

DCT 도메인과 공간 도메인의 적응적 이미지 업샘플링

*김재훈 *김기백 *정제창

*한양대학교 전자컴퓨터통신공학

*jh.kim7963@gmail.com, *k2b0002@hanyang.ac.kr, *jjeong@ece.hanyang.ac.kr

Adaptive DCT-Spatial Domain Image Up-Sampling

*Jaehun Kim *Kibaek Kim *Jechang jeong

Dept. Electronics and Computer Eng. Hanyang University

요약

멀티미디어 장치와 사용자의 욕구가 다양해짐에 따라 이를 충족시키기 위하여 이미지 크기는 장치에서 지원하는 해상도나 사용자의 욕구에 맞게 조정되어야 한다. 이미지 업샘플링 방법은 크게 공간 도메인과 주파수 도메인에서 수행될 수 있다. 일반적으로 공간 도메인에서의 업샘플링 방법은 주파수 도메인의 업샘플링에 비해 상대적으로 주관적인 화질 측면에서 좋은 성능을 나타내지만 객관적인 성능이 낮다. 반대로 주파수 도메인에서의 업샘플링 방법은 객관적인 화질이 좋고 주관적인 화질 측면에서 상대적으로 성능이 낮게 나타난다. 본 논문에서는 공간 도메인과 주파수 도메인에서의 업샘플링 방법을 블록의 특성에 따라 적응적으로 업샘플링 방법을 선택하는 알고리즘을 제안한다. 제안하는 방법은 객관적 성능 뿐 아니라 주관적 성능까지도 향상시킬 수 있다. 실험 결과를 통해 제안하는 알고리즘이 기존의 알고리즘에 비해 PSNR 측면에서 0.87dB~1.15dB 증가하고, 주관적 화질도 향상됨을 알 수 있다.

1. 서론

현재 디지털 비디오 기술들은 유무선 통신을 통한 멀티미디어 매시징시스템, 화상 통화, 화상 회의에서부터 멀티미디어 단말기 및 디지털 텔레비전, 디지털 방송 등 다양한 응용 분야에서 사용되고 있다. 비디오 기술의 발전과 함께 멀티미디어 장치와 사용자의 요구도 다양해지고 있다. 이런 환경에 맞게 이미지의 크기는 장치에서 지원하는 해상도나 사용자의 요구에 맞게 조정 되어야 한다. 이미지 업샘플링 방법은 공간 확장성을 지원하는 스케일러블 비디오 코딩(*scalable video coding*)같은 비디오 코덱에서도 반드시 필요한 기술이다[1, 10].

이미지 업샘플링 방법은 크게 공간 도메인과 주파수 도메인에서 수행될 수 있다. 대표적인 공간 도메인에서의 업샘플링 방법으로는 Bi-linear, Bi-cubic, 6-tap wiener filter 등이 있다[2-5]. 공간 도메인에서의 업샘플링 방법은 주변 화소들의 정보를 이용해 이미지를 보간하기 때문에 주관적인 화질에서 좋은 성능을 보여주지만 오버스무딩(*over smoothing*)[10]을 발생시켜 업샘플링된 영상의 객관적인 성능을 떨어뜨린다. 주파수 도메인에서의 업샘플링 방법은 이미지를 블록 단위로 분할 후 각 블록을 이산 코사인 변환(*Discrete Cosine Transform: DCT*) 한다. 그 후에 업샘플링 되는 블록의 좌측 상단에 DCT 계수를 채우고, 채워진 DCT 계수 영역을 제외 한 나머지 고주파 영역에 제로(*Zero*)를 패딩하여 다시 역변환(*Inverse DCT*) 하는 방법 [6]을 기본으로 여러 알고리즘[1, 7-10]이 제안되었다. 주파수 영역에서의 업샘플링 방법은 공간 도메인보다 오버스무딩 효과가 적게 나타

나 상대적으로 객관적인 화질이 높게 나오지만 고주파 성분을 0으로 패딩하기 때문에 블록 열화가 나타나 주관적인 화질에서 낮은 성능을 보여준다.

본 논문에서는 주파수 도메인에서의 업샘플링 방법과 공간 도메인에서의 업샘플링 방법을 적응적으로 사용하는 업샘플링 방법을 제안한다. 주파수 도메인에서의 업샘플링 방법의 주관적인 화질을 높이기 위해 DCT계수로부터 영상의 *edge*부분이거나 고주파성분이 많은 복잡한 영역을 판단해서 해당 블록에 대해서는 공간 도메인에서의 업샘플링 방법을 적용하는 방법을 제안한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 주파수 도메인에서의 업샘플링 기법에 대해 간략히 소개하고, 3장에서는 제안하는 알고리즘에 대해 자세히 설명한다. 그리고 4장에서는 실험결과를 통해 기존의 알고리즘과 제안하는 알고리즘의 성능을 비교 분석하고, 마지막으로 5장에서 결론을 맺는다.

