

Contourlet 변환을 이용한 새로운 압축방법에 대한 연구

정현진 · 장준호 · 김영섭[†]

[†]단국대학교 전자공학과

The study of New Compression method using Contourlet transform

Hyun Jin Chong, Jun Ho Jang and Young Seop Kim[†]

[†]Department of Electronics Engineering, Dankook Univ.

ABSTRACT

Wavelet Transform is amenable to efficient algorithms. So wavelet transform was adopted many signal processing and communication applications. For example, the wavelet transform was adopted as the transform for JPEG2000. However, Wavelet has weakness about smoothness along the contours and limited directional information. Hence, recently, some new transforms have been introduced to take advantage of this property. So we use to other transform, called contourlet transform in compression. In this paper, we propose a new method for image compression based on the contourlet transform, which has been recently introduced. Contourlet transform has a good result about images with smooth contours. Moreover, Contourlet is feasible multiresolution and multidirection expansion using non-separable filter bank. This treatise shows a good image representation after compressing using contourlet transform.

Key Words : Contourlet, Contourlet Transform, Double Filter Bank, Laplacian Pyramid, Directional Filter Bank

1. 서 론

시각정보의 효과적인 표현을 하기 위한 영상처리 방법으로 압축, 잡음 제거, 역상 등의 방법을 활용한다. 특히, 영상 압축에서는 효과적인 영상 표현 기법이 좋을수록 견고한 압축 파일이 생성되기 때문에 시각적 표현 방법은 중요한 의미를 가진다. 효과적인 영상 표현을 하기 위해서는 구조화된 변환 방법을 사용하고 빠른 알고리즘으로 구현해야 한다[1].

웨이블릿은 영상의 주사선(scan-line)처럼 1차원 함수가 구간별로 연속인 신호에 대하여 최적의 성능을 발휘하고 있다. 또한 웨이블릿은 빠른 변환과 편리한 트리 데이터 구조를 가진 효과적인 알고리즘이다. [2][3] 이러한 좋은 성능을 가진 웨이블릿은 신호처리와 통신 응용에 다양하게 사용되고 있다. 특히 새로운 영상 표준으로 각광받고 있는 JPEG2000에서도 웨이블릿 변환을 사용하고 있다.

그러나 웨이블릿은 2차원 영상의 에지 점(edge points)에서의 불연속적으로 분리된 영상 표현에는 효과적일 수 있으나 연속적인 영상표현에서는 매끄럽지 못하다. 즉, 웨이블릿은 다 해상도 구조에 따른 다른 크기를 사용하여 매끄러운 윤곽선 표현이 되지 않는다. 또한 분리된 웨이블릿은 방향성 정보 제한 때문에 다방향성 표현을 할 수가 없다.

이에 따라, 우리는 웨이블릿을 대체할 수 있는 변환 방법에 대해 관심을 갖기 시작하였다. 기하학적 균형이 잡힌 효과적인 표현을 개발할 수 있는 몇 가지 연구들이 있다. 예를 들자면, 밴드릿(bandelets) [4], 에지 적용 멀티 스케일 변환[5], wedgelets 변환[6], quadtree coding [7] 등이다.

본 논문에서는, 웨이블릿 변환을 대체한 새로운 변환방법을 압축에 활용 하는 효과적인 영상 표현 성능에 대한 연구에 고찰한다. 이 새로운 변환방법은 contourlet 변환이며 윤곽선을 매끄럽게 표현하여 효과적인 표현을 가능하게 한다.

2장에서는 contourlet 변환의 이중 필터 뱅크 구조와 특징을 기술한다. 3장에서는 contourlet 변환에서 가장

[†]E-mail : wangcho@dankook.ac.kr

효과적인 필터를 찾아내는 실험결과와 contourlet 변환과 wavelet 변환의 성능 비교 실험에 대해 기술한다. 4장에 서는 이 논문의 결론에 대해서 서술한다.

2. Contourlet Transform

2.1. Contourlet의 Filter Bank

contourlet 변환은 이중 필터 बैं크 구조를 가지고 있다. 이중 필터 बैं크 구조는 라플라시안 피라미드(Laplacian Pyramid)와 방향성 필터 बैं크(Directional Filter Bank)의 이중 구조를 취하고 있다. 이 구조는 다중 스케일과 다중 방향성 표현을 가능하게 하며 계산 복잡도를 줄이는 효과를 가져온다.

