

图像质量评价综述

刘书琴, 毋立芳, 宫 玉, 刘兴胜

(北京工业大学电子信息与控制工程学院, 北京 100124)

摘 要: 介绍了人类视觉系统的生理和心理特性, 综合论述图像质量评价的主观和客观评价方法(Objective IQA), 对图像质量评价算法进行了分析讨论, 并进一步介绍了Objective IQA的性能评价指标。指出了图像质量评价的发展趋势。

关键词: 图像质量评价; 人类视觉系统; 主观评价; 客观评价

中图分类号: TP37

文献标志码: A

文章编号: 1673-7180(2011)07-0501-6

Overview of image quality assessment

Liu Shuqin, Wu Lifang, Gong Yu, Liu Xingsheng

(Beijing University of Technology, Beijing 100124 China)

Abstract: Image quality assessment (IQA) is one of hot research area recently. Some research findings in visual physiological and psychological of human visual system (HVS) are introduced, and objective and subjective IQA methods are reviewed. Furthermore, the performance evaluation of objective IQA is introduced. Finally, the trends of future research is listed.

Key words: image quality assessment; human visual system; subjective method; objective method

随着信息时代的到来, 数字图像作为一种重要的信息载体, 能满足日益增加的现代化业务。计算机和网络的发展扩展了图像应用领域, 图像在获取、压缩、处理、传输、存储和显示等过程中会带来不同程度和类型的失真, 直接影响信息的获取。如视频传输过程中的图像失真, 视频终端的图像出现模糊等; 医学图像的质量不达标使医生无法正确判断病情, 安全系统采集的图像质量失真会使对目标识别和各种行为估计出现误差^[1]。在图像处理和应用领域建立有效的图像质量评价体系具有重大意义。目前图像质量评价主要有以下几方面的应用^[2]: 监控图像质量, 以获取最佳图像; 根据图像质量评价结果, 选择合适的算法; 嵌入到图像处理系统中, 优化算法和设定参数^[3]。

图像质量评价方法有两大类^[4]。1) 主观评价方法。由观察者对图像质量进行评分。人是图像的最终使用者,

主观质量评价是最为准确、可靠的图像质量评价方法。但是由于其耗时、昂贵, 且易受实验环境、观察者的知识水平、喜好等自身条件等因素影响, 评价结果往往不稳定, 更不适用于实时系统。2) 客观评价方法。具有简单、实时、可重复和易集成等优点, 近几十年发展快速, 成为图像质量评价体系中的研究热点^[5]。利用数学和工程方法对图像质量进行度量, 弥补了主观评价方法的不足。由于人是图像的最终受体, 客观评价与主观评价结果的一致越来越受到关注, 且可作为一种客观评价方法好坏的衡量指标。结合图像自身特点^[6]和人类视觉系统的生理和心理特性的方法成为了当今研究的热点^[7-9]。

1 人类视觉系统

人类视觉系统是人类经过漫长的进化过程产生的, 它是适应现阶段人类活动的高级系统。经过对人类视觉

收稿日期: 2011-03-28

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(61040052), 北京市优秀人才资助项目(2009D005015000010)

作者简介: 刘书琴(1986-), 女, 硕士研究生, 主要研究方向: 图像处理, liushuqin3@126.com

作者简介: 毋立芳, 教授, 主要研究方向: 数字图像处理及人脸识别, lfwu@bjut.edu.cn

系统的长期研究,在其生理和心理方面已取得一定研究成果,为图像客观评价算法与主观评价算法一致性带来很好的思路。模拟人类视觉系统工作原理来进行图像质量评价是一个很好的客观评价算法设计方向^[10-11]。

1.1 人类视觉系统的生理特性

眼通过自身的折光系统将视物成像在视网膜上,视网膜具有类似于神经组织的复杂结构,其视杆和视锥细胞对光刺激高度敏感,能将外界光刺激包含的视觉信息转变成生物电信号,在视网膜进行初步处理,通过神经节细胞的轴突输出。神经节细胞的轴突通过视网膜的内侧,全部在视神经乳头处汇集成束而穿出眼球,这就是视神经。从两眼球底部出来的视神经,在视神经交叉处形成部分交叉,传至大脑对侧的外侧膝状体形成突触,另一半不交叉(称作视束)的半侧到达同侧的外侧膝状体。对于左右2个眼球,从视网膜左半边的神经结来的纤维传到左侧的外侧膝状体,而从视网膜的右半边来的纤维传达到右侧的外侧膝状体。视束的纤维一部分侧枝去往上丘,完成眼球运动的信息加工。外侧膝状体内还有抑制性的中间神经元,也有从大脑皮层来的离心神经纤维,它不单是视觉信息的中继站,且能对所通过的视觉信息进行处理。总的来说,视觉信息的主要通道是通过外侧膝状体到达大脑皮层的,通过外侧膝状体的中继细胞的轴突,变成了视放射传达到大脑皮层的视区。大脑皮层的视区实现对视觉信息的识别、感知和理解。视觉过程可分为以下4个:视觉信息产生、视觉信息传输、视感觉处理和视知觉处理。图1所示为人类的视觉通路和眼睛成像原理^[12]。