2. 주파수 도메인에서의 이미지 업샘플링 방법

2.1 제로(*Zero*) 패딩 방법

주파수 도메인에서의 제로 패딩 업샘플링 방법[6]은 원본 이미지를 블록 단위로 DCT 후 업샘플링 하고자 하는 크기만큼 고주파 영역에 0을 패딩하고 IDCT 하여 업샘플링 된 이미지를 얻는 방법이다. 본 논문에서는 Type-2 DCT 변환을 사용하였다. (1)은 8×8 Type-2

DCT 변환을 나타낸다.

$$F(u,v) = \frac{C_u C_v}{4} \sum_{i=0}^7 \sum_{j=0}^7 \cos \frac{(2i+1)u\pi}{16} \cos \frac{(2j+1)v\pi}{16} f(i,j) \quad (1)$$

$$C_u C_v = \begin{cases} \frac{1}{\sqrt{2}} & \text{for } u,v=0 \\ 1 & \text{otherwise.} \end{cases}$$

여기서 (u,v)와 (i,j)는 각각 공간 도메인과 주파수 도메인에서의 8×8 블록의 좌표를 나타낸다. (2)는 주파수 도메인에서의 영 패딩 기법을 나타낸다.

$$S_{zero-padding} = IDCT \left(\begin{pmatrix} f_{orig-low} & 0 \\ 0 & 0 \end{pmatrix} \right) + IDCT \left(\begin{pmatrix} 0 & 0 \\ 0 & 0 \end{pmatrix} \right) \quad (2)$$

여기서 $f_{orig-low}$ 는 원본 이미지 블록의 DCT 후 주파수 도메인에서의 DCT 계수를 나타낸다.

2.2 DCT-Wiener 하이브리드 방법

주파수 도메인에서의 DCT-Wiener 하이브리드 방법[9]은 제로 패딩 방법에서 고주파 영역을 0으로 패딩하면서 발생하는 블록 열화로 인해 주관적인 화질이 저하되는 현상을 보완하기 위해 제안된 방법이다. 공간 도메인에서 {1,-5,20,20,-5,1}/32의 계수를 가지는 6-tap wiener 필터를 사용해 원본 이미지를 업샘플링하고, 그 업샘플링된 이미지를 블록 단위로 DCT를 수행한다. 기존에 0으로 패딩하는 고주파 위치에 0으로 패딩하는 대신 업샘플링된 이미지의 해당 블록의 고주파 성분을 넣어준다. 그 후의 과정은 제로 패딩 방법과 동일하다. (3)은 하이브리드 방법을 나타낸다.

$$S_{hybrid} = IDCT \left(\begin{pmatrix} f_{orig-low} & 0 \\ 0 & 0 \end{pmatrix} \right) + IDCT \left(\begin{pmatrix} 0 & f_{W^{high}}^1 \\ f_{W^{high}}^2 & f_{W^{high}}^3 \end{pmatrix} \right) \quad (3)$$

여기서 $f_{W^{high}}$ 는 6-tap wiener 필터를 사용해 업샘플링된 이미지를 DCT한 고주파 성분을 나타낸다.

3. 제안하는 이미지 업샘플링 방법

제안하는 알고리즘은 주파수 도메인에서의 제로 패딩 업샘플링 방법에서 현재 블록에 edge가 많거나 고주파 성분이 많은 복잡한 영역으로 판단될 경우 해당 블록에 대해 공간 도메인에서 Bi-linear 방법을 이용해 업샘플링한다. 고주파 성분이 많은 블록에서 제로 패딩으로 인해 성능이 저하되는 점을 보완하였다.

3.1 블록의 특성 판단

현재 블록의 특성은 그림 1의 DCT 계수의 패턴을 이용하여 판단한다. 그림 1에서 볼 수 있듯이 DCT 계수의 첫 번째 행은 수평방향에 대한 변화를, 첫 번째 열은 수직방향에 대한 변화를 나타낸다. (4)는

DCT 계수의 첫 번째 행의 합(RS)과 첫 번째 열의 합(CS)을 나타낸다.

