2000年度 大韓電子工學會 夏季綜合學術大會 論文集 第23卷 第1號 2000/6

화면확대를 위한 보간 방식의 새로운 성능 평가 방법

은진화(殷辰和)*, 조화현(曺和鉉)*, 권병헌(權炳憲)**, 최명렬(崔明烈)*
한양대학교 전자·전기·제어계측공학과 ASIC 연구실*, 유한대학 정보통신학과**
전화 : (0345) 400-4036 / 팩스 : (0345) 501-8114

A New Performance Assesment Methods for Interpolated Image Enlargement

Jin Hwa Eun*, Hwa Hyun Cho*, Byong Heon Kwon**, Myung Ryul Choi*
*Depart of EECE , Hanyang University
**Depart of Information and Telecommunication, Yuhan College
E-mail : jhsilver@asic.hanyang.ac.kr

Abstract

In this paper, we propose a new performance comparison method of various interpolation methods for image enlargement. The conventional methods employs PSNR and edge characteristic evaluation for performance comparison of interpolation methods. The proposed performance comparison method uses the position information for each difference pixel's value and the frequency characteristic information between original image and interpolated image. The proposed methods might be useful for performance comparison of various interpolation methods through the computer simulation.

Ⅰ. 서론

최근 디스플레이의 경향은 점점 더 화면이 커지고, 더욱 선명해지며, 높은 해상도를 지원하는 방향으로 나아가고 있다. 이를 위해서는 공안 해상도의 변환이 필수적이다[1]. 본 논문에서는 화면 확대 기술에 필요한 보간 방식들에 대한 성능을 비교하는 방법에 대하여 논하였다. 기존에는 보간 방식들의 성능을 분석하는 방법으로 PSNR (peak signal to noise ratio) 방법을 사용하였다. PSNR의 수식은 아래와 같다.

$$PSNR = 10\log_{10}\frac{255^2}{MSE}[dB] \quad (1)$$

$$MSE = \frac{1}{NM}\sum_{i=0}^{M-1}\sum_{j=0}^{N-1}|I(i,j)-I'(i,j)|^2 \quad (2)$$

식(1), (2)에서 보는 바와 같이 PSNR 방법은 원본 이미지와 보간된 이미지의 차를 가지고 구하게 된다. 이 방법으로 분석하면 전체적으로 원본과 보간된 이미지가 얼마만큼의 차이가 있는지는 알 수 있으나, 두 이미지의 각 화소들의 값이 얼마만큼의 차를 갖는지는 알 수 없다. 즉, 이 방법으로는 위치 정보를 얻을 수 없게 된다. 기존의 보간 방식들의 성능 비교를 위해 사용한 다른 한 가지 방법은 에지(edge) 특성을 분석하는 방법이다. 에지라는 것은 밝기 값이 다른 두 개의 물체 사이를 구분짓는 선을 의미한다. 따라서 에지 부분은 밝기값이 나누어지는 부분으로 고주파(high frequency) 성분을 갖게 된다. 그러나 하나의 이미지에는 고주파 성분만 존재하지 않고, 밝기 값의 차이가 거의 없는 저주파 (low frequency) 성분들도 존재한다. 이러한 부분에서는 에지 특성을 분석하는 방법으로는 보간 방식들의 성능을 비교하기 어렵다. 반면에, 본 논문에서 제안하는 방법은 원본이미지와 보간된 이미지의 동일한 위치에서의 화소값의 차를 구하기 때문에 PSNR방법에서 얻을 수 없는 위치 정보도 포함할 수 있고, 에지 특성을 분석 방법에서 분석하기 어려운 저주파 성분도 비교할 수 있다.

Ⅱ. 보간 방식 알고리즘

보간 방식은 TV신호의 비월 주사를 순차주사로 변환할 때 처음 사용되었다[1]. 비월 주사의 경우 시간에 수직축상의 성분의 혼입에 의한 엘리어싱(aliasing)이 발생하므로 순차주사로 변환하면 문제점이 해결된다. 이 때 비월 주사에서 각 프레임내의 생략된 주사선을 재생을 위해 보간 기법을 사용한다. 기존의 보간 방식들은 선형 보간 방식과 비선형 보간 기법으로 나눌 수 있다. 대표적인 방식에는 선형 보간 방식으로는 ZOI(zero order interpolation)[2], FOI(first order interpolation)[2] 등이 있으며, 비선형 보간 방식으로 미디안 방식(median method)[3], ELA (edge based line average)[4], PMED (pseudomedian) 필터 등이 있다.