2.1.1. 라플라시안 피라미드(Laplacian Pyramid)

멀티 스케일 분리를 얻을 수 있는 방법으로 사용하는 라플라시안 피라미드는 Burt and Adelson에 의해 소개되었다.[8] 각 레벨에서 라플라시안 피라미드 분리는 원래의 것과 예상의 차이와 본 영상의 다운 샘플 된 지역 통과를 실행한다. 결과는 밴드 통과 필터를 통과한 결과와 같다. 이 절차는 조잡한 신호에서 반복적으로 실행 할 수 있다. 그러나 라플라시안의 피라미드는 웨이블릿이 임계적으로 샘플 되는 것과는 대조적으로 내재된 오버 샘플링 되는데 이 영상은 불규칙한 주파수를 가질 수 없다. 이런 불규칙한 주파수가 웨이블릿 필터 बैं크에서 고역통과 채널일 때 발생하면 다운샘플링 후에 낮은 주파수 밴드로 중첩된다. 라플라시안 피라미드에서는 낮은 주파수 채널만이 다운 샘플링으로 피할 수 있는 약점이 있다.

2.1.2. 방향성 필터 बैं크

방향성 필터 बैं크(Directional Filter Bank)는 Bamberger와 Smith가 사용한 5점형 필터 बैं크에서 비롯되었다[9]. 방향성 필터 बैं크는 1-레벨의 이진 트리 분리를 통해 썩기 모양의 주파수 분리된 2I 서브밴드를 이끄는데 효과적인 도움이 된다. contourlet 변환에서 사용하는 방향성 필터 बैं크는 입력 영상의 변조를 피하고 분리 트리를 확장하는 간단한 법칙을 적용한다.

2.2. Contourlet 변환의 특징

contourlet 변환의 특징은 다음과 같다[1].

- 다양한 방향성 : 윤곽선의 화질이 더 유동성있게 표현 가능하다[10][11].
- 이중 필터 बैं크 : 라플라시안 피라미드와 방향성 필터 बैं크의 이중 구조를 가지고 있다.

- 반복적인 필터 बैं크 정의된 함수 : 알고리즘을 빠르게하고 트리 구조를 가진다.
- 사각 격자로 정의된 contourlet 확장 : 고른 영상 형태의 변환으로 디지털 친화적이다.
- 다해상도 가능 : contourlet 구조는 공간 해상도와 각 해상도에서 적응력있는 정세성을 제공하는 공간 도메인 다해상도 모양을 제공할 수 있다.

3. 실험 결과

이중 필터 बैं크 구조를 가진 contourlet 변환특성에 따라 라플라시안 피라미드 필터와 방향성 필터의 종류를 바꿔가며 실험하였다. 그 중 제일 좋은 필터를 선택하여 다른 영상과의 비교를 통해 contourlet의 특징을 발견할 수 있었다.

3.1. 필터 बैं크의 종류에 따른 결과

필터의 종류는 9/7 필터, haar 필터, 5/3 필터 그리고 Quincunx[12] 필터를 라플라시안 피라미드 필터와 방향성 필터에 각각 적용하여 실험하였다.

Table 1에서는 비트율이 0.025bpp일 때 Barbara 영상

Table 1. Bit rate=0.025bpp , Barbara Image Double Filter Bank Performance Estimation (Image Size : 512X512, W-let : wavelets, C-let : Contourlet)

Image	Pyramidal Filter	Directional Filter	PSNR(dB)	
			W-let	C-let
Barbara (512X512)	9-7	Haar	25.43	22.22
		5-3		25.14
		9-7		26.07
		Quincunx		26.55
	5-3	Haar	24.73	22.33
		5-3		24.79
		9-7		25.49
		Quincunx		26.00
	Burt	Haar	24.88	22.14
		5-3		24.71
		9-7		25.51
		Quincunx		25.94
Pkva	Haar	24.54	22.16	
	5-3		24.31	
	9-7		25.15	
	Quincunx		25.64	

Table 2. Bit rate=0.05bpp , Barbara Image Double Filter Bank Performance Estimation (Image Size : 512X512, W-let : wavelets, C-let : Contourlet)

Image	Pyramidal Filter	Directional Filter	PSNR(dB)	
			W-let	C-let
Barbara (512X512)	9-7	Haar	28.20	21.83
		5-3		27.08
		9-7		28.34
		Quincunx		29.93
	5-3	Haar	27.15	21.88
		5-3		26.66
		9-7		27.69
		Quincunx		28.29
	Burt	Haar	27.27	21.74
		5-3		26.57
		9-7		27.75
		Quincunx		28.31
	Pkva	Haar	27.05	21.92
		5-3		26.14
		9-7		27.31
		Quincunx		27.88

을 이중 필터 बैंक 안에 필터를 교체하면서 PSNR을 측정하였다. Table 2는 Table 1과 같은 환경에서 비트율이 0.05bpp일 때 실험 결과이다. Table 1과 Table 2에서 볼 수 있듯이 라플라시안 피라미드는 9/7 필터를 사용하고, 방향성 필터에는 Quincunx 필터[12]를 사용했을 경우 가장 좋은 화질 성능을 나타내고 있다.

