

# GPU 기반 후처리 알고리즘의 해상도 업스케일링 실험

## Experiment on Resolution Upscaling of GPU-Based Postprocessing Algorithms

### 노유리

성균관대학교  
전자전기컴퓨터공학과  
Department of Electrical and  
Computer Engineering,  
Sungkyunkwan University  
yuri.roh@skku.edu

### 정유나

성균관대학교  
전자전기컴퓨터공학과  
Department of Electrical and  
Computer Engineering,  
Sungkyunkwan University  
jeongyuna@skku.edu

### 이성길

성균관대학교  
소프트웨어학과  
Department of  
Software,  
Sungkyunkwan University  
sungkil@skku.edu

### 요약문

실시간 영상 효과 적용이 요구되는 분야에서는 픽셀 기반 후처리 활용이 일반적으로 효율적이다. 그러나 최근 디스플레이 기술 발달로 높아진 초고해상도 영상에서는 높아진 해상도로 발생하는 추가 연산량으로 인해 기존 실시간 알고리즘을 통한 성능 확보에 어려움이 나타난다. 이에 본 논문에서는 업스케일링 실험을 통해 고해상도 영상에서 실시간 영상 효과 적용 방안에 대하여 고찰하고자 한다. 실험은 GPU 기반 후처리 알고리즘의 업스케일링으로 수행되며, 실험을 통해 업스케일링의 효율성을 검증하고 고해상도에서 이를 활용하기 위한 방향을 제시한다.

### 주제어

영상 효과, 고해상도, 후처리, 업스케일링

## 1. 서론

일반적으로 블러, 렌즈 플레어 등의 영상 효과를 고품질로 적용하기 위해서는 지오메트리(geometry) 기반의 렌더링이 수행된다. 그러나 지오메트리 기반의 기법은 많은 연산량으로 인하여 저해상도에서도 실시간 적용에 어려움이 있었다. 이에 실시간성이 중요한 응용분야에서는 픽셀 기반의 후처리 기법(postprocessing)을 사용하여 높은 성능과 납득할만한 수준의 품질을 달성할 수 있었다.

최근에는 데스크탑, 모바일, 스마트 TV, VR 등의 디스플레이 기술 발달로 많은 응용분야에서 선명하고

자연스러운 결과 제공을 위하여 4K 이상의 초고해상도 영상을 요구로 하고 있다. 해상도의 증가는 픽셀 기반 후처리 시의 연산량에 직접적으로 영향을 주기에, 후처리 기법 사용의 큰 목적인 실시간성 확보에 어려움을 준다. 특히 요구 해상도 증가량은 이전 해상도의 배수로 나날이 급격히 증가하고 있어, 기존 실시간 영상 효과 알고리즘들이 초고해상도 수준에서도 여전히 효율적으로 동작하는지에 대한 고찰과 초고해상도에 적합한 새로운 실시간 알고리즘 연구는 필수적이다.

본 논문에서는 GPU 기반 후처리 알고리즘의 업스케일링을 수행하여 고해상도 영상 효과 적용에 있어 업스케일링의 효율성을 고찰하고자 한다. 구체적으로, 업스케일링 적용 실험을 통해 고해상도 원본 대비 객관/주관적 품질 변화 추이를 분석하며, 이를 통해 업스케일링 활용 시 활용한 최적의 해상도 조합을 제시하여 향후 초고해상도 환경에서의 업스케일링 기법 연구의 방향을 제시한다.

## 2. 관련 연구

보간법(interpolation)은 주어진 샘플들 사이의 값을 추정하는 기법으로, 이를 사용하여 효율적으로 영상 스케일링을 수행할 수 있다. 보간법은 크게 비적응적 보간법(non-adaptive interpolation)과 적응적 보간법(adaptive interpolation)으로 나누어 진다. 비적응적 보간법은 모든 화소에 대하여 고정된 패턴으로 보간을 수행한다. 적응적 보간법은 인접 화소와의 특성을 계산하여 화소마다 매개변수를 변화시켜 높은 품질의 보간 결과를 얻을 수 있지만, 계산량이 증가하게 된다.

