

(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 102903107 A

(43) 申请公布日 2013. 01. 30

(21) 申请号 201210357956. 8

(22) 申请日 2012. 09. 24

(71) 申请人 宁波大学

地址 315211 浙江省宁波市江北区风华路
818 号

(72) 发明人 邵枫 段芬芳 蒋刚毅 郁梅
李福翠

(74) 专利代理机构 宁波奥圣专利代理事务所
(普通合伙) 33226

代理人 周珏

(51) Int. Cl.

G06T 7/00 (2006. 01)

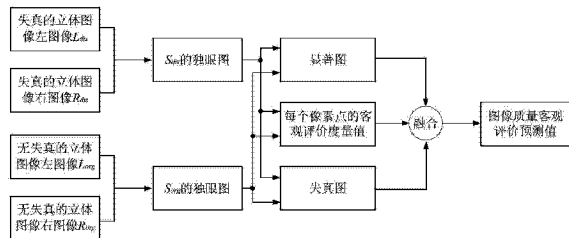
权利要求书 4 页 说明书 11 页 附图 6 页

(54) 发明名称

一种基于特征融合的立体图像质量客观评价方法

(57) 摘要

本发明公开了一种基于特征融合的立体图像质量客观评价方法,其首先分别计算原始的无失真的立体图像的独眼图和待评价的失真的立体图像的独眼图,并通过计算两个独眼图中的每个像素点的均值和标准差,得到待评价的失真的立体图像的独眼图中的每个像素点的客观评价度量值,再分别计算两个独眼图的显著图及两个独眼图之间的失真图,并对待评价的失真的立体图像的独眼图中的每个像素点的客观评价度量值进行融合,得到待评价的失真的立体图像的图像质量客观评价预测值,优点在于所获得的独眼图能够很好地对双目立体融合过程进行模拟,并且采用显著图和失真图进行融合,能有效地提高客观评价结果与主观感知的相关性。



1. 一种基于特征融合的立体图像质量客观评价方法,其特征在于它的处理过程为:首先,根据原始的无失真的立体图像的左视点图像和右视点图像中的每个像素点在不同尺度和方向的偶对称频率响应和奇对称频率响应,及原始的无失真的立体图像的左视点图像和右视点图像之间的失真图像,获得原始的无失真的立体图像的独眼图;根据待评价的失真的立体图像的左视点图像和右视点图像中的每个像素点在不同尺度和方向的偶对称频率响应和奇对称频率响应,及原始的无失真的立体图像的左视点图像和右视点图像之间的失真图像,获得待评价的失真的立体图像的独眼图;其次,根据两个独眼图中的每个像素点的均值和标准差,获得待评价的失真的立体图像的独眼图中的每个像素点的客观评价度量值;再次,根据原始的无失真的立体图像的独眼图的振幅和相位,获得对应的显著图;根据待评价的失真的立体图像的独眼图的振幅和相位,获得对应的显著图;然后,根据两个显著图及两个独眼图之间的失真图,对待评价的失真的立体图像的独眼图中的每个像素点的客观评价度量值进行融合,得到待评价的失真的立体图像的质量客观评价预测值;最后,按照上述处理过程获取多幅不同失真类型不同失真程度的失真的立体图像的质量客观评价预测值。

2. 根据权利要求1所述的一种基于特征融合的立体图像质量客观评价方法,其特征在于它具体包括以下步骤:

①令 S_{org} 为原始的无失真的立体图像,令 S_{dis} 为待评价的失真的立体图像,将 S_{org} 的左视点图像记为 $\{L_{org}(x, y)\}$,将 S_{org} 的右视点图像记为 $\{R_{org}(x, y)\}$,将 S_{dis} 的左视点图像记为 $\{L_{dis}(x, y)\}$,将 S_{dis} 的右视点图像记为 $\{R_{dis}(x, y)\}$,其中,此处 (x, y) 表示左视点图像和右视点图像中的像素点的坐标位置, $1 \leq x \leq W$, $1 \leq y \leq H$, W 表示左视点图像和右视点图像的宽度, H 表示左视点图像和右视点图像的高度, $L_{org}(x, y)$ 表示 $\{L_{org}(x, y)\}$ 中坐标位置为 (x, y) 的像素点的像素值, $R_{org}(x, y)$ 表示 $\{R_{org}(x, y)\}$ 中坐标位置为 (x, y) 的像素点的像素值, $L_{dis}(x, y)$ 表示 $\{L_{dis}(x, y)\}$ 中坐标位置为 (x, y) 的像素点的像素值, $R_{dis}(x, y)$ 表示 $\{R_{dis}(x, y)\}$ 中坐标位置为 (x, y) 的像素点的像素值;

②根据 $\{L_{org}(x, y)\}$ 、 $\{R_{org}(x, y)\}$ 、 $\{L_{dis}(x, y)\}$ 、 $\{R_{dis}(x, y)\}$ 中的每个像素点在不同尺度和方向的偶对称频率响应和奇对称频率响应,对应获取 $\{L_{org}(x, y)\}$ 、 $\{R_{org}(x, y)\}$ 、 $\{L_{dis}(x, y)\}$ 、 $\{R_{dis}(x, y)\}$ 中的每个像素点的振幅,然后根据 $\{L_{org}(x, y)\}$ 和 $\{R_{org}(x, y)\}$ 中的每个像素点的振幅及 $\{L_{org}(x, y)\}$ 与 $\{R_{org}(x, y)\}$ 之间的视差图像中的每个像素点的像素值,计算 S_{org} 的独眼图,记为 $\{CM_{org}(x, y)\}$,并根据 $\{L_{dis}(x, y)\}$ 和 $\{R_{dis}(x, y)\}$ 中的每个像素点的振幅及 $\{L_{org}(x, y)\}$ 与 $\{R_{org}(x, y)\}$ 之间的视差图像中的每个像素点的像素值,计算 S_{dis} 的独眼图,记为 $\{CM_{dis}(x, y)\}$,其中, $CM_{org}(x, y)$ 表示 $\{CM_{org}(x, y)\}$ 中坐标位置为 (x, y) 的像素点的像素值, $CM_{dis}(x, y)$ 表示 $\{CM_{dis}(x, y)\}$ 中坐标位置为 (x, y) 的像素点的像素值;

③根据 $\{CM_{org}(x, y)\}$ 和 $\{CM_{dis}(x, y)\}$ 中的每个像素点的均值和标准差,计算 $\{CM_{dis}(x, y)\}$ 中的每个像素点的客观评价度量值,将 $\{CM_{dis}(x, y)\}$ 中坐标位置为 (x, y) 的像素点的客观评价度量值记为 $Q_{image}(x, y)$;

④根据 $\{CM_{org}(x, y)\}$ 的振幅和相位,计算 $\{CM_{org}(x, y)\}$ 的显著图,记为 $\{SM_{org}(x, y)\}$,并根据 $\{CM_{dis}(x, y)\}$ 的振幅和相位,计算 $\{CM_{dis}(x, y)\}$ 的显著图,记为 $\{SM_{dis}(x, y)\}$,其中, $SM_{org}(x, y)$ 表示 $\{SM_{org}(x, y)\}$ 中坐标位置为 (x, y) 的像素点的像素值, $SM_{dis}(x, y)$ 表示 $\{SM_{dis}(x, y)\}$ 中坐标位置为 (x, y) 的像素点的像素值;

⑤计算 $\{CM_{org}(x, y)\}$ 与 $\{CM_{dis}(x, y)\}$ 之间的失真图, 记为 $\{DM(x, y)\}$, 将 $\{DM(x, y)\}$ 中坐标位置为 (x, y) 的像素点的像素值记为 $DM(x, y)$, $DM(x, y) = (CM_{org}(x, y) - CM_{dis}(x, y))^2$;

⑥根据 $\{SM_{org}(x, y)\}$ 和 $\{SM_{dis}(x, y)\}$ 及 $\{DM(x, y)\}$, 对 $\{CM_{dis}(x, y)\}$ 中的每个像素点的客观评价度量值进行融合, 得到 S_{dis} 的图像质量客观评价预测值, 记为 Q ,

$$Q = \left[\frac{\sum_{(x,y) \in \Omega} Q_{image}(x, y) \times SM(x, y)}{\sum_{(x,y) \in \Omega} SM(x, y)} \right]^\gamma \times \left[\frac{\sum_{(x,y) \in \Omega} Q_{image}(x, y) \times DM(x, y)}{\sum_{(x,y) \in \Omega} DM(x, y)} \right]^\beta, \text{其中, } \Omega \text{ 表示像素域范围,}$$

$SM(x, y) = \max(SM_{org}(x, y), SM_{dis}(x, y))$, $\max()$ 为取最大值函数, γ 和 β 为权重系数;

⑦采用 n 幅原始的无失真的立体图像, 建立其在不同失真类型不同失真程度下的失真立体图像集合, 该失真立体图像集合包括多幅失真的立体图像, 利用主观质量评价方法分别获取失真立体图像集合中每幅失真的立体图像的平均主观评分差值, 记为 $DMOS$, $DMOS = 100 - MOS$, 其中, MOS 表示主观评分均值, $DMOS \in [0, 100]$, $n \geq 1$;

⑧按照步骤①至步骤⑥计算 S_{dis} 的图像质量客观评价预测值的操作, 分别计算失真立体图像集合中每幅失真的立体图像的图像质量客观评价预测值。

3. 根据权利要求2所述的一种基于特征融合的立体图像质量客观评价方法, 其特征在于所述的步骤②的具体过程为:

②-1、对 $\{L_{org}(x, y)\}$ 进行滤波处理, 得到 $\{L_{org}(x, y)\}$ 中的每个像素点在不同尺度和方向的偶对称频率响应和奇对称频率响应, 将 $\{L_{org}(x, y)\}$ 中坐标位置为 (x, y) 的像素点在不同尺度和方向的偶对称频率响应记为 $e_{\alpha, \theta}(x, y)$, 将 $\{L_{org}(x, y)\}$ 中坐标位置为 (x, y) 的像素点在不同尺度和方向的奇对称频率响应记为 $o_{\alpha, \theta}(x, y)$, 其中, α 表示滤波所采用的滤波器的尺度因子, $1 \leq \alpha \leq 4$, θ 表示滤波所采用的滤波器的方向因子, $1 \leq \theta \leq 4$;

