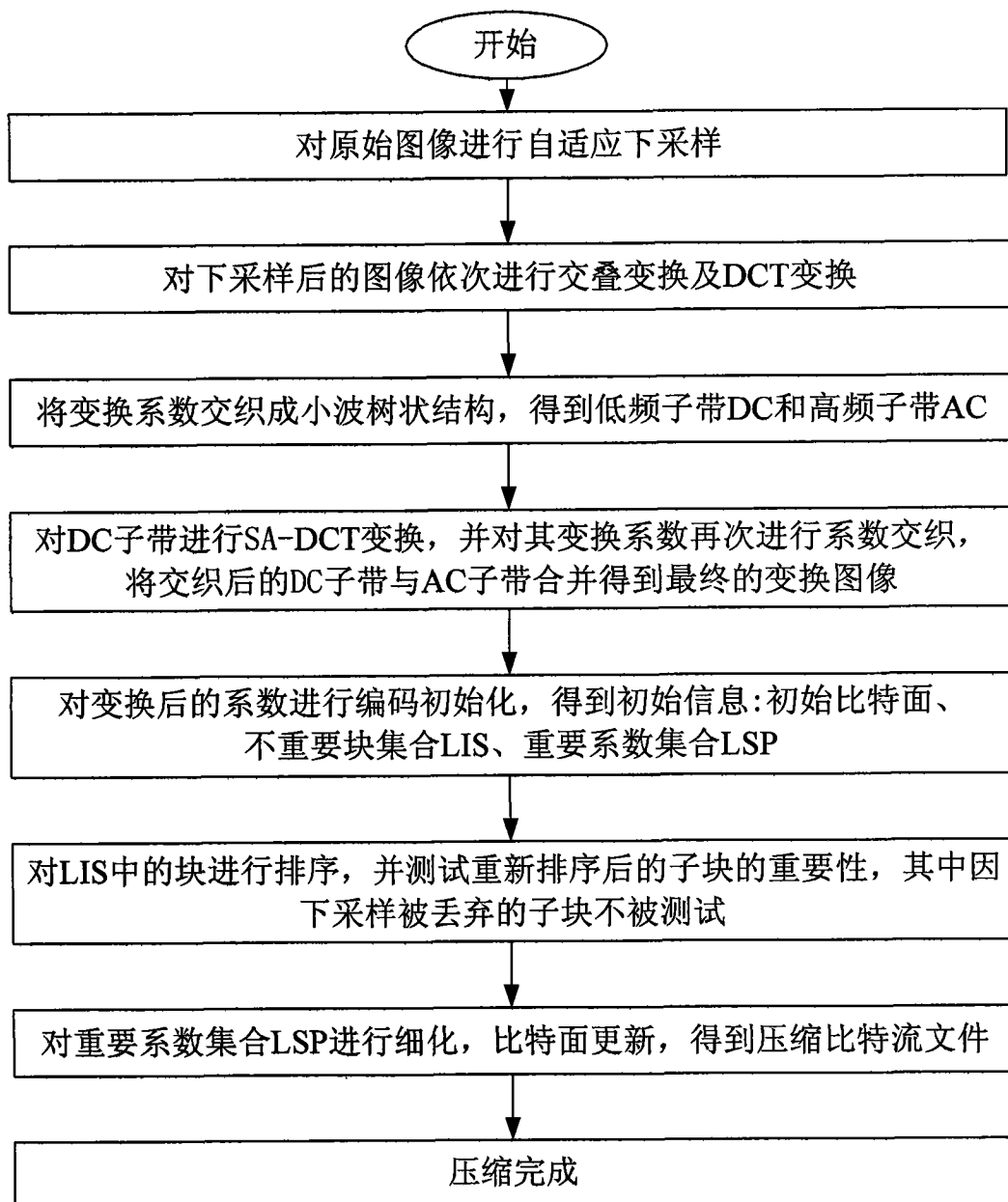


图 1

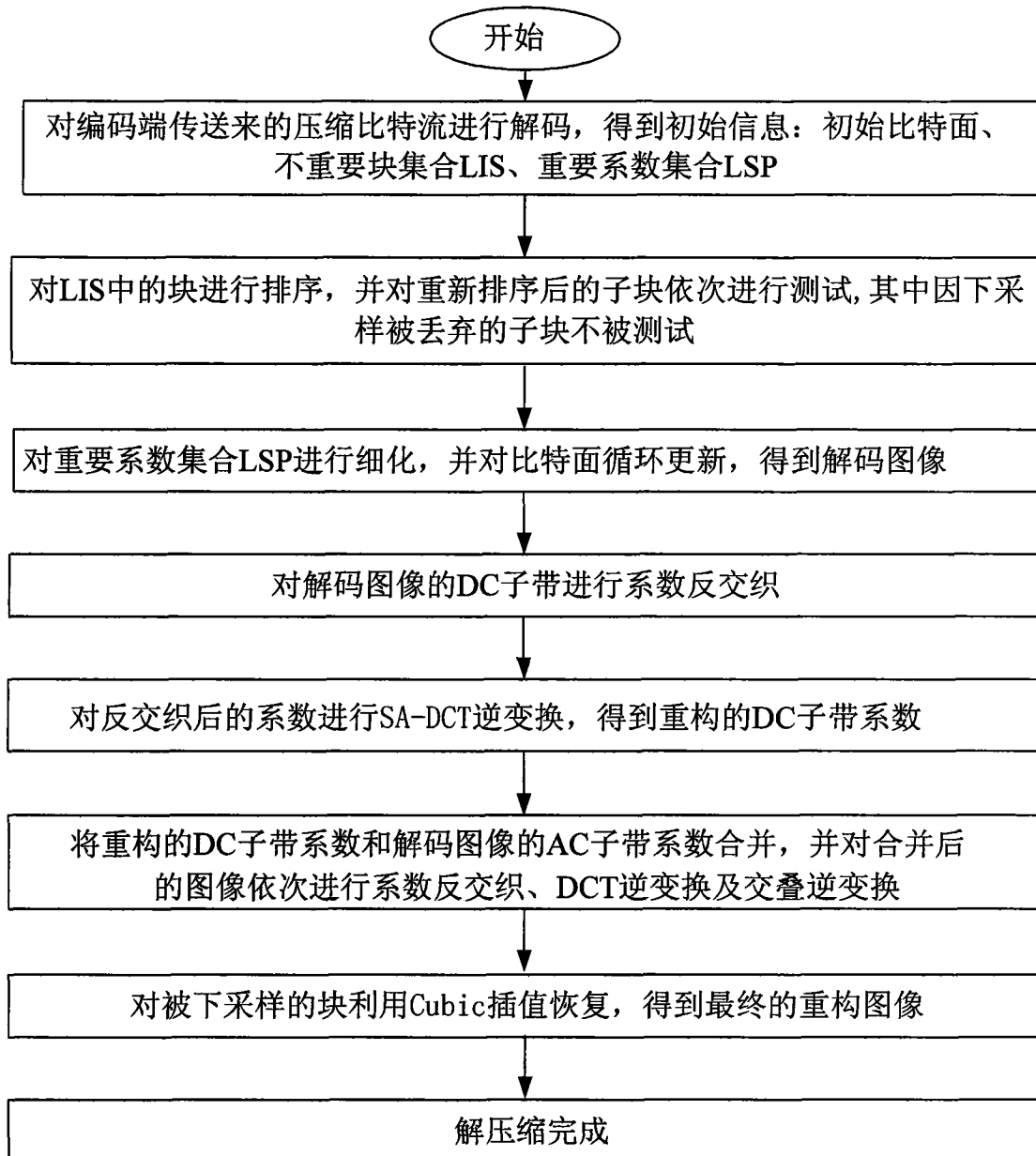


图 2

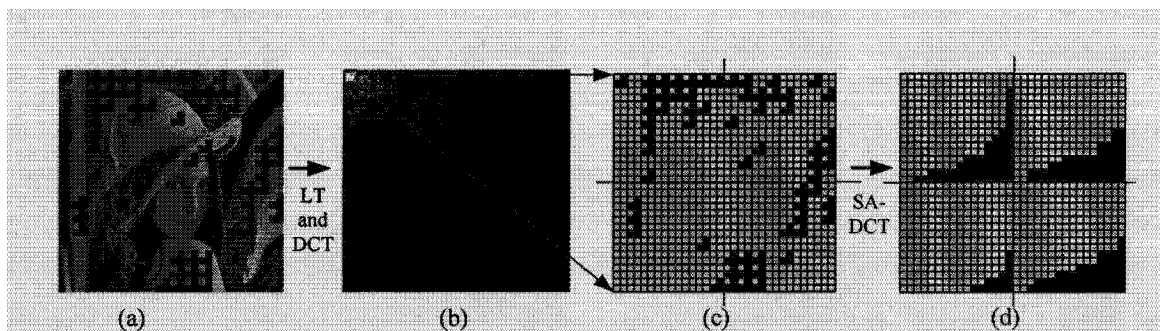


图 3

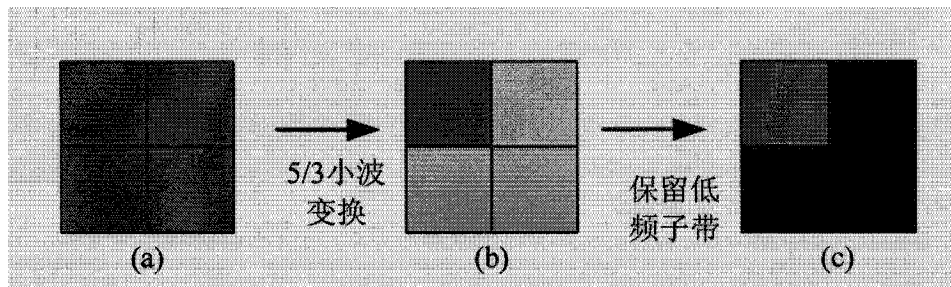


图 4

1	▲	△	△	2	▲	△	△	3	▲	△	△
◆	●	△	△	◆	●	△	△	◆	●	△	△
◇	◇	○	○	◇	◇	○	○	◇	◇	○	○