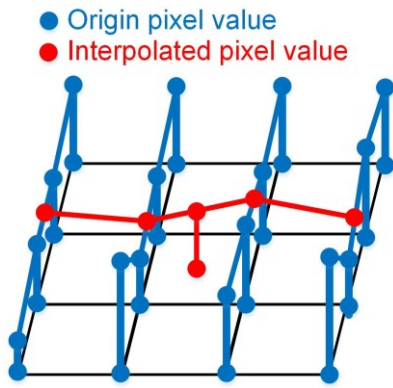


그림 1 인접 16 개 화소를 이용하여 보간을 수행하는 3 차회선 보간법 (bicubic interpolation).

영상 스케일링에는 주로 비적응적 보간법이 활용된다. 그 중 최근접 이웃 보간법(nearest neighborhood interpolation), 선형 보간법(linear interpolation), 양선형 보간법(bilinear interpolation)은 구현이 간단하며 빠른 연산 속도를 보이지만, 경계선 부근의 아티팩트(artifact)로 인한 품질 저하가 나타난다. 이에 좀 더 나은 품질을 위해서 3 차 보간법인 비스플라인 보간법(b-spline interpolation)이나 3 차회선 보간법(bicubic interpolation)이 대표적으로 사용된다 [1-4].

본 논문에서는 후처리 기법 적용 후 업스케일링 시의 성능과 품질 검증을 위한 실험을 데스크탑 환경에서 3 차회선 보간법을 이용하여 수행한다.

### 3. 후처리 기법 적용 후 업스케일링의 효용성 검증 실험

본 장에서는 후처리 기법을 적용한 후 업스케일링 수행 시 그 효용성을 검증하는 실험 과정 및 환경을 서술한다.

구현 및 실험은 Intel Core i7, NVIDIA GeForce GTX 980 Ti 의 플랫폼에서 OpenGL API 로 수행되었다. 성능 및 품질 측정을 위하여 4 개의 모델(Fishes scene, 54K Tri.; Flowers scene, 659K Tri.; Helicopter scene, 199K Tri.; Toys scene, 3.5K Tri.)과 16:9 비율의 해상도 5 개(qHD, 960×540; HD, 1280×720; HD+, 1600×900; FHD, 1920×1080; QHD, 2560×1440)를 사용하였다.

실험은 정량적인 품질 측정과 사용자 실험 두 가지를 진행하였다. 실험의 대조군은 고해상도에서 렌더링한 결과에 후처리 기법을 적용한 것과, 목적으로 하는 고해상도보다 낮은 해상도에서의 렌더링을 수행하고, 다음으로 수행된 렌더링 결과 이미지에 후처리

기법으로 영상 효과를 적용한 후 업스케일링을 적용한 결과이다. 실험에서 사용되는 후처리 기법으로는 가우시안 블러(Gaussian blur), 모션 블러(motion blur), 블룸(bloom) 효과가 있고 모두 GPU 에서 수행되고 있다.

가우시안 블러(Gaussian blur)는 GPU 세이더상에서 x/y 축 각 방향으로 가우시안 함수 이용해 주변 픽셀의 값을 섞는다. 모션 블러(motion blur)는 이전 프레임의 물체 위치 값과 현재의 값을 이용해 속도 벡터의 값을 찾아 이를 이용하여 블러를 만든다. 블룸(Bloom)은 이미지에서 가장 밝은 부분 찾아 해당 부분에 가우시안 블러 효과를 주고 이를 원본 이미지와 섞는다. 업스케일링에는 3 차회선 보간법으로 인접 16 개 원본 화소 값과 거리에 따른 가중치 곱으로 보간 화소를 생성한다 (그림 1 참고).

이미지 품질 차이는 고해상도에서 렌더링 된 결과와 저해상도에서 업스케일링 된 결과를 이용하여 객관적인 지표인 PSNR(peak signal-to-noise ratio)와 SSIM(structural similarity)를 통해 측정한다. 이를 통해 고해상도에서 후처리 기법을 적용한 결과 이미지 대비 업스케일링 기반 후처리 적용 결과 이미지의 품질 차이를 수치화 하고, 주관적인 품질 측정을 위하여 사용자 실험을 수행한다. 사용자 실험은 두 이미지를 사용자에게 모니터로 보여주고, 이를 눈으로 비교하여, 고해상도 기반 결과 이미지에 얼마나 동일하게 보이는지에 대한 정도를 점수로 매기는 방식으로 진행된다.