②-2、根据 $\{L_{org}(x, y)\}$ 中的每个像素点在不同尺度和方向的偶对称频率响应和奇对称频率响应, 计算 $\{L_{org}(x, y)\}$ 中的每个像素点的振幅, 将 $\{L_{org}(x, y)\}$ 中坐标位置为 (x, y)

的像素点的振幅记为 $GE_{org}^L(x, y)$, $GE_{org}^L(x, y) = \sum_{\theta=1}^4 \sum_{\alpha=1}^4 \sqrt{e_{\alpha, \theta}(x, y)^2 + o_{\alpha, \theta}(x, y)^2}$;

②-3、按照步骤②-1至步骤②-2获取 $\{L_{org}(x, y)\}$ 中的每个像素点的振幅的操作, 以相同的方式获取 $\{R_{org}(x, y)\}$ 、 $\{L_{dis}(x, y)\}$ 和 $\{R_{dis}(x, y)\}$ 中的每个像素点的振幅, 将 $\{R_{org}(x, y)\}$ 中坐标位置为 (x, y) 的像素点的振幅记为 $GE_{org}^R(x, y)$, 将 $\{L_{dis}(x, y)\}$ 中坐标位置为 (x, y) 的像素点的振幅记为 $GE_{dis}^L(x, y)$, 将 $\{R_{dis}(x, y)\}$ 中坐标位置为 (x, y) 的像素点的振幅记为 $GE_{dis}^R(x, y)$;

②-4、采用块匹配法计算 $\{L_{org}(x, y)\}$ 与 $\{R_{org}(x, y)\}$ 之间的视差图像, 记为 $\{d_{org}^L(x, y)\}$, 其中, $d_{org}^L(x, y)$ 表示 $\{d_{org}^L(x, y)\}$ 中坐标位置为 (x, y) 的像素点的像素值;

②-5、根据 $\{L_{org}(x, y)\}$ 和 $\{R_{org}(x, y)\}$ 中的每个像素点的振幅及 $\{d_{org}^L(x, y)\}$ 中的每个像素点的像素值, 计算 S_{org} 的独眼图, 记为 $\{CM_{org}(x, y)\}$, 将 $\{CM_{org}(x, y)\}$ 中坐标位置为 (x, y) 的像素点的像素值记为 $CM_{org}(x, y)$,

$$CM_{org}(x, y) = \frac{GE_{org}^L(x, y) \times L_{org}(x, y) + GE_{org}^R(x - d_{org}^L(x, y), y) \times R_{org}(x - d_{org}^L(x, y), y)}{GE_{org}^L(x, y) + GE_{org}^R(x - d_{org}^L(x, y), y)}, \text{其中,}$$

$GE_{org}^R(x - d_{org}^L(x, y), y)$ 表示 $\{R_{org}(x, y)\}$ 中坐标位置为 $(x - d_{org}^L(x, y), y)$ 的像素点的振幅,

$R_{org}(x-d_{org}^L(x,y),y)$ 表示 $\{R_{org}(x,y)\}$ 中坐标位置为 $(x-d_{org}^L(x,y),y)$ 的像素点的像素值；

② -6、根据 $\{L_{dis}(x,y)\}$ 和 $\{R_{dis}(x,y)\}$ 中的每个像素点的振幅及 $\{d_{org}^L(x,y)\}$ 中的每个像素点的像素值，计算 S_{dis} 的独眼图，记为 $\{CM_{dis}(x,y)\}$ ，将 $\{CM_{dis}(x,y)\}$ 中坐标位置为 (x,y) 的像素点的像素值记为 $CM_{dis}(x,y)$ ，

$$CM_{dis}(x,y) = \frac{GE_{dis}^L(x,y) \times L_{dis}(x,y) + GE_{dis}^R(x-d_{org}^L(x,y),y) \times R_{dis}(x-d_{org}^L(x,y),y)}{GE_{dis}^L(x,y) + GE_{dis}^R(x-d_{org}^L(x,y),y)}, \text{ 其中,}$$

$GE_{dis}^R(x-d_{org}^L(x,y),y)$ 表示 $\{R_{dis}(x,y)\}$ 中坐标位置为 $(x-d_{org}^L(x,y),y)$ 的像素点的振幅，

$R_{dis}(x-d_{org}^L(x,y),y)$ 表示 $\{R_{dis}(x,y)\}$ 中坐标位置为 $(x-d_{org}^L(x,y),y)$ 的像素点的像素值。

4. 根据权利要求 3 所述的一种基于特征融合的立体图像质量客观评价方法，其特征在于所述的步骤② -1 中对 $\{L_{org}(x,y)\}$ 进行滤波处理采用的滤波器为 log-Garbor 滤波器。

5. 根据权利要求 2 至 4 中任一项所述的一种基于特征融合的立体图像质量客观评价方法，其特征在于所述的步骤③的具体过程为：

③ -1、计算 $\{CM_{org}(x,y)\}$ 和 $\{CM_{dis}(x,y)\}$ 中的每个像素点的均值和标准差，将 $\{CM_{org}(x,y)\}$ 中坐标位置为 (x_1,y_1) 的像素点的均值和标准差分别记为 $\mu_{org}(x_1,y_1)$ 和 $\sigma_{org}(x_1,y_1)$ ，将 $\{CM_{dis}(x,y)\}$ 中坐标位置为 (x_1,y_1) 的像素点的均值和标准差分别记为 $\mu_{dis}(x_1,y_1)$ 和 $\sigma_{dis}(x_1,y_1)$ ，

$$\mu_{org}(x_1,y_1) = \frac{\sum_{(x_1,y_1) \in N(x_1,y_1)} CM_{org}(x_1,y_1)}{M},$$

$$\sigma_{org}(x_1,y_1) = \sqrt{\frac{\sum_{(x_1,y_1) \in N(x_1,y_1)} (CM_{org}(x_1,y_1) - \mu_{org}(x_1,y_1))^2}{M}},$$

$$\mu_{dis}(x_1,y_1) = \frac{\sum_{(x_1,y_1) \in N(x_1,y_1)} CM_{dis}(x_1,y_1)}{M},$$

$$\sigma_{dis}(x_1,y_1) = \sqrt{\frac{\sum_{(x_1,y_1) \in N(x_1,y_1)} (CM_{dis}(x_1,y_1) - \mu_{dis}(x_1,y_1))^2}{M}}, \text{ 其中, } 1 \leq x_1 \leq W, 1 \leq y_1 \leq H,$$

$N(x_1,y_1)$ 表示以坐标位置为 (x_1,y_1) 的像素点为中心的 8×8 邻域窗口， M 表示 $N(x_1,y_1)$ 内的像素点的个数， $CM_{org}(x_1,y_1)$ 表示 $\{CM_{org}(x,y)\}$ 中坐标位置为 (x_1,y_1) 的像素点的像素值， $CM_{dis}(x_1,y_1)$ 表示 $\{CM_{dis}(x,y)\}$ 中坐标位置为 (x_1,y_1) 的像素点的像素值；

③ -2、根据 $\{CM_{org}(x,y)\}$ 和 $\{CM_{dis}(x,y)\}$ 中的每个像素点的均值和标准差，计算 $\{CM_{dis}(x,y)\}$ 中的每个像素点的客观评价度量值，将 $\{CM_{dis}(x,y)\}$ 中坐标位置为 (x_1,y_1) 的像素点的客观评价度量值记 $Q_{image}(x_1,y_1)$ ，

$$Q_{image}(x_1,y_1) = \frac{4 \times (\mu_{org}(x_1,y_1) \times \mu_{dis}(x_1,y_1)) \times (\sigma_{org}(x_1,y_1) \times \sigma_{dis}(x_1,y_1)) + C}{(\mu_{org}(x_1,y_1)^2 + \mu_{dis}(x_1,y_1)^2) \times (\sigma_{org}(x_1,y_1)^2 + \sigma_{dis}(x_1,y_1)^2) + C}, \text{ 其中, } C \text{ 为控制参}$$

数。

6. 根据权利要求 5 所述的一种基于特征融合的立体图像质量客观评价方法，其特征在于所述的步骤④的具体过程为：

④ -1、对 $\{CM_{org}(x,y)\}$ 进行离散傅立叶变换，得到 $\{CM_{org}(x,y)\}$ 的振幅和相位，分别记

为 $\{M_{\text{org}}(u, v)\}$ 和 $\{A_{\text{org}}(u, v)\}$, 其中, u 表示变换域的振幅或相位的宽度, v 表示变换域的振幅或相位的高度, $1 \leq u \leq W, 1 \leq v \leq H, M_{\text{org}}(u, v)$ 表示 $\{M_{\text{org}}(u, v)\}$ 中坐标位置为 (u, v) 的像素点的振幅值, $A_{\text{org}}(u, v)$ 表示 $\{A_{\text{org}}(u, v)\}$ 中坐标位置为 (u, v) 的像素点的相位值;

④-2、计算 $\{M_{\text{org}}(u, v)\}$ 的高频分量的振幅, 记为 $\{R_{\text{org}}(u, v)\}$, 将 $\{R_{\text{org}}(u, v)\}$ 中坐标位置为 (u, v) 的像素点的高频分量的振幅值记为 $R_{\text{org}}(u, v)$, $R_{\text{org}}(u, v) = \log(M_{\text{org}}(u, v)) - h_m(u, v) * \log(M_{\text{org}}(u, v))$, 其中, $\log()$ 为以 e 为底的对数函数, $e=2.718281828$, “*” 为卷积操作符号, $h_m(u, v)$ 表示 $m \times m$ 的均值滤波;

④-3、根据 $\{R_{\text{org}}(u, v)\}$ 和 $\{A_{\text{org}}(u, v)\}$ 进行离散傅立叶反变换, 将获得的反变换图像作为 $\{CM_{\text{org}}(x, y)\}$ 的显著图, 记为 $\{SM_{\text{org}}(x, y)\}$, 其中, $SM_{\text{org}}(x, y)$ 表示 $\{SM_{\text{org}}(x, y)\}$ 中坐标位置为 (x, y) 的像素点的像素值;

④-4、按照步骤④-1至步骤④-3获取 $\{CM_{\text{org}}(x, y)\}$ 的显著图的操作, 以相同的方式获取 $\{CM_{\text{dis}}(x, y)\}$ 的显著图, 记为 $\{SM_{\text{dis}}(x, y)\}$, 其中, $SM_{\text{dis}}(x, y)$ 表示 $\{SM_{\text{dis}}(x, y)\}$ 中坐标位置为 (x, y) 的像素点的像素值。

