

文章编号: 2096-1618(2023)02-0142-06

分级图像显示技术研究

牛梦晨¹, 徐梓欣¹, 陈旭晔², 刘娜¹, 宋昱³

(1. 成都信息工程大学电子工程学院, 四川 成都 610225; 2. 香港理工大学电子资讯及工程系, 香港 999077; 3. 成都信息工程大学通信工程学院, 四川 成都 610225)

摘要: 分级图像显示是指利用单一信道传输可分级的多媒体信息的一种创新型显示技术, 允许用单一版本的图像满足不同显示设备的显示需求。提出一种针对非数字图像的分级图像显示技术, 主要思路是利用离散小波变换实现在灰度图像中嵌入不同类型的扩展图像信息, 使客户可根据特定需求提取相应信息进行显示。技术框架允许以单一的灰度图像版本重建包括但不限于彩色图像、深度图像、热力图像等不同类型的图像。仿真实验表明, 算法能有效重建彩色图像及深度图像, 不仅重建的图像质量较高, 而且嵌入信息对灰度图像的破坏也较小, 算法运行速度快, 实时性好。为分级图像显示技术提供了一种具体的解决方案, 使分级图像显示成为可能, 具有较好的市场应用前景。

关键词: 分级图像显示; 离散小波变换; 信息隐藏; 图像重建

中图分类号: TP391.41

文献标志码: A

doi: 10.16836/j.cnki.jcuit.2023.02.003

0 引言

分级图像显示技术 (scalable image display, SID), 是一种以单一版本的图像来携带该图像多种不同版本的扩展信息的技术, 在多媒体信号处理与通信领域中有着广泛的应用。如网络数字流媒体的用户能够根据自身需求及网络带宽选择不同清晰度的视频来播放。巴黎博物馆允许付费用户观看彩色原版展画, 而免费用户则只能观看低分辨率的灰度图^[1]。许多儿童书籍, 用户不仅可以用肉眼看到二维图像, 还可以利用 3D 眼镜、手机扫描等方式看到增强现实技术^[2] (augmented reality, AR) 生成的三维图像。

分级图像显示与流行的数字多媒体^[3] 编码标准中的“单一信道传输可分级的多媒体信息”这一思想不谋而合, 即指单一版本的图像可以传输不同性质的图像信息, 如彩色图中的颜色信息、深度图中的深度信息等。也就是说, 多媒体信息提供商仅提供一张图像的单一版本信息, 使用者可以根据不同的设备终端及需求提取相应的图像信息并显示, 显示/打印设备的制造商可根据 SID 技术标准设计不同的显示模式。这一概念的提出, 可以使图像以较高的传输效率, 较低的传输成本, 实现多维角度的分级显示。

因此, 本文提出的理论研究具有广泛的应用前景。如将多媒体产业与教育产业结合, 可以定制“活过来”的图像绘本, 学生可以通过可视设备 (如 VR 眼镜) 查

看这些图像的更多版本 (动图、三维立体视图等), 极大地提高学习积极性。

SID 技术对于数字图像比较容易实现, 只需要将不同性质的图像信息统统以特定格式存放于一个文件中即可。然而, 对于非数字图像 (如印刷品、传真等) 来说, 由于难以在传输中灵活地分割和重构信息, 这一问题就变得非常困难。一种可能的解决方案是将图像最重要的亮度信息作为“图像载体”, 其他信息如颜色、深度、热力等作为“扩展信息”, 通过密钥加密后, 利用图像隐写术^[4-5]、数字图像水印^[6] 等技术嵌入到图像载体中。当需要重建时, 用户利用持有的密钥进行解码, 并根据自身的显示设备提取所需的“扩展信息”, 完成对应的图像重建。尽管国内外尚未明确开展这一思路下的 SID 技术研究, 但在一些特定领域里已有了研究雏形。

