

# 基于 Contourlet 变换的图像消噪处理

姚玉钦

(安阳工学院, 河南 安阳 455000)

**【摘要】**文中提出了一种基于区域和 Contourlet 变换相结合的图像融合新方法,新方法利用小波 Contourlet 变换良好的多尺度性和多方向性特征,结合 Contourlet 变换的多聚焦图像融合算法,得到高频和低频图像。小波 Contourlet 由于变换缺乏平移不变性而产生图像失真,弱边缘具有几何信息,而噪声却不具备这个性质。为了在去噪声的同时更多地保留弱边缘信息,再次利用到循环平移的方法。实验结果表明,该文方法不仅在客观评价指标上优于小波变换法,而且从主观评价上来看,文中所提方法得到的图像更加清晰。

**【关键词】**多尺度;多方向;循环平移;硬阈值

**【中图分类号】**TP309.7

**【文献标识码】**A

**【文章编号】**1002-0802(2009)01-0295-02

## Contourlet Transformation-based Image Denoising Processing

YAO Yu-qin

(Anyang Engineering Institute, Anyang Henan 455000, China)

**【Abstract】**This article proposes a new image fusion method based on the combination of region and contourlet transformation. This new method uses the good multi-criteria and multi-direction of the wavelet Contourlet transformation and combines the multi-focusing image fusion algorithm of Contourlet transformation. The wavelet Contourlet transformation, due to the lack of translation invariability has resulted in the image distortion, and the weak edge has the geometry information, while the noise actually has no such property. In order to retain the weak edge information while denoise, the circulation translation method is used again. The experimental result indicates that the method proposed in this article surpasses the wavelet transformation method in the objective evaluation index. And also, according to the subjective appraisal, the image obtained by the proposed method is much clearer.

**【Key words】**multi-criteria; multi-directions; circulation translation; hard threshold value

### 0 引言

M.N.Do 和 Vetterli 提出了一种“真正的”图像二维表示方法: Contourlet 变换 (CT)<sup>[1]</sup>。该方法可以有效地处理图像中的二维奇异性,并提供了各向异性的尺度关系和方向性两个重要特性。

Contourlet 变换在拉普拉斯塔 (LP) 以及方向性滤波器组 (PDFB) 中都涉及到了采样<sup>[1]</sup>,使得 Contourlet 在许多图像的应用中都受到了限制。为了解决这个问题,RaminEslami 和 HayderRadha 提出了具有移不变性的 Contourlet 变换 (TICT)<sup>[2]</sup>,L. Cunha 和 M. N. Do 提出了非采样的 Contourlet 变换 (NSCT)<sup>[3-4]</sup>,这些方法都需要巨大的存储空间以及复杂的计算量。Eslami 和 HayderRadha 首先将循环平移的方法<sup>[5]</sup>

用于 Contourlet 去噪 (CT-CS)<sup>[6]</sup>。运用了简单的硬阈值方法,但是并没有充分利用到 Contourlet 能捕获图像的方向信息这一几何特性。文中所提出的方法在减小复杂性的同时又能得到较好的去噪效果。

### 1 基于 Contourlet 的图像去噪

#### 1.1 Contourlet 变换

Contourlet 是由双滤波器组结构来实现的。首先对图像进行拉普拉斯塔形分解 (LP) 以捕获点状奇异性,然后由方向滤波器组 (DFB) 将分布在同方向上的不连续点连接成周线结构,最终以类似于周线结构来逼近原图像。

收稿日期: 2008-05-28。

作者简介: 姚玉钦 (1963-), 男, 副教授, 主要研究方向为电子信息技术。

### 1.1.1 塔形分解 (LP 变换)

LP 分解把原始图像分解为低频子带和高频子带, 低频子带是  $A_L^0$  和  $B_L^0$ , 高频子带为  $A_l^k$  和  $B_l^k, k=1,2,\dots,2^l$ ,  $l=1,2,\dots,L$ , 其中  $L$  为分解的最大层数,  $2^l$  为各层分解的方向数目, 其中低频子带是由原始图像经过二维低通滤波及各行和列下抽样得到的。低频子带经过上抽样和低通滤波后形成与原始图像尺寸相同的低频分量, 原始图像减去这个低频分量形成高频子带。