一种基于特征融合的立体图像质量客观评价方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种图像质量评价方法,尤其是涉及一种基于特征融合的立体图像质量客观评价方法。

背景技术

[0002] 随着图像编码技术和立体显示技术的迅速发展,立体图像技术受到了越来越广泛的关注与应用,已成为当前的一个研究热点。立体图像技术利用人眼的双目视差原理,双目各自独立地接收来自同一场景的左右视点图像,通过大脑融合形成双目视差,从而欣赏到具有深度感和逼真感的立体图像。由于采集系统、存储压缩及传输设备的影响,立体图像会不可避免地引入一系列的失真,而与单通道图像相比,立体图像需要同时保证两个通道的图像质量,对其进行质量评价具有非常重要的意义。然而,目前对立体图像质量缺乏有效的客观评价方法进行评价。因此,建立有效的立体图像质量客观评价模型具有十分重要的意义。

[0003] 目前的立体图像质量客观评价方法是直接将平面图像质量评价方法直接应用于评价立体图像质量,然而,对立体图像的左右视点图像进行融合产生立体感的过程并不是简单的左右视点图像叠加的过程,还难以用简单的数学方法来表示,因此,如何在立体图像质量评价过程中有效地对双目立体融合进行模拟,如何提取有效的特征信息对评价结果进行融合,使得客观评价结果更加感觉符合人类视觉系统,都是在对立体图像进行客观质量评价过程中需要研究解决的问题。

发明内容

[0004] 本发明所要解决的技术问题是提供一种能够有效提高客观评价结果与主观感知的相关性的基于特征融合的立体图像质量客观评价方法。

[0005] 本发明解决上述技术问题所采用的技术方案为:一种基于特征融合的立体图像质量客观评价方法,其特征在于它的处理过程为:首先,根据原始的无失真的立体图像的左视点图像和右视点图像中的每个像素点在不同尺度和方向的偶对称频率响应和奇对称频率响应,及原始的无失真的立体图像的左视点图像和右视点图像之间的失真图像,获得原始的无失真的立体图像的独眼图;根据待评价的失真的立体图像的左视点图像和右视点图像中的每个像素点在不同尺度和方向的偶对称频率响应和奇对称频率响应,及原始的无失真的立体图像的左视点图像和右视点图像之间的失真图像,获得待评价的失真的立体图像的独眼图;其次,根据两个独眼图中的每个像素点的均值和标准差,获得待评价的失真的立体图像的独眼图中的每个像素点的客观评价度量值;再次,根据原始的无失真的立体图像的独眼图的振幅和相位,获得对应的显著图;根据待评价的失真的立体图像的独眼图的振幅和相位,获得对应的显著图;然后,根据两个显著图及两个独眼图之间的失真图,对待评价的失真的立体图像的独眼图中的每个像素点的客观评价度量值进行融合,得到待评价的失真的立体图像的图像质量客观评价预测值;最后,按照上述处理过程获取多幅不同失真类

型不同失真程度的失真的立体图像图像质量客观评价预测值。

[0006] 本发明的一种基于特征融合的立体图像质量客观评价方法的具体步骤为：

[0007] ①令 S_{org} 为原始的无失真的立体图像，令 S_{dis} 为待评价的失真的立体图像，将 S_{org} 的左视点图像记为 $\{L_{org}(x, y)\}$ ，将 S_{org} 的右视点图像记为 $\{R_{org}(x, y)\}$ ，将 S_{dis} 的左视点图像记为 $\{L_{dis}(x, y)\}$ ，将 S_{dis} 的右视点图像记为 $\{R_{dis}(x, y)\}$ ，其中，此处 (x, y) 表示左视点图像和右视点图像中的像素点的坐标位置， $1 \leq x \leq W$ ， $1 \leq y \leq H$ ， W 表示左视点图像和右视点图像的宽度， H 表示左视点图像和右视点图像的高度， $L_{org}(x, y)$ 表示 $\{L_{org}(x, y)\}$ 中坐标位置为 (x, y) 的像素点的像素值， $R_{org}(x, y)$ 表示 $\{R_{org}(x, y)\}$ 中坐标位置为 (x, y) 的像素点的像素值， $L_{dis}(x, y)$ 表示 $\{L_{dis}(x, y)\}$ 中坐标位置为 (x, y) 的像素点的像素值， $R_{dis}(x, y)$ 表示 $\{R_{dis}(x, y)\}$ 中坐标位置为 (x, y) 的像素点的像素值；

[0008] ②根据 $\{L_{org}(x, y)\}$ 、 $\{R_{org}(x, y)\}$ 、 $\{L_{dis}(x, y)\}$ 、 $\{R_{dis}(x, y)\}$ 中的每个像素点在不同尺度和方向的偶对称频率响应和奇对称频率响应，对应获取 $\{L_{org}(x, y)\}$ 、 $\{R_{org}(x, y)\}$ 、 $\{L_{dis}(x, y)\}$ 、 $\{R_{dis}(x, y)\}$ 中的每个像素点的振幅，然后根据 $\{L_{org}(x, y)\}$ 和 $\{R_{org}(x, y)\}$ 中的每个像素点的振幅及 $\{L_{org}(x, y)\}$ 与 $\{R_{org}(x, y)\}$ 之间的视差图像中的每个像素点的像素值，计算 S_{org} 的独眼图，记为 $\{CM_{org}(x, y)\}$ ，并根据 $\{L_{dis}(x, y)\}$ 和 $\{R_{dis}(x, y)\}$ 中的每个像素点的振幅及 $\{L_{org}(x, y)\}$ 与 $\{R_{org}(x, y)\}$ 之间的视差图像中的每个像素点的像素值，计算 S_{dis} 的独眼图，记为 $\{CM_{dis}(x, y)\}$ ，其中， $CM_{org}(x, y)$ 表示 $\{CM_{org}(x, y)\}$ 中坐标位置为 (x, y) 的像素点的像素值， $CM_{dis}(x, y)$ 表示 $\{CM_{dis}(x, y)\}$ 中坐标位置为 (x, y) 的像素点的像素值；

[0009] ③根据 $\{CM_{org}(x, y)\}$ 和 $\{CM_{dis}(x, y)\}$ 中的每个像素点的均值和标准差，计算 $\{CM_{dis}(x, y)\}$ 中的每个像素点的客观评价度量值，将 $\{CM_{dis}(x, y)\}$ 中坐标位置为 (x, y) 的像素点的客观评价度量值记为 $Q_{image}(x, y)$ ；

[0010] ④根据 $\{CM_{org}(x, y)\}$ 的振幅和相位，计算 $\{CM_{org}(x, y)\}$ 的显著图，记为 $\{SM_{org}(x, y)\}$ ，并根据 $\{CM_{dis}(x, y)\}$ 的振幅和相位，计算 $\{CM_{dis}(x, y)\}$ 的显著图，记为 $\{SM_{dis}(x, y)\}$ ，其中， $SM_{org}(x, y)$ 表示 $\{SM_{org}(x, y)\}$ 中坐标位置为 (x, y) 的像素点的像素值， $SM_{dis}(x, y)$ 表示 $\{SM_{dis}(x, y)\}$ 中坐标位置为 (x, y) 的像素点的像素值；

[0011] ⑤计算 $\{CM_{org}(x, y)\}$ 与 $\{CM_{dis}(x, y)\}$ 之间的失真图，记为 $\{DM(x, y)\}$ ，将 $\{DM(x, y)\}$ 中坐标位置为 (x, y) 的像素点的像素值记为 $DM(x, y)$ ， $DM(x, y) = (CM_{org}(x, y) - CM_{dis}(x, y))^2$ ；

[0012] ⑥根据 $\{SM_{org}(x, y)\}$ 和 $\{SM_{dis}(x, y)\}$ 及 $\{DM(x, y)\}$ ，对 $\{CM_{dis}(x, y)\}$ 中的每个像素点的客观评价度量值进行融合，得到 S_{dis} 的图像质量客观评价预测值，记为 Q ，

$$Q = \left[\frac{\sum_{(x,y) \in \Omega} Q_{image}(x, y) \times SM(x, y)}{\sum_{(x,y) \in \Omega} SM(x, y)} \right]^{\gamma} \times \left[\frac{\sum_{(x,y) \in \Omega} Q_{image}(x, y) \times DM(x, y)}{\sum_{(x,y) \in \Omega} DM(x, y)} \right]^{\beta}, \text{其中, } \Omega \text{ 表示像素域范围,}$$

$SM(x, y) = \max(SM_{org}(x, y), SM_{dis}(x, y))$ ， $\max()$ 为取最大值函数， γ 和 β 为权重系数；

[0013] ⑦采用 n 幅原始的无失真的立体图像，建立其在不同失真类型不同失真程度下的失真立体图像集合，该失真立体图像集合包括多幅失真的立体图像，利用主观质量评价方法分别获取失真立体图像集合中每幅失真的立体图像的平均主观评分差值，记为 $DMOS$ ， $DMOS = 100 - MOS$ ，其中， MOS 表示主观评分均值， $DMOS \in [0, 100]$ ， $n \geq 1$ ；

[0014] ⑧按照步骤①至步骤⑥计算 S_{dis} 的图像质量客观评价预测值的操作，分别计算失真立体图像集合中每幅失真的立体图像的图像质量客观评价预测值。

[0015] 所述的步骤②的具体过程为：

[0016] ②-1、对 $\{L_{org}(x, y)\}$ 进行滤波处理,得到 $\{L_{org}(x, y)\}$ 中的每个像素点在不同尺度和方向的偶对称频率响应和奇对称频率响应,将 $\{L_{org}(x, y)\}$ 中坐标位置为 (x, y) 的像素点在不同尺度和方向的偶对称频率响应记为 $e_{\alpha, \theta}(x, y)$,将 $\{L_{org}(x, y)\}$ 中坐标位置为 (x, y) 的像素点在不同尺度和方向的奇对称频率响应记为 $o_{\alpha, \theta}(x, y)$,其中, α 表示滤波所采用的滤波器的尺度因子, $1 \leq \alpha \leq 4$, θ 表示滤波所采用的滤波器的方向因子, $1 \leq \theta \leq 4$;

[0017] ②-2、根据 $\{L_{org}(x, y)\}$ 中的每个像素点在不同尺度和方向的偶对称频率响应和奇对称频率响应,计算 $\{L_{org}(x, y)\}$ 中的每个像素点的振幅,将 $\{L_{org}(x, y)\}$ 中坐标位置为