以彩色图像显示为例, 现在的可逆的彩色到灰度转换 (reversible color-to-grayscale conversion, RCGC) 算法的基本思想是将彩色图像的色彩信息嵌入到灰度版本中, 以便在必要时可以根据灰度版本图像重建彩色图像。虽然 RCGC 可以通过传统的隐写算法^[7-9] 实现, 但是已经有通过解决 RCGC 的特定需求来提高性能的专用 RCGC 算法被提出^[10-19]。最先进的 RCGC 算法要么基于矢量量化 (VQ)^[10-14] 技术, 要么基于子带嵌入 (SE)^[15-19] 技术。

通常, 基于 SE 的算法, 通过用降采样的亮度内容替换高频亮度内容实现。嵌入过程可以在 DCT^[16]、小波^[15,19] 或小波包^[18] 变换域中完成。基于 VQ 的算法,

将依赖于图像生成一个有限颜色的调色板,把每个图像像素的颜色量化为调色板颜色,然后使用生成的索引平面作为隐写图像。本文将采用基于SE的RGCC算法在小波变换域下实现色彩信息的隐写。

对于深度图像、热力图像等其他性质的图像,其信息的嵌入与提取方法的研究较少,但实现基本原理可参照彩色图像信息嵌入的RGCC算法,具体实现形式根据数据形式的不同略有改变。

本文提出一种基于离散小波变换技术实现SID技术的完整框架,并针对色彩和深度信息进行算法的详细讨论,开展仿真实验,从主客观两个方面对仿真结果进行分析。

1 原理与方法

为实现单一版本图像可以分级显示,需将图像的不同属性信息嵌入到原始灰度图中,然后根据用户的设备及需求进行相应的显示,提出的分级图像显示技术的示意图如图1所示。

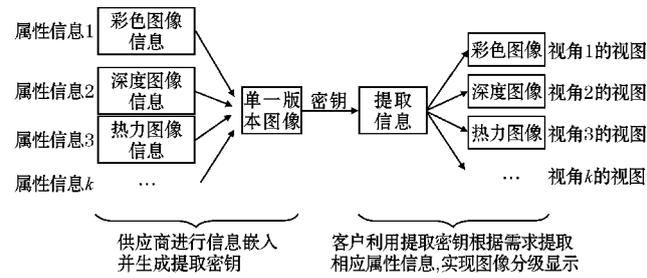


图1 分级图像显示技术示意图

1.1 彩色图像信息嵌入与恢复

采用一种可以保留原始图像的色彩和空间分辨率的方法来实现颜色到灰度映射以及色彩恢复。彩色图像信息嵌入与恢复的算法示意图如图2所示。

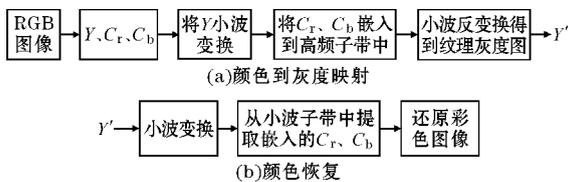


图2 彩色图像信息嵌入与恢复示意图

1.1.1 颜色到灰度映射

算法颜色到灰度映射部分如图2(a)所示,其主要思路是将原始彩色图信息隐藏在不易被观察到的高频小波子带中,该部分的具体步骤如下:

步骤1 将图像由RGB格式转为 Y, C_b 与 C_r ;

步骤2 在亮度 Y 上使用一层离散小波变换,即

$$Y \rightarrow (S_1, S_{hl}, S_{vl}, S_{dl})$$

步骤3 由于需要嵌入的信息为2个色度分量,而嵌入空间仅有3个高频小波子带。因此,需将分量 C_b, C_r 降采样使其信息量变为原来的1/16再进行嵌入。然后构造分量 $C_{b-}, C_{b+}, C_{r-}, C_{r+}$,这里的分量 C_b 根据其正负被划分为2个分量,其划分所依据的等式为

$$C_{b+} = \begin{cases} C_b, C_b > 0 \\ 0, C_b \leq 0 \end{cases}$$

$$C_{b-} = \begin{cases} C_b, C_b < 0 \\ 0, C_b \leq 0 \end{cases}$$

同理, C_r 分量被划分为 C_{r-} 与 C_{r+} 。

步骤4 为避免还原出来的图像出现奇异色彩,需用 $\beta(0 < \beta \leq 1)$ 乘以色度分量 C_{b-}, C_{b+}, C_{r-} 和 C_{r+} 进行适当的放缩。

