

레터논문 (Letter Paper)

방송공학회논문지 제17권 제6호, 2012년 11월 (JBE Vol. 17, No. 6, November 2012)

<http://dx.doi.org/10.5909/JBE.2012.17.6.1110>

ISSN 1226-7953(Print)

Lapped Transform을 이용한 영상 보간 기법

주 승 용^{a)}, 이 창 우^{a)†}

Image Interpolation Technique Using Lapped Transforms

Seung-Yong Joo^{a)} and Chang-Woo Lee^{a)†}

요 약

영상 신호의 해상도를 증가시키거나 움직임 추정의 정확성을 향상시키기 위하여 다양한 보간 기법이 제안되었는데 H.264/AVC와 HEVC 동영상 부호화 표준 기법에서는 움직임 추정의 정확성을 높이기 위해서 보간 필터를 사용하여 1/2 혹은 1/4 단위의 부화소를 생성한다. 본 논문에서는 1/2과 1/4 단위의 부화소 보간을 위하여 lapped transform을 이용한 효율적인 보간 기법을 제안한다. 제안하는 기법은 영상의 크기 변환과 보간과의 관계를 이용하여 부화소를 효율적으로 보간하는 기법인데 H.264/AVC와 HEVC에서 사용되는 보간 필터와 비교하였을 때 비슷한 성능을 보이면서 계산량을 크게 줄임을 보인다.

Abstract

Various image interpolation methods have been proposed to increase the resolution of images and accuracy of motion estimation of video, and the interpolation filters are used in H.264/AVC and HEVC standards. In this paper, we propose an efficient image interpolation method using lapped transforms. The relation between the resizing and interpolation of images is used in the proposed method, and the complexity is significantly reduced, while the performance of the proposed method is almost the same as conventional methods.

Keyword: Image interpolation, image resizing, lapped transform, H.264/AVC, HEVC

1. 서 론

디지털 영상 신호의 해상도를 높이거나 움직임 추정의

정확도를 높이기 위해서 다양한 보간 기법이 연구되고 있다. H.264/AVC와 HEVC(high efficiency video coding) 등의 표준 동영상 부호화 기법에서는 움직임 추정의 정확성을 높이기 위해서 luminance 성분에 대하여 1/2 혹은 1/4 단위의 부화소 생성을 위한 보간 필터가 사용된다^{1,2)}. 영상 신호의 보간은 기존의 화소 사이에 부화소를 생성하는 기법인 반면에 영상의 화소 수를 확대 혹은 축소하여 영상의 크기를 변환하기 위한 다양한 기법들이 제안되었다. 영상의 크기 변환 기법 중에서 DCT(discrete cosine transform) 영역에서 영상의 크기를 변환하는 기법은 효율성과 성능

a) 가톨릭대학교 정보통신전자공학부(School of Information, Communications and Electronics Engineering, The Catholic University of Korea)

† Corresponding Author : 이창우 (Chang-Woo Lee)

E-mail: changwoo@catholic.ac.kr

Tel: +82-2-2164-4369 Fax: +82-2-2164-4777

※ 본 연구는 정부의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초 연구사업임 (No.2012-0002935)

· Manuscript received October 8, 2012 Revised November 20, 2012

Accepted November 20, 2012

면에서 우수한 특성을 보인다^[3].

본 논문에서는 영상의 보간과 크기 변환과의 관계를 이용한 효율적인 영상 보간 기법을 제안한다. 영상의 보간과 크기 변환 방법은 생성되는 새로운 화소의 상대적인 위치에서 차이가 있음을 밝히고 영상의 크기 변환 기법을 이용하면 영상 보간을 효율적으로 구현할 수 있음을 보인다. 특히 DCT를 이용한 크기 변환 기법에 비해서 우수한 성능을 보이는 lapped transform을 이용한 크기 변환 기법을 이용하여 1/2과 1/4 단위의 부화소를 효율적으로 생성하는 보간 기법을 제안한다. 다양한 실험 영상을 이용한 모의 실험 결과로부터 제안하는 기법은 기존의 표준 기법에서 사용되는 보간 기법과 비교하여 비슷한 성능을 보임을 밝히고, 변환 영역에서 영상의 크기를 변환하는 경우에는 고속 알고리즘을 이용할 수 있으므로 제안하는 기법이 기존의 보간 필터를 사용하는 방법에 비해서 계산량을 크게 줄일 수 있음을 입증한다.