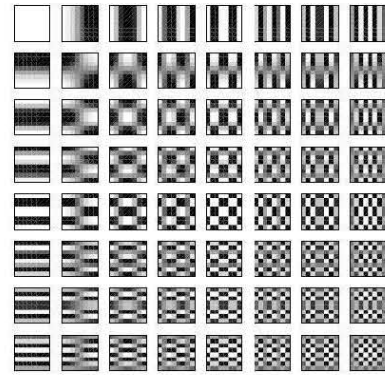


그림1. 8×8 DCT 계수 패턴

$$RS = |f(0,1)| + |f(0,2)| + |f(0,3)| \quad (4)$$

$$CS = |f(1,0)| + |f(2,0)| + |f(3,0)|$$

(4)를 이용한 블록의 특성판단은 다음과 같다.

```
if |RS| > α && |CS| > α
    edge와 고주파 성분이 많은 복잡한 블록
else
    평평(flat)한 블록
```

α는 threshold 값으로 본 논문에서는 20으로 설정하였다.

그림 2는 Lena영상에서 edge와 고주파 성분이 많다고 판단된 블록을 흰색으로 표시하였다. 그림 2에서 볼 수 있듯이 Lena영상을 통해 얻은 흰색 영역이 실제 edge와 복잡한 영역이 상당수가 일치함을 알 수 있다.

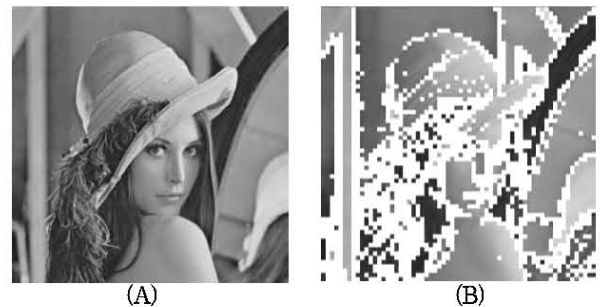


그림2. (A) 원본 Lena 영상
(B) Lena영상의 edge와 고주파성분이 많은 블록

3.2 제안하는 알고리즘

3.1장에서 설명한 방법으로 블록의 특성을 판단하고 flat한 영역에 대해서는 주파수 도메인에서의 영 패딩 방법을, edge가 많은 복잡한 블록에 대해서는 공간 도메인에서의 Bi-linear방법으로 업샘플링 한다. 그림3은 제안하는 알고리즘의 순서도를 나타낸다.

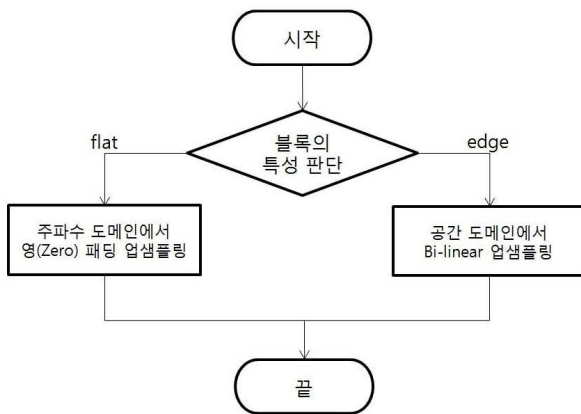


그림3. 제안하는 알고리즘 순서도

4. 실험결과

본 실험에서는 제로 패딩 기법과 DCT-wiener 하이브리드방법과 제안하는 알고리즘에 대해 객관적인 성능과 주관적인 성능을 비교하였다. 실험에는 Lena, Barbara, Baboon, Airplane, Goldhill 영상을 사용 하였다. 512x512 크기의 원본 이미지를 저해상도 이미지(256x256)로 구현함에 있어서 주파수 중첩(aliasing)을 방지하기 위해서 bilinear low pass filter를 통과한 후에 다운 샘플링 시킨 결과를 가지고 512x512 크기로 업샘플링을 실시하였다.

먼저 실험 영상에 대해 객관적인 성능 비교를 표 1에 나타내었다.

표 1. PSNR결과 비교

Images	PSNR (dB)		
	제로 패딩방법	하이브리드	Proposed
Lena	30.55	31.00	32.35
Baboon	20.45	20.69	21.38
Airplane	26.39	26.53	27.84
Goldhill	27.78	28.09	28.49
Barbara	22.35	22.61	23.22
평균	25.50	25.78	26.65

실험 영상에 대해서 제안하는 방법이 영 패딩 방법에 비해 평균 1.15dB, 하이브리드 방법에 비해 평균 0.87dB의 이득을 얻을 수 있었다. 그림 4는 주관적인 화질 비교를 위해 Lena영상의 특정 부분을 확대한 영상이다. 제안하는 방법은 영 패딩 방법에 비해 영상이 복잡한 블록이 많은 영역에 대해 블록 열화가 많이 감소하였고, edge부분이 잘 보존되는 것을 확인할 수 있다. 하지만 모든 블록에 대해서 고주파 성분의 성분을 고려한 하이브리드 업샘플링 방법이 주관적인 화질 측면에서 더 좋은 성능을 나타냈지만 그 차이가 크지 않다.