1. ZOI(zero order interpolation) 방식

이 방식은 라인 반복 방식(line repetition method)이라고도 하는데, 생략된 이전 라인의 화소를 그대로 반복하는 방식이다[2]. 이의 하드웨어 구성은 간단하지만 화질

이 저하되기 때문에 제한된 적용성을 갖는다. 이 방식은 정지화에 적합한 특성을 보이며 실제 3차원 처리에서 정지영역에 부분적으로 사용되고 있다[5].

2. FOI(first order interpolation) 방식

이 방식은 라인 평균 방식(line averaging method)이라고도 하는데, 비월 주사된 각 필드에서 빠져있는 주사선을 인접한 위, 아래 주사선의 화소 값을 평균하여 보간 하는 방식이다. 이는 움직임 적응형 보간 방식에서 동화처리 모드에 적용되는 방식이다[2]. 이의 차분 방정식은 아래와 같다.

$$y(n) = 0.5x(n-1) + 0.5x(n+1) \quad (3)$$

식(3)에서 y(n)은 보간 처리된 라인의 화소 값을 의미한다. 그리고, x(n-1)은 (n-1)th 라인에 위치하는 화소의 값을 의미하며, x(n+1)은 (n+1)th 라인에 위치하는 화소 값을 의미한다.

3. Median 방식

이 방식은 신호처리에 사용되는 가장 보편적인 비선형 기법 중의 하나의 방식이다. 이는 보간에 사용되는 화소 값들을 크기순으로 sorting하고, 이 화소 값들의 중간 값을 취하기 때문에 사용되는 화소 값들이 반드시 홀수 개이어야 한다. 이의 개념은 복잡하지 않지만, 계산량이 많이 요구되는 방식이다[3].

4. PMED 방식

이 방식은 median filter의 개념에서 나온 방식이다. median filter는 2N+1의 샘플 폭의 윈도우를 갖고 필터의 출력은 윈도우에서 2N+1의 미디안이 된다. 반면에 PMED(pseudomedian) filter는 역시 2N+1의 샘플 폭의 윈도우를 갖지만 출력은 N+1의 부윈도우(subwindow)의 최대치 중위 최소치와 최소치중의 최대치의 평균이 된다[3]. 이를 식으로 표현하면 아래와 같다.(N=1인 경우)

$$\begin{aligned} PMED\{a,b,c\} &= 0.5\times\max\{\min\{a,b\},\min\{b,c\}\} \\ &\quad + 0.5\min\{\max\{a,b\},\max\{b,c\}\} \end{aligned} \quad (4)$$

4.1 △-형 PMED 방식

이 방식은 median filter와 PMED를 변형한 필터로 에지 특성이 비교적 좋으면서 하드웨어를 간단하게 구성할 수 있다. 이 방식에서의 보간되는 화소는 g이며, 부윈도우는 바로 놓인 △모양인 {b, d, f}와, 뒤집어진 △모양인 {a, c, e}, 그리고 g와 수직방향에 위치하는 {b, e}를 이용한다. 이를의 식으로 표현하면 아래와 같다.

$$g = med[med\{a,c,e\}, med\{b,d,f\}, 0.5(b+d)] \quad (5)$$

4.2 H-형 PMED 방식

이 방식은 인가되는 비월 주사 방식의 신호를 순차 주사방식의 형태로 변환하기 위한 것이다. 이 방식에서의 보간 되는 화소는 g이며, 부윈도우는 수평 방향에 위치하는 {a, b, c}, {d, e, f}, 수직 방향에 위치하는 {b, e}이다. 이를 식으로 표현하면 아래와 같다.

$$\begin{aligned} g &= PMED\{a,b,c,d,e,f\} \\ &\quad + 0.5\times\max[\min\{a,b,c\},\min\{d,e,f\},\min\{b,e\}] \\ &= 0.5\times\max[\min\{a,b,c\},\min\{d,e,f\},\min\{b,e\}] \end{aligned} \quad (6)$$

4.3 Asterisk -shaped PMED 방식

이 방식은 임의의 화소는 주변 화소와 수평, 수직 방향뿐만 아니라 대각선방향에 대해서도 상관관계가 큰 것을 고려한 방식이다. 이 방식에서의 보간 되는 화소는 g이며, 부윈도우는 대각선방향에 위치하는 {a, f}, {c, d}와 g와 수직방향에 위치하는 {b, e}를 이용한다. 이를 식으로 표현하면 아래와 같다.