3.2. Contourlet의 다양한 영상 평가

contourlet변환의 압축 성능의 특징점을 잘 살펴 볼 수 있는 영상들을 선별하여 실험하였다. 윤곽선 부분의 부드러움의 표현이 잘 나타날 수 있는 무늬를 가진 영상과 그밖에 다른 영상에서 나타나는 성능 실험을 하였다. 이중 필터 बैंक 안에 필터는 3.1에서 실험한 결과에서 가장 좋은 성능을 보인 라플라시안 필터에 9/7 필터를 사용하고, 방향성 필터에는 Quincunx필터를 사용하여 실험하였다.

Fig. 1은 Barbara영상인데, 표시영역을 보면 알 수 있듯이 선의 표현에서 웨이블릿 변환보다 contourlet 변환이 섬세하게 표현이 되어있음을 알 수 있다. Fig. 2는 Probe영상인데 겹쳐있는 선이 웨이블릿 변환보다 contourlet 변환이 더 섬세하게 표현되고 있다. contourlet



(a) Original Image



(b) Wavelets PSNR=26.06dB

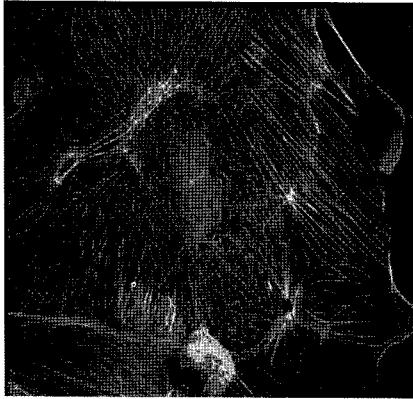


(c) Contourlet PSNR = 27.15 dB

Fig. 1. Wavelets vs. Contourlet (Barbara, 512X512, bitrate=0.03bpp), (a) Original Image (b) Wavelets Image (c) Contourlet Image.

변환이 뭉개지지 않고 선의 구별이 더 명확하다.

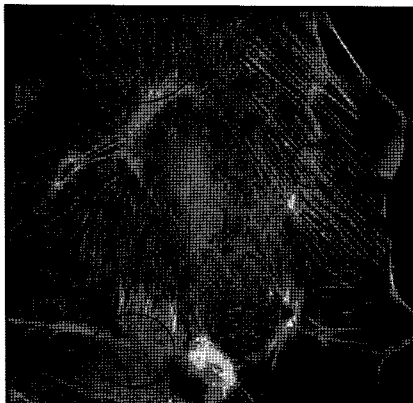
Fig. 3. Four영상에서는 표시영역 부분의 뾰족한 부분이 웨이블릿 변환에 비해 Contourlet변환이 선명하게



(a) Original Image



(b) Wavelets PSNR = 23.59dB

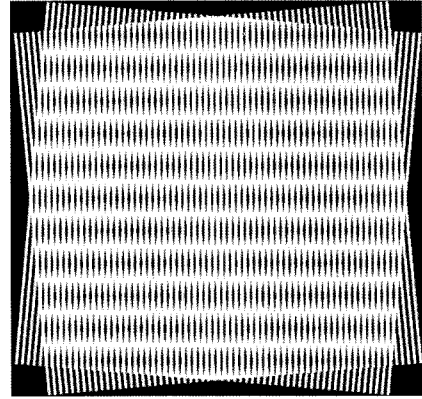


(c) Contourlet PSNR=23.70 dB

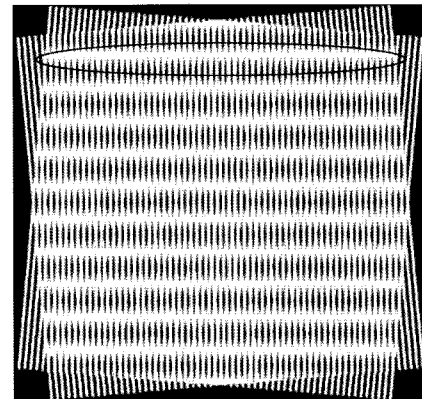
Fig. 2. Wavelets vs. Contourlet (Probe, 512X512, bitrate= 0.015bpp), (a) Original Image (b) Wavelets Image (c) Contourlet Image.

표현되었다. 웨이블릿 부분은 뾰족한 에지점이 붕개 졌 으나 contourlet변환은 선의 표시가 분명하다.