步骤5 将每个子带 S_{hl}, S_{vl} 和 S_{dl} 划分为若干 2×2 个像素块。对于水平子带 S_{hl} 和垂直子带 S_{vl} ,每个 2×2 像素块中将有一个像素被替换成对应位置的色度分量,分别得到新的小波子带 S'_{hl}, S'_{vl} 。对于对角子带 S_{dl} ,每个 2×2 像素块中将有两个像素被替换成对应位置的色度分量,形成新子带 S'_{dl} 。

步骤6 用新生成的子带替换原有子带,即

$$S_{hl} \leftarrow S'_{hl},$$

$$S_{vl} \leftarrow S'_{vl},$$

$$S_{dl} \leftarrow S'_{dl}$$

步骤7 将替换后的子带进行离散小波反变换,获得嵌有信息的纹理灰度图像,即

$$(S_1, S'_{hl}, S'_{vl}, S'_{dl}) \rightarrow Y'$$

1.1.2 颜色恢复

算法颜色恢复部分如图2(b)所示,其主要思路是利用密钥将嵌入在小波子带中的色彩信息提取出来重建彩色图,该部分具体步骤如下:

步骤1 读入纹理灰度图。

步骤2 将纹理灰度图利用离散小波变换获取4个子带,即

$$Y' \rightarrow (S_1, S'_{hl}, S'_{vl}, S'_{dl})$$

步骤3 从子带 S'_{hl}, S'_{vl} 和 S'_{dl} 中获取分量 $C'_{b-}, C'_{b+}, C'_{r-}$ 和 C'_{r+} 。

步骤4 由于嵌入前对色度分量进行降采样,因此,需将提取的色度分量进行插值来估计子带中嵌入颜色的像素的高频分量,通过在垂直方向对 S'_{hl} 中嵌有颜色的像素进行插值获得 S''_{vl} ,通过在水平方向对 S'_{vl} 中嵌有颜色的像素进行插值获得 S''_{hl} ,通过将嵌入颜色的像素 S'_{dl} 作为 2×2 像素块中2个高频分量的平均值进行插值,得到 S''_{dl} 。

步骤5 利用离散小波反变换得到 Y''

$$(S_1, S_{hl}^n, S_{vl}^n, S_{dl}^n) \rightarrow Y'$$

步骤6 将分量 $C_{b-}^i, C_{b+}^i, C_{r-}^i$ 和 C_{r+}^i 乘以 $1/\beta$ 。

步骤7 将分量 C_{b-}^i 和 C_{b+}^i 合并为分量 C_b^i , 将分量 C_{r-}^i 和 C_{r+}^i 合并为分量 C_r^i 。然后对分量 C_b^i 和 C_r^i 进行线性插值,使其分辨率翻两番。

步骤8 将 Y', C_b^i 和 C_r^i 平面转换回 RGB。

处理彩色图像所采用的方法是建立在离散小波变换的基础上,将色度信息嵌入高频小波子带。由于高频小波子带的功率比低频的低,又由于子带 S_{dl} 比子带 S_{hl} 和 S_{vl} 的功率小,所以在子带 S_{hl} 和 S_{vl} 中嵌入一个色度分量,在子带 S_{dl} 中嵌入2个色度分量。当用户有需求时,可提取相应彩色信息重建彩色图像进行显示。

1.2 深度图像信息嵌入与恢复

深度图像数据表示图像中每个像素点到 RGB-D 摄像头的距离,单位为毫米,为16位无符号数。RGB-D 摄像头能拍摄到的最远距离约为十几米,深度数据可表示的最远距离约为65米,深度数据的特点完全符合实际。

