

H.264/AVC 복호화기에서 복호된 인트라 모드 정보를 이용한 화면 해상도 변환 방법

*채진기 **한중기

세종대학교

*jinkyphone@gmail.com **hjk@sejong.ac.kr

Image scaling scheme using the intra mode information in H.264/AVC decoder

*Chae, Jin-Ki **Han, Jong-Ki

Sejong University

요약

디스플레이 기술이 발전함에 따라 다양한 크기의 디스플레이를 탑재한 장치들이 등장하게 되었고, 다양한 디스플레이 크기 만큼 다양한 해상도를 사용하고 있다. 때문에 비디오 코덱과 scaler는 보편적으로 함께 사용된다. 그러나 기존의 scaler는 비디오 코덱의 복호화기와 화면 해상도 변환 모듈이 독립적으로 구성되고, 서로 간에 정보를 이용하지 않으므로 시스템의 성능 개선에 한계가 존재하였다. 즉, 비디오 코덱의 복호화기는 비트스트림으로부터 복호한 정보를 바탕으로 영상을 복원하고, 복원 영상은 up/down scaler에서 확대/축소를 수행한다. 하지만 비디오 코덱의 비트스트림에 존재하는 정보는 영상의 특성을 반영하기 때문에 up/down scaler에서 비디오 코덱의 복호화기에서 복호된 정보를 이용하면 복잡도의 증가 없이 효율적인 확대/축소를 수행할 수 있다.

이에 본 논문에서는 비디오 코덱 중 차세대 비디오 코덱인 H.264/AVC 복호화기에서 생성된 복원 영상에 대해서 별도로 영상의 특성을 계산하는 모듈 없이 H.264/AVC 복호화기에서 복원된 정보 중 인트라 모드 정보를 바탕으로 영상의 특성에 맞는 up/down scaler를 구현하는 방법을 제안한다. 이 방법은 기존의 scaler들보다 물체의 경계영역을 더 선명하게 확대하는 효과를 보인다.

1. 서론

디스플레이 기술이 발전함에 따라 다양한 크기의 디스플레이를 탑재한 장치들이 등장하게 되었고, 다양한 디스플레이 크기만큼 다양한 해상도를 사용하고 있다. 일반적으로 각 해상도에 맞는 영상을 모두 제작할 수 없으므로 영상은 특정한 크기로 촬영이 된다. 이때, 특정한 크기의 영상을 다양한 디스플레이 장치들의 해상도에 맞추어 영상의 크기를 변경해 주는 것이 scaler이다. 때문에 비디오 코덱과 scaler는 보편적으로 함께 사용된다. Scaler는 1차 보간법인 인접 화소 보간법(nearest-neighbor interpolation), 양선형/이중선형 보간법(bilinear interpolation), 3차 보간법인 3차 회선 보간법(Cubic convolution interpolation)이 대표적이다. 차수가 낮은 scaler일수록 연산량은 줄어들고 하드웨어 구현 복잡도도 낮아지지만 화질이 저하되는 경향을 띤다.

초고해상도 TV의 등장으로 scaler의 역할은 더 중요해졌다. 아직

까지 대부분의 영상이 초고해상도급 이하로 제작되기 때문에, 기존 영상을 초고해상도에 맞는 크기로 scale해서 디스플레이 해야 한다. 이에 화질을 저하시키지 않으면서, 복잡도가 낮은 scaler를 구현하기 위해 연구가 계속되고 있다.

그러나 기존의 scaler는 비디오 코덱의 복호화기와 화면 해상도 변환 모듈이 독립적으로 구성되고, 서로 간에 정보를 이용하지 않아, 시스템의 성능 개선에 한계가 존재하였다. 이에 본 논문에서는 비디오 코덱 중 차세대 비디오 코덱인 H.264/AVC 복호화기에서 복호된 정보를 이용하여 영상의 특성에 맞는 scaler를 구현하는 방법을 제안한다. 특히, 복호된 정보 중 복호화기에서 얻어지는 인트라 모드를 이용하여 scaler에서 사용하였다

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 고려하는 시스템, 3장에서는 제안하는 방법에 대하여 설명하고, 4장에서는 실험결과를 보인다. 마지막 5장에서는 본 논문의 결론을 맺는다.