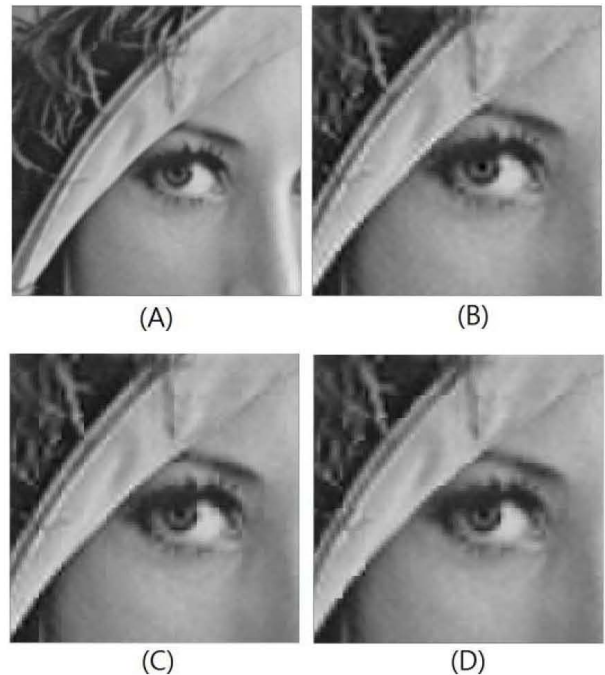


그림4. (A) 원본 영상 (B) DCT-Wiener 하이브리드 방법 (C) 영 패딩 방법 (D) 제안하는 방법

5. 결론

본 논문에서는 효과적인 이미지 업샘플링을 위해 현재 블록의 특성을 판단해 edge적은 평평한 영역에 대해서는 주파수 도메인에서 업샘플링을 수행하고 edge와 고주파 성분이 많은 영역에 대해서는 공간 도메인에서 업샘플링하는 방법을 제안하였다. DCT계수의 패턴을 이용하여 블록의 특성을 판단하였고 제안하는 알고리즘은 PSNR측면에서 기존 방법들에 비해 평균 0.87dB~1.15dB의 이득을 보였다. 주관적인 화질 측면에서는 주파수 도메인에서의 영 패딩 업샘플링 방법보다 좋은 성능을 보였고, 하이브리드 방법에 비해 다소 성능이 떨어지는 결과를 보였다.

6. 감사의 글(Acknowledge)

"본 연구는 지식경제부 및 정보통신산업진흥원의 대학 IT연구센터 육성지원 사업의 연구결과로 수행되었음"
(NIPA-2012-C1090-1200-0010)

참고 문헌

[1] S. J. Park and J. C. Jeong, "Hybrid image upsampling method in the discrete cosine transform domain," *IEEE Trans. on Consumer Electronics*, vol. 56, no. 4, November 2010.
 [2] R. G. Keys, "Cubic convolution interpolation for digital image processing," *IEEE Trans. Acoust., Speech, Signal Processing*, vol. ASSP-29, no. 6, pp.1153-1160, 1981.
 [3] J. A. Parker, R. V. Keyon and D. E. Troxel, "Comparison of

interpolation methods for image resampling," *IEEE Trans. on Image Processing*, MI-2, no.1, March 1983.

[4] T. M. Lehmann, C. Gpmmer and K. Spotzer, "Survey: Interpolation methods in medical image processing," *IEEE Trans. Medical Imaging*, vol. 18, no. 11, pp. 1049-1075, November 1999.

[5] Advanced Video Coding for Generic Audiovisual Service ITU-T and ISO/IEC JTC1, Rec. H.264-ISO/IEC 14496-10 AVC, 2003.

[6] R. Dugad and N. Ahuja, "A fast scheme for image size change in the compressed domain," *IEEE Trans. Circuits, Syst., Video Technol.*, vol. 11, pp. 461-474. 2011.

[7] H. W. Park, Y. S. Park, and S. K. Oh, "L/M-fold image resizing in block-DCT domain using symmetric convolution," *IEEE Trans. Image Process.*, vol. 12, no. 9, pp. 1016 - -1034, Sep. 2003.

[8] I. Shin and H. W. Park, "Adaptive up-sampling method using DCT for spatial scalability of scalable video coding," *IEEE Trans. Circuits Syst. Video Technol.*, vol. 19, no. 2, Feb. 2009.

[9] Z. Wu, H. Yu and C. W. Chen, "A new hybrid DCT-wiener-based interpolation scheme for video intra frame up-sampling," *IEEE Signal Processing Letters*, vol. 17, no. 10, October 2010.

[10] 박승욱, 박지호, 전병문, 박현욱, "DCT 도메인에서의 주파수 해상도 확장 기법을 이용한 효과적인 이미지 업샘플링," 방송공학회논문지 2005.