

초고해상도 영상에 적합한 적응형 스케일러

*윤성준 **한종기

세종대학교

*taesung_yoon@naver.com, **hjk@sejong.edu

An adaptive scaler for UHD video

*Yoon, Sung-Jun **Han, Jong-Ki

Sejong University

요약

최근 고화질 영상의 수요가 증가함에 따라, UHD급 디스플레이의 디지털 기기가 등장하기 시작했다. 하지만 기존의 스케일링 모듈에 사용된 보간법으로는 기존의 저해상도의 영상 콘텐츠로부터 고품질의 영상을 획득하기가 어렵다. 따라서 본 논문에서는 고품질의 영상을 획득 가능한 초고해상도 영상에 적합한 스케일러를 제안한다.

1. 서론

최근 디지털 기기가 다양해짐에 따라 다양한 해상도의 디스플레이가 존재한다. 따라서 기존의 영상 콘텐츠의 해상도를 각 디스플레이가 요구하는 해상도로 변환할 필요가 있다. 스케일러란 디지털 영상의 화소수를 증가시키거나 감소시킴으로써 디지털 영상의 해상도를 변환시키는 모듈을 일컫는다. 스케일러는 영상 처리나 비디오 시스템에서 매우 중요한 모듈이고, 지난 수년 동안 많은 관련 연구가 진행되어 왔다 [1]~[3].

기존의 스케일러에 이용된 보편적인 보간법은 1차 선형 보간법인 Bilinear와 고등 차수 보간법인 Cubic convolution [2], Cubic B-Spline[3], 그리고 주파수 영역을 활용한 DCT based interpolation filter [4]로 구분할 수 있다.

디지털 영상은 객관적인 화질 못지않게, 주관적인 화질이 매우 중요하다. 디지털 신호의 고주파수 성분은 시청자로 하여금 선명함을 느끼게 한다. 따라서 본 논문에서는 기존의 성능이 우수한 DCT based interpolation filter [4]를 개선시켜 영상의 해상도 변환 이후 고품질의 영상을 획득할 수 있는 새로운 스케일러 방법을 제안하려 한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 기존의 스케일러들의 특징을 간략히 살펴본다. 3장에서는 새로운 스케일러를 제안한다. 4장에서는 제안하는 스케일러의 성능이 우수함을 입증하기 위한 실험을 진행한다. 마지막 5장에서는 본 논문의 결론을 맺는다.

2. 기존의 스케일러

2.1. Bilinear

Bilinear 보간법은 1차 선형보간법으로, 이웃하는 2개의 화소를 요구한다. 복잡도가 낮으면서 성능이 우수한 것이 특징이다. Basis 커널

은 수식 (1)과 같이 표현된다.

$$\beta(x) = \begin{cases} x+1 & , -1 \leq x \leq 0 \\ -x+1 & , 0 \leq x \leq 1 \\ 0 & , otherwise \end{cases} \quad (1)$$

2.2. Cubic convolution

Cubic convolution 보간법은 3차 보간법으로, 4개의 인접 화소를 요구하는 4탭 필터다. 따라서 Bilinear 보간법에 비해 복잡하지만, 성능이 우수한 것이 특징이다. Basis 커널은 수식 (2)와 같이 표현된다.

$$\beta(x) = \begin{cases} (\alpha+2)|x|^3 - (\alpha+3)|x|^2 + 1 & , 0 \leq |x| \leq 1 \\ \alpha|x|^3 - 5\alpha|x|^2 + 8\alpha|x| - 4\alpha & , 1 \leq |x| \leq 2 \\ 0 & , otherwise \end{cases} \quad (2)$$

수식 (2)에서 α 는 tuning 파라미터로, α 는 (-1.5, 1.0)의 범위를 갖는다. α 가 '-1'에 가까울수록 영상의 Edge 영역이 강하게 표현되는 반면, '1.0'에 가까울수록 Edge 영역이 뭉그러지는 현상이 나타난다. 일반적으로 α 값은 '-0.5'를 선택한다.

2.3. Cubic B-Spline

Cubic B-Spline 보간법 역시 3차 보간법으로, 4개의 인접화소를 요구하는 4탭 필터다. Basis 커널은 아래 수식과 같이 표현된다.

$$\beta(x) = \begin{cases} \frac{1}{2}|x|^3 - x^2 + \frac{2}{3}, & 0 \leq |x| \leq 1 \\ \frac{1}{6}(2 - |x|)^3, & 1 \leq |x| \leq 2 \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases} \quad (3)$$

Bilinear와 Cubic convolution 보간법과 달리 Cubic B-Spline의 Basis 커널의 Peak 값이 2/3 인 관계로, 이를 보상하기 위한 전처리 과정으로써 전처리 증폭필터가 필요하다. 전처리 증폭필터는 수식 (4)와 같이 정의된다. 단, β 는 -0.2679 값을 갖는다.

$$s_k = \frac{-6\beta}{(1-\beta^2)}\beta^{|k|} \quad (4)$$

전처리 증폭필터를 이용한 전처리 과정으로 인해, 복잡도는 증가하지만, 신호의 복원 능력 측면에서 우수한 성능을 보이는 것이 특징이다.