### 1.1.2 方向滤波器组 (DFB)

LP 变换后的高频子带再经过 DFB 分解为  $2^i$  个方向子带, 根据分辨率的不同,  $i$  取不同的值, 随尺度增加, 各尺度的方向子带的数量加倍, 对低频子带重复上述过程可实现图像的多分辨率多方向分解。

### 1.1.3 多尺度多方向窗分解

方向滤波器组本身并不适合于图像低频部分的处理, 因此 Contourlet 变换中首先通过 LP 分解将图像的低频部分移除, 只对带通子图进行方向滤波。图像的 LP 分解连续地对逼近子图进行子带分解, 当对这些带通子图窗应用 DFB 时, 便能有效地“捕获”方向信息。

## 1.2 循环平移 (CycleSpinning)

对含噪图像作循环平移, 对平移后的图像进行 Contourlet 变换, 得到各尺度、各方向的 Contourlet 系数, 对系数进行阈值处理, 对处理的结果进行 Contourlet 反变换, 得到去噪后的图像, 对去噪后的图像进行逆循环平移, 并对迭代多次后的所有结果求平均值, 得到最终去噪结果。

令一幅  $N \times N$  的二维图像  $I(x,y)$ , 定义循环平移算子  $C_{i,j}(I)$  为:

$$C_{i,j}(I) = I[\text{mod}(x+i,N), \text{mod}(y+j,N)].$$

而循环平移算子是一一对应。是可逆的。故其反变换:

$$[C_{i,j}(I)]^{-1} = C_{-i,-j}(I).$$

假设  $S$  为含噪声图像,  $S = I + n$ ,  $n$  表示噪声。这里定义如下去噪算法流程:

$$I = C_{-i,-j}(\text{DNCT}(C_{i,j}(S))),$$

$I$  表示含噪声图像进行循环平移去噪后得到的图像; DNCT 表示对二维图像进行 Contourlet 分解, 去噪以及重构的过程, 即

$$\text{DNCT}(f) = T^{-1}\{h[T(f)]\}.$$

其中  $f$  表示待处理二维图像,  $T$  表示 Contourlet 变换的分解过程,  $T^{-1}$  表示 Contourlet 变换的重构过程,  $h$  是硬阈值算子。

在一幅图像中, 我们当然希望能够最小化视觉失真, 但是对一个包括多个奇异点的图像来说, 对某个点的平移达到最好效果的同时对另一个点来说却可能是最坏的, 这是平移产生的奇异点效果差异, 需要进行平移循环和对结果进行叠加平均:

$$\tilde{I} = \frac{1}{N_1 N_2} \sum_{i=1, j=1}^{N_1 N_2} C_{-i,-j}(\text{DNCT}(C_{i,j}(S))).$$

$M, N$  为图像沿水平和垂直方向的平移量。

## 2 利用 DCCS (Directional of Contourlet and Cycle-Spinning) 去噪

对应信息多尺度 Contourlet 变换后的 Contourlet 系数  $C_{i,j}$  进行分析。图像能量集中在低频子带; 明显的边缘信息对应的系数  $C_{i,j}$  在所有高频带中都有较大的值; 微弱的细节信息所对应的系数  $C_{i,j}$  在某些高频子带中有较大的值, 但在另一些高频子带中的值较小; 噪声引起的系数  $C_{i,j}$  在所有高频子带中的值都较小。分析像素点在不同子带中系数的大小对像素点进行区分。一种方法就是利用系数的均值 (表示为 mean) 和最大值 (表示为 max), 具体分类方法见下式:

$$\begin{cases} \text{清晰边缘 if mean} \geq c\sigma \\ \text{弱边缘 if mean} < c\sigma, \text{max} \geq c\sigma \\ \text{噪声 if mean} < c\sigma, \text{max} < c\sigma \end{cases}$$

$1 \leq c \leq 5$ ,  $\sigma$  为每个特定尺度下各个子带噪声的标准偏差, 利用文献[7]中的方法来进行估计, 去噪的目的就是抑制噪声, 所以保留清晰边缘和弱边缘的系数, 将噪声的系数置零。