### 4. 실험 결과

그림 2 는 업스케일링 기반으로 수행된 후처리 기법의 이미지 품질 비교 결과이며, 성능 측정 결과는 그림 3 에 보인다.

이미지 품질 측정 결과, 목표 해상도와 업샘플링에 사용된 해상도 간의 차이가 작아질수록 객관/주관적 품질 점수가 높게 나타나는 경향을 확인할 수 있다. 또한 목표 해상도가 높을수록 업스케일링으로 인한 이미지 품질 점수가 높게 났다. 이는 낮은 목표 해상도로 업스케일링 시, 보간 정보 정확도가 떨어져 품질 저하가 더 강하게 관찰되기 때문에 품질 점수가 낮게 측정되기 때문이다.

가우시안 블러의 이미지 품질은 SSIM 0.924-0.826, PSNR 27-21dB 수준으로, 객관적 품질 점수가 다른 영상 효과에 비하여 상대적으로 낮게 나타난다. 그러나 주관적 품질 점수를 살펴보면 대부분 90 점

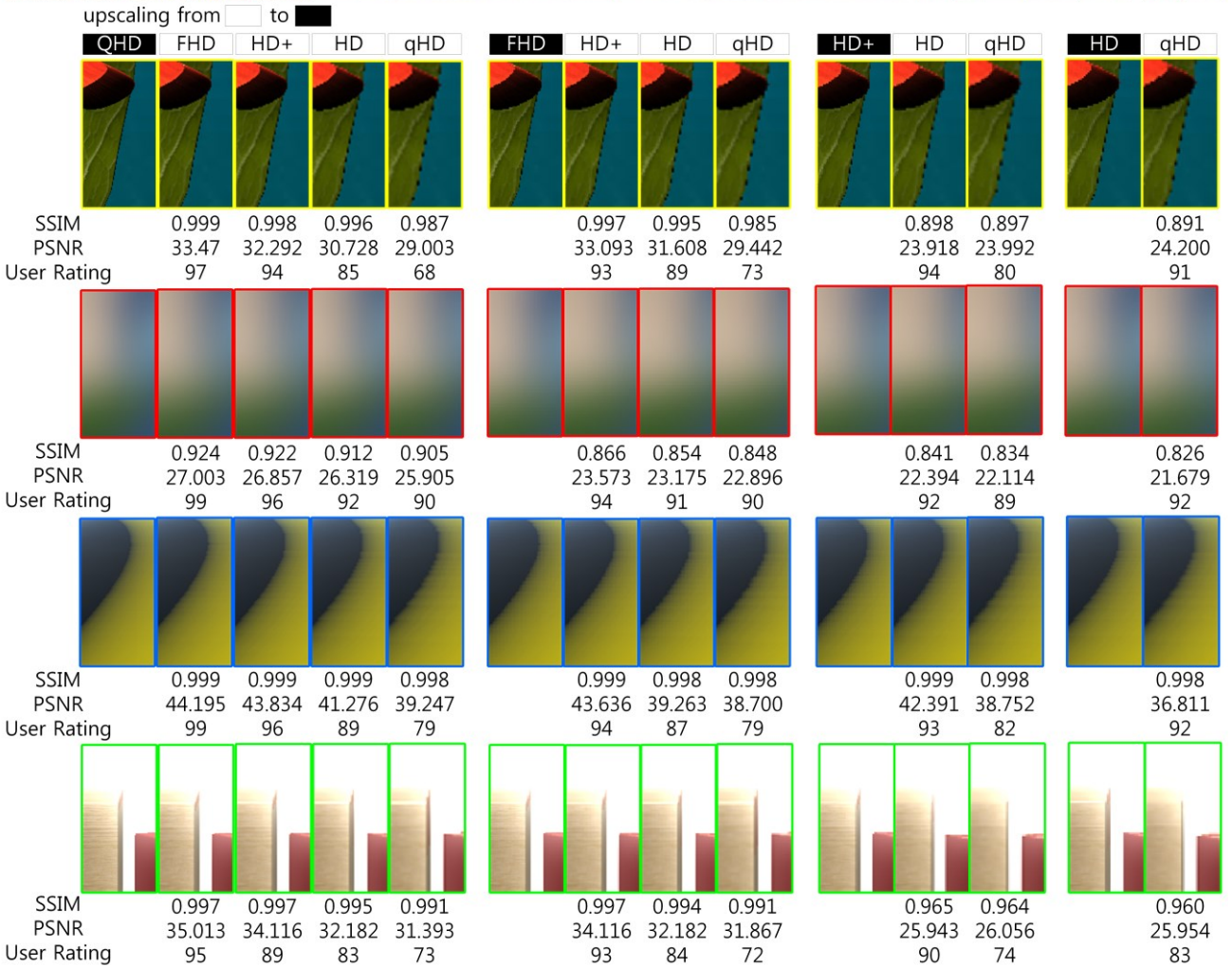


그림 2 업스케일링 적용 유무에 따른 후처리 기법들(가우시안 블러, 모션 블러, 블룸)의 이미지 품질 비교 결과.

수준으로 다른 영상 효과에 비해 높은 점수를 기록하는데, 이는 3 차회선 보간법의 업스케일링시에 발생하는 경계 면의 블러 현상이 적용된 블러 효과와 어우러져 업스케일링으로 인한 품질 하락이 덜 관찰되기 때문이다.