由于深度图像数据格式与彩色图像数据格式有差异,所以深度图像信息的嵌入与提取算法与彩色图像的算法略有不同,深度图像信息嵌入与恢复的算法如图3所示。

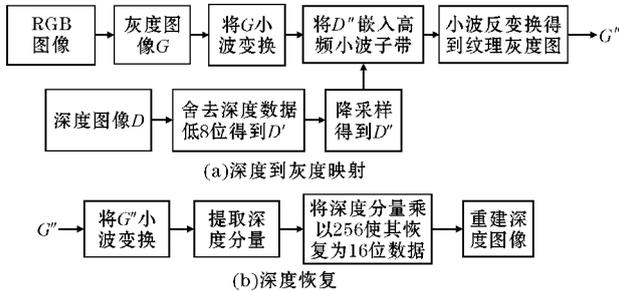


图3 深度图像信息嵌入与恢复示意图

1.2.1 深度到灰度映射

深度到灰度映射部分的示意图如图3(a)所示。其主要思路是将深度图像信息的高8位隐藏在不易被观察到的高频小波子带中,该部分的具体步骤如下:

步骤1 同时读入 RGB 图像与对应的深度图像 D 并将 RGB 图像转化为灰度图 G 。

步骤2 为方便嵌入,将深度图像 D 的深度数据乘以 $1/256$,舍去深度数据的低8位,得到深度图像 D' 。

步骤3 对 D' 进行降采样缩小其尺寸得到 D'' 。

步骤4 对灰度图像 G 进行离散小波变换,即

$$G \rightarrow (S_1, S_{hl}^i, S_{vl}^i, S_{dl}^i)$$

步骤5 将每个子带 S_{hl}^i, S_{vl}^i 和划分为若干个 2×2 像素块。与 RGB 图像不同的是,深度图像数据仅有一

维,所以需要嵌入的信息比彩色图像的少,因此,水平子带 S_{hl} 和垂直子带 S_{vl} 保持不变,不嵌入信息。对于对角子带 S_{dl} , 2×2 像素块中将有两个像素被替换成对应位置的深度分量,形成新的对角子带 S_{dl}^i 。

步骤6 深度到灰度映射部分的剩下操作与颜色到灰度映射部分的最后两步操作一致,逆离散小波变换得到的图像为 G'' 。

1.2.2 深度恢复

深度恢复部分的示意图如图3(b)所示。其主要思路是利用密钥将嵌入在小波子带中的深度信息提取出来重建深度图,该部分的具体步骤如下:

步骤1 读取灰度图像 G'' 。

步骤2 将灰度图 G'' 进行离散小波变换获取4个子带,即

$$G'' \rightarrow (S_1, S_{hl}^i, S_{vl}^i, S_{dl}^i)$$

步骤3 从子带 S_{dl}^i 中获取深度分量。

步骤4 将得到的深度分量乘以256使其重新成为具有物理含义的16位深度数据。

步骤5 对重建的深度图像进行最临近插值使其恢复原有深度图像的尺寸规模。

2 实验

2.1 实验环境

实验环境如表1所示。

表1 实验环境

硬件或软件	技术参数
操作系统	Windows 10
CPU	Intel(R) Core(TM) i7-8550U CPU @ 1.80 GHz 2.00 GHz
GPU	Intel(R) UHD Graphics 620
内存	8 G
集成开发环境	MATLAB R2016b

2.2 数据集

采用彩色-深度(RGB-depth, RGB-D)数据集进行彩色图像与深度图像的分级显示。RGB-D 摄像头不仅可以同时获取物体的深度信息与彩色信息,且该摄像头相较于双目摄像头具有较强的环境适应性^[20]。因此,该数据集对于本实验有着很好的便捷性与适应性。