1.2 人类视觉系统的心理特性

人类视觉受到神经系统的调节,不仅仅是类似光学系统。由于人类视觉系统的复杂性,对视觉心理特性在很多方面还处于假说阶段,没有得到科学的论证。通过实验发现了一些人类视觉系统的低层心理特性,包括多通道特性、亮度非线性、掩盖效应、视觉注意机制、知识和经验影响、透视效应^[13]。

1.2.1 多通道特性

研究发现,人眼的视觉特性是一个多通道模型,视觉皮层神经元会对不同的视觉信息,如颜色、频率和方向等有着不同的敏感性,具有多频通道分解特性。视网膜中的图像分解成某些频率段,它们在对数尺度上是等宽的。这些多通道之间还存在相互作用,并不是各向同性的,而是在水平方向和垂直方向最敏感,向对角方向的敏感逐渐减弱,在对角方向上最不敏感。

1.2.2 亮度非线性

人眼对被观测物体的绝对亮度判断力差,而对亮度

的相对差异判断力较强,即对比度、灵敏度高。人的视觉系统能够适应的光强度级别范围很宽,约 10^{10} 量级。人眼刚能分辨的亮度差异(just notice difference) JND 所需要的最小光强度差值为亮度的辨别阈值。只有当亮度变化值达到 JND 值时,人眼才会有视觉感觉。可用对比度灵敏度函数(contrast sensitivity function) CSF 来量化这种关系,CSF 反映了不同空间频率或时间频率条件下人眼能够观察到的信号对比度门限。

1.2.3 掩盖效应

掩盖效应指一个激励的存在使得人眼对另一个激励的感知发现变化的现象,是各种激励相互作用的现象。人类视觉系统在观察图像时往往是多个激励相互影响,由于掩盖效应的存在,会影响对某一个激励的视觉感知,即在不同激励下,视觉感知不同。

1.2.4 视觉注意机制^[14-15]

视觉注意机制是指观察图像时,由于心理因素,注意力往往集中在图像的局部上。它是人类视觉的一种心理调节机制,可以从大量信息中获取感兴趣区域,人类视觉系统的生理特点有关。由于人的注意力集中范围较小,为了准确观察图像,眼睛需要不停地运动。眼睛运动中,受神经中枢影响,即视束纤维的一部分侧枝去往上丘,完成眼球运动的信息加工。

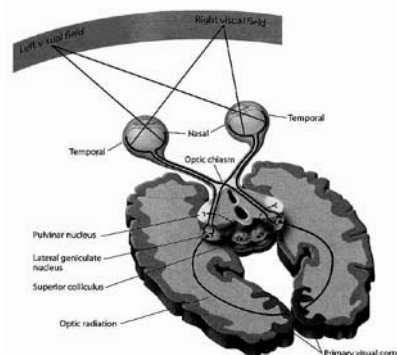


图1 视觉通路

Fig. 1 Visual pathway

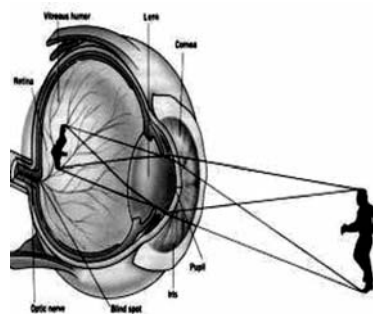


图2 人眼解剖图

Fig. 2 Human eye anatomy

2 主观质量评价

主观质量评价分为绝对主观评价方法和相对主观评价方法两类。绝对主观评价方法是指在无标准的参考图像情况下,由观察者根据预先规定的评价尺度或自己的经验,对待测图像给出质量判断。相对主观评价方法是在有标准图像的情况下,由观察者将一批图像由好到坏进行分类,对图像进行互相比对并给出相应的分值。相对判断往往比绝对判断更加稳定、准确。