1) 연락처: 한중기

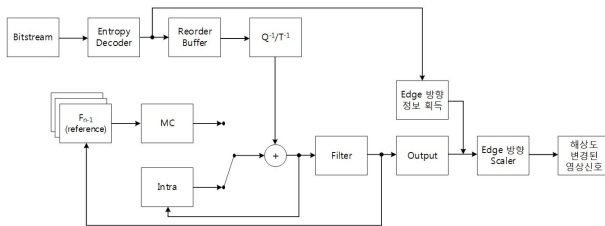
본 논문은 지식경제부 기술혁신사업(산업융합원천기술개발사업 4K급 UHD를 지원하는 초고해상도(Super Resolution) 영상 스케일러 개발, K10041900)으로 지원되었음.

2. 고려하는 시스템

H.264/AVC 복호화기는 비트스트림으로부터 복호한 정보를 바탕으로 인트라 모드와 인터 모드를 사용하여 예측 신호를 생성한 후, 양자화된 잔차신호를 복원하고 예측 신호와 더하여 복원 영상을 생성한다. 그리고 생성된 복원 영상은 up/down scaler에서 확대/축소를 수행

할 수 있다.

본 논문에서 고려하는 시스템은 H.264/AVC 복호화기에서 복원된 영상이 up/down scaler를 통해 확대/축소가 수행될 때, up/down scaler에서 H.264/AVC 복호화기에서 복원된 정보를 가져와 이용함으로써 별도로 영상의 특성을 계산하는 모듈 없이 영상의 특성에 맞는 up/down scaler를 구현하는 것이며, 시스템의 구조는 <그림 1>과 같다.

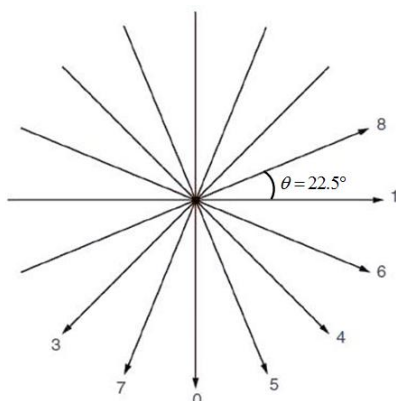


<그림 1> H.264/AVC 복호화기와 scaler가 결합된 시스템

3. 제안하는 방법

H.264/AVC 복호화기에서는 인트라 부호화된 블록을 복호화 할 때 모드 정보도 함께 복호화 된다. H.264/AVC의 인트라 모드는 <그림 2> (a)와 같이 방향에 따라 모드 번호가 정해져 있으며, 이 모드 정보는 해당 블록내의 정보들이 어떤 방향으로 공간 예측 되었는가를 알려준다. 4x4 인트라 블록에서는 총 9개의 인트라 모드를 사용하고 그 중에 방향성을 가지는 8개의 모드에 대해서 기울기를 구하고, 16x16블록에서는 4개의 인트라 모드 중에 방향성을 가지는 2개의 모드에 대해서 기울기를 구한다. 결정되는 기울기 정보는 <그림 2> (b)와 같이 표현 할 수 있다.[1]

결정된 기울기를 edge 방향으로 판단한 후, edge 방향과 평행인 방향으로 보간을 수행한다. 이렇게 함으로써 각종 artifact로 인한 영상 왜곡을 줄일 수 있고, 확대 또는 축소 된 영상의 edge를 더 선명하게 만들어 영상의 화질을 향상시킬 수 있다. 본 논문에서는 다른 보간 방법들보다 비교적 간단하고 성능이 우수한 Cubic convolution 기법으로 edge의 방향과 평행인 방향으로 적용하여 보간을 실시하며, 그 과정은 <그림 3>과 같다.