$$\begin{aligned} g &= PMED\{a,b,c,d,e,f\} \\ &= 0.5\times\max[\min\{a,f\},\min\{c,d\},\min\{b,e\}] \\ &\quad + 0.5\times\max[\min\{a,f\},\min\{c,d\},\min\{b,e\}] \end{aligned} \quad (7)$$

Ⅲ. 제안한 성능 비교 방법

본 논문에서 제안한 새로운 성능 비교 방법은 PSNR과 에지 특성 분석 등의 성능 비교 방법의 단점들을 보안한 알고리즘이다. 원본이미지를 Ⅱ장에서 설명한 여러 가지 보간 방식을 통해서 보간된 이미지를 생성하고, 원본 이미지와 보간된 이미지의 동일한 위치에 있는 화소 값이 같은지 다른지를 확인한다.

1. 화소 값이 다른 화소수의 비교 방법

이 비교방법은 원본 이미지와 보간된 이미지의 각 화소간의 화소값이 다른 경우에 그 수를 세어서 비교하는 방법이다. 또한, 이 논문에서는 임계치라는 개념을 도입하여 서로 다른 화소 수를 비교한다. 임계치란 원본 이미지와 보간된 이미지의 각 화소간의 화소 값의 차가 가질 수 있는 범위를 말한다. 이 임계치에 따라 얼마만큼의 차이를 갖는지 비교, 확인할 수 있다.

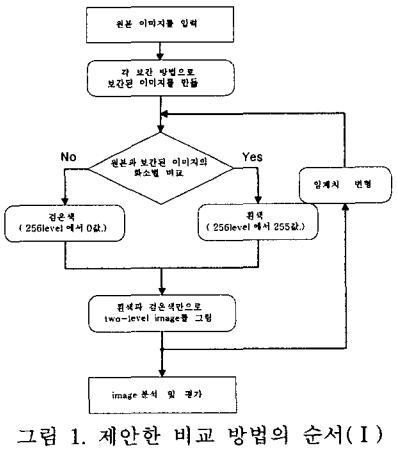


그림 1. 제안한 비교 방법의 순서(Ⅰ)

Fig. 1 Flow Chart of Proposed comparison method(Ⅰ)

그림 1.은 임계치를 변화시켜가면서 화소값이 다른 화소수를 세는 과정을 순서도(flow chart)로 그린 것이다.

2. 화소 값이 다른 화소 위치의 비교방법

이 비교방법은 위치 정보를 포함한 비교방법으로, 원본 이미지와 보간된 이미지의 각 화소간의 화소 값을 비교하여 다른 경우에는 검은색(256 level에서 0값)으로, 같은 경우에는 흰색(256 level에서 255값)으로 나타내어 그림을 그리는 방법이다. 이는 PSNR 방법이나 에지 특성 방법에서 얻을 수 없는 위치 정보나 저주파 부분 정보를 잃어버리지 않고 비교할 수 있다. 또한, 이를 이용하면 원본에서 저주파인 부분이 보간된 후 얼마만큼의 차이를 갖는지 비교할 수 있다. 그림 2은 임계치를 변화시켜가면서 화소값이 다른 화소를 이미지로 나타내는 과정을 순서도로 그린 것이다.

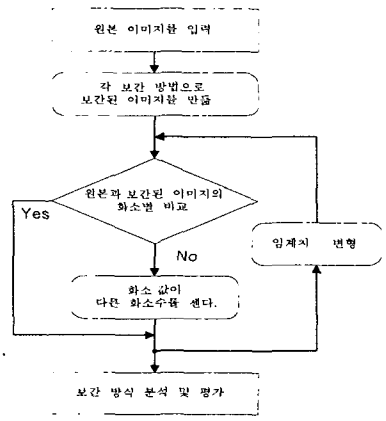


그림 2. 제안한 비교 방법의 순서(Ⅱ)
Fig. 2 Flow Chart of Proposed comparison method(Ⅱ)

Ⅳ. 시뮬레이션 결과

시뮬레이션은 정지화상인 lena(512x480), 준동화상인 salesman의 7번째 frame(512x480), 그리고 동화상인 football의 7번째 frame(512x480)의 샘플이미지를 가지고 각각의 이미지의 격행을 C언어를 이용하여 제거하여 512x480의 이미지를 만든 뒤 제거된 라인을 Ⅱ장의 보간 방식을 이용하여 보간 하였다. 원본과 보간된 이미지 모두 512x480의 크기를 갖는다. 제안한 방법은 원본 이미지와 보간된 이미지의 각 화소에 대해 화소 값의 차이인 임계치를 변화시켜가면서 비교한다.