国际电信联盟(ITU)^[16]提出了若干种主观评价方法的标准,主观评价方法主要有双刺激损伤分级法、双刺激连续质量分级法和单刺激连续质量分级法等。

2.1 双刺激损伤分级法

参考图像是原始图像,默认参考图像是来信号源的未失真图像。待测图像是要进行测试的图像,存在一定的失真。由参考图像和待测图像组成图像对,对比参考图像,从而观察出待测图像的受损情况,根据图像主观质量5级评分表,选出待测图像的等级。

表1 主观质量评价评分表

Table 1 Subjective quality assessment score sheet

级 别	绝对度量尺度
1	最好
2	较好
3	一般
4	较差
5	最差

2.2 双刺激连续质量分级法

参考图像是原始图像,默认参考图像是来信号源的未失真图像。待测图像是要进行测试的图像,存在一定的失真。与双刺激损伤分级法不同的是,观察者在测试前不知哪个是参考图像,哪个是待评价的图像。参考图像和待测图像组成图像对,根据评分表分别对参考图像和待测图像评分。最后计算参考图像和待测图像(mean opinion score)MOS得分,并计算两者之差 DMOS。DMOS 越小,说明待测图像的质量越好。

2.3 单刺激连续质量分级法

在一定连续时间内,只观察待测图像。观测者连续对待测图像评分,根据评分表打出评分,基于评分和评分时间得到待测图像的质量评分。

图像质量的主观评价方法的优点是能够真实地反映图像的直观质量,评价结果可靠,无技术障碍。但是主观评价方法也有很多缺点,如需要对图像进行多次重复实验,无法应用数学模型对其进行描述。从工程应用

的角度看,这种方法耗时多、费用高,难以实现实时的质量评价。在实际应用中,主观评价结果还会受观察者的知识背景、观测动机和观测环境等因素的影响。此外,主观质量评价无法应用于所有场合,如需要进行实时图像质量评价的场合。客观评价算法可克服这些缺点。

3 客观质量评价

根据对原始图像信息的依赖程度,客观质量评价可分为3类。1) 全参考,需要原始图像的所有信息;2) 部分参考,需要原始图像的特征信息;3) 无参考型,不需要原始图像。

3.1 全参考方法

全参考型方法就是利用原始图像的全部信息,通过计算原始图像与失真图像之间的感知误差,并综合这些误差得到失真图像质量的评价值^[17]。一般默认原始图像是无失真图像。全参考方法种类繁多。这类方法的算法特点是基本都是数学模型,可分为以下几类:基于像素误差统计的算法;基于结构相度的算法;基于信息论提出的信息保真度;基于人类视觉系统与其他算法结合。

1) 基于像素误差统计的算法。均方误差(MSE, mean square error)与峰值信噪比(PSNR, peak signal-to-noise ratio)^[18-19]。这2种方法通过计算对应像素点灰度值之间的误差来衡量图像的质量。这类算法的缺点是:仅仅计算像素间的差异性,评价结果并不能很好地反映人眼对图像质量的主观感受。有人把 PSNR 和 SSIM 相结合形成一种新算法^[20-21]。峰值信噪比(PSNR)是常用的衡量信号失真的指标,但是 PSNR 不涉及信号自身内容的特征,对某些图像或视频序列进行质量评价时会与主观感知的质量产生较大的偏差。结构相似度算法(structural similarity)SSIM^[22-23]是一种基于结构信息衡量原始信号与处理后信号之间相似程度的方法,计算简单,与主观质量评价关联性较强,先利用聚类分析法根据 PSNR 值和 SSIM 输出值对样本图像进行规整聚类,然后对不同类别的图像运用不同的质量评价规则,评价规则由二元回归分析确定;待测图像通过支持向量机(support vector machines)SVM 分类器实现分类。该方法能有效地反映图像的主观质量。

2) 基于结构相度的算法。2004年由 Wang 等提出,它是度量参考图像与失真图像之间结构相似性(SSIM structural similarity)的算法,认为人眼的主要功能是提取视场中的结构信息,并且人眼对视场内信号结构的改变具有高度的自适应性。其后很多人对 SSIM 算法做了改进,引入人类视觉系统特性。例如,基于视觉感知门限提出的基于 Wavelet 域的视觉信噪比自然图像质量评价