2.3 实验结果

图4和图5为两组实验效果图,通过对两组效果图的观察可知,在供应商端,不同属性信息的嵌入对灰度图像的破坏很小,肉眼几乎观察不出变化,在信息隐

藏方面实验效果比较理想;在客户端,重建后的彩色图像、深度图像与原始的彩色图像、深度图像相似度很高,色彩还原的准确度很高,虽然深度图像低 8 位数据

存在误差,使一些边缘细节出现了还原差异,但从肉眼观察还原后的深度图像,整体效果还是较好,可以使客户有较好的使用体验。

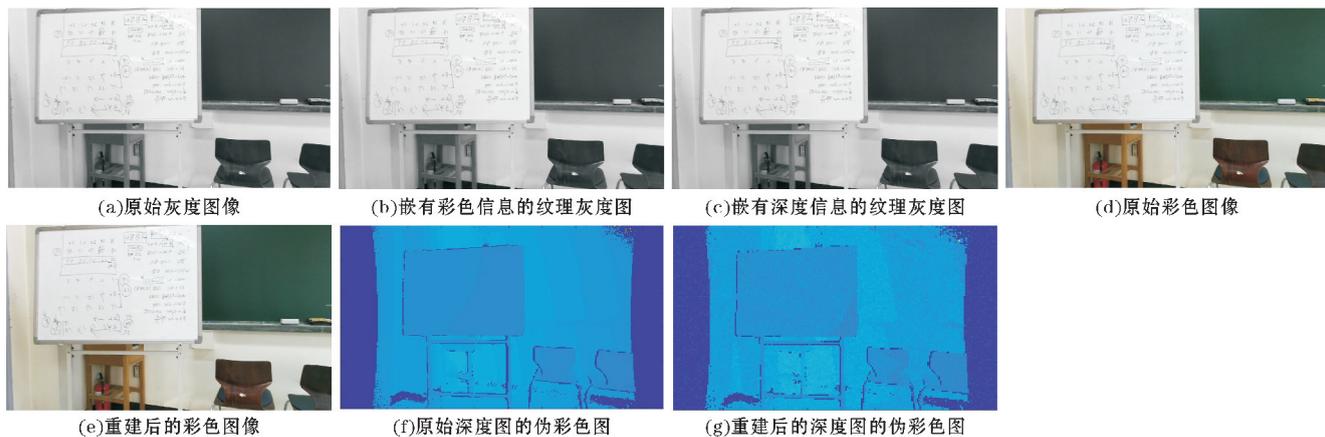


图 4 实验效果图一

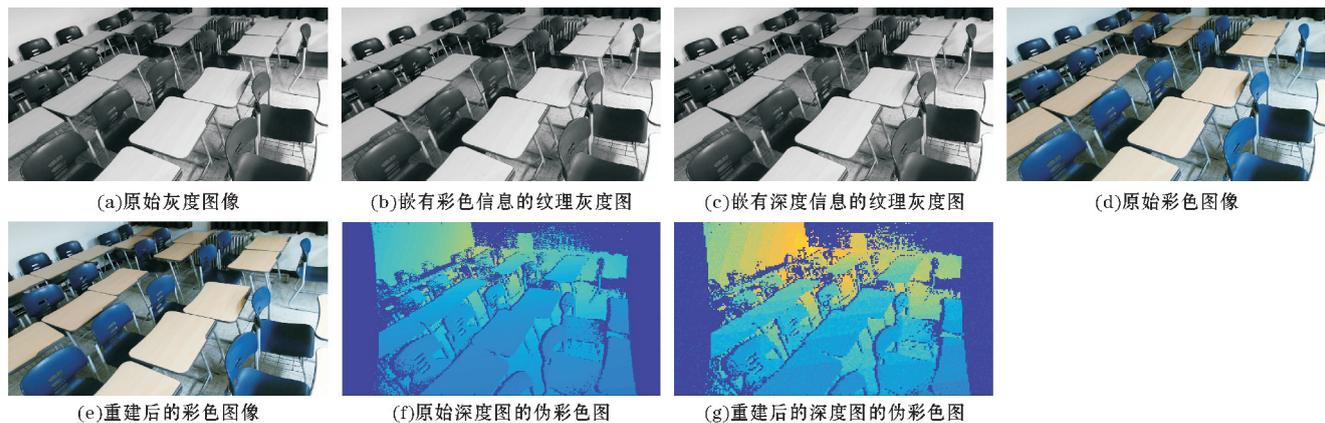


图 5 实验效果图二

从另一个维度来对比图 4 与图 5 的实验效果,可以得知该算法对细节复杂程度不同的场景效果略有差异。图 4 为一个细节较少的场景,其图像纹路较为简单,图 5 为一个细节较为丰富的场景,其图像纹路比较复杂。通过观察对比可知,两个场景重建后的彩色图像都与原始彩色图像相似性极高,但是重建后的深度图像效果有所差异。图 4 重建的深度图像效果显然比图 5 重建的深度图像效果好,图 4 重建的深度图像仅有部分边缘比原始深度图像粗一些以及有部分边缘断开,而图 5 重建的深度图像除了有上述问题外,有部分蓝绿色的背景变为橘黄色,说明这一小部分的深度数据还原出现了偏差。