II. 영상의 보간과 크기 변환 기법

H.264/AVC 기법에서는 6 tap 필터를 사용하여 1/2 위치의 부화소를 보간하고 1/4과 3/4 위치의 부화소는 정수 단위와 1/2 단위의 부화소를 평균하여 구한다^[1]. 또한 현재 표준화 논의가 진행되고 있는 HEVC 기법에서는 DCT 변환을 이용하여 설계한 DCTIF(DCT-based interpolation filter)를 사용하여 영상을 보간한다^[2]. HEVC 표준에서는 영상 신호의 보간을 위해서 H.264/AVC 표준에서와는 다르게 1/4과 3/4 위치의 부화소를 정수 단위 화소를 직접 필터링하여 구함으로써 보간되는 영상의 화질을 높인다.

영상 보간 기법이 원 화소값은 유지하면서 부화소 만을 생성하는데 비해서 영상의 크기 변환 기법은 영상의 크기를 확대 혹은 축소하기 위한 기법으로서 생성되는 화소의 위치에서 차이를 보인다. 영상의 크기 변환 기법 중에서 DCT 영역에서의 크기 변환 기법은 계산량이 적고 성능이 비교적 우수한 장점이 있다^[3]. 영상의 크기 변환을 위해서 DCT 대신에 lapped transform 중에서 효율적인 변환 기법인 LiftLT를 이용하면 영상의 크기를 효율적으로 변환할 수 있다^[4,5]. 그림 1에 도시한 것과 같이 DCT 영역의 영상을 butterfly 연산과 lifting step 연산으로 LiftLT 영역으로 변

환한 후에 LiftLT 영역에서 고주파 성분을 제거하거나 0을 추가함으로써 영상을 축소 혹은 확대할 수 있다. LiftLT를 이용한 크기 변환 기법은 DCT를 이용한 크기 변환 기법에 비해서 더 좋은 화질의 영상을 생성한다^[4].

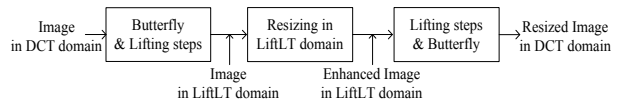


그림 1. LiftLT를 이용한 영상의 크기 변환
 Fig. 1. Image resizing method using LiftLT

III. 영상의 크기 변환과 보간과의 관계를 이용한 제안하는 영상 보간 기법

영상의 보간과 크기 변환과의 관계를 알아보기 위해서 DCT 변환을 이용하여 영상을 확대 혹은 축소하는 경우에 생성되는 화소의 상대적인 위치를 구하면 다음과 같다. 블록의 크기를 2배 확대하려고 할 때는 블록 크기가 $N/2$ 인 DCT 변환을 하여 DCT 계수 $y(k)$ 를 구하고 고주파 부분에 $N/2$ 개의 0을 삽입하여 블록 크기를 N 으로 만든 후에 이를 역변환하여 크기를 2배 확대할 수 있다. 영상의 크기 변환을 위하여 사용되는 IDCT 식은 다음과 같다.

$$x(n) = \sum_{k=0}^{N-1} \alpha(k)y(k) \cos\left(\frac{\pi(2n+1)k}{2N}\right) \quad (0 \leq n \leq N-1) \quad (1)$$