方法(VSNR, visual signal-to-noise ratio)^[24]。基于视觉注意区域^[25]综合感知误差对 SSIM 算法进行了改进。SSIM 在率失真优化编码^[26]、H.264 编码器的位分配等视频方面都有应用^[27-28]。

3) 基于信息论提出的信息保真度。Hamid 等^[29]从信息论的角度出发,通过计算原始图像与失真图像之间的互信息对图像质量进行度量,提出了信息保真度准则(IFC, information fidelity criterion)和视觉信息保真度(VIF, visual information fidelity)2种算法。信息保真度方法开发了图像信息和视觉质量之间的联系。

4) 基于人类视觉系统以及与其他算法结合。基于 HVS 特性的质量评价方法的典型代表有 Sarnoff 实验室提出的(just noticeable difference)JND^[30]模型;杨威等^[31]将人眼视觉特性与图像的结构相似度结合起来,得到一种符合人眼视觉特性的图像质量评价新方法。该方法能够区别图像中不同区域的图像特征,符合人眼视觉特性。

2011 年 EUROGRAPH(European graphics conference)中, Liu Yong-Jin 等^[32]结合质量评价算法 SSIM 和人类视觉特性,提出图像重定向新算法。该算法的核心思想是基于人类视觉系统对图像全局拓扑特性的敏感性,利用全局的几何结构和局部像素对应,并引入视觉显著模型(salient map)。2011 年 Zhang 等^[33],提出一种基于分类和融合的全局全参考图像质量评价系统。

3.2 部分参考方法

部分参考方法^[34]仅利用原始图像的部分信息来估计失真图像的视觉感知质量。部分参考方法的优点是在减小传输数据量的基础上,获得了较好的评价效果。缺点是算法对提取的特征非常敏感^[35]。特征提取和特征比较是影响部分参考方法性能指标的关键因素。主要是先提取原始图像和失真图像的部分信息,通过比较部分信息对失真图像进行质量评价。部分参考方法可分为基于原始图像特征方法、基于数字水印方法和基于 Wavelet 域统计模型的方法等。

1) 基于原始图像特征方法。由 GAO 和 Weisi 等^[36-37]提出,利用 Contourlet 分解实现对图像内视觉敏感系数的提取,通过统计比较失真图像与原始图像视觉敏感系数的关系,得到对失真图像的质量评价测度。该方法与主观评价方法有很好的一致性。此类方法针对不同失真,选取特征是关键。

2) 基于 Wavelet 域统计模型的方法。典型的方法是,利用视觉感知特性,通过统计图像经小波分解后视觉感知系数在各子带中的变化情况,提出了一种基于小波分解的部分参考型图像质量评价方法^[38]。这种方法不

仅具有很好的通用性,也广泛地适用于多种失真类型。

3) 基于数字水印方法。是由 Zheng^[39-40]提出的基于小波数字水印的图像质量评价方法。首先结合人类视觉系统的特性检测原始图像的纹理丰富区域,获得水印嵌入指示图;然后将原始图像进行 3 层小波分解,根据水印嵌入指示图,在每个小波系数块内嵌入自定义水印,运用量化参数自动调节系统确保数字水印的隐藏性;最后通过失真图像的水印复原率实现对图像的客观质量评价。该方法与传统图像客观质量评价方法相比,在预测精确度、单调性和一致性方面都有所提高。

2011 年 Zhang Min 等^[41]提出一种基于边缘区别统计的半参考图像质量评价算法。该算法具有较好的性能。2011 年 Cheng Guangquan 等基于梯度域自然图像统计先验知识的一种半参考算法,用距离度量对称相异性,适用于不同失真类型,且复杂度低。

3.3 无参考方法

不需要原始图像的任何信息,直接对失真图像进行质量评价。无参考型质量评估算法难点在于:图像特征难以定义和提取,人眼感知难以模型化表示。其优点是不需要传输原始图像,就能对失真图像进行质量评价。极大地减少了信息传输量。因此受到了很多人的关注,呈蓬勃发展之势。无参考方法一般都是基于图像统计特性。

GAO 用隐形马尔可夫树模型模拟失真图像的降质,通过计算统计变量的偏差度,来估计图像质量。Huitno Luo 使用机器学习算法进行人脸质量的检测。殷晓丽等提出了一种基于半脆弱性数字水印算法(WIQM)的无参考图像质量评价方法。Kyungnam Kim 和 Krtay Davis 利用局部统计量提出一种用于视频质量评价的方法,主要用于评价噪声和模糊的问题。