(x, y) 的像素点的振幅记为 $GE_{org}^L(x, y)$, $GE_{org}^L(x, y) = \sum_{\theta=1}^4 \sum_{\alpha=1}^4 \sqrt{e_{\alpha, \theta}(x, y)^2 + o_{\alpha, \theta}(x, y)^2}$;

[0018] ②-3、按照步骤②-1至步骤②-2获取 $\{L_{org}(x, y)\}$ 中的每个像素点的振幅的操作,以相同的方式获取 $\{R_{org}(x, y)\}$ 、 $\{L_{dis}(x, y)\}$ 和 $\{R_{dis}(x, y)\}$ 中的每个像素点的振幅,将 $\{R_{org}(x, y)\}$ 中坐标位置为 (x, y) 的像素点的振幅记为 $GE_{org}^R(x, y)$,将 $\{L_{dis}(x, y)\}$ 中坐标位置为 (x, y) 的像素点的振幅记为 $GE_{dis}^L(x, y)$,将 $\{R_{dis}(x, y)\}$ 中坐标位置为 (x, y) 的像素点的振幅记为 $GE_{dis}^R(x, y)$;

[0019] ②-4、采用块匹配法计算 $\{L_{org}(x, y)\}$ 与 $\{R_{org}(x, y)\}$ 之间的视差图像,记为 $\{d_{org}^L(x, y)\}$,其中, $d_{org}^L(x, y)$ 表示 $\{d_{org}^L(x, y)\}$ 中坐标位置为 (x, y) 的像素点的像素值;

[0020] ②-5、根据 $\{L_{org}(x, y)\}$ 和 $\{R_{org}(x, y)\}$ 中的每个像素点的振幅及 $\{d_{org}^L(x, y)\}$ 中的每个像素点的像素值,计算 S_{org} 的独眼图,记为 $\{CM_{org}(x, y)\}$,将 $\{CM_{org}(x, y)\}$ 中坐标位置为 (x, y) 的像素点的像素值记为 $CM_{org}(x, y)$,

$$CM_{org}(x, y) = \frac{GE_{org}^L(x, y) \times L_{org}(x, y) + GE_{org}^R(x - d_{org}^L(x, y), y) \times R_{org}(x - d_{org}^L(x, y), y)}{GE_{org}^L(x, y) + GE_{org}^R(x - d_{org}^L(x, y), y)},$$
 其中,

$GE_{org}^R(x - d_{org}^L(x, y), y)$ 表示 $\{R_{org}(x, y)\}$ 中坐标位置为 $(x - d_{org}^L(x, y), y)$ 的像素点的振幅,

$R_{org}(x - d_{org}^L(x, y), y)$ 表示 $\{R_{org}(x, y)\}$ 中坐标位置为 $(x - d_{org}^L(x, y), y)$ 的像素点的像素值;

[0021] ②-6、根据 $\{L_{dis}(x, y)\}$ 和 $\{R_{dis}(x, y)\}$ 中的每个像素点的振幅及 $\{d_{org}^L(x, y)\}$ 中的每个像素点的像素值,计算 S_{dis} 的独眼图,记为 $\{CM_{dis}(x, y)\}$,将 $\{CM_{dis}(x, y)\}$ 中坐标位置为 (x, y) 的像素点的像素值记为 $CM_{dis}(x, y)$,

$$CM_{dis}(x, y) = \frac{GE_{dis}^L(x, y) \times L_{dis}(x, y) + GE_{dis}^R(x - d_{org}^L(x, y), y) \times R_{dis}(x - d_{org}^L(x, y), y)}{GE_{dis}^L(x, y) + GE_{dis}^R(x - d_{org}^L(x, y), y)},$$
 其中,

$GE_{dis}^R(x - d_{org}^L(x, y), y)$ 表示 $\{R_{dis}(x, y)\}$ 中坐标位置为 $(x - d_{org}^L(x, y), y)$ 的像素点的振幅,

$R_{dis}(x - d_{org}^L(x, y), y)$ 表示 $\{R_{dis}(x, y)\}$ 中坐标位置为 $(x - d_{org}^L(x, y), y)$ 的像素点的像素值。

[0022] 所述的步骤②-1中对 $\{L_{org}(x, y)\}$ 进行滤波处理采用的滤波器为 log-Garbor 滤波器。

[0023] 所述的步骤③的具体过程为：

[0024] ③-1、计算 $\{CM_{org}(x, y)\}$ 和 $\{CM_{dis}(x, y)\}$ 中的每个像素点的均值和标准差,将 $\{CM_{org}(x, y)\}$ 中坐标位置为 (x_1, y_1) 的像素点的均值和标准差分别记为 $\mu_{org}(x_1, y_1)$ 和 $\sigma_{org}(x_1, y_1)$,将 $\{CM_{dis}(x, y)\}$ 中坐标位置为 (x_1, y_1) 的像素点的均值和标准差分别记为

$$\mu_{\text{dis}}(x_1, y_1) \text{ 和 } \sigma_{\text{dis}}(x_1, y_1), \mu_{\text{org}}(x_1, y_1) = \frac{\sum_{(x_1, y_1) \in N(x_1, y_1)} CM_{\text{org}}(x_1, y_1)}{M},$$

$$\sigma_{\text{org}}(x_1, y_1) = \sqrt{\frac{\sum_{(x_1, y_1) \in N(x_1, y_1)} (CM_{\text{org}}(x_1, y_1) - \mu_{\text{org}}(x_1, y_1))^2}{M}},$$

$$\mu_{\text{dis}}(x_1, y_1) = \frac{\sum_{(x_1, y_1) \in N(x_1, y_1)} CM_{\text{dis}}(x_1, y_1)}{M},$$

$$\sigma_{\text{dis}}(x_1, y_1) = \sqrt{\frac{\sum_{(x_1, y_1) \in N(x_1, y_1)} (CM_{\text{dis}}(x_1, y_1) - \mu_{\text{dis}}(x_1, y_1))^2}{M}}, \text{ 其中, } 1 \leq x_1 \leq W, 1 \leq y_1 \leq H, N(x_1, y_1)$$

表示以坐标位置为 (x_1, y_1) 的像素点为中心的 8×8 邻域窗口, M 表示 $N(x_1, y_1)$ 内的像素点的个数, $CM_{\text{org}}(x_1, y_1)$ 表示 $\{CM_{\text{org}}(x, y)\}$ 中坐标位置为 (x_1, y_1) 的像素点的像素值, $CM_{\text{dis}}(x_1, y_1)$ 表示 $\{CM_{\text{dis}}(x, y)\}$ 中坐标位置为 (x_1, y_1) 的像素点的像素值;

[0025] ③-2、根据 $\{CM_{\text{org}}(x, y)\}$ 和 $\{CM_{\text{dis}}(x, y)\}$ 中的每个像素点的均值和标准差, 计算 $\{CM_{\text{dis}}(x, y)\}$ 中的每个像素点的客观评价度量值, 将 $\{CM_{\text{dis}}(x, y)\}$ 中坐标位置为 (x_1, y_1) 的像素点的客观评价度量值记为 $Q_{\text{image}}(x_1, y_1)$,

$$Q_{\text{image}}(x_1, y_1) = \frac{4 \times (\mu_{\text{org}}(x_1, y_1) \times \mu_{\text{dis}}(x_1, y_1)) \times (\sigma_{\text{org}}(x_1, y_1) \times \sigma_{\text{dis}}(x_1, y_1)) + C}{(\mu_{\text{org}}(x_1, y_1)^2 + \mu_{\text{dis}}(x_1, y_1)^2) \times (\sigma_{\text{org}}(x_1, y_1)^2 + \sigma_{\text{dis}}(x_1, y_1)^2) + C}, \text{ 其中, } C \text{ 为控制参}$$

数。

[0026] 所述的步骤④的具体过程为:

[0027] ④-1、对 $\{CM_{\text{org}}(x, y)\}$ 进行离散傅立叶变换, 得到 $\{CM_{\text{org}}(x, y)\}$ 的振幅和相位, 分别记为 $\{M_{\text{org}}(u, v)\}$ 和 $\{A_{\text{org}}(u, v)\}$, 其中, u 表示变换域的振幅或相位的宽度, v 表示变换域的振幅或相位的高度, $1 \leq u \leq W, 1 \leq v \leq H, M_{\text{org}}(u, v)$ 表示 $\{M_{\text{org}}(u, v)\}$ 中坐标位置为 (u, v) 的像素点的振幅值, $A_{\text{org}}(u, v)$ 表示 $\{A_{\text{org}}(u, v)\}$ 中坐标位置为 (u, v) 的像素点的相位值;

[0028] ④-2、计算 $\{M_{\text{org}}(u, v)\}$ 的高频分量的振幅, 记为 $\{R_{\text{org}}(u, v)\}$, 将 $\{R_{\text{org}}(u, v)\}$ 中坐标位置为 (u, v) 的像素点的高频分量的振幅值记为 $R_{\text{org}}(u, v), R_{\text{org}}(u, v) = \log(M_{\text{org}}(u, v)) - h_m(u, v) * \log(M_{\text{org}}(u, v))$, 其中, $\log()$ 为以 e 为底的对数函数, $e = 2.718281828$, “*” 为卷积操作符号, $h_m(u, v)$ 表示 $m \times m$ 的均值滤波;

[0029] ④-3、根据 $\{R_{\text{org}}(u, v)\}$ 和 $\{A_{\text{org}}(u, v)\}$ 进行离散傅立叶反变换, 将获得的反变换图像作为 $\{CM_{\text{org}}(x, y)\}$ 的显著图, 记为 $\{SM_{\text{org}}(x, y)\}$, 其中, $SM_{\text{org}}(x, y)$ 表示 $\{SM_{\text{org}}(x, y)\}$ 中坐标位置为 (x, y) 的像素点的像素值;

[0030] ④-4、按照步骤④-1至步骤④-3获取 $\{CM_{\text{org}}(x, y)\}$ 的显著图的操作, 以相同的方式获取 $\{CM_{\text{dis}}(x, y)\}$ 的显著图, 记为 $\{SM_{\text{dis}}(x, y)\}$, 其中, $SM_{\text{dis}}(x, y)$ 表示 $\{SM_{\text{dis}}(x, y)\}$ 中坐标位置为 (x, y) 的像素点的像素值。

[0031] 与现有技术相比, 本发明的优点在于:

