

## Edge 신호의 보존에 효과적인 방향 지향성 cubic convolution 보간 기법

이순진, 한종기

세종대학교

[sincere0831@naver.com](mailto:sincere0831@naver.com), [hjk@sejong.edu](mailto:hjk@sejong.edu)

## Cubic convolution scaler optimized to preserve the edge data

Soon-Jin Lee, Jong-Ki Han

Sejong University

## 요약

보간 기법은 영상의 해상도를 변경하는 것이다. 멀티미디어 기기의 해상도가 다양하기 때문에 원 영상은 각각에 맞는 해상도로 변경되어야 한다. 해상도 변경은 존재하지 않는 값을 임의로 만들어 채우는 것이기 때문에 왜곡이 발생한다. 대부분의 scaler에서는 수평과 수직 방향으로 해상도 변경을 하는데, 이 때문에 edge 영역에서는 왜곡이 더 많이 발생하며 쉽게 눈에 띈다. 본 논문에서는 edge 방향으로 발생하는 왜곡을 극복하기 위해 영상의 edge 정보와 Cubic Convolution을 이용해 임의의 비율로 해상도를 변경하는 방법을 제안한다.

## 1. 서론

시중에는 다양한 해상도의 디스플레이 장치가 출시되어 있다. 원 영상과 다른 해상도에서 영상이 출력되기 위해서는 장치에 맞도록 해상도가 변경되어야 한다. 이러한 해상도 변경 기법은 많이 연구되어 왔으며 대표적으로 Bilinear, Cubic Convolution, Cubic Spline 등이 있다. 본 논문에서는 Cubic Convolution 기법을 이용한 scaler를 구현하였다[1].

수평과 수직 방향으로 해상도 변경이 적용되는 scaler의 경우 edge 영역이 부드러워지는 경향이 있다. 해상도 변경으로 대각의 정보가 많이 손실되며 왜곡이 눈에 잘 띄게 된다. 이러한 현상을 극복하기 위해 edge 탐색을 통해 대각의 정보를 세밀히 처리해야 한다. edge 탐색을 위한 operator는 Roberts, Sobel, Prewitt 등이 있으며, 본 논문에서는 Prewitt operator을 이용해 edge를 탐색한다[2].

## 2. 기존의 Cubic Convolution Scaler 기술

해상도를 변경하기 위해서는 디지털 신호를 아날로그 신호로 변환해야 한다. 아날로그 신호로 변환하는 방법은 신호의 복원에 사용되는 kernel 모양에 따라 다양하다. 그 중 Cubic Convolution Scaler는 3차 basis 함수를 사용하는 보간 기법이며, kernel의 모양은 그림 1과 같다. 또한, kernel의 basis 함수는 수식 (1)과 같이 정의된다.

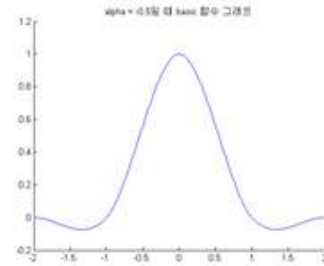


그림 1. Cubic Convolution kernel

여기서  $\alpha$ 는 조절 가능한 tuning 파라미터이다. 보통  $-0.5$ 의 값을 사용한다.

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

## 3. 개선된 Cubic Convolution Scaler

서론에서 설명한 것과 같이 손실되는 대각 정보를 살리기 위해선 영상의 edge 방향을 탐색해야 한다. 다양한 edge operator 중에서 복잡도가 낮으면서도 edge를 찾을 수 있는 Prewitt operator를 사용하였다.

수평, 수직 방향으로 적용되는 scaler의 경우 참조 픽셀간의 거리가 균등하며, kernel 역시 이에 맞춰 설계되었다. edge 방향으로 scaler를 적용하면 참조 픽셀의 위치가 비균등하게 되며, 이에 Cubic Convolution 필터가 필요하다. 이에 대한 내용은 참고 논문 [3]에서 소

1) 본 연구는 산업통상자원부 기술혁신사업(산업융합원천기술개발사업 4K급 UHD를 지원하는 초고해상도(Super Resolution)영상 스케일러 개발, K10041900)으로 지원되었습니다.

연락 저자: 한종기

개되고 있다<sup>[3]</sup>. 개선된 Cubic Convolution Scaler는 크게 3단계로 이루어진다.

i. 단계(1)

보간하는 위치에서 방향성을 찾는다. Prewitt operator의 kernel은 다음과 같다.