2011 年 SPIE 会议上, Silvia Corchs 等^[42]针对无参考质量评价,开发出一个工具平台,该平台集成了多种无参考评价方法,每个方法指标都对应一个单独的模块,可以让用户很容易扩展新方法。该平台中也用到了人类视觉特征中的注意模型,不仅可以评价整个图像,也可针对图像的感兴趣区域进行质量评价。对研究和应用无参考算法很有价值。

无参考方法完全脱离了对原始参考图像的依赖,其应用范围更加广泛,发展前景更加广阔,但是研究难度也最大。

4 图像质量评价算法性能的评价方法

理想的图像质量评价算法应该满足以下 3 方面: 1) 符合人类视觉感受; 2) 具有通用性,即针对不同图像

和不同环境,评价性能保持稳定;3)结果具有单调性、准确性、一致性和稳定性。以下面给出判断图像质量评价算法与人类视觉感受一致的方法。

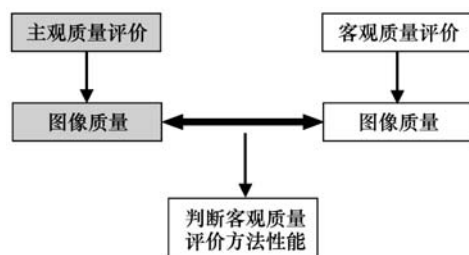


图3 图像质量评价算法的性能评价框架

Fig. 3 Image quality assessment algorithm performance evaluation framework

先选择样本图像库,用评价算法对样本图像进行评价,最后比较主观评价结果和客观评价结果。

用于图像质量评价算法性能研究的样本库有很多,这些样本库一般有不同失真的失真图像和原始图像,并给出了所有失真图像的主观评分。如: LIVE Database 图像库共有29幅原始参考图像,经5种失真类型,生成982幅待测失真图像,并给出了所有失真图像的主观差异评分(DMOS),DMOS越大表示图像质量越差,且DMOS的取值范围为[0,100]。其他的样本库有TID2008 Database、IVC Database。

由于各算法的定义标准不同,在量级上也并不统一,为了消除各个算法量纲和性能,需要对各个算法得分进行非线性回归。非线性回归后,计算与DMOS的相关系数CC、斯皮尔曼等级相关系数SROCC、RMSE。CC表示的是客观评分在非线性回归条件下对主观评分的估计值和主观评分(DMOS)的线性相关性,它衡量了客观评价方法的估计精度,CC值越高,说明客观评价方法与主观评分的相关性越好。SROCC反映2组变量之间联系的密切程度。RMSE表示客观评分在非线性回归条件下对主观评分的估计值主观评分DMOS之间的误差,误差值越小,说明该客观评价方法越好。根据这些值的对比,可得出客观质量评价算法与主观视觉的一致性程度,并能分析得出客观算法的性能。

5 图像质量评价的研究和应用

随着人类视觉系统研究的深入,研究与人类视觉感受一致的图像质量评价方法有很好的应用前景。针对不同失真类型、不同程度失真图像和不同应用环境,算法性能还有待提高,基于不同的应用需求,图像客观质量评价方法中的全参考、部分参考和无参考方法,将各有

应用和发展的空间。有人提出,无参考质量评价方法将是未来主要应用趋势,但是,这种观点只从算法精确度出发,没有考虑到实际应用环境的需要。由于不能保证原始图像能够获取或是存储空间有限,无参考质量评价方法将会在这种情况下,突出应用优势。全参考和部分参考方法在未来的应用中,也有极大的应用空间和需求。

由于客观质量评价方法最终都需要与主观感受相一致,这就需要对人类视觉系统的特性有更深一步的研究,协同医学、生物和心理学的发展,将会给图像质量算法带来新的革新和局面。

随着计算机网络和通信技术的发展,电子热潮将会极大地拓宽图像质量评价应用范围,只要涉及图像的领域,质量评价体系将突显它的价值,不仅仅是视觉上的体验,更是优化整个系统或应用的关键。图像评价算法的功能将不是停留在字面意义。图像质量评价将更多运用到工程领域,解决实际问题,如视频自适应的优化、医学图像、安全系统、通信系统和个性化终端电子产品。

最先出自于2D图像的质量评价算法,将会根据图像存在的不同形态有不同的应用。视频从本质上是由图片帧组成,增加了时间维数,基于视频的评价算法,将会如雨后春笋般地涌现。主要原因是随着个性化电子终端产品的涌现,针对电子和视频的质量评价将对整个电子产品、整个通信产业有促进作用。根据图像和视频的维数,图像质量算法将在以下应用:2D图像、3D图像、2D视频和3D视频等方面。

