第 37 卷 第 2 期
Vol.37 No.2

计 算 机 工 程
Computer Engineering

2011 年 1 月
January 2011

• 图形图像处理 •　　文章编号：1000—3428(2011)02—0213—02　　文献标识码：A　　中图分类号：TP393

基于小波变换的改进 AMMC 去隔行算法

杜金凤，胡海平

(上海大学理学院数学系，上海 200444)

摘　要：为提高图像的分辨率，提出一种改进的 AMMC 去隔行算法。基于小波变换的可逆性，利用相邻像素间的空间和时间相关性，通过自适应加权小波系数，保持图像边界平滑以及减小运动补偿插值后的误差。实验结果表明，改进算法能降低图像边缘的模糊度，具有较高的画面质量。

关键词：去隔行；小波变换；峰值信噪比；AMMC 算法

Improved AMMC De-interlacing Algorithm Based on Wavelet Transform

DU Jin-feng, HU Hai-ping

(Department of Mathematics, College of Sciences, Shanghai University, Shanghai 200444, China)

【Abstract】 To raise the resolution of the image, this paper presents an improved Adaptive Morphologic Motion Compensation(AMMC) de-interlacing algorithm. It is based on reversibility of wavelet transform to employ the wavelet transform for the post-processing stage. It preserves the edge, and reduces the interpolation error of the motion compensation by using the spatial-temporal correlation and weighting the wavelet coefficients. Experimental results show that the algorithm can reduce the ambiguity of the image edge, and accomplish the better image quality.

【Key words】 de-interlacing; wavelet transform; Peak Signal to Noise Ratio(PSNR); Adaptive Morphologic Motion Compensation(AMMC) algorithm

DOI: 10.3969/j.issn.1000-3428.2011.02.074

1　概述

随着高分辨率电视格式及 LCD 逐行显示技术的出现，对于高质量去隔行技术的需要是显而易见的。去隔行技术是实现视频信号从隔行到逐行扫描格式转换的关键技术，其目的是消除隔行扫描带来的行间闪烁、行蠕动和锯齿化等固有缺点，提高图像的垂直分辨率[1]。

去隔行技术大致可分为线性滤波、基于边缘的行平均算法和运动补偿 3 类[2]。线性滤波主要包括场内插值法(BOB)和场间插值法(WEAVE)，其中，BOB 是根据像素之间垂直方向的相关性，利用上下 2 行的信息插值丢失行的信息。该方法在一定程度上改善了垂直清晰度，但静止图像的垂直清晰度下降，因此，这种方法适合处理运动图像，不适合处理静态图像；WEAVE 是组合前后 2 场得到一帧图像，是一种简单的场间插值算法。该算法对于静止图像垂直清晰度很好，对于运动部分图像会产生行蠕动等问题。基于边缘的行平均算法(Edge-based Line Average, ELA)考虑了边缘信息，沿着边缘信息插值丢失的行信息。对于方向性很明显的边沿，该算法可以获得很好的视觉效果，但是当边沿的方向性不容易分辨时，效果就不是很好。运动补偿算法是利用运动估计找出相邻场匹配的块，计算它的运动矢量，在运动轨迹上进行插值。采用运动补偿算法得到的图像能很好地保持原图像的垂直清晰度，但是它要求运动矢量必须准确可靠，算法复杂度高、硬件资源消耗大[3]。

小波分析[4]是当前数学中一个迅速发展的新领域，其理论深刻，且应用广泛。小波变换是时间(空间)频率的局部化分析，它通过伸缩平移运算对信号逐步进行多尺度细化，最终达到高频处时间细分，低频处频率细分，能自适应时频信号分析的要求，从而可聚焦到信号的任意细节，解决了 Fourier 变换困难的问题。本文提出一种基于小波变换的自适应去隔行算法，对图像进行小波变换，充分利用视频信号在空间和时间上的相关信息，改善了原来算法在去隔行时图像边缘不够平滑、有锯齿出现的情况。