식 (1)에서 DCT 계수 $y(k)$ 는 $0 \leq k \leq N/2-1$ 인 구간에서는 의미있는 값을 갖고 $N/2 \leq k \leq N-1$ 인 구간에서는 0의 값을 갖기 때문에 블록 크기 N 으로 역변환을 수행하면 식 (1)에서 $0 \leq k \leq N/2-1$ 사이의 값만 더해지게 된다. 즉 식 (1)을 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$\begin{aligned} x(n) &= \sum_{k=0}^{N/2-1} \alpha(k)y(k) \cos\left(\frac{\pi\left(\frac{2n+1}{2}\right)k}{2 \times (N/2)}\right) \\ &= \sum_{k=0}^{N/2-1} \alpha(k)y(k) \cos\left(\frac{\pi\left(2\left(\frac{n}{2}-\frac{1}{4}\right)+1\right)k}{2 \times (N/2)}\right) \end{aligned} \quad (2)$$

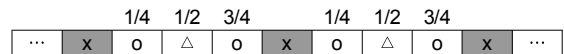
$(0 \leq n \leq N-1)$

식 (1), (2)에서 블록 크기가 $N/2$ 인 DCT 변환을 하여 DCT 계수 $y(k)$ 를 구하고 고주파 부분에 $N/2$ 개의 0을 삽입하여

블록 크기를 N 으로 만든 후에 이를 역변환하여 크기를 2배 확대하는 것은 블록 크기가 $N/2$ 인 DCT 변환을 하여 DCT 계수 $y(k)$ 를 구하고 n 대신에 $n/2-1/4$ ($0 \leq n \leq N-1$)를 대입하여 IDCT 연산을 수행하여 N 개의 화소를 구하는 것과 같음을 알 수 있다. $0 \leq n \leq N-1$ 인 구간에서 $n/2-1/4$ 값은 $-1/4, 1/4, 3/4, 5/4, \dots, (2N-3)/4$ 값을 갖기 때문에 원화소의 위치를 0이라 할 때 영상을 2배 확대하였을 때 생성되는 두 화소의 상대적인 위치는 각각 $-1/4, 1/4$ 이 된다. 즉, 그림 2에 도시한 것과 같이 원 화소의 위치를 x 라 할 때 2배 확대된 화소의 위치는 \circ 이 된다. 반대로 영상의 크기를 1/2로 축소 변환하는 경우에는 마찬가지로 방법으로 생각하면 원화소를 \circ 라 하면 축소 변환되는 화소의 위치는 x 가 된다. 한편 원 화소의 위치를 x 라 할 때 영상의 보간을 통하여 생성되는 1/2 단위의 부화소의 위치는 \triangle 가 된다.

본 논문에서는 먼저 영상의 2배 확대 변환을 통해서 1/4과 3/4 부화소 위치의 화소를 생성하고 이를 이용하여 1/2 위치의 부화소를 생성하는 기법을 제안하고 이와 같은 방법을 이용하면 1/4과 1/2 단위의 부화소를 효율적으로 보간할 수 있음을 보인다. 영상의 크기 변환을 위해서는 DCT 영역의 크기 변환 기법에 비해서 우수한 성능을 보이는 LiftLT를 사용한 영상의 크기 변환 기법을 사용하였다. 먼저 2장에서 설명한 LiftLT를 이용한 영상의 크기 변환 기법을 이용하여 영상의 크기를 2배 확대한다. 확대된 영상의 화소들의 위치는 그림 2에 도시한 것과 같으므로 원화소와 확대된 영상의 화소로부터 원영상의 1/4과 3/4 단위의 부화소를 구한 것과 같다. 1/2 단위의 부화소를 생성하기 위해서는 다음과 같은 두가지 방법을 이용한다. 먼저 1/4과 3/4 위치의 부화소를 평균하여 1/2 화소 위치의 부화소를 생성할 수 있다. 이러한 방법을 사용하면 영상의 2배 확대 변환과 단순 평균 연산으로 1/2과 1/4 단위의 부화소를 생성할 수 있다. 두 번째 방법으로는 LiftLT를 이용하여 영상을 두 배 확대하여 1/4 단위의 부화소를 생성한 후에 LiftLT를 이용한 영상의 1/2배 축소 변환을 통해서 1/2 단위의 화소를 생성하는 것이다. 즉, 그림 2에서 영상을 축소 변환하면 \circ 로 표시된 원화소로부터 x 로 표시된 부화소를 구할 수 있는 사실을 이용하여 \circ 로 표시된 첫 번째 화소를 제외하고 영