图像质量评价算法思想从像素级从下向上,到Zhou提出的从上到下基于结构的评价方法,研究者都是从基于人类视觉寻求自上而下的新方法,由于人类视觉是由感性和主观认知构成,主观认知是后天环境中学习而得,具有一定的不可预测性,现已研究成熟的人类视觉系统特性也是出于对人类视觉的感性感知和生理医学研究成果,结合感性感知和图像自身的评价算法,是以后图像质量评价算法的趋势。

[参考文献](References)

- [1] Mottali M, Mejjail M, Jacobo-Berlles J. Flexible image segmentation and quality assessment for real-time iris recognition [C] // Proceedings of the 2009 16th IEEE International Conference on Image Processing (ICIP 2009), 2009: 1941-1944.
- [2] 王旭, 彭宗举, 杨铀, 等. 质降参考图像质量评价方法研究[J]. 宁波大学学报, 2009, 24(4): 507-510.
Wang Xu, Peng Zhongju, Yang You, et al. A survey on quality assessment approaches for reduced reference image [J]. Journal of Ningbo University, 2009, 24(4): 507-510. (in Chinese)
- [3] Hamid R S, Alan C B. Image information and visual quality [J]. IEEE

- Transcation image processing, 2006, 15(2): 430-444.
- [4] Wang B, Wang Z, Liao Y, et al. HVS-based structural similarity for image quality assessment [C] // 2008 9th International Conference on Signal Processing (ICSP 2008). 2008: 1194-1197.
- [5] Lv X, Wang Z J. Reduced-reference image quality assessment based on perceptual image hashing [C] // Proceedings of the 2009 16th IEEE International Conference on Image Processing (ICIP 2009). 2009: 4361-4364.
- [6] Deng C, Tao D. Color image quality assessment with biologically inspired feature and machine learning [C] // Visual Communications and Image Processing 2010. 7744(77440Y): 1-7.
- [7] Zhou W, Wu G, Sheikh H R. Quality-aware images [J]. IEEE Transactions on Image Processing, 2006, 15(1): 1680-1689.
- [8] Carnec M, Le C P, Barba D. New perceptual quality assessment method with reduced reference for compressed images [J]. Proceedings of the SPIE-The International Society for Optical Engineering, 2003, 5150(1): 1582-1593.
- [9] Banitalebi A, Moosaei M, Hossein-Zadeh G A. An investigation on the usage of image quality assessment in visual speech recognition [C] // Proceedings of the 2010 3rd International Congress on Image and Signal Processing. 2010: 2327-2331.
- [10] Ma Q, Zhang I, Wang B. New strategy for image and video quality assessment [J]. Journal of Electronic Imaging, 2010, 19(1): 1-14.
- [11] Liu Y, Sun H, Di Y. A new region of interest based image quality assessment algorithm [C] // 2010 6th International Conference on Wireless Communications, Networking and Mobile Computing (WiCOM). 2010: 1-4.
- [12] 邱亚男. 基于人眼视觉特性的图像增强算法研究[D]. 宁波: 宁波大学, 2008.
- Qiu Yanan. A Image Enhancement Algorithm Based On Human Visual Property [D]. Journal of Ningbo University, 2008. (in Chinese)
- [13] 段影影. 医学图像质量评价方法研究[D]. 深圳: 南方医科大学, 2010.
- Duan Yingying. A Survey On Medical Image Quality Assessment [D]. Sheng zheng: Southern Medical University, 2010. (in Chinese)
- [14] Yang Jiexiang, Wu Hongren. Video quality metric for temporal fluctuation measurement [J]. Visual Communications and Image Processing, 2010, 7744(77440V): 1-10.
- [15] Lu Wen, Tao Dacheng, Gao Xinbo, et al. A new quality metric for compressed images based on DDCT [J]. Visual Communications and Image Processing 2010, 7744(77440C): 1-8.
- [16] Rec B T. Methodology for the subjective assessment of the quality of television picture [S]. 2002.
- [17] Anush K M, Kalpana S, Rajiv S, et al. Wireless video quality assessment: A study of subjective scores and objective algorithms [J]. IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology, 2010, 20(4): 587-599.