2　本文去隔行算法

2.1　算法的引入

AMMC(Adaptive Morphologic Motion Compensation)[5]算法是在引入形态学的基础上提出的一种自适应去隔行算法，它是利用相邻 3 场图像进行运动检测，将图像的运动状态进行分类，对不同的运动状态进行不同补偿插值，最后通过奇偶交替得到去隔行图像，该算法具有较好的图像分辨率，但是在人们对画面质量要求不断提高的情况下，仍做进一步提高。

对于二维数字图像而言，小波变换具有多分辨率的特性。在小波分解后，数据量并没有增加，这有利于计算机的实时处理。小波变换具有集中信号能量的能力，这使小波变换后的图像信息仅集中在几个变换系数上，具有很强的特征提取功能，可以将图像分解为低频和高频部分。因此，可以利用小波变换后不同频率的信息对图像进行相应处理，然后对不同频率部分的系数进行调整，利用小波变换的可逆性重构图像。本文借助形态学在图像处理中的优点以及小波变换的特点提出一种引入小波变换的去隔行算法。

2.2　基本原理

对于数字图像，经过小波分解后被划分为 4 个子带频段，其中，*ca* 频带保持了原图像的内容信息，图像的能量都集中

作者简介：杜金凤(1983－)，女，硕士研究生，主研方向：图像处理，视频去隔行算法；胡海平，副教授

收稿日期：2010-05-28　**E-mail：**hu_jack@staff.shu.edu.cn

在该频带上；*ch* 频带保持了图像在水平方向上的高频边缘信息；*cv* 频带保持了垂直方向上的高频信息；*cd* 频带保持了图像在对角方向上的高频边缘信息。

小波分解后的系数在同一尺度下是相关的，这样可以利用其相关性确定图像不同部分的系数加权因子。尽管小波分解级数越多产生的子带越多，对频带的划分越细，但是由于每次小波系数分解/重构都要进行边界延拓，级数越多，引起的边界失真越大，还可能会损失图像细节，因此本文只进行一层小波分解。

本文算法具体步骤如下：

步骤 1 对上述 AMMC 得到的补偿图像 *Fn* 进行小波一层分解，分解后得到 4 个不同频带信息。

步骤 2 提取小波不同频带的系数矩阵。利用每个频带内的小波系数的平均标准偏差进行估计不同的加权系数，这里均方差是一个反差的量度。

步骤 3 利用小波变换的可逆性以及加权后的系数矩阵对图像进行小波重构，得到新图像 *Fn*'。

步骤 4 将重构得到的图像 *Fn*'和原始隔行的图像 *Fn* 按照奇偶交替的性质进行合并，即可得到去隔行后的图像。

2.3 小波系数的加权因子

为研究加权因子的大小，对同极性的前一场和后一场图像进行小波分解，得到不同频率处的系数。提取不同频带的系数，分别求出前后 2 场系数均方差，选定一个阈值对某一部分进行加权。由于人类视觉系统在不同空间频率、不同方向上的敏感度不同，因此为了防止图像失真，本文算法对它的近似分量不作处理，仅针对高频区域的系数进行处理。不同频带的小波系数表示如下：

$$C'(i,j)=\omega(i,j)C(i,j) \tag{1}$$

其中，$C'(i,j)$是加权后的系数；$\omega(i,j)$是不同高频部分的加权因子；$C(i,j)$代表原始的不同高频部分的小波系数。

通过对不同高频部分的小波系数图像分析可以看出，小波系数是在零附近波动的。因此，如果图像的运动趋于水平方向时，那么对水平高频部分加权一个较小的因子；如果运动趋于对角方向时，那么对对角高频进行加权；对于垂直高频部分，通过分析本文采用的实验图像的高频部分，可知其运动状态在垂直高频部分几乎相似，因此，在实验仿真中选取的系数与原图的系数保持一致。最后，加权因子可表示如下：

$$\begin{cases}\omega_g(i,j)=\begin{cases}\sin\left(\dfrac{3\pi}{11}\right) & \sigma(h_{n-1}-h_{n+1})\prec Th\\ \sin\left(\dfrac{\pi}{4}\right) & \sigma(d_{n-1}-d_{n+1})\prec Th\\ 1 & \text{else}\end{cases}\\ \sigma(g)=\dfrac{1}{N'M'}\sum_{i=1}^{N}\sum_{j=1}^{M}[\Delta g]^2\end{cases} \tag{2}$$