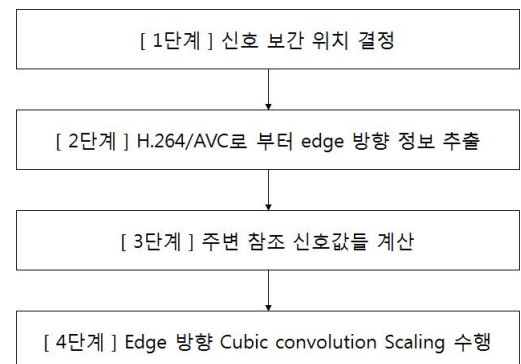
(a) 인트라 예측 모드의 방향

Intra Mode(4x4)	θ	Gradients
0	90°	-tan(θ)
1	0°	
2	X	X
3	45°	-tan(θ)
4	135°	
5	112.5°	
6	157.5°	
7	67.5°	
8	22.5°	

Intra Mode(16x16)	θ	Gradients
0	90°	-tan(θ)
1	0°	
2	X	X
3	X	X

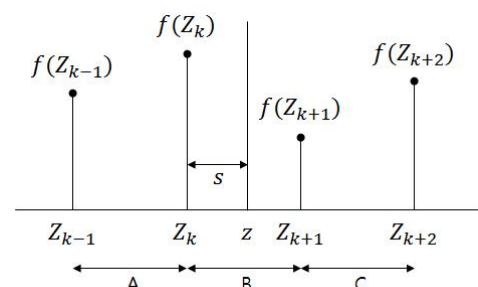
(b) 인트라 예측 모드에 따른 각도

<그림 2> H.264/AVC에서 인트라 예측 모드



<그림 3> Edge 방향 화소 보간 과정

<그림 3>의 3단계, 4단계에서 사용되는 Cubic convolution scaler는 균등 간격으로 배치된 참조 화소들을 이용하여 수직, 수평 방향으로 새로운 위치의 값을 보간한다. <그림 4>는 보간시 수평인 보간 직선을 따라 위치하는 참조 신호값들과 보간 위치의 관계를 나타내고 있으며, 수직의 경우도 같은 방식으로 이루어진다.



<그림 4> 균등으로 위치한 참조 화소의 위치와 거리

<그림 4>에서 x 축의 $Z_{k-1}, Z_k, Z_{k+1}, Z_{k+2}$ 는 공간영역에서 화소값의 위치를 나타내며, $f(Z_{k-1}), f(Z_k), f(Z_{k+1}), f(Z_{k+2})$ 는 주어진 영상 신호의 화소값을 나타낸다. 새로 구하려는 신호의 위치는 z 이며, z 의 값을 구하기 위해선 z 주변에 주어진 4개의 화소값들인 $f(Z_{k-1}), f(Z_k), f(Z_{k+1}), f(Z_{k+2})$ 를 사용한다.

Cubic Convolution scaler에 사용되는 basis 함수[2] :

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

<그림 4>에서 균등간격인 A, B, C의 길이를 1로 가정하고, Cubic convolution basis함수를 이용하여 식을 정리하면 <식 1>로 정리된다.

$$f(z) = f(z_{k-1})\beta_0(1+s) + f(z_k)\beta_1(s) + f(z_{k+1})\beta_2(1-s) + f(z_{k+2})\beta_3(2-s)$$

$$\beta_0(1+s) = \alpha s^3 - 2\alpha s^2 + \alpha s,$$

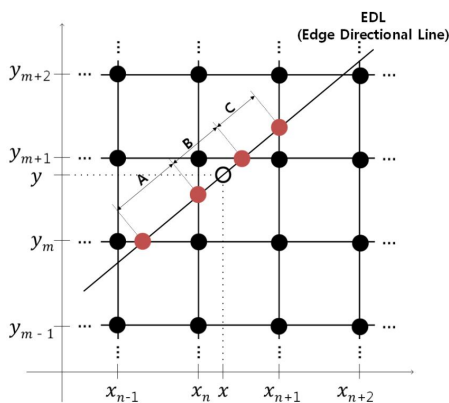
$$\beta_1(s) = (\alpha + 2)s^3 - (\alpha + 3)s^2 + 1,$$

$$\beta_2(1-s) = -(\alpha + 2)s^3 - (2\alpha + 3)s^2 - \alpha s,$$

$$\beta_3(2-s) = -\alpha s^3 + \alpha s^2$$

<식 1> Cubic convolution scaler에서 보간을 위한 수식

문제는 edge 방향과 평행인 방향으로 Cubic convolution scaler를 적용하는 상황에서는 scaling에 이용되는 참조 화소들 사이의 간격이 비균등하게 되어, <식 1>을 사용하지 못한다. 이런 상황을 <그림 5>에 표시하였다.