- [18] Safranek R J, Johnston J D. A perceptually tuned sub-band image coder with image dependent quantization and post-quantization data compression [J]. Acoustics, Speech, and Signal Processing, 1989, 3: 1945-1948.
- [19] Avcibas I, Sankur B, Sayood K. Statistical evaluation of image quality measures [J]. Journal of Electronic Imaging, 2002, 11(2): 206-213.
- [20] 佟雨兵, 张其善, 祁云平. 基于 PSNR 与 SSIM 联合的图像质量评价模型[J]. 中国图象图形学报, 2006, 11(12): 1759-1763.
- Tong Yubing, Zhang Qishang, Qi Yunping. A image quality assessment model based on PSNR and SSIM [J]. Image and Graphics, 2006, 11(12): 1759-1763. (in Chinese)
- [21] Gao Xinbo, Lu Wen, Tao Dacheng, et al. Image quality assessment and human visual system [J]. Visual Communications and Image Processing, 2010, 7744(77440z): 1-10.
- [22] Shao Hang, Cao Xun, Er Guihua. Objective quality assessment of depth image based rendering in 3DTV system [C] // 2009 3DTV Conference: The True Vision-Capture, Transmission and Display of 3D Video (3DTV-CON 2009). 2009: 1-4.
- [23] Wang Z, Bovik A C, Hamid R S, et al. Image quality assessment: from error visibility to structural similarity [J]. IEEE Transactions on Image Processing, 2004, 13(4): 600-612.
- [24] Chandler D M, Hemami S S. Vsnr: a wavelet-based visual signal-to-noise natural images [J]. IEEE Transactions on Image Processing, 2007, 16(9): 2284-2298.
- [25] Moorthy A K, Bovik A C. Perceptually significant spatial pooling techniques for image quality assessment [J]. Human Vision and Electronic Imaging, 2009, 7240(724012): 1-11.
- [26] Ou Taosheng, Huang Yihsin, Chen Homer. A perceptual-based approach to bit allocation for H 264 encoder [J]. Visual Communications and Image Processing, 2010, 7744(77441B): 1-10.
- [27] Wang Shiqi, Ma Siwei, Gao Wen. SSIM based perceptual distortion rate optimization coding [J]. Visual Communications and Image Processing, 2010, 7744(774407):1-8.
- [28] Zhang Fan, Li Songnan, Ma Lin, et al. Limitation and challenges of image quality measurement [J]. Visual Communications and Image Processing, 2010, 7744(774402):1-8.
- [29] Sheikh H R, Bovik A C, Veciana G. An information fidelity criterion for image quality assessment using natural scene statistics [J]. IEEE Transactions on Image Processing, 2005, 14(12): 2117-2128.
- [30] Chou C H, Li Y C. A perceptually tuned subband image coder based on the measure of just-noticeable-distortion profile [J]. IEEE Transactions on Image Processing. Circuits and Systems for Video Technology, 1995, 5(6): 467-476.
- [31] 杨威, 赵刺, 许东. 基于人眼视觉的结构相似度图像质量评价方法[J]. 北京航空航天大学学报, 2008, 34(1): 1-8.
- Yang Wei, Zhao Yan, Xu Dong. Structural similarity image quality assessment based on human visual system [J]. Beijing university of aeronautics & astronautics press, 2008, 34(1): 1-8. (in Chinese)
- [32] Liu Yongjin, Luo Xi, Xuan Yuming. Image retargeting quality assessment [J]. Eurographics, 2011, 30(2): 1-3.
- [33] Zhang Min, Xue Wufeng, Mou Xuanqin. Reduced reference image quality assessment based on statistics of edge [J]. Proceedings of the SPIE-The International Society for Optical Engineering, 2010, 7876(787611): 1-7.
- [34] 张花. 基于自然计算的全参考型图像质量评价[D]. 西安: 西安电子科技大学, 2010.
- Zhang Hua. A all reference image quality assessment based on natural Computation [D]. Xi'an: Xi'an university of electronic science and technology, 2010. (in Chinese)

(下转第 523 页)

内插编码器非常适合于高质量低压缩比的语音存储场合以及可分级编码的应用。此外,用最小相位 FIR 滤波器构成的分析合成滤波器组对特征波序列进行多分辨率的分解与重构对合成语音质量影响较小,参数量化后的合成音质相对使用双正交小波滤波器时的失真在听觉上可允许,实时应用场合下可考虑用低延时 FIR 滤波器替代小波滤波器。