그림 3 은 성능 측정 결과를 보인다. 그림 3a 는 업스케일링으로 인한 부하를 확인하기 위해 후처리 기법을 적용하지 않은 결과이고, 그림 3b-d 는 후처리 기법을 적용 한 결과이다.

그림 3a 만을 보면 업스케일링만의 성능 부하를 확인할 수 있다. 영상 효과를 적용하지 않고 업스케일의 성능만 측정하였을 때 목표 해상도가 커짐에 따라 업스케일에 필요한 렌더링 소요시간

또한 증가한다. 따라서 고 해상도 렌더링을 수행하는 것 보다 업스케일링 적용 결과들이 업스케일링 부하로 인해 성능이 저하되는 것을 확인할 수 있다. 반면, 그림 3b-d 에서는 업스케일링 수행 시 고해상도로 렌더링하는 경우보다 성능이 높게 나타난다. 이는 저해상도에서 후처리 기법 적용으로 얻어지는 성능 향상 정도가 업스케일링 부하보다 크기 때문이다.

QHD 를 목표로 하는 경우, 각 효과별로 1.9-5.9 배, 1.5-3.7 배, 2.1-7.1 배의 성능 향상을 보였다. 반면 HD 를 목표로 하는 경우에는 1.2, 1.4, 1.7 배의 미미한 성능 향상을 보인다. 즉 목표로 하는 해상도가 높아질수록 고해상도에서의 후처리 기법 적용 부하가