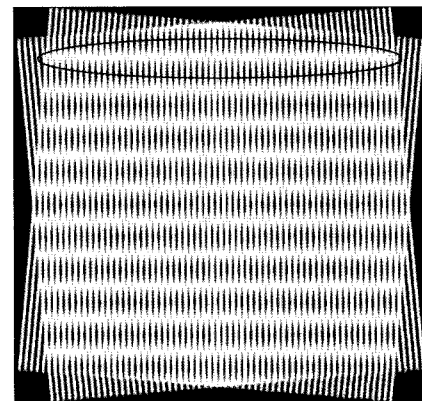
실험 결과에서도 알 수 있듯이 contourlet변환은 선



(a) Original Image



(b) Wavelets PSNR = 20.82dB



(c) Contourlet PSNR = 24.38dB

Fig. 3. Wavelets vs. Contourlet (Four, 512X512, bitrate= 0.06bpp), (a) Original Image (b) Wavelets Image (c) Contourlet Image.

영상의 윤곽선표현에서 뛰어난 성능을 보이고 있다. 윤곽선의 표현이 웨이블릿 변환 비해 contourlet변환이 훨씬 뛰어나다는 것을 볼 수 있다. 특히 겹친 선 부분

이나 에지 점을 표현하는데 있어서는 contourlet변환은 선의 구분이 뚜렷이 나타나 효과적인 영상 표현의 성능을 보였다.

4. 결 론

contourlet변환을 사용하여 압축했을 때 영상 화질 성능을 측정하여 효과적인 표현의 척도를 수치상으로 비교하였다. contourlet변환은 윤곽선의 섬세한 부분이나 에지점의 뾰족한 부분까지 표현해내는 성능을 발휘하였다. 웨이블릿이 부드럽게 선의 표현하지 못하는 부분까지 contourlet은 부드럽게 표현되는 효과적인 성능을 발휘하였다. 이는 웨이블릿 변환을 대체 가능성을 보여주고 있다. 그래서 앞으로 우리는 현재 JPEG2000 압축방법에 사용하는 웨이블릿을 대신하여 contourlet변환을 적용한 JPEG2000을 연구할 것이다. 이번 연구는 contourlet변환의 압축 성능을 검증하여 JPEG2000 적용할 수 있는 기초 연구가 되었다.

감사의 글

이 연구는 2007년도 중소기업청 산학연공동기술개발컨소시엄 사업비로 연구되었음.

참고문헌

1. Minh, N. Do and Vetterli, M. "The Contourlet Transform : An Efficient Directional Multiresolution Image Representation," IEEE Trans. Image Proc., Vol. 14, no. 12, pp. 2091-2106, Dec 2005.
2. Donoho, D. L., Vetterli, M., DeVore, R. A., and Daubechies, I., "Data compression and harmonic analysis," IEEE Trans. Inform. Th., vol. 44, no. 6, pp. 2435-2476, October 1998.
3. Mallat, S., A Wavelet Tour of Signal Processing, 2nd

- ed. Academic Press, 1999.
4. Pennec, E. L. and Mallat, S., "Sparse geometric image representation with bandelets," IEEE Trans. Image Proc., vol. 14, pp. 423-438, Apr. 2005.
5. Cohen, A. and Matei, B., "Compact representation of images by edge adapted multiscale transforms," in Proc. IEEE Int. Conf. on Image Proc., Special Session on Image Processing and Non-Linear Approximation, Thessaloniki, Greece, Oct. 2001.
6. Wakin, M. B., Romberg, J. K., Choi, H., and Baraniuk, R. G. "Rate distortion optimized image compression using wedgelets," in Proc. IEEE Int. Conf. on Image Proc., Rochester, New York, Oct. 2002.
7. Shukla, R., Dragotti, P. L., Do, M. N., and Vetterli, M. "Rate-distortion optimized tree structured compression algorithms for piecewise smooth images," IEEE Trans. Image Proc., vol. 14, pp. 343-359, Mar. 2005.
8. Burt, P. J. and Adelson, E. H. "The Laplacian pyramid as a compact image code," IEEE Trans. Commun., vol. 31, no. 4, pp. 532-540, April 1983.
9. Bamberger, R. H. and Smith, M. J. T. "A filter bank for the directional decomposition of images: Theory and design," IEEE Trans. Signal Proc., vol. 40, no. 4, pp. 882-893, April 1992.
10. Candès, E. J. and Donoho, D. L. "Curvelets - a surprisingly effective nonadaptive representation for objects with edges," in Curve and Surface Fitting, A. Cohen, C. Rabut, and L. L. Schumaker, Eds. Saint-Malo: Vanderbilt University Press, 1999.
11. Candès, E. J. and Donoho, D. L. "New tight frames of curvelets and optimal representations of objects with piecewise C2 singularities," Commun. on Pure and Appl. Math., pp. 219-266, Feb. 2004.
12. Phoong, S.-M., Kim, C. W., Vaidyanathan, P. P. and Ansari, R., "A new class of two-channel biorthogonal filter banks and wavelet bases," IEEE Trans. Signal Proc, vol. 43, no. 3, pp 649-665, Mar. 1995.