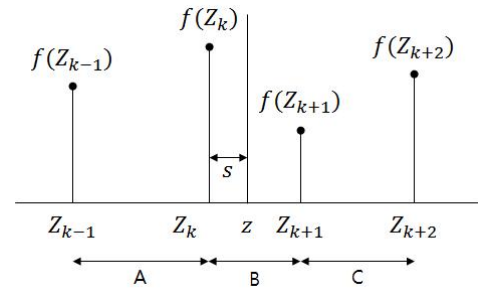


<그림 5> 비균등한 위치에 있는 참조 화소

Cubic convolution scaler는 균등 간격으로 배치된 참조 화소들을 사용하기 때문에, edge 방향 보간 과정에서는 Cubic convolution scaler를 사용할 수 없게 된다. 이에 본 논문에서는 새로운 보간 필터 kernel을 설계하여, 비균등 간격에 적용되는 Cubic convolution scaling 과정을 수행하고자 한다. <그림 6>은 edge와 수평인 보간 직선을 따라 위치하는 참조 신호값들과 보간 위치의 관계를 나타내고 있다.

Cubic convolution scaler에 사용되는 basis함수를 이용하여 비균

등 간격 보간을 위한 수식을 정리하면 <식 2>로 정리된다.[3][4][5]



<그림 6> 비 균등으로 위치한 참조 화소의 위치와 거리

$$f(z) = f(z_{k-1})\beta_0(A+s) + f(z_k)\beta_1(s) + f(z_{k+1})\beta_2(B-s) + f(z_{k+2})\beta_3(B+C-s)$$

$$\beta_0(A+s) = \alpha \left(\frac{A^2}{B^2}\right)s^3 - \alpha \left(\frac{2A^2}{B^2}\right)s^2 + \alpha(A^2)s,$$

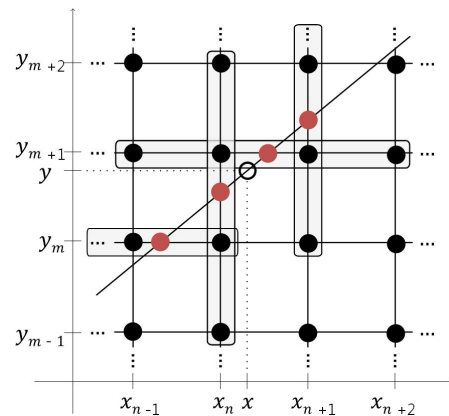
$$\beta_1(s) = \left(\frac{\alpha BC^2 + 2}{B^3}\right)s^3 - \left(\frac{\alpha BC^2 + 3}{B^2}\right)s^2 + 1,$$

$$\beta_2(B-s) = -\left(\frac{\alpha A^2 B + 2}{B^3}\right)s^3 - \left(\frac{2\alpha A^2 B + 3}{B^2}\right)s^2 - \alpha(A^2)s,$$

$$\beta_3(B+C-s) = -\alpha \left(\frac{C^2}{B^2}\right)s^3 + \alpha \left(\frac{C^2}{B}\right)s^2$$

<식 2> Cubic convolution scaler에서 비균등 간격 보간을 위한 수식

<식 2>를 이용하면 <식 1>로는 불가능했던 edge 방향으로 임의의 배율로 확대 또는 축소시 보간을 할 수 있다.



<그림 7> Edge 방향으로 보간 하는 방법 예시

인트라 예측 모드 정보로 구한 기울기를 edge 방향으로 보고, <그림 7>과 같이 edge방향으로 적용되는 비균등간격 Cubic convolution scaler를 적용한다. 비균등간격 Cubic convolution scaler를 적용하기 위해서는 먼저 현재 보간 하려는 위치를 통과하고 edge 방향과 평행하는 직선과 수평 및 수직선과 교차하는 점들 중 가장 인접한 4개의 위치를 찾아야 한다. 만약 이 위치가 기존의 화소 위치가 아니고, 기존의 화소들의 위치 사이에 존재하는 값들이라면, 이 교차점 위치의 신호값은 보간을 통해 계산한다. 이 교차점의 신호값을 보간할 때는 기존의 주어진 화소값들을 참조 신호값으로 사용하는데, 이때 구체적인 보간 방법

은 Cubic convolution Scaler를 사용하였다.