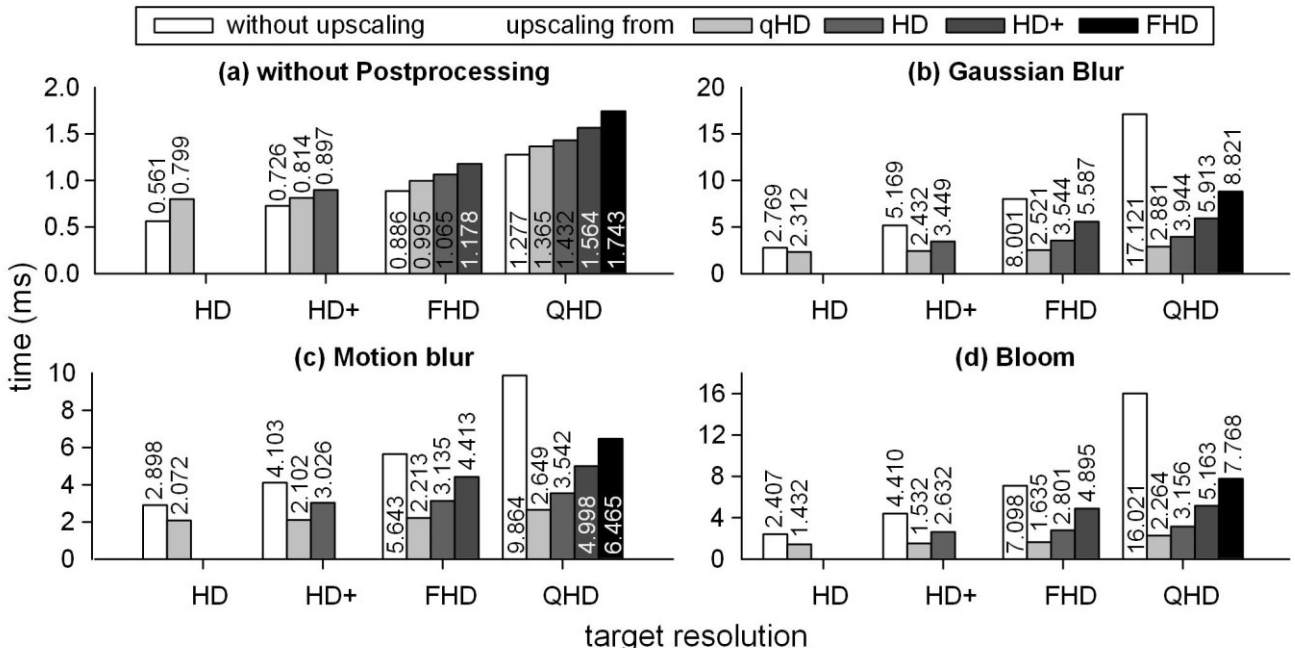


그림 3 업스케일링만 수행되었을 시의 성능(a)와 업스케일링 기반 후처리 기법 적용시의 성능 측정 결과 (b)-(c).

높아 업스케일링으로 얻어지는 이득이 높아지는 것을 확인할 수 있다.

실험 결과, 목표로 하는 해상도보다 한 단계 낮은 수준에서의 GPU 기반 후처리와 업스케일링 시, 일본에서의 후처리 기법 적용과 거의 동일한 이미지 품질을 보이면서도 150-200%의 상당한 성능 향상을 달성하는 것으로 확인되었다. 이러한 경향은 목표 해상도가 높아질수록 더 강하게 나타나기에, 초고해상도의 경우 더 높은 품질 점수와 성능 향상을 얻을 수 있을 것으로 판단된다.

## 5. 결론

본 논문에서는 픽셀 기반 후처리 알고리즘의 업스케일링 실험을 통해 고해상도 영상에서의 실시간 영상 효과 적용 방안에 대한 고찰을 하였다. 실험 결과, 목표로 하는 해상도보다 한 단계 낮은 수준의 해상도에서 업스케일링 시 상당한 성능 향상과 함께 유사한 이미지 품질을 확보할 수 있는 것을 확인하였으며, 목표 해상도가 높아질수록 이러한 경향이 더 강하게 나타나는 것을 알 수 있었다. 이는 향후 고해상도 수준에서의 업스케일링 연구에 유의미한 근거가 될 수 있다.

추가적으로, 본 실험은 대중적인 데스크탑 디스플레이의 해상도 수준에서 시행되었지만, 향후 연구로 UHD 이상의 초고해상도 디스플레이에서 효용성 검증 실험을 수행하고자 한다.

## 사사의 글

이 연구는 미래창조과학부의 재원으로 한국연구재단의 <실감교류인체감응솔루션> 글로벌프론티어사업, 중견연구자지원사업, 정보통신기술진흥센터 대학 ICT 연구센터육성지원사업으로 수행된 연구임. (2012M3A6A3055695, 2015R1A2A2A01003783, IITP-2017-2016-0-00312)

## 참고 문헌

- Altman, Naomi S. "An introduction to kernel and nearest-neighbor nonparametric regression." *The American Statistician* 46.3 (1992): 175-185.
- Parker, J. Anthony, Robert V. Kenyon, and Donald E. Troxel. "Comparison of interpolating methods for image resampling." *IEEE Transactions on medical imaging* 2.1 (1983): 31-39.
- Unser, Michael. "Splines: A perfect fit for signal and image processing." *IEEE Signal processing magazine* 16.6 (1999): 22-38.
- Keys, Robert. "Cubic convolution interpolation for digital image processing." *IEEE transactions on acoustics, speech, and signal processing* 29.6 (1981): 1153-1160.