2.4 指标评价

在图像处理相关实验中,实验结果的质量应有相应的量化指标去衡量。本文所采用的图像生成质量的评价指标主要有均方误差^[21-24](MSE)、峰值信噪比^[25-26](PSNR)、结构相似性^[27-31](SSIM)以及彩色图

像的峰值信噪比^[32-35](CPSNR)。

均方误差在图像处理算法中指处理后的图像的像素值与原始图像的像素值之差的平方和的均值。均方误差用来评估修复后的图像 K 与原始图像 I 之间像素级别上的差异程度,其计算公式为

$$MSE = \frac{1}{M \cdot N} \sum_{i=0}^{M-1} \sum_{j=0}^{N-1} [I(i,j) - K(i,j)]^2$$

式中, M, N 分别代表图像的长和宽。均方误差的值越小,说明修复后的图像与原始图像越相似。

峰值信噪比通过均方误差进行定义。两个大小为 $M \times N$ 的图像,它们的峰值信噪比的定义为

$$PSNR = 10 \cdot \lg \left(\frac{\text{MAX}_I^2}{\text{MSE}} \right) = 20 \cdot \lg \left(\frac{\text{MAX}_I}{\sqrt{\text{MSE}}} \right)$$

式中,MAX 为图像中像素的最大值。PSNR 是评价图像质量的重要指标,其值越大说明修复后的图像与原始图像越相似。

结构相似性是在 PSNR 的基础上改进而来的图像质量评价指标,SSIM 结合了亮度、对比度与结构信息

3方面因素对图像质量进行评估,因此更适应人眼的视觉系统。结构相似性用来评估两幅图像 m 和 n 的相似水平,其公式为

$$SSIM = \frac{(2\mu_m\mu_n + c_1)(2\sigma_{mn} + c_2)}{(\mu_m^2 + \mu_n^2 + c_1)(\sigma_m^2 + \sigma_n^2 + c_2)}$$

式中, μ_m 和 μ_n 分别代表标准图像 m 和待评价图像 n 的均值, σ_m 和 σ_n 分别代表图像 m 和 n 的方差, σ_{mn} 代表图像 m 和 n 的协方差, $c_1 = (k_1L)^2$ 和 $c_2 = (k_2L)^2$ 为两个常数,其作用为避免分母为0,其中 L 为灰度值的范围, k_1 、 k_2 默认为0.01和0.03。SSIM 的取值范围为0~1,值越接近1,两幅图像越相似,当两幅图一样时,SSIM 值为1。

彩色图像峰值信噪比(CPSNR)是将修复后的彩色图像与原始彩色图像的R、G、B 3个通道分别求均方误差,然后取平均值后,再计算峰值信噪比,其计算公式为

$$CPSNR = 20 \cdot \lg \left(\frac{\text{MAX}_I}{\sqrt{\frac{\text{MSE}_R + \text{MSE}_G + \text{MSE}_B}{3}}} \right)$$

式中, MSE_R 、 MSE_G 、 MSE_B 分别代表R、G、B通道的均方误差。

实验对含有503个不同场景的图像数据集进行处理,然后将各评价指标取平均值,其结果如表2所示。由表2可知,嵌入信息后的灰度图与原灰度图、重建后的图像与原始图像之间相似性较大,即嵌入信息对灰度图破坏性较小且还原出来的图像与原始图像差别小,实现了辅助信息的嵌入与重建,达到了比较好的实验效果,而且该算法的实时性也比较好,证明了图像分级显示技术实现的可行性且有较好的客户体验。