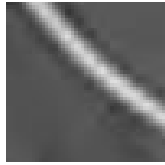
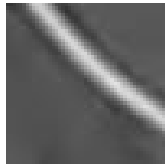


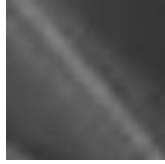
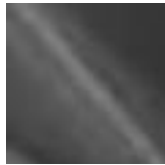
4. 실험 결과

가. 실험조건

Parameter	Condition
Test sequence	BasketballDrill, BQSquare, foreman
Resolution	832x480, 416x240, 352x288
α	-0.5
Scale factor	$\times 3.57$

나. 결과 영상

<표 1> Cubic convolution scaler와 H.264/AVC 복호화기에서 인트라 모드 정보를 이용한 scaler의 3.57배 Scale한 결과

Sequence	Method	Image
BasketballDrill (832x480)	Cubic Convolution Scaler	
	H.264/AVC syntax based	
BQSquare (416x240)	Cubic Convolution Scaler	
	H.264/AVC syntax based	
foreman (352x288)	Cubic Convolution Scaler	
	H.264/AVC syntax based	

본 실험에서 증명하고 싶은 내용은 H.264/AVC 복호화기에서 복호화된 인트라 모드 정보를 이용하여 edge 방향으로 실행되는 비균등 Cubic convolution scaler를 실행시켰을 때, 일반 scaler들 보다 고화질의 영상을 얻을 수 있다는 것이다.

<표 1>은 H.264/AVC 복호화기에서 복호된 영상을 Cubic convolution scaler를 통해 3.57배 확대한 영상과 본 논문에서 제안한 H.264/AVC 복호화기에서 인트라 모드 정보를 이용한 scaler를 통해 3.57배 확대한 영상이다. Edge영역에서 차이를 비교해보기 위하여 edge가 강한 부분을 잘라내 비교한 것이며, 기존 Cubic convolution scaler 방법보다 edge가 더 선명해진 결과를 확인할 수 있다.

5. 결론

실험 결과에 따르면 Intra picture에서 H.264/AVC의 인트라 모드에 기반을 둔 edge 방향으로 적용하는 Cubic convolution scaler를 사용한 영상이 기존의 Cubic convolution scaler보다 물체의 경계영역을 더 선명하게 확대하는 효과가 있다. 이는 H.264/AVC에서 인트라 모드의 방향이 물체의 경계 영역에서는 경계의 기울기를 따라 선택되는 확률이 높기 때문이다. 하지만 압축효율을 우선시하는 코덱의 특성상 기울기의 방향과 다른 인트라 모드번호가 선택될 확률도 있기 때문에 확실한 경계가 아닌 영역에서는 개선되지 못한 결과를 보이기도 한다.

참고문헌

- [1] T. Wiegand, G. J. Sullivan, G. Bjøntegaard, and A. Luthra, "Overview of the H.264/AVC video coding standard", *IEEE Trans. Circuits Syst. Video Technol.*, vol.13, no. 7, pp. 560-576, July 2003.
- [2] 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.
- [3] Sun, Hongbin, Fengwei Zhang, and Nanning Zheng. "An edge-based adaptive image interpolation and its VLSI architecture." *Signal & Information Processing Association Annual Summit and Conference (APSIPA ASC), 2012 Asia-Pacific.* IEEE, 2012.
- [4] Y.-T. Lai, C.-F. Tzeng and H.-C. Wu, "Adaptive image scaling based on local edge directions," *IEEE International Conference on Intelligent and Advanced Systems (ICIAS)*, pp. 1-4, Jun. 2010.
- [5] X. Li et.al., "New edge-directed interpolation," *IEEE trans. on Image Processing*, Vol. 10, No 10, October 2001, pp. 1521-1527.