◇	◇	○	○	◇	◇	○	○	◇	◇	○	○
4	▲	△	△	5	▲	△	△	6	▲	△	△
◆	●	△	△	◆	●	△	△	◆	●	△	△
◇	◇	○	○	◇	◇	○	○	◇	◇	○	○
◇	◇	○	○	◇	◇	○	○	◇	◇	○	○
7	▲	△	△	8	▲	△	△	9	▲	△	△
◆	●	△	△	◆	●	△	△	◆	●	△	△
◇	◇	○	○	◇	◇	○	○	◇	◇	○	○
◇	◇	○	○	◇	◇	○	○	◇	◇	○	○

(a)

1	2	3	▲	▲	▲	△	△	△	△	△	△
4	5	6	▲	▲	▲	△	△	△	△	△	△
7	8	9	▲	▲	▲	△	△	△	△	△	△
◆	◆	◆	●	●	●	△	△	△	△	△	△
◆	◆	◆	●	●	●	△	△	△	△	△	△
◆	◆	◆	●	●	●	△	△	△	△	△	△
◇	◇	◇	◇	◇	◇	○	○	○	○	○	○
◇	◇	◇	◇	◇	◇	○	○	○	○	○	○
◇	◇	◇	◇	◇	◇	○	○	○	○	○	○
◇	◇	◇	◇	◇	◇	○	○	○	○	○	○
◇	◇	◇	◇	◇	◇	○	○	○	○	○	○
◇	◇	◇	◇	◇	◇	○	○	○	○	○	○

(b)