-1	-1	-1
0	0	0
1	1	1

그림 2. 수직방향 edge detector의 kernel

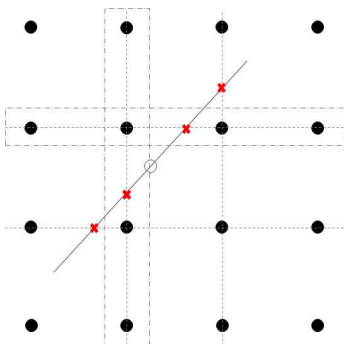
-1	0	1
-1	0	1
-1	0	1

그림 3. 수평 방향 edge detector의 kernel

영상에 수직, 수평 방향 operator를 통과시키면 각 방향으로 밝기 변화 값을 얻을 수 있다. 급격히 밝기가 변화하는 수직 방향이 영상의 edge이다.

ii. 단계(2)

단계(1)을 통해 edge 방향을 얻었으며, 이 방향으로 보간을 진행하는 단계이다. 이때에는 그림 4에서와 같이 보간에 필요한 화소 위치에 값이 존재하지 않을 수 있다. 이 값들 역시 보간이 필요한 값이며, 이들은 수직, 수평 방향 Cubic Convolution 기법을 이용해 얻을 수 있다. 예를 들어, x 표시된 보간 위치 중 두 번째는 수평 방향으로 Cubic Convolution을 적용해 얻을 수 있으며, 세 번째 위치는 수직 방향으로 Cubic Convolution을 적용해 얻을 수 있다.



- 현재 보간 위치
- × 보간을 위해 사용되는 픽셀 위치

그림 4. edge 방향 보간 방법

iii. 단계(3)

단계(2)를 통해 구한 참조 픽셀들을 이용해 보간을 진행하는 단계이다. 이 때 발생할 수 있는 문제점은 균등하지 않은 참조 픽셀간의 거리이다. 참고 논문 [1]에서 이에 대한 문제점을 해결하였다.

### 4. 실험 결과

객관적인 화질 비교를 위해서 영상의 PSNR을 비교하였다. PSNR 비교를 위해 원 영상을 다운 샘플링 하여 200x200 영상을 얻은 후, 이를 보간해 원 영상 크기로 확대해 원본과 비교하였다. edge 부분에 대한 왜곡을 보기 위하여 실험 영상은 512x512 크기의 Barbara 영상을 이용하였다. 비교를 위해 사용된 기법은 Bilinear, Cubic Convolution 기법 두 가지이다.

### 5. 결론

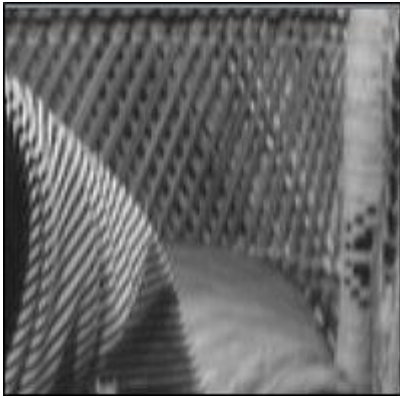
보간법은 영상의 해상도 변경을 위해 자주 사용되는 기술이다. 대부분의 기술들은 수평, 수직 방향으로 기법을 적용하였다. 이 논문에서는 수직, 수평 방향으로 보간법을 진행했을 때의 문제점을 해결하기 위해 edge 정보를 이용한 비균등 Cubic Convolution scaler를 구현하였다.



(a)



(b)



(c)



(d)

그림 5. (a) 원본, (b) Bilinear, (c) Cubic Convolution (d) 제안된 edge Cubic Convolution

#### 참 고 문 헌

- [1] R.G. Keys, "Cubic Convolution Interpolation for Digital Image Processing," IEEE Trans. Acoust. Speech Signal Process, ASSP-29, No. 6, pp. 1153-1160, Dec. 1981
- [2] B. B. Gandhun and B. Chanda, "The equivalence of best plane fit gradient with Robert's, Prewitt's and Sobel's gradient," Signal Processing, vol. 6, no. 2, pp. 143-151, 1984
- [3] Sang-Min Kwak, Joo-Hee Moon, Jong-Ki Han, Jong-Ki Han, "Modified cubic convolution scaler for edge-directed nonuniform data," Optical Engineering, No. 46, pp. 1-11, Oct. 2007