## 3 仿真实验及结果分析

实验使用了四种方法: 采用硬阈值的 Contourlet 变换 (CT), 小波与循环平移结合的方法 (WT-CS), Contourlet 与循环平移结合的方法 (CT-CS) 以及文中提出的方法 (DCCS)。在 LP 阶段采用了直角的滤波器, 在 DFB 阶段采用了梯形滤波器组。对图像进行了 6 层的 LP 分解, 最大尺度上使用了 32 个方向。图 1 是对噪声水平为 3 的部分图像进行去噪后的放大结果。通过实验结果可以看出, Contourlet 去噪后的效果要明显优于小波, 但是由于吉布斯现象图像中仍存在着视觉失真, 利用循环平移则可以在很大程度上去除这种现象。但是仅用阈值的 CT-CS 去噪后, 图像中会留下很多方向性的条纹, 影响了图像的视觉效果, 而且会丢失图像中的一些细节信息。而如果利用 DCCS 去噪则可以利用 contourlet 的方向性保留图像中更多的细节信息并且在某种程度上也消除了这些方向性的条纹。



图 1 Lena 部分图像去噪后的放大结果 (噪声水平为 3)

(下转第 299 页)

0x90100000, 正好 1MByte 的寻址空间, EMIF 的 CE1 连入片选引脚 #CE, 将 Flash 映射到 CE1 地址空间 (从 0x90000000 开始), #OE 和 #WE 引脚分别连入输出使能信号和写使能信号。

### 2.3 DSP 的 Bootloader

通常, 我们会把 DSP 的程序和常量放置在片内 RAM 和片外的 SDRAM 中, 但是由于 RAM 掉电后数据会丢失, 所以在工业级应用中这种方式显然是不合适的。而如果把程序和常量放在片外的 ROM 或 Flash 中, 并使程序在其中运行, 其运行效率将会很低。为了解决这个问题, 我们就要用引导技术, 在芯片 RESET 上电后将 ROM 或 Flash 中的程序或数据搬移到 RAM 中, 并在 RAM 中运行程序。这种引导操作被称为 Bootloader, 引导程序被称为 Bootloader 程序<sup>[2]</sup>。

本次设计即利用 Flashburn 烧写 FLASH, Flashburn 通过 .cdd 文件来储存其配置信息。一个 .cdd 文件包括两个部分。一部分主要是需要烧写进 Flash 的数据文件、格式转换命令文件和逻辑地址, 另一部分为适合于目标系统硬件配置的 FBTC 文件。配置好 Conversion Cmd, File To Burn, Target System 中的 FBTC Program File Flash 文件, 即可烧写 FLASH, 烧写结束后, 再次上电, DSP 就自动地把程序从 Flash 中搬运到片上 RAM 中, 开始运行, 从而实现了 Flash 的引导过程。

### 2.4 DSP 复位电路的实现

DSP 复位电路具有监视系统运行并在系统发生故障, 程序跑飞或死机时再次进行复位的能力。其基本原理是通过电路提供一个用于监视系统运行的监视线, 当系统正常运行时, 应在规定时间内给监视线提供一个高低电平发生变化的信号, 如果在规定的时间内这个信号不发生变化, 自动复位电路就认为系统运行不正常并重新对系统进行复位<sup>[3]</sup>。

根据上述原理, 利用 CPLD 编写看门狗程序, 通过检测 DSP 的 GP9 的电平是否发生变化来监视系统是否正常工作。首先 DSP 初始化 GPIO, 使能 GP9, 并将 GP9 初始化为输出, 编写一 void test\_out (GP\_NUM, VAL) 函数, 此函数功能是通过设定 GP\_NUM 及 VAL 的值来确定 GPVAL, 例如: test\_out (9, 0), 即将 GP9 输出低电平, test\_out (9, 1) 即将 GP9 输出高电平, 在 DSP 程序内多处调用 test\_out (9, 0),

(上接第 296 页)