1. 화소값이 다른 화소수의 비교방법

화소 값이 다른 화소들의 개수를 비교하는 방법은 앞에서 얻은 보간 이미지와 원본 이미지를 MATLAB을 통하여 각 화소들을 숫자로 표현하도록 불러들인 후 화소별로 차를 구하고 그 차가 임계 수를 넘는 경우에만, 그 화소의 개수를 세어서 비교한다.

표 1, 2는 임계수가 0, 2, 4, 6, 8일 때, 원본 이미지와 보간된 이미지의 화소 값이 다른 화소들의 수를 각 보간 방식들에 대해 정리한 것이다.

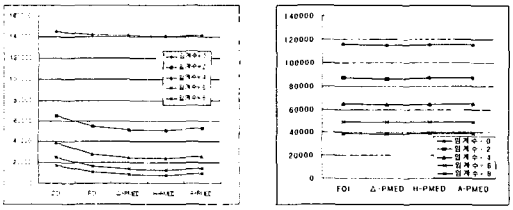
표 1 Lena의 화소 값이 다른 화소수.
Table 1 Number of Different Pixel's Value at Lena image

	FOI	△-PMED	H-PMED	A-PMED
0	115555	115061	115211	115186
2	87260	86191	86734	86988
4	65112	64154	64705	64980
6	49567	48907	49150	49417
8	38883	38399	38567	38773

표 2. football의 화소 값이 다른 화소수.
Table 2 Number of Different Pixel's Value at football image

	ZOI	FOI	△-PMED	H-PMED	A-PMED
0	144849	141861	141239	140577	141281
2	65784	54885	51015	50631	52845
4	38935	28256	24745	24058	26051
6	24929	16424	13710	12960	14745
8	17440	10732	8749	7876	9394

그림 3는 임계수가 0, 2, 4, 6, 8일 때 각 보간 방식들에 따라 표 1, 2를 그래프로 나타낸 것이다.



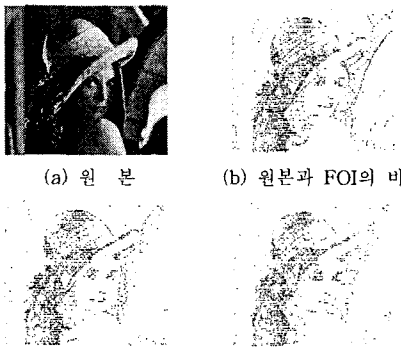
(a) Lena 이미지 (b) Football 이미지
그림 3. 화소 값이 다른 화소수
Fig. 3 Number of Different Pixel's Value

위의 표와 그림 3.을 살펴보면 정지화상인 Lena와 동화상의 Football의 7번째 frame이 H-PMED와 △-PMED의 값이 비슷하게 적게 나왔다. PSNR이 좋게 나오는 FOI 방식이 여기서는 오히려 높은 값을 나타내고 있다. 그리고 동영상인 Football 7번째 frame에서 화소 값이 다른 화소수가 임계수 8에서도 많은데, 이는 동영상의 경우 움직임이 많아서 보간된 이미지가 원본과 차이가 많이 나기 때문에 제안한 비교 방법으로는 비교하기가 어렵다.

2. 화소값이 다른 화소 위치의 비교방법

화소 값이 다른 화소 위치를 비교하는 방법은 앞에서 얻은 보간된 이미지와 원본 이미지를 MATLAB을 통하여 각 화소 값들을 숫자로 표현하도록 불러들인 후 동일한 위치에 있는 화소별로 차를 구하고, 그 차가 임계 수를 넘는 경우에만, 그 화소의 값을 0(256 level에서 검은색)으로, 그 나머지 경우(임계수를 넘지 않는 경우)에는 화소값을 255(256 level에서 흰색)으로 넣고 MATLAB

을 통하여 숫자로 표현된 화소들을 검은색과 흰색만을 갖는 이미지로 다시 표현한다. 그림 4, 5은 이와 같은 방법을 통해 얻어진 이미지들을 나타낸 것이다.