[0032] 1) 本发明方法通过分别计算原始的无失真的立体图像的独眼图和待评价的失真的立体图像的独眼图, 并直接对失真的立体图像的独眼图进行评价, 这样能够有效地对双目立体融合过程进行模拟, 避免了对左视点图像和右视点图像的客观评价度量值进行线性

加权的過程。

[0033] 2) 本發明方法通過計算原始的無失真的立體圖像的獨眼圖和待評價的失真的立體圖像的獨眼圖的顯著圖及兩個獨眼圖之間的失真圖，並對待評價的失真的立體圖像的獨眼圖中的每個像素點的客觀評價度量值進行融合，可使得評價結果更加感覺符合人類視覺系統，從而有效地提高了客觀評價結果與主觀感知的相关性。

附图說明

- [0034] 圖 1 為本發明方法的總體實現框圖；
- [0035] 圖 2a 為 Akko (尺寸為 640×480) 立體圖像的左視點圖像；
- [0036] 圖 2b 為 Akko (尺寸為 640×480) 立體圖像的右視點圖像；
- [0037] 圖 3a 為 Altmoabit (尺寸為 1024×768) 立體圖像的左視點圖像；
- [0038] 圖 3b 為 Altmoabit (尺寸為 1024×768) 立體圖像的右視點圖像；
- [0039] 圖 4a 為 Balloons (尺寸為 1024×768) 立體圖像的左視點圖像；
- [0040] 圖 4b 為 Balloons (尺寸為 1024×768) 立體圖像的右視點圖像；
- [0041] 圖 5a 為 Doorflower (尺寸為 1024×768) 立體圖像的左視點圖像；
- [0042] 圖 5b 為 Doorflower (尺寸為 1024×768) 立體圖像的右視點圖像；
- [0043] 圖 6a 為 Kendo (尺寸為 1024×768) 立體圖像的左視點圖像；
- [0044] 圖 6b 為 Kendo (尺寸為 1024×768) 立體圖像的右視點圖像；
- [0045] 圖 7a 為 LeaveLaptop (尺寸為 1024×768) 立體圖像的左視點圖像；
- [0046] 圖 7b 為 LeaveLaptop (尺寸為 1024×768) 立體圖像的右視點圖像；
- [0047] 圖 8a 為 Lovebierd1 (尺寸為 1024×768) 立體圖像的左視點圖像；
- [0048] 圖 8b 為 Lovebierd1 (尺寸為 1024×768) 立體圖像的右視點圖像；
- [0049] 圖 9a 為 Newspaper (尺寸為 1024×768) 立體圖像的左視點圖像；
- [0050] 圖 9b 為 Newspaper (尺寸為 1024×768) 立體圖像的右視點圖像；
- [0051] 圖 10a 為 Puppy (尺寸為 720×480) 立體圖像的左視點圖像；
- [0052] 圖 10b 為 Puppy (尺寸為 720×480) 立體圖像的右視點圖像；
- [0053] 圖 11a 為 Soccer2 (尺寸為 720×480) 立體圖像的左視點圖像；
- [0054] 圖 11b 為 Soccer2 (尺寸為 720×480) 立體圖像的右視點圖像；
- [0055] 圖 12a 為 Horse (尺寸為 720×480) 立體圖像的左視點圖像；
- [0056] 圖 12b 為 Horse (尺寸為 720×480) 立體圖像的右視點圖像；
- [0057] 圖 13a 為 Xmas (尺寸為 640×480) 立體圖像的左視點圖像；
- [0058] 圖 13b 為 Xmas (尺寸為 640×480) 立體圖像的右視點圖像；
- [0059] 圖 14 為失真立體圖像集合中的各幅失真的立體圖像的圖像質量客觀評價預測值與平均主觀評分差值的散點圖。

具體實施方式

[0060] 以下結合附图實施例對本發明作進一步詳細描述。

[0061] 本發明提出的一種基於特征融合的立體圖像質量客觀評價方法，其總體實現框圖如圖 1 所示，其處理過程為：首先，根據原始的無失真的立體圖像的左視點圖像和右視點圖

像中的每个像素点在不同尺度和方向的偶对称频率响应和奇对称频率响应,及原始的无失真的立体图像的左视点图像和右视点图像之间的失真图像,获得原始的无失真的立体图像的独眼图;根据待评价的失真的立体图像的左视点图像和右视点图像中的每个像素点在不同尺度和方向的偶对称频率响应和奇对称频率响应,及原始的无失真的立体图像的左视点图像和右视点图像之间的失真图像,获得待评价的失真的立体图像的独眼图;其次,根据两个独眼图中的每个像素点的均值和标准差,获得待评价的失真的立体图像的独眼图中的每个像素点的客观评价度量值;再次,根据原始的无失真的立体图像的独眼图的振幅和相位,获得对应的显著图;根据待评价的失真的立体图像的独眼图的振幅和相位,获得对应的显著图;然后,根据两个显著图及两个独眼图之间的失真图,对待评价的失真的立体图像的独眼图中的每个像素点的客观评价度量值进行融合,得到待评价的失真的立体图像的质量客观评价预测值;最后,按照上述处理过程获取多幅不同失真类型不同失真程度的失真的立体图像的质量客观评价预测值。

[0062] 本发明方法具体包括以下步骤:

[0063] ①令 S_{org} 为原始的无失真的立体图像,令 S_{dis} 为待评价的失真的立体图像,将 S_{org} 的左视点图像记为 $\{L_{org}(x, y)\}$,将 S_{org} 的右视点图像记为 $\{R_{org}(x, y)\}$,将 S_{dis} 的左视点图像记为 $\{L_{dis}(x, y)\}$,将 S_{dis} 的右视点图像记为 $\{R_{dis}(x, y)\}$,其中,此处 (x, y) 表示左视点图像和右视点图像中的像素点的坐标位置, $1 \leq x \leq W$, $1 \leq y \leq H$, W 表示左视点图像和右视点图像的宽度, H 表示左视点图像和右视点图像的高度, $L_{org}(x, y)$ 表示 $\{L_{org}(x, y)\}$ 中坐标位置为 (x, y) 的像素点的像素值, $R_{org}(x, y)$ 表示 $\{R_{org}(x, y)\}$ 中坐标位置为 (x, y) 的像素点的像素值, $L_{dis}(x, y)$ 表示 $\{L_{dis}(x, y)\}$ 中坐标位置为 (x, y) 的像素点的像素值, $R_{dis}(x, y)$ 表示 $\{R_{dis}(x, y)\}$ 中坐标位置为 (x, y) 的像素点的像素值。

[0064] ②根据 $\{L_{org}(x, y)\}$ 、 $\{R_{org}(x, y)\}$ 、 $\{L_{dis}(x, y)\}$ 、 $\{R_{dis}(x, y)\}$ 中的每个像素点在不同尺度和方向的偶对称频率响应和奇对称频率响应,对应获取 $\{L_{org}(x, y)\}$ 、 $\{R_{org}(x, y)\}$ 、 $\{L_{dis}(x, y)\}$ 、 $\{R_{dis}(x, y)\}$ 中的每个像素点的振幅,然后根据 $\{L_{org}(x, y)\}$ 和 $\{R_{org}(x, y)\}$ 中的每个像素点的振幅及 $\{L_{org}(x, y)\}$ 与 $\{R_{org}(x, y)\}$ 之间的视差图像中的每个像素点的像素值,计算 S_{org} 的独眼图(cyclopean map),记为 $\{CM_{org}(x, y)\}$,并根据 $\{L_{dis}(x, y)\}$ 和 $\{R_{dis}(x, y)\}$ 中的每个像素点的振幅及 $\{L_{org}(x, y)\}$ 与 $\{R_{org}(x, y)\}$ 之间的视差图像中的每个像素点的像素值,计算 S_{dis} 的独眼图,记为 $\{CM_{dis}(x, y)\}$,其中, $CM_{org}(x, y)$ 表示 $\{CM_{org}(x, y)\}$ 中坐标位置为 (x, y) 的像素点的像素值, $CM_{dis}(x, y)$ 表示 $\{CM_{dis}(x, y)\}$ 中坐标位置为 (x, y) 的像素点的像素值。

[0065] 在本实施例中,步骤②的具体过程为:

[0066] ②-1、对 $\{L_{org}(x, y)\}$ 进行滤波处理,得到 $\{L_{org}(x, y)\}$ 中的每个像素点在不同尺度和方向的偶对称频率响应和奇对称频率响应,将 $\{L_{org}(x, y)\}$ 中坐标位置为 (x, y) 的像素点在不同尺度和方向的偶对称频率响应记为 $e_{\alpha, \theta}(x, y)$,将 $\{L_{org}(x, y)\}$ 中坐标位置为 (x, y) 的像素点在不同尺度和方向的奇对称频率响应记为 $o_{\alpha, \theta}(x, y)$,其中, α 表示滤波所采用的滤波器的尺度因子, $1 \leq \alpha \leq 4$, θ 表示滤波所采用的滤波器的方向因子, $1 \leq \theta \leq 4$ 。

[0067] 在此,对 $\{L_{org}(x, y)\}$ 进行滤波处理采用的滤波器为 log-Gabor 滤波器。

[0068] ②-2、根据 $\{L_{org}(x, y)\}$ 中的每个像素点在不同尺度和方向的偶对称频率响应和奇对称频率响应,计算 $\{L_{org}(x, y)\}$ 中的每个像素点的振幅,将 $\{L_{org}(x, y)\}$ 中坐标位置为

(x, y) 的像素点的振幅记为 $GE_{org}^L(x, y)$, $GE_{org}^L(x, y) = \sum_{\theta=1}^4 \sum_{\alpha=1}^4 \sqrt{e_{\alpha, \theta}(x, y)^2 + o_{\alpha, \theta}(x, y)^2}$ 。