表2 实验结果评价指标

图像	重建图像指标		嵌入信息的灰度图指标		平均运行时间/s
	(C) PSNR	SSIM	PSNR	SSIM	
彩色图像	40.4189	0.9655	38.3471	0.9795	2.00
深度图像	49.7990	0.9484	46.5415	0.9701	0.43

3 结束语

采用离散小波变换的方法,实现了彩色图像与深度图像的信息嵌入与重建。能较好实现图像不同属性信息嵌入与图像重建,嵌入后的图像与重建后的图像有着较好的质量。以同样的原理和方法,本算法还可以应用于其他属性图像(如热力图像等)的分级显示,具有较好的通用性。此算法为图像分级显示技术提供了具体方案,使图像分级显示成为可能且能为客户提

供较好的使用体验,具有较好的市场应用前景。

参考文献:

- [1] Chaumont M, Puech W. A grey-level image embedding its color palette [C]. in Proc. IEEE Int. Conf. Image Process., 2007:389-392.
- [2] 张丽娟,朱会龙. 基于增强现实技术的激光全息三维图像重建研究[J]. 激光杂志, 2022, 43(5): 151-155.
- [3] 何志鹏. 数字多媒体图像处理技术研究[J]. 电脑知识与技术, 2020, 16(2): 212-213.
- [4] 施泰,刘畅,梁谦旺,等. 基于GAN的面向博客发布的图像隐写术[J]. 网络安全技术与应用, 2020(11): 59-61.
- [5] 梁辉. 图像隐写与隐写分析算法研究[D]. 广州:华南理工大学, 2019.
- [6] 甘志超,刘丹. 基于HD和SVD的DWT变换的数字图像水印[J]. 现代信息科技, 2022, 6(1): 40-42.
- [7] 肖红,陈欣燕. 基于格雷码映射和LSB的彩色图像量子隐写算法[J]. 吉林大学学报(信息科学版), 2022, 40(2).
- [8] 段明月,李爽,张源策,等. 图像隐写分析研究综述[J]. 电脑知识与技术, 2022, 18(9): 3-5.
- [9] 蔡森,任延珍,王丽娜. 基于联合失真的AAC安全隐写算法[J]. 信息安全学报, 2022, 7(2).
- [10] Chaumont M, Puech W. A fast and efficient method to protect color images [J]. Proc. SPIE, 2007, 6508.
- [11] Chaumont M, Puech W. Protecting the color information by hiding it [M]. London: in Recent Advances in Signal Processing. IntechOpen, 2009.
- [12] Chaumont M, Puech W, Lahanier C. Securing color information of an image by concealing the color palette [C]. J. Syst. Softw., 2013, 86(3): 809-825.
- [13] Tanaka G, Suetake N, Uchino E. Invertible color-to-monochrome transformation based on clustering with lightness constraint [C]. in Proc. IEEE Int. Conf. Syst., Man Cybern. 2010: 2151-2154.
- [14] Xu Z X, Chan Y H. Improving reversible color-to-grayscale conversion with halftoning [J]. Signal Process., Image Commun., 2017, 52: 111-123.
- [15] Queiroz R L D, Braun K M. Color to gray and back: Color embedding into textured gray images [J]. IEEE Trans. Image Process., 2006, 16(6): 1464-1470.