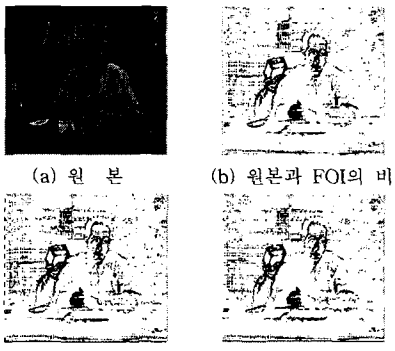
(a) 원 본 (b) 원본과 FOI의 비교

(c)원본과 △-PMED의 비교 (d)원본과 H-PMED의 비교

그림 4 임계수가 6일 때의 Lena

Fig. 4 Lena image when Critical Value is 6

그림 4(a)은 임계수가 6일 때 정지화상인 Lena의 원본 이미지이다. (b), (c), (d)는 보간된 이미지와 원본 이미지의 화소값 차가 임계치를 넘은 점들을 그린 것이다. 그림에서 보듯이 FOI가 PSNR은 높게 나오지만, 거울의 가장자리를 보면 △-PMED나 H-PMED보다 더 진하게 나타나는 것을 알 수 있다. 이는 그 부분에서 원본과 많은 차이를 보인다는 의미이다. 또한, 에지 특성 분석 방법에서 보는 것과 같이 고주파 부분에서 원본과의 차이를 비교할 수 있고, 거울 안이나, 뒤의 벽면, 얼굴부위와 같이 저주파 부분도 원본과의 차이를 알 수 있다.



(a) 원 본 (b) 원본과 FOI의 비교

(c)원본과 △-PMED의 비교 (d)원본과 H-PMED의 비교

그림 5 임계수가 6일 때의 Salesman

Fig 5 Salesman image when Critical Value is 6

그림 5.(a)은 임계수가 6일 때 준정지화상인 Salesman 7번째 frame 원본 이미지이다. (b), (c), (d)는 보간된 이미지와 원본 이미지의 화소값 차가 임계치를 넘은 점들을 그린 것이다. 그림 5도 위와 같은 방법으로 비교할 수 있지만, 정지화상인 Lena 보다는 원본과 다른 값들이 많아서 비교하기가 어렵다. 이는 임계수가 더 높아져도 같은 결과를 보인다. 이런 현상은 동화상인 Football로 가면 더욱 심해진다. 그래서 제안한 알고리즘으로는 동화상까지는 비교하기 어렵고, 정지화상과 준 정지화상에 적합한 비교 방법이다.

V. 결론

본 논문에서는 화면 확대를 위해서 여러 가지 보간 방식들의 성능을 기존의 PSNR이나 에지 특성 비교 방법에 문제점을 보안하여 원본과 보간된 이미지의 화소당 차이값을 임계 수를 두어 비교하는 방법을 제안하였다. 컴퓨터 시뮬레이션을 통해 제안된 방법으로 보간 방법들을 비교하였고, 기존의 방법들의 문제점들을 보완하였다. 객관적 평가기준으로 사용된 PSNR의 경우에는 PSNR이 좋다고 해서 화질의 우수성과는 일치하지 않는다. 이는 PSNR이 MSE(mean square error)를 통해서 화소의 차이만을 더하는 것으로서 위치 정보를 잃어버리기 때문이다. 주관적 화질 평가 방법인 에지 특성 비교 방법도 에지 부분만이 눈에 선명하다고 해서 화질의 우수성과는 일치하지 않는다. 이는 에지 부분이 고주파 부분이기 때문에 저주파 부분에서는 얼마만큼의 차이가 있는 지 알 수 없기 때문이다. 이 논문에서 제안한 비교 방법은 기존의 비교 방법들과 달리 주파수 적인 측면을 고려하여 비교하는 방법이다. 이 비교 방법은 앞으로 화면이 확대되어 지는 추세에 있어서 화질을 평가, 비교하는 방법으로 특히 정지화상과 준 정지화상에서 유용하게 사용된다.

본 논문은 산업자원부와 과학기술부에서 시행한 선도 기술 개발사업의 지원을 받았습니다.

참고문헌

[1] 권병헌, 장광수, 황병원 "De-Interlacing Scan Conversion을 위한 Pseudomedian Filter의 특성", 한국 통신 학회 논문지, Vol.21, No.1, pp.1151-1171, 1996.

[2] R.S. PRODAN, "Multidimensional Digital Signal Processing for Television Scan Conversion", Philips J.Res. 41, pp.576-603, 1986.

[3] H.Rabtanen, "Color Video Signal Processing with Median Filters", *IEEE Trans, on Consumer Electrons,* Vol.38, No.3, pp.157-161, Aug. 1992.

[4] K. Oistamo, Y. Neuvo, "A Motion Intensive Method for Scan Rate Converter and Cross Error Cancellation, ", *IEEE