## 4 结语

文中提出了基于 Contourlet 变换的根据图像不同分解层不同方向的轮廓细节自适应调节阈值的图像去噪方法, 减少了由于吉布斯现象带来的视觉失真, 得到高质量的融合图像。

实验结果表明该算法能很好去除图像中的噪声, 尤其是对细节较多的图像有不错的效果, 改善图像的视觉效果, 而且视觉及 PSNR 值上都要优于平移不变性的小波和仅用硬阈值去噪的 Contourlet 方法。

### 参考文献

- [1] 邓承志, 汪胜前, 钟华, 等. 基于 Contourlet 变换的图像去噪算法[J]. 电视技术, 2004, (10): 21-22.

test\_out (9, 1), 使 GP9 高低电平变化能够准确反映 DSP 是否正常工作。CPLD 中看门狗程序不断检测 GP9 信号是否发生高低电平变化, 若等待一定时间后 GP9 信号无变化则 CPLD 复位 DSP, 若 GP9 不断有高低电平输出, 则认为 DSP 工作正常, CPLD 复位 DSP 功能不被触发。

## 3 实现情况

本次论文设计的多通道同步数据采集与处理系统在项目中内嵌数据压缩算法, 实验结论表明, 本系统能够满足多通道同步数据采集与处理的要求, 性能安全, 可靠。被采集数据读入 DSP 内 CE2 空间如图 4 所示, 数据格式为采一路数据后加一路标志, 8 路标志分别为 FFEA, FFEB, FFEC, FFED, FFEE, FFEF, FFF0, FFF1。

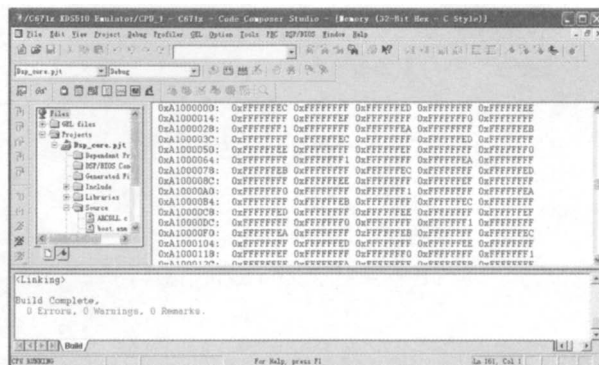


图 4 被采集数据

## 4 结语

文章较详细地介绍了系统组成。创新点在于采集模块的多通道同步性, 这在实际问题中有着很重要的应用。根据文中所设计实现的系统, 用户可直接在 DSP 中移植入所需要的算法, 达到用户灵活应用的目的。

### 参考文献

- [1] 夏宇闻. Verilog 数字系统设计教程[M]. 北京: 北京航空航天大学出版社, 2003: 2-5.
- [2] 王洪波, 赵沧波, 刁鸣. TMS320C6201 Flash 引导方式的研究[J]. 应用科技, 2005, (09): 10-12.
- [3] 章云. DSP 控制器及其应用[M]. 北京: 机械工业出版社, 2001: 234-235.
- [2] 蔡敦虎, 羿旭明. 小波基的选取对图像去噪的影响[J]. 数学杂志, 2005, (02): 67-72.
- [3] 梁栋, 沈敏, 高清维, 等. 一种基于 Contourlet 递归 Cycle Spinning 的图像去噪方法[J]. 电子学报, 2005, (11): 126-128.
- [4] 王志明, 蒋加伏, 唐贤瑛. 基于 SVM 的小波图像去噪[J]. 湖南科技学院学报, 2005, (05): 161-163.
- [5] 谢志宏, 沈庭芝, 韩月秋, 等. 小波域联合概率分布模型与 Bayesian 图像去噪[J]. 北京理工大学学报, 2005, (04): 76-79.
- [6] 董鸿燕, 扬卫平, 沈振康. 基于 Contourlet 变换的自适应图像去噪方法[J]. 红外技术, 2006, (09): 60-64.
- [7] 刘卫华, 许国平, 李雨青. 一种改进的经验 Wiener 滤波用于图像去噪[J]. 现代电子技术, 2005, (06): 59-60.