图 5

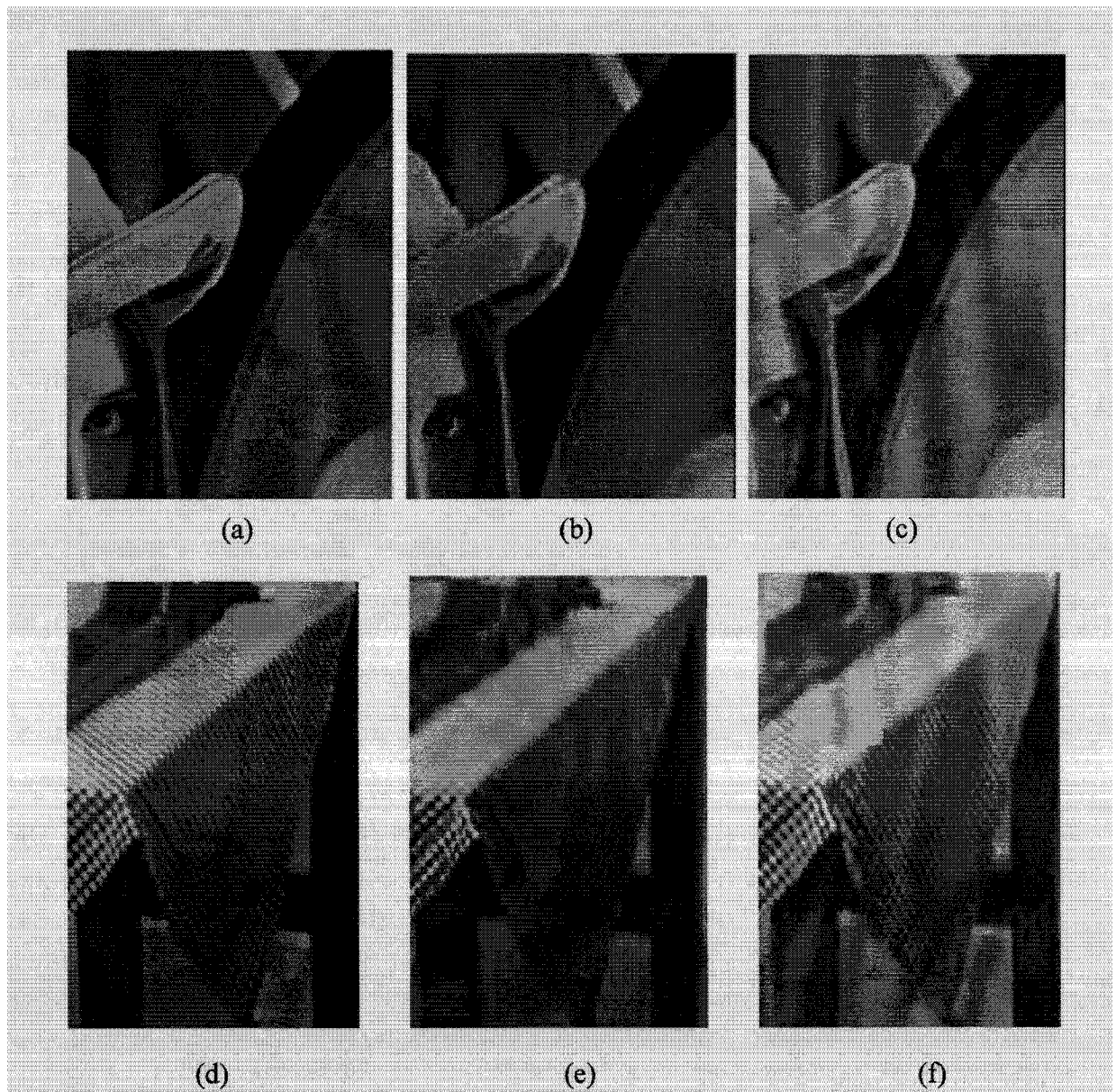


图 6