상을 축소 변환하면 \circ 로 표시된 원화소 사이의 \triangle 로 표시된 부화소를 구할 수 있다. HEVC 기법에서는 1/4, 1/2, 3/4 위치의 부화소를 각각 따로 계산해야 하지만 제안하는 방법에서는 영상의 크기 확대 기법을 이용하여 1/4, 3/4 위치의 부화소를 한번에 구하고 이를 이용하여 간단한 연산으로 1/2 위치의 부화소를 구하기 때문에 전체 계산량을 크게 줄일 수 있는 장점이 있다.



- o : 2배 확대된 영상의 화소 위치
- x : 원 화소 위치
- △ : 영상 보간으로 생성되는 1/2 부화소 위치

그림 2. 영상 보간과 확대에서 생성되는 부화소의 상대적 위치
Fig. 2. Sub-pixels for image interpolation and resizing

IV. 실험 결과

본 논문에서 제안하는 방법의 성능을 평가하기 위해서 원 영상의 화소를 제거한 후에 보간하여 원 영상과의 PSNR을 비교하였다. 512×512 크기와 768×512 크기의 다양한 실험 영상에 대해서 원 영상의 짝수번째 화소를 제거하고 1/2 화소 단위를 생성하는 보간 방법을 이용하여 제거된 화소를 복원한 후에 원영상과의 PSNR을 구한 결과를 표 1에 제시하였다. 기존의 DCTIF 8 tap 보간 필터를 사용하여 보간한 경우와 제안하는 LiftLT를 사용한 보간 기법을 1/2 화소 단위의 보간에 적용하여 성능을 비교하였다. 제안하는 기법이 기존의 기법에 영상에 따라서 PSNR 성능에서 다소간의 차이를 보이는데 실험 영상 전체에 대해서 생각하면 유사한 성능을 보인다. 또한 원영상에서 1/4화소 단위의 부화소를 보간한 영상의 화질을 비교한 결과 기존의 방법과 제안하는 기법으로 각각 보간된 영상의 주관적인 화질 차이는 거의 없었다.

다음에 복잡도를 비교하기 위하여 행방향 혹은 열방향으로 1/4, 1/2과 3/4 부화소를 생성하는데 각 방법에서 필요한 곱셈 수를 계산하여 표 2에 비교하였다. 먼저 DCTIF 8 tap 필터의 경우 한 화소당 부화소 3개를 생성해야 하고 필터의 길이가 8이므로 화소당 24번의 곱셈이 필요하지만 필터 계수의 대칭성을 이용하면 곱셈수를 화소당 18개로 줄일 수

있다. LiftLT를 이용한 영상의 크기 변환 기법을 이용한 제안하는 보간 기법의 경우에는 곱셈은 DCT 혹은 IDCT 변환에만 필요하고 LiftLT 구현을 위한 butterfly와 lifting step 연산에는 곱셈이 필요하지 않다.

영상의 2 배 확대 변환과 평균을 이용하는 첫번째 제안하는 기법의 경우에는 블록 크기 4인 DCT 변환과 블록 크기 8인 IDCT 변환을 수행하는데 곱셈이 필요한데 IDCT 변환에서 4 개의 DCT 계수가 0인 것을 고려하면 총 화소당 12 번의 곱셈이 필요하다. DCT 변환의 경우 고속의 알고리즘을 이용하면 블록 크기 4와 블록 크기 8인 DCT 혹은 IDCT 연산에는 각각 4회와 8회의 곱셈이 필요하므로^[6], 제안하는 첫 번째 방법에는 화소당 4번의 곱셈이 필요하다. 또한 제안하는 두 번째 방법도 마찬가지로 생각하면 화소당 24회의 곱셈이 필요하고 고속 알고리즘을 사용하면 화소당 8회의 곱셈이 필요하다. 이상의 결과에서 제안하는 방법은 1/4 화소, 1/2 화소 및 3/4 화소를 한번에 생성해야 하는 경우에

기존의 방법에 비해서 비슷한 성능을 보이면서 계산량을 크게 감소시킬 수 있음을 알 수 있다.