[0069] ②-3、按照步骤②-1至步骤②-2获取 $\{L_{org}(x, y)\}$ 中的每个像素点的振幅的操作, 以相同的方式获取 $\{R_{org}(x, y)\}$ 、 $\{L_{dis}(x, y)\}$ 和 $\{R_{dis}(x, y)\}$ 中的每个像素点的振幅, 将 $\{R_{org}(x, y)\}$ 中坐标位置为 (x, y) 的像素点的振幅记为 $GE_{org}^R(x, y)$, 将 $\{L_{dis}(x, y)\}$ 中坐标位置为 (x, y) 的像素点的振幅记为 $GE_{dis}^L(x, y)$, 将 $\{R_{dis}(x, y)\}$ 中坐标位置为 (x, y) 的像素点的振幅记为 $GE_{dis}^R(x, y)$ 。如获取 $\{L_{dis}(x, y)\}$ 中的每个像素点的振幅的操作过程为: 1) 对 $\{L_{dis}(x, y)\}$ 进行滤波处理, 得到 $\{L_{dis}(x, y)\}$ 中的每个像素点在不同尺度和方向的偶对称频率响应和奇对称频率响应, 将 $\{L_{dis}(x, y)\}$ 中坐标位置为 (x, y) 的像素点在不同尺度和方向的偶对称频率响应记为 $e_{\alpha, \theta}'(x, y)$, 将 $\{L_{dis}(x, y)\}$ 中坐标位置为 (x, y) 的像素点在不同尺度和方向的奇对称频率响应记为 $o_{\alpha, \theta}'(x, y)$, 其中, α 表示滤波所采用的滤波器的尺度因子, $1 \leq \alpha \leq 4$, θ 表示滤波所采用的滤波器的方向因子, $1 \leq \theta \leq 4$; 2) 根据 $\{L_{dis}(x, y)\}$ 中的每个像素点在不同尺度和方向的偶对称频率响应和奇对称频率响应, 计算 $\{L_{dis}(x, y)\}$ 中的每个像素点的振幅, 将 $\{L_{dis}(x, y)\}$ 中坐标位置为 (x, y) 的像素点的振幅记为 $GE_{dis}^L(x, y)$,

$$GE_{dis}^L(x, y) = \sum_{\theta=1}^4 \sum_{\alpha=1}^4 \sqrt{e_{\alpha, \theta}'(x, y)^2 + o_{\alpha, \theta}'(x, y)^2}。$$

[0070] ②-4、采用块匹配法计算 $\{L_{org}(x, y)\}$ 与 $\{R_{org}(x, y)\}$ 之间的视差图像, 记为 $\{d_{org}^L(x, y)\}$, 其中, $d_{org}^L(x, y)$ 表示 $\{d_{org}^L(x, y)\}$ 中坐标位置为 (x, y) 的像素点的像素值。

[0071] ②-5、根据 $\{L_{org}(x, y)\}$ 和 $\{R_{org}(x, y)\}$ 中的每个像素点的振幅及 $\{d_{org}^L(x, y)\}$ 中的每个像素点的像素值, 计算 S_{org} 的独眼图, 记为 $\{CM_{org}(x, y)\}$, 将 $\{CM_{org}(x, y)\}$ 中坐标位置为 (x, y) 的像素点的像素值记为 $CM_{org}(x, y)$,

$$CM_{org}(x, y) = \frac{GE_{org}^L(x, y) \times L_{org}(x, y) + GE_{org}^R(x - d_{org}^L(x, y), y) \times R_{org}(x - d_{org}^L(x, y), y)}{GE_{org}^L(x, y) + GE_{org}^R(x - d_{org}^L(x, y), y)},$$
 其中,

$GE_{org}^R(x - d_{org}^L(x, y), y)$ 表示 $\{R_{org}(x, y)\}$ 中坐标位置为 $(x - d_{org}^L(x, y), y)$ 的像素点的振幅, $R_{org}(x - d_{org}^L(x, y), y)$ 表示 $\{R_{org}(x, y)\}$ 中坐标位置为 $(x - d_{org}^L(x, y), y)$ 的像素点的像素值。

[0072] ②-6、根据 $\{L_{dis}(x, y)\}$ 和 $\{R_{dis}(x, y)\}$ 中的每个像素点的振幅及 $\{d_{org}^L(x, y)\}$ 中的每个像素点的像素值, 计算 S_{dis} 的独眼图, 记为 $\{CM_{dis}(x, y)\}$, 将 $\{CM_{dis}(x, y)\}$ 中坐标位置为 (x, y) 的像素点的像素值记为 $CM_{dis}(x, y)$,

$$CM_{dis}(x, y) = \frac{GE_{dis}^L(x, y) \times L_{dis}(x, y) + GE_{dis}^R(x - d_{org}^L(x, y), y) \times R_{dis}(x - d_{org}^L(x, y), y)}{GE_{dis}^L(x, y) + GE_{dis}^R(x - d_{org}^L(x, y), y)},$$
 其中,

$GE_{dis}^R(x - d_{org}^L(x, y), y)$ 表示 $\{R_{dis}(x, y)\}$ 中坐标位置为 $(x - d_{org}^L(x, y), y)$ 的像素点的振幅, $R_{dis}(x - d_{org}^L(x, y), y)$ 表示 $\{R_{dis}(x, y)\}$ 中坐标位置为 $(x - d_{org}^L(x, y), y)$ 的像素点的像素值。

[0073] ③根据 $\{CM_{org}(x, y)\}$ 和 $\{CM_{dis}(x, y)\}$ 中的每个像素点的均值和标准差, 计算 $\{CM_{dis}(x, y)\}$ 中的每个像素点的客观评价度量值, 将 $\{CM_{dis}(x, y)\}$ 中坐标位置为 (x, y) 的像素点的客观评价度量值记为 $Q_{imsge}(x, y)$, 将 $\{CM_{dis}(x, y)\}$ 中的所有像素点的客观评价度量值用集合表示为 $\{Q_{image}(x, y)\}$ 。

[0074] 在本实施例中, 步骤③的具体过程为:

[0075] ③-1、计算 $\{CM_{org}(x, y)\}$ 和 $\{CM_{dis}(x, y)\}$ 中的每个像素点的均值和标准差, 将 $\{CM_{org}(x, y)\}$ 中坐标位置为 (x_1, y_1) 的像素点的均值和标准差分别记为 $\mu_{org}(x_1, y_1)$ 和 $\sigma_{org}(x_1, y_1)$, 将 $\{CM_{dis}(x, y)\}$ 中坐标位置为 (x_1, y_1) 的像素点的均值和标准差分别记为

$$\mu_{dis}(x_1, y_1) \text{ 和 } \sigma_{dis}(x_1, y_1), \mu_{org}(x_1, y_1) = \frac{\sum_{(x_1, y_1) \in N(x_1, y_1)} CM_{org}(x_1, y_1)}{M},$$

$$\sigma_{org}(x_1, y_1) = \sqrt{\frac{\sum_{(x_1, y_1) \in N(x_1, y_1)} (CM_{org}(x_1, y_1) - \mu_{org}(x_1, y_1))^2}{M}},$$

$$\mu_{dis}(x_1, y_1) = \frac{\sum_{(x_1, y_1) \in N(x_1, y_1)} CM_{dis}(x_1, y_1)}{M},$$

$$\sigma_{dis}(x_1, y_1) = \sqrt{\frac{\sum_{(x_1, y_1) \in N(x_1, y_1)} (CM_{dis}(x_1, y_1) - \mu_{dis}(x_1, y_1))^2}{M}}, \text{ 其中, } 1 \leq x_1 \leq W, 1 \leq y_1 \leq H, N(x_1, y_1)$$

表示以坐标位置为 (x_1, y_1) 的像素点为中心的 8×8 邻域窗口, M 表示 $N(x_1, y_1)$ 内的像素点的个数, $CM_{org}(x_1, y_1)$ 表示 $\{CM_{org}(x, y)\}$ 中坐标位置为 (x_1, y_1) 的像素点的像素值, $CM_{dis}(x_1, y_1)$ 表示 $\{CM_{dis}(x, y)\}$ 中坐标位置为 (x_1, y_1) 的像素点的像素值。

[0076] ③-2、根据 $\{CM_{org}(x, y)\}$ 和 $\{CM_{dis}(x, y)\}$ 中的每个像素点的均值和标准差, 计算 $\{CM_{dis}(x, y)\}$ 中的每个像素点的客观评价度量值, 将 $\{CM_{dis}(x, y)\}$ 中坐标位置为 (x_1, y_1) 的像素点的客观评价度量值记为 $Q_{image}(x_1, y_1)$,

$$Q_{image}(x_1, y_1) = \frac{4 \times (\mu_{org}(x_1, y_1) \times \mu_{dis}(x_1, y_1)) \times (\sigma_{org}(x_1, y_1) \times \sigma_{dis}(x_1, y_1)) + C}{(\mu_{org}(x_1, y_1)^2 + \mu_{dis}(x_1, y_1)^2) \times (\sigma_{org}(x_1, y_1)^2 + \sigma_{dis}(x_1, y_1)^2) + C}, \text{ 其中, } C \text{ 为控制参}$$

数, 在本实施例中, 取 $C=0.01$ 。

[0077] ④根据 $\{CM_{org}(x, y)\}$ 的光谱冗余特性, 即根据 $\{CM_{org}(x, y)\}$ 的振幅和相位, 计算 $\{CM_{org}(x, y)\}$ 的显著图 (saliency map), 记为 $\{SM_{org}(x, y)\}$, 并根据 $\{CM_{dis}(x, y)\}$ 的光谱冗余特性, 即根据 $\{CM_{dis}(x, y)\}$ 的振幅和相位, 计算 $\{CM_{dis}(x, y)\}$ 的显著图, 记为 $\{SM_{dis}(x, y)\}$, 其中, $SM_{org}(x, y)$ 表示 $\{SM_{org}(x, y)\}$ 中坐标位置为 (x, y) 的像素点的像素值, $SM_{dis}(x, y)$ 表示 $\{SM_{dis}(x, y)\}$ 中坐标位置为 (x, y) 的像素点的像素值。

[0078] 在本实施例中, 步骤④的具体过程为:

[0079] ④-1、对 $\{CM_{org}(x, y)\}$ 进行离散傅立叶变换, 得到 $\{CM_{org}(x, y)\}$ 的振幅和相位, 分别记为 $\{M_{org}(u, v)\}$ 和 $\{A_{org}(u, v)\}$, 其中, u 表示变换域的振幅或相位的宽度, v 表示变换域的振幅或相位的高度, $1 \leq u \leq W, 1 \leq v \leq H, M_{org}(u, v)$ 表示 $\{M_{org}(u, v)\}$ 中坐标位置为 (u, v) 的像素点的振幅值, $A_{org}(u, v)$ 表示 $\{A_{org}(u, v)\}$ 中坐标位置为 (u, v) 的像素点的相位值。