2.4. DCT based interpolation filter

DCT based interpolation filter (DCT-IF)는 다른 기존의 보간법들과 비교해 볼 때, 신호의 복원 능력 측면에서 매우 우수하다. DCT-IF는 Separable filter로써, 복잡도가 낮은 1차원 DCT-IF를 이용하는 것이 효율적이다. 1차원 DCT-IF는 수식 (5)에 표현된 1차원 정방향 DCT를 1차원 역방향 DCT에 대입함으로써 수식 (6)와 같이 유도된다.

$$DCT(u) = c(u) \sum_{i=0}^{M-1} f(i) \cos \frac{\pi(2i+1)u}{2M} \quad (5)$$

$$\hat{f}(m) = \sum_{u=0}^{M-1} \{c(u) \cos \frac{\pi(2m+1)u}{2M} DCT(u)\} \quad (6)$$

단,

$$c(u) = \begin{cases} \sqrt{\frac{1}{M}}, & u = 0 \\ \sqrt{\frac{2}{M}}, & \text{otherwise} \end{cases} \quad (7)$$

3. 제안하는 방법들

3.1. 제안하는 2차원 스케일러

제안하는 방법들은 아날로그 신호의 복원 측면에서 우수성이 확인된 DCT-IF를 기반으로, 이를 개선시키고자 한다. 우선 2차원 스케일러부터 제안하도록 한다. 기존의 Edge 강화 기법을 이용해 Edge가

강화된 영상을 얻는다. Edge가 강화된 영상과 원본 영상 사이의 차이가 없도록 하는 가중치 계수를 구하기 위해, 각 영상을 DCT 변환을 한 이후 원본 영상의 주파수 성분에 $w(u,v)$ 를 곱한다. 이렇게 얻어진 각 주파수 성분의 오차가 0이 되도록 하는 $w(u,v)$ 를 구하면 수식 (8)와 같다.

$$w(u,v) = \frac{DCT_{Edge}(u,v)}{DCT_{Origin}(u,v)} \quad (8)$$

수식 (8)에서 얻어진 가중치 계수를 적용한 제안하는 2차원 스케일러 기법은 다음 수식과 같이 최종 유도된다.

$$\hat{f}(m,n) = \sum_{u=0}^{M-1} \sum_{v=0}^{N-1} c(u)c(v)w(u,v)DCT(u,v) \times \cos \frac{\pi(2m+1)u}{2M} \cos \frac{\pi(2n+1)v}{2N} \quad (9)$$

3.2. 제안하는 1차원 스케일러

1차원 스케일러 역시 2차원 스케일러와 마찬가지로, 1차원 DCT를 통해 수식 (10)과 같은 가중치 계수를 구할 수 있다.

$$w(u) = \frac{DCT_{Edge}(u)}{DCT_{Origin}(u)} \quad (10)$$

수식 (11)은 1차원 가중치 계수가 적용된 제안하는 1차원 스케일러를 나타낸다.

$$\hat{f}(m) = \sum_{u=0}^{M-1} \{c(u) \cos \frac{\pi(2m+1)u}{2M} w(u) DCT(u)\} \quad (11)$$

4. 실험

4.1. 실험 조건

그림 1은 실험에 사용된 영상들을 나타낸다. 실험은 영상의 품질을 객관적으로 나타내는 PSNR 비교와, 주관적인 화질 평가로 구성된다.

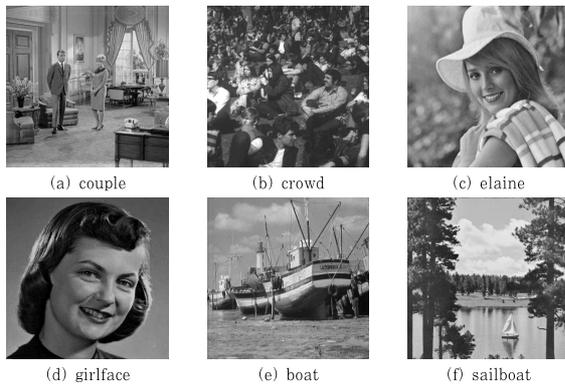


그림 1 실험 영상들

4.2. PSNR

표 1은 Edge가 강화된 영상을 참조 영상으로 삼아, PSNR을 측정 한 결과를 나타낸다. PSNR은 아래와 같이 정의된다.

$$PSNR = 10 \log \left[\frac{255^2}{\frac{1}{IJ} \sum_{i,j} \{f_{Edge}(i,j) - f_{A \sim F}(i,j)\}^2} \right] \quad (12)$$

- A : Bilinear
- B : Cubic convolution
- C : Cubic B-Spline
- D : 1차원 DCT-IF
- E : 2차원 제안하는 방법
- F : 1차원 제안하는 방법