其中，$h(i,j)$是垂直高频系数；$d(i,j)$是对角高频系数；$\triangle g$ 为前后 2 场高频系数差；$\sigma(g)$ 是前后 2 场高频均方差；*Th*、*Td* 为先验阈值，是对图像偏向于水平还是对角部分运动的限制，分别取值为 20、15。

3 仿真实验及结果

本文采用不同大小的视频序列对本文算法进行软件仿真。首先将连续图像序列分别按照奇偶场交替的顺序人为地处理成隔行的奇数场和偶数场图像，将去隔行处理后的图像与原始的完整图像比较，求出 *PSNR* 值：

$$PSNR=10\lg\left[\frac{NMf_{\max}^{\ 2}}{\sum_{i=1}^{N}\sum_{j=1}^{M}\left[f(i,j)-\hat{f}(i,j)\right]^2}\right]$$

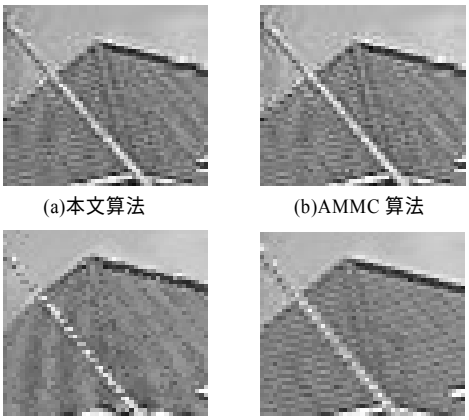
其中，$f(i,j)(i=1,2,\cdots,N;j=1,2,\cdots,M)$为原始图像；$\hat{f}(i,j)$ 为去隔行后的图像；$f_{\max}=2^k-1$，k 为图像中一个像素点所用的二进制位数。

将本文算法和 AMMC 算法、WEAVE 算法、ELA 算法的处理效果进行比较，分别给出图像大小为 240×352 的 Tabletennis 序列、400×512 的 Caltrain 序列、240×352 的 Garden 序列的 *PSNR*，如表 1 所示。

表 1 各种去隔行算法的 *PSNR* 结果 dB

去隔行算法	Tabletennis 序列的 *PSNR*	Caltrain 序列的 *PSNR*	Garden 序列的 *PSNR*
ELA	23.14	26.96	18.67
WEAVE	25.21	29.66	21.35
AMMC	27.03	31.15	21.84
本文算法	27.12	31.40	22.02

由表 1 可知，ELA 和 WEAVE 算法的 *PSNR* 相对而言不是很理想，尤其是对于 Garden 序列，对于 AMMC 算法而言，*PSNR* 得到提高。由于引入小波变换，本文算法使图像的客观效果有了新的改进。人们观看图像还会受主观或视觉特性的影响，下文给出 4 种算法对 Garden 第 21 帧局部处理后的效果，如图 1 所示。



(a)本文算法 (b)AMMC 算法

(c)ELA 算法 (d)WEAVE 算法

图 1 4 种算法对 Garden 序列第 21 帧局部屋角的处理结果

由图 1 可知，WEAVE、ELA 算法对视频序列的处理结果相对而言不是很好，屋角处比较模糊，瓦片处的层次感消失，AMMC 算法在一定程度上提高了视觉效果，显现出了屋顶处的线条。本文算法在细节部分的效果更好，屋角附近的木杆也不是很模糊，改善了图像边缘处的效果。

将 4 种算法对 Garden 序列第 49 帧作去隔行处理，*PSNR* 的对比结果如图 2 所示。

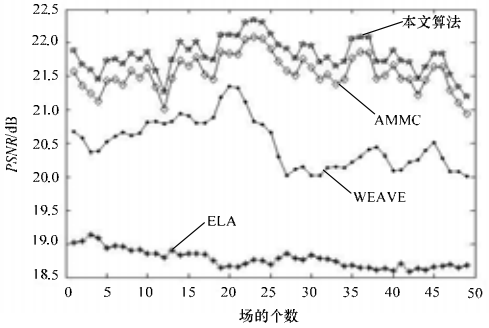


图 2 4 种算法的 *PSNR* 比较

(下转第 217 页)