[0080] ④-2、计算 $\{M_{org}(u, v)\}$ 的高频分量的振幅, 记为 $\{R_{org}(u, v)\}$, 将 $\{R_{org}(u, v)\}$ 中坐标位置为 (u, v) 的像素点的高频分量的振幅值记为 $R_{org}(u, v)$, $R_{org}(u, v) = \log(M_{org}(u, v)) - h_m(u, v) * \log(M_{org}(u, v))$, 其中, $\log()$ 为以 e 为底的对数函数, $e=2.718281828$, “*” 为卷积操作符号, $h_m(u, v)$ 表示 $m \times m$ 的均值滤波, 在本实施例中, 取 $m=3$ 。

[0081] ④-3、根据 $\{R_{org}(u, v)\}$ 和 $\{A_{org}(u, v)\}$ 进行离散傅立叶反变换, 将获得的反变换图像作为 $\{CM_{org}(x, y)\}$ 的显著图, 记为 $\{SM_{org}(x, y)\}$, 其中, $SM_{org}(x, y)$ 表示 $\{SM_{org}(x, y)\}$ 中坐

标位置为 (x, y) 的像素点的像素值。

[0082] ④-4、按照步骤④-1至步骤④-3获取 $\{CM_{org}(x, y)\}$ 的显著图的操作,以相同的方式获取 $\{CM_{dis}(x, y)\}$ 的显著图,记为 $\{SM_{dis}(x, y)\}$,其中, $SM_{dis}(x, y)$ 表示 $\{SM_{dis}(x, y)\}$ 中坐标位置为 (x, y) 的像素点的像素值。

[0083] ⑤计算 $\{CM_{org}(x, y)\}$ 与 $\{CM_{dis}(x, y)\}$ 之间的失真图(distortion map),记为 $\{DM(x, y)\}$,将 $\{DM(x, y)\}$ 中坐标位置为 (x, y) 的像素点的像素值记为 $DM(x, y)$, $DM(x, y) = (CM_{org}(x, y) - CM_{dis}(x, y))^2$ 。

[0084] ⑥根据 $\{SM_{org}(x, y)\}$ 和 $\{SM_{dis}(x, y)\}$ 及 $\{DM(x, y)\}$,对 $\{CM_{dis}(x, y)\}$ 中的每个像素点的客观评价度量值进行融合,得到 S_{dis} 的图像质量客观评价预测值,记为 Q ,

$$Q = \left[\frac{\sum_{(x,y) \in \Omega} Q_{image}(x, y) \times SM(x, y)}{\sum_{(x,y) \in \Omega} SM(x, y)} \right]^\gamma \times \left[\frac{\sum_{(x,y) \in \Omega} Q_{image}(x, y) \times DM(x, y)}{\sum_{(x,y) \in \Omega} DM(x, y)} \right]^\beta, \text{其中, } \Omega \text{ 表示像素域范围,}$$

$SM(x, y) = \max(SM_{org}(x, y), SM_{dis}(x, y))$, $\max()$ 为取最大值函数, γ 和 β 为权重系数,在本实施例中,取 $\gamma = 1.601$, $\beta = 0.501$ 。

[0085] ⑦采用 n 幅原始的无失真的立体图像,建立其在不同失真类型不同失真程度下的失真立体图像集合,该失真立体图像集合包括多幅失真的立体图像,利用主观质量评价方法分别获取失真立体图像集合中每幅失真的立体图像的平均主观评分差值,记为 $DMOS$, $DMOS = 100 - MOS$,其中, MOS 表示主观评分均值, $DMOS \in [0, 100]$, $n \geq 1$ 。

[0086] 在本实施例中,利用如图 2a 和图 2b 构成的立体图像、图 3a 和图 3b 构成的立体图像、图 4a 和图 4b 构成的立体图像、图 5a 和图 5b 构成的立体图像、图 6a 和图 6b 构成的立体图像、图 7a 和图 7b 构成的立体图像、图 8a 和图 8b 构成的立体图像、图 9a 和图 9b 构成的立体图像、图 10a 和图 10b 构成的立体图像、图 11a 和图 11b 构成的立体图像、图 12a 和图 12b 构成的立体图像、图 13a 和图 13b 构成的立体图像共 12 幅 ($n=12$) 无失真的立体图像建立了其在不同失真类型不同失真程度下的失真立体图像集合,该失真立体图像集合共包括 4 种失真类型的 252 幅失真的立体图像,其中 JPEG 压缩的失真的立体图像共 60 幅, JPEG2000 压缩的失真的立体图像共 60 幅,高斯模糊(Gaussian Blur)的失真的立体图像共 60 幅, H. 264 编码的失真的立体图像共 72 幅。

[0087] ⑧按照步骤①至步骤⑥计算 S_{dis} 的图像质量客观评价预测值的操作,分别计算失真立体图像集合中每幅失真的立体图像的图像质量客观评价预测值。

[0088] 采用图 2a 至图 13b 所示的 12 幅无失真的立体图像在不同程度的 JPEG 压缩、JPEG2000 压缩、高斯模糊和 H. 264 编码失真情况下的 252 幅失真的立体图像来分析本实施例得到的失真的立体图像的图像质量客观评价预测值与平均主观评分差值之间的相关性。这里,利用评估图像质量评价方法的 4 个常用客观参量作为评价指标,即非线性回归条件下的 Pearson 相关系数(Pearson linear correlation coefficient, PLCC)、Spearman 相关系数(Spearman rank order correlation coefficient, SROCC), Kendall 相关系数(Kendall rank-order correlation coefficient, KROCC),均方误差(root mean squared error, RMSE), PLCC 和 RMSE 反映失真的立体图像评价客观模型的准确性, SROCC 和 KROCC 反映其单调性。将按本发明方法计算得到的失真的立体图像的图像质量客观评价预测值做五参数 Logistic 函数非线性拟合, PLCC、SROCC 和 KROCC 值越高, RMSE 值越低说明客观评价

方法与平均主观评分差值相关性越好。将分别采用本发明方法与不采用本发明方法得到失真的立体图像的图像质量客观评价预测值与主观评分之间的 Pearson 相关系数、Spearman 相关系数、Kendall 相关系数和均方误差进行比较,比较结果如表 1、表 2、表 3 和表 4 所示,从表 1、表 2、表 3 和表 4 中可以看出,采用本发明方法得到的失真的立体图像的最终的图像质量客观评价预测值与平均主观评分差值之间的相关性是很高的,表明客观评价结果与人眼主观感知的结果较为一致,足以说明本发明方法的有效性。

[0089] 图 14 给出了失真立体图像集合中的各幅失真的立体图像的图像质量客观评价预测值与平均主观评分差值的散点图,散点越集中,说明客观评价结果与主观感知的一致性越好。从图 14 中可以看出,采用本发明方法得到的散点图比较集中,与主观评价数据之间的吻合度较高。

[0090] 表 1 利用本发明方法与不利用本发明方法得到的失真的立体图像的图像质量客观评价预测值与主观评分之间的 Pearson 相关系数比较

[0091]

| 失真类型 | JPEG 压缩 | JPEG2000 压缩 | 高斯模糊 | 白噪声 | H.264 编码 | 所有失真 |
|----------|---------|-------------|--------|--------|----------|--------|
| 不利用本发明方法 | 0.8909 | 0.8716 | 0.9474 | 0.9570 | 0.9004 | 0.8990 |
| 利用本发明方法 | 0.9320 | 0.9608 | 0.9794 | 0.9616 | 0.9690 | 0.9209 |

[0092] 表 2 利用本发明方法与不利用本发明方法得到的失真的立体图像的图像质量客观评价预测值与主观评分之间的 Spearman 相关系数比较

[0093]

| 失真类型 | JPEG 压缩 | JPEG2000 压缩 | 高斯模糊 | 白噪声 | H.264 编码 | 所有失真 |
|----------|---------|-------------|--------|--------|----------|--------|
| 不利用本发明方法 | 0.9039 | 0.9054 | 0.9487 | 0.9585 | 0.9243 | 0.9154 |
| 利用本发明方法 | 0.9320 | 0.9608 | 0.9794 | 0.9616 | 0.9690 | 0.9269 |

[0094] 表 3 利用本发明方法与不利用本发明方法得到的失真的立体图像的图像质量客观评价预测值与主观评分之间的 Kendall 相关系数比较

[0095]

| 失真类型 | JPEG 压缩 | JPEG2000 压缩 | 高斯模糊 | 白噪声 | H.264 编码 | 所有失真 |
|----------|---------|-------------|--------|--------|----------|--------|
| 不利用本发明方法 | 0.7488 | 0.7352 | 0.8144 | 0.8231 | 0.7617 | 0.7393 |
| 利用本发明方法 | 0.7832 | 0.8404 | 0.8722 | 0.8465 | 0.7643 | 0.7643 |

[0096] 表 4 利用本发明方法与不利用本发明方法得到的失真的立体图像的图像质量客观评价预测值与主观评分之间的均方误差比较

[0097]

| 失真类型 | JPEG 压缩 | JPEG2000 压缩 | 高斯模糊 | 白噪声 | H.264 编码 | 所有失真 |
|----------|---------|-------------|--------|--------|----------|--------|
| 不利用本发明方法 | 6.4704 | 5.8758 | 6.7524 | 4.5336 | 6.1057 | 7.5243 |
| 利用本发明方法 | 5.0296 | 3.0948 | 4.0019 | 4.1125 | 3.1523 | 6.3482 |