5 结 论

对 CWI 编码中的特征波序列采用多分辨率分析的思想进行分解与重构,相对于传统的低通滤波波形分解方法更有利于描述二维特征平面,可获得更好的编码质量。在基于小波变换的波形分解和重构算法中,采用 B 样条的双正交小波滤波器组可以获得线性相位和无失真重构特性,编码端得到的各层幅度谱具有不同的时间分辨率和频率分辨率,对幅度谱的量化精度由内层到外层逐步降低,解码端采用对幅度谱和相位谱进行逐层分别重构的方法,可以不传输相位信息,而用固定或随机相位替代。鉴于小波变换方法存在较大系统延迟的问题,用基于时域方法设计的最小相位 FIR 滤波器对特征波形进行多分辨率分析,在对编码质量产生较小影响的同时能使系统总延迟大大降低,能够实时应用多分辨率

析的波形分解方法。进一步设计了基于多分辨率分析的可分级的特征波形内插编码算法,使波形内插编码器具有可分级的变速率编码效果。

[参考文献](References)

- [1] Kleijin W B, Haagen J. Waveform interpolation for coding and synthesis [M]. Amsterdam, Elsevier, 1995.
- [2] Eddie L T C. Waveform interpolation speech coder at 4 kbit/s [D]. Montreal: McGill University, 1998.
- [3] 杨福生. 小波变换的工程分析与应用[M]. 北京: 中国科学出版社, 1999.
Yang Fusheng. Wavelet transform and application of engineering analysis [M]. Beijing: Science Press, 1999. (in Chinese)
- [4] Nayeibi K, Barnwell T P, Smith M J T. Time domain filter bank analysis: a new theory [J]. IEEE Trans Sig Proc, 1992, 40(6): 1412-1429.
- [5] Nayeibi K, Barnwell T P, Smith M J T. Low delay fir filter banks: design and evaluation [J]. IEEE Trans Sig Proc, 1994, 42(1): 24-31.
- [6] Chong N R, Burnett I S, Chicharo J F. A new waveform interpolation coding scheme based on pitch synchronous wavelet transform decomposition [J]. IEEE Trans Sig Proc, 2000, 8(3): 345-348.
- [7] ITU-T P.862. —2001. Perceptual evaluation of speech quality (PESQ): an objective method for end-to-end speech quality assessment of narrow-band telephone networks and speech codecs [S]. 2001.
- [35] Zamani A N, Awang M K, Omar N, et al. Image quality assessment and restoration for face detection and recognition system images [C]//Second Asia International Conference on Modelling, Simulation, 2008: 1243-1249.
- [36] 王体胜, 高新波, 路文. 一种新的部分参考型图像质量评价方法[J]. 西安电子科技大学学报, 2008, 35(1): 20-36.
Wang Tisheng, Gao Xinbo, Lu Wen. A new type of reduced reference image quality assessment [J]. Xi'an: Xi'an university of electronic science and technology, 2008, 35(1): 20-36. (in Chinese)
- [37] Weisi Lin, Manish Narvaria. Perceptual image quality Assessment: Recent Progress and Trends [J]. Visual Communications and Image Processing, 2010, 7744(774403):1-9.
- [38] 路文, 高新波, 王体胜. 一种基于小波分析的部分参考型图像质量评价方法[J]. 电子与信息学报, 2009, 31(1): 336-338.
Lu Wen, Gao Xinbo, Wang Tisheng. A reduced reference image quality assessment based on wavelet analysis [J]. Journal of Electronics & Information, 2009. 31(1): 336-338. (in Chinese)
- [39] 郑筱祥, 戴品忠, 白净, 等. 生理系统仿真建模[M]. 北京, 北京理工大学出版社, 2003.
Zheng Xiaoxiang, Dai Pingzhong, Bai Jing, et al. Modeling and simulation of physiological system [M]. Beijing, Beijing institute of technology press, 2003. (in Chinese)
- [40] 王庭槐, 韩太真, 王子栋, 等. 生理学[M]. 高等教育出版社, 2003.
Wang Tinghuai, Han Taizheng, Wang Zidong, et al. Physiology [M]. Higher education press, 2003. (in Chinese)
- [41] Zhang Min, Xue Wufeng, Mou Xuanqin. Reduced reference image quality assessment based on statistics of edge [J]. Proceedings of the SPIE-The International Society for Optical Engineering, 2010, 7876(787611): 1-7.
- [42] Silvia C, Francesca G, Fabrizio M. Image quality: a tool for no-reference assessment methods [J]. Proceedings of the SPIE-The International Society for Optical Engineering, 2010, 7867(786712): 1-7.

(上接第 506 页)