- [16] Queiroz R L. Reversible color-to-gray mapping using subband domain texturization [J]. *Pattern Recognit. Lett.*, 2010, 31(4): 269-276.
- [17] Ko K W, Kwon O S, Son C H, et al. Color embedding and recovery based on wavelet packet transform [J]. *J. Imag. Sci. Technol.*, 2008, 52(1): 10501.
- [18] Ko K W, Kim D C, Kyung W Y, et al. Color embedding and recovery using wavelet packet transform with pseudorandomized saturation code [J]. *J. Imag. Sci. Technol.*, 2011, 55(3): 30501.
- [19] Horiuchi T, Nohara F, Tominaga S. Accurate reversible color-to-gray mapping algorithm without distortion conditions [J]. *Pattern Recognit. Lett.*, 2010, 31(15): 2405-2414.
- [20] 何坚, 刘新远. RGB-D 和惯性传感器融合的地面障碍物检测技术 [J]. *计算机辅助设计与图形学学报*, 2022, 34(2): 254-263.
- [21] 郭云飞. 关于线性模型的稳健模型选择和模型平均 [D]. 天津: 南开大学, 2021.
- [22] 王硕汝. 基于关键轨迹挖掘的离线策略评估研究 [D]. 北京: 北京交通大学, 2021.
- [23] 叶义琴. 部分线性模型中的几类广义差分无偏估计研究 [D]. 贵阳: 贵州民族大学, 2020.
- [24] 白雪, 龙兵. 幂分布的有效估计 [J]. *广西民族大学学报(自然科学版)*, 2022, 28(1): 70-75.
- [25] 肖康, 田立君, 王中阳. 基于深度学习的低信噪比下的快速超分辨率荧光显微成像 [J]. *中国激光*, 2020, 47(10): 222-232.
- [26] 郑运平, 李祥鹏. 基于迭代控制搜索策略的分形图像压缩算法 [J]. *华中科技大学学报(自然科学版)*, 2020, 48(7): 1-6.
- [27] 郭静, 孟昱煜. 利用相对熵度量节点结构相似性的链路预测算法 [J]. *兰州交通大学学报*, 2022, 41(3): 77-85.
- [28] 何小梅, 章联军, 陈芬, 等. 深度和结构相似性引导的四参考视点融合算法 [J]. *宁波大学学报(理工版)*, 2022, 35(2): 96-104.
- [29] 邓星涛, 闵海. 基于纹理结构相似性和边缘信息的水平集纹理图像分割 [J]. *合肥工业大学学报(自然科学版)*, 2022, 45(1): 30-38.
- [30] 蒙晓宇, 朱磊, 张博, 等. 基于结构相似性粗定位与背景差分细分割的运动目标检测方法 [J]. *科学技术与工程*, 2021, 21(36): 15563-15570.
- [31] 徐金红, 王煜婷. 长三角地区产业结构相似性研究 [J]. *海峡科学*, 2022(2): 88-91.
- [32] 韩佳雪, 汪西原, 张文坤. 一种改进的彩色遥感图像边缘检测算法研究 [J]. *计算机仿真*, 2021, 38(2): 383-388.
- [33] 张秋余, 冯玉春. 自适应的密文彩色图像可逆数据隐藏算法 [J]. *计算机应用与软件*, 2020, 37(2): 313-321.
- [34] 兰小艳, 陈莉, 贾建, 等. 基于小波和 PCA 的自适应颜色空间彩色图像去噪 [J]. *计算机应用研究*, 2018, 35(3): 934-939.
- [35] 文东旭. 基于多带小波变换的彩色图像压缩编码 [D]. 长沙: 湖南师范大学, 2019.

Research on Scalable Image Display Technology

NIU Mengchen¹, XU Zixin¹, CHAN Yukhee², LIU Na¹, SONG Yu³

(1. College of Electronic Engineering, Chengdu University of Information Technology, Chengdu 610225, China; 2. Department of Electronic and Information Engineering, Hong Kong Polytechnic University, Hong Kong 999077, China; 3. College of Communication Engineering, Chengdu University of Information Technology, Chengdu 610225, China)

Abstract: Scalable image display is an innovative display technology that transmits scalable multimedia information in a single channel. It allows the use of a single version of the image to meet the display needs of different display devices. This paper proposes a scalable image display technology framework for non-digital images. The main idea is to embed different types of extended image information in gray-scale images by using discrete wavelet transform technology, so that customers can extract the corresponding information for display according to specific needs. This technical framework allows the reconstruction of different types of images including but not limited to color images, depth images, thermal images, etc. with a single gray-scale image version. Simulation results show that the algorithm can effectively reconstruct color images and depth images, with high quality and less damage to gray images. And the algorithm runs fast and has good real-time performance. The algorithm in this paper provides a specific solution for the concept of image hierarchical display, which makes image hierarchical display possible and has a good market prospect in application.

Keywords: scalable image display; discrete wavelet transform; information hiding; image reconstruction