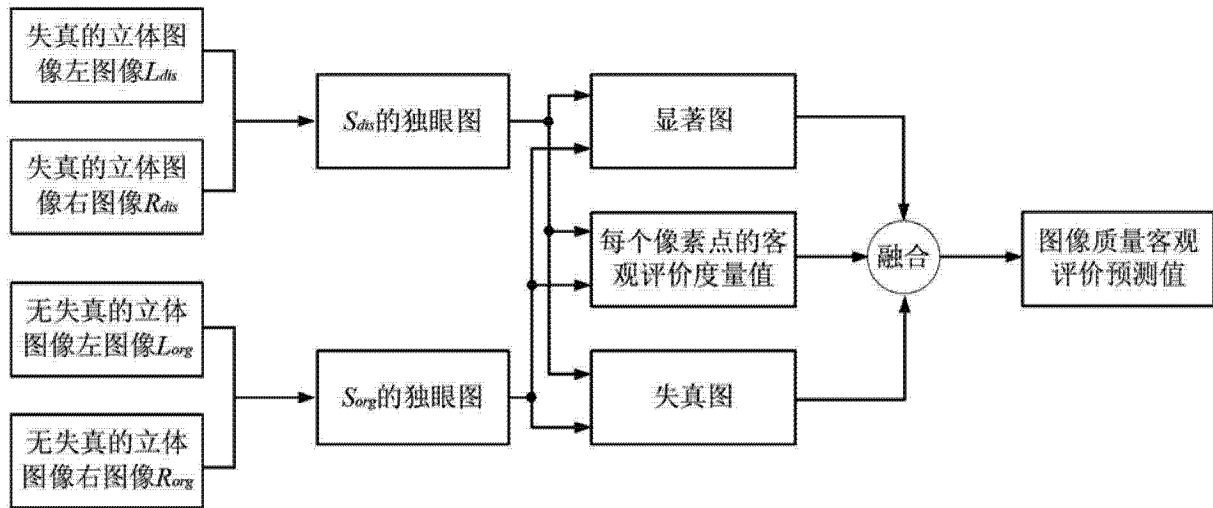


图 1



图 2a



图 2b



图 3a



图 3b

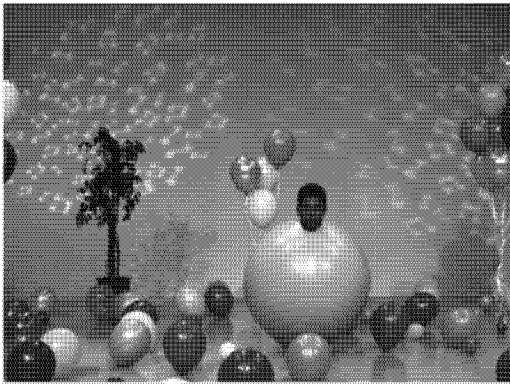


图 4a

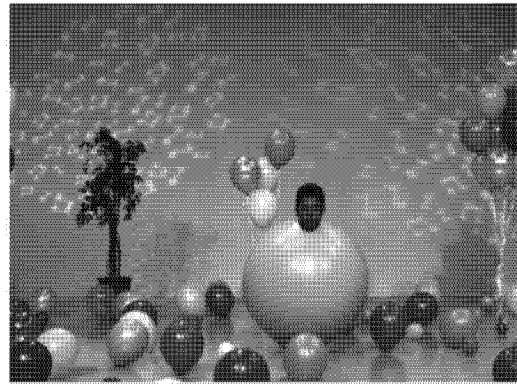


图 4b

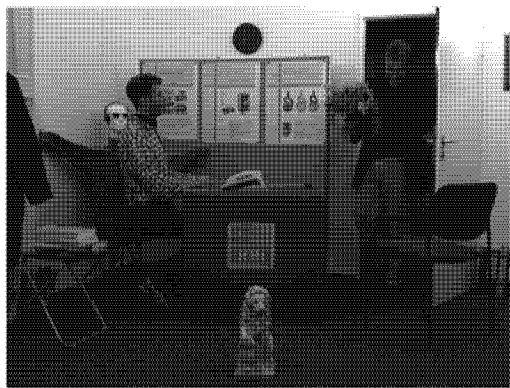


图 5a

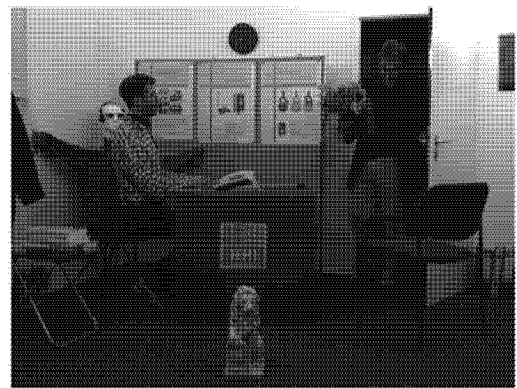


图 5b

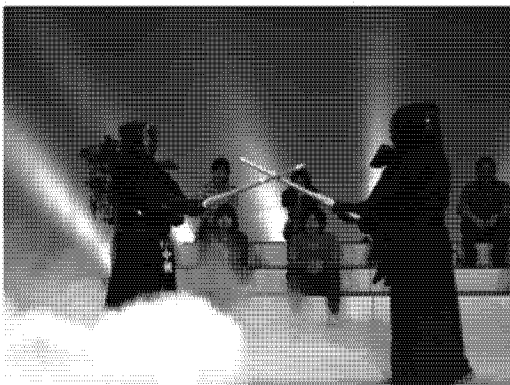


图 6a



图 6b

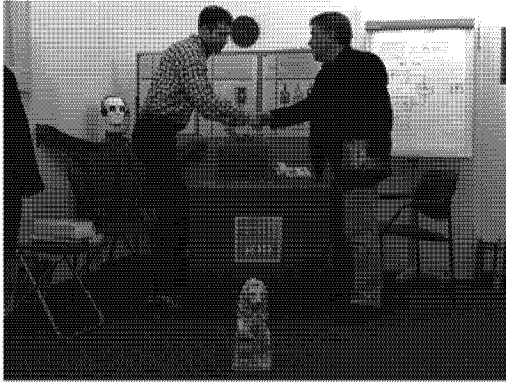


图 7a

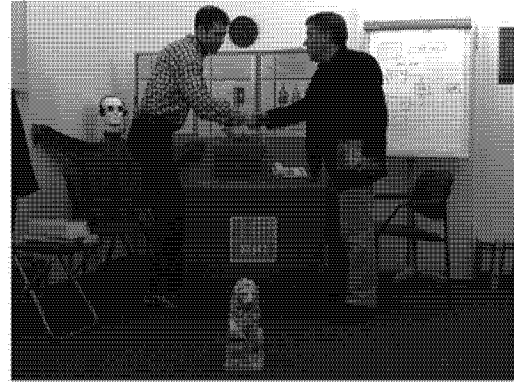


图 7b



图 8a



图 8b



图 9a



图 9b

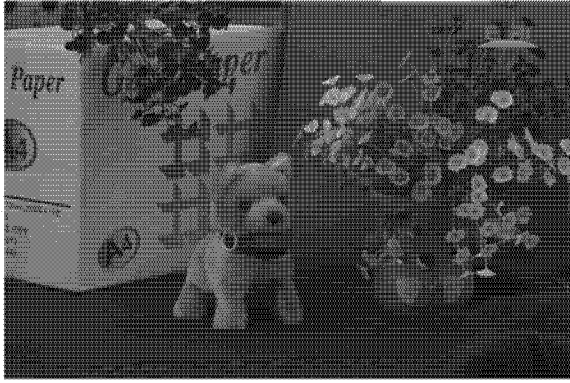


图 10a

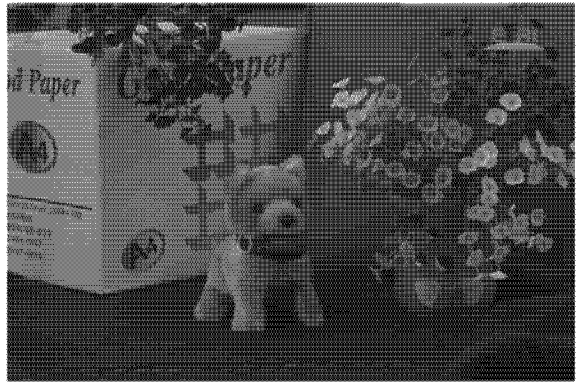


图 10b



图 11a



图 11b



图 12a



图 12b

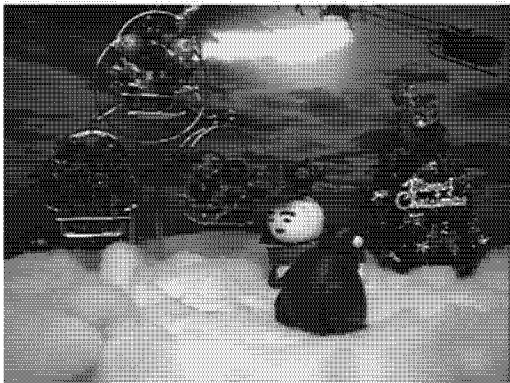


图 13a

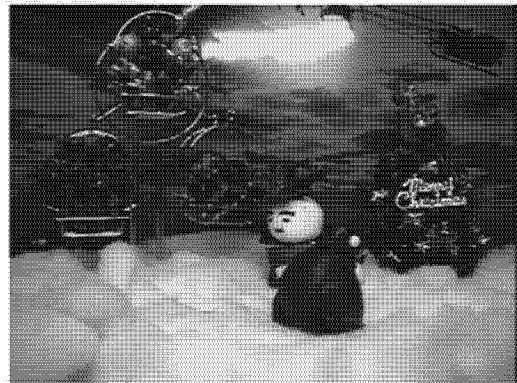


图 13b

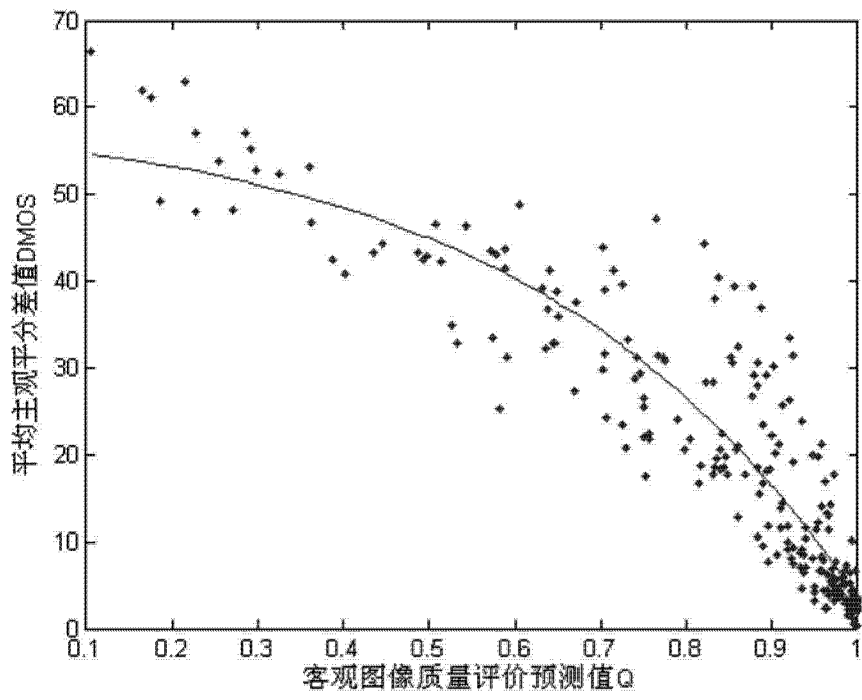


图 14