	(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(f)	평균
A	23.52	26.27	26.76	28.96	23.78	23.73	25.50
B	23.97	27.04	27.01	29.47	24.24	24.25	26.00
C	24.14	27.31	27.04	29.62	24.40	24.44	26.16
D	24.29	27.52	27.12	29.79	24.53	24.56	26.30
E	25.68	29.82	27.64	31.15	25.77	25.97	27.67
F	25.68	29.77	27.62	31.09	25.78	25.99	27.66

표 1 스케일러별 PSNR 성능 비교

PSNR 측면에서 제안하는 2차원 스케일러 방법이 가장 우수한 성능을 보였다. 제안하는 1차원 스케일러 방법은 제안하는 2차원 스케일러 방법의 뒤를 따라 우수한 성능을 보였다. 기존의 방법들 가운데서는, 1차 선형 보간법인 Bilinear의 성능이 가장 낮은 성능을 보였다. 3차 보간법인 Cubic convolution과 Cubic B-Spline이 그 다음으로 좋은 성능을 보였다. 기존의 스케일러 방법들 가운데 8탭의 1차원 DCT-IF가 우수한 성능을 보였다.

4.3. 주관적 화질

그림 2는 couple 영상을 4.8배 확대한 영상의 Edge 영역만을 비교한 것이다. Bilinear 기법을 통해 확대 된 영상이 흐릿하고, Edge 영역

이 가장 많이 뭉개진 것을 알 수 있다. Cubic convolution과 Cubic B-Spline의 경우, Bilinear에 비해 Edge 영역이 잘 보간 된 것을 알 수 있으나, 1차원 DCT-IF에 비하면 성능이 우수하지 못함을 알 수 있다. 반면에, 제안하는 스케일러를 통해 확대 된 영상은 보다시피 Edge 영역에서 선명히 보인다. 1차원 스케일러보다 2차원 스케일러를 통한 스케일링을 통해 조금 더 주관적으로 선명한 영상을 얻을 수 있다.

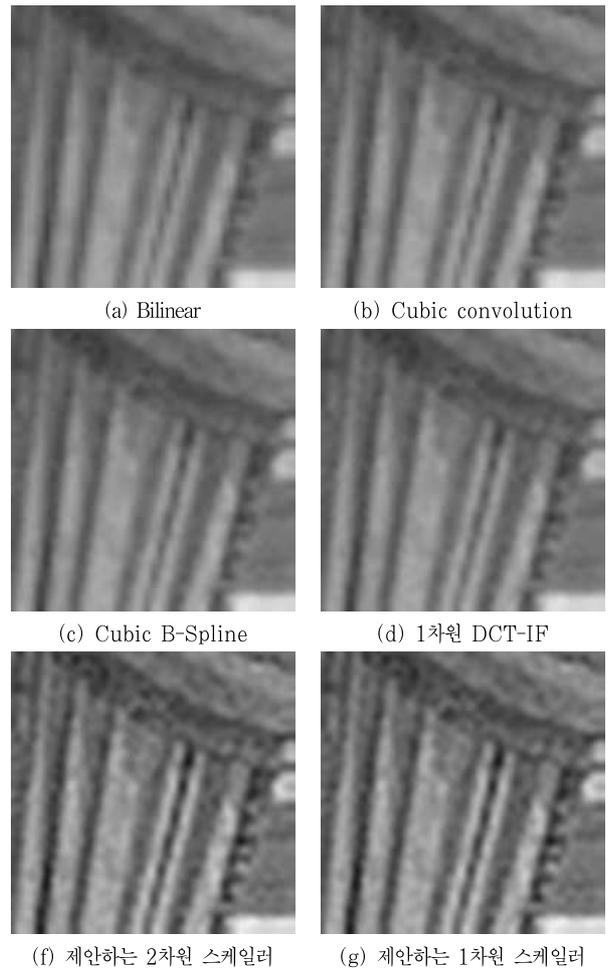


그림 2 4.8배 확대한 Couple 영상의 Edge 영역

5. 결론

영상의 품질은 시청자가 영상의 선명함을 느낌으로써 결정된다. 따라서 본 논문에서는 영상의 해상도를 변환함에 있어서, 영상을 선명하게 할 수 있는 스케일러를 제안했고, 기존의 전통적인 스케일러들의 보간법들과의 객관적, 주관적인 실험을 통해 성능이 우수함을 보였다.

참고문헌

[1] R. G. Keys, "Cubic convolution interpolation for digital image processing," *IEEE Trans. Acoust., Speech, Signal Process.*, vol. ASSP-29, no. 6, pp. 1153 - 1160, Dec. 1981.
 [2] M. Unser, A. Aldroubi, and M. Eden, "B-Spline Signal

Processing-part II: Efficient Design and Applications,” IEEE trans. on Signal Processing, vol. 41, no. 4, pp. 834 - 848, Feb. 1993.

- [3] Ken McCann, Woo-Jin Han and Il-Koo Kim, “Samsung’s Response to the Call for Proposals on Video Compression Technology”, JCTVC-A124, Dresden, Germany, Apr. 2010.