V. 결론

본 논문에서는 LiftLT를 이용한 효율적인 영상 보간 기법을 제안하였다. 영상의 크기 변환을 위한 관계식을 이용하면 영상의 보간과 크기 변환은 생성되는 화소의 상대적인 위치에서 차이가 있다. 이를 이용하면 영상의 크기 변환으로부터 영상의 보간을 위한 효율적인 방법을 구할 수 있다. 특히 DCT 영역에서의 크기 변환 대신에 LiftLT 영역에서의 크기 변환을 이용하면 보간되는 영상의 품질을 높일 수 있다. 다양한 실험 영상을 이용한 성능 평가를 통하여 제안하는 방법은 기존의 방법과 비슷한 성능을 보이며, 계산량을 줄일 수 있음을 확인하였다.

표 1. 1/2 화소 단위 보간 성능 비교 (제안하는 기법 1: 2배 확대 변환으로 1/4, 3/4 위치의 부화소를 구하고 평균으로 1/2 위치의 화소 생성, 제안하는 기법 2: 2배 확대 변환으로 1/4, 3/4 위치의 부화소를 구하고 축소 변환으로 1/2 위치의 화소 생성)

Table 1. Performance comparison for each interpolation method to generate 1/2 sub-pixel (PSNR in dB)

	Lena (512 × 512)	Man (512 × 512)	Baboon (512 × 512)	Parrot (768 × 512)	Cap (768 × 512)	Bike (768 × 512)
H.264/AVC	33.82	30.18	22.37	32.39	31.52	25.75
DCTIF (8 tap)	33.79	30.12	22.30	32.34	31.45	25.65
제안하는 기법1	32.11	29.97	23.00	33.24	32.69	26.10
제안하는 기법2	33.81	30.22	22.46	32.38	31.57	25.77

표 2. 계산량 비교 (행방향 혹은 열방향으로 1/4, 1/2과 3/4 위치의 부화소 생성을 위한 화소당 곱셈수)

Table 2. Complexity comparison (The number of multiplications for generating sub-pixels)

보간 기법	화소당 곱셈수
DCTIF (8tap)	24 mult./pixel 18 mult./pixel (필터 계수의 대칭성을 이용하는 경우)
제안하는 기법 1	12 mult./pixel 4 mult./pixel (fast DCT 알고리즘을 이용하는 경우)
제안하는 기법 2	24 mult./pixel 8 mult./pixel (fast DCT 알고리즘을 이용하는 경우)

참고 문헌

- [1] G. J. Sullivan, G. Bjontegaard and A. Lutra, "Overview of the H.264/AVC video coding standard," IEEE Trans. Circuit Syst. Video Technol., vol. 13, no. 7, pp. 560-576, July 2003.
- [2] K. McCann et al., "Samsung's response to the call for proposals on video compression technology," JCTVC-A124, Apr. 2010.
- [3] R. Dugad and N. Ahuja, "A fast scheme for image size change in the compressed domain," IEEE Trans. Circuit Syst. Video Technol., vol. 11, no. 4, pp. 461 - 474, Apr. 2001.
- [4] C. W. Lee, "General methods for L/M-fold resizing of compressed images using lapped transforms," IET Image Process., vol. 1, no. 3, pp. 295-303, September. 2007.
- [5] T. D. Tran, "The LiftLT: Fast lapped transforms via lifting steps," IEEE Signal Processing Lett., vol. 7, pp. 145 - 149, June 2000.
- [6] H. S. Hou, "A fast recursive algorithm for computing the discrete cosine transform," IEEE Trans. Acoust. Speech, Signal Process., vol. 35, no. 10, pp. 1455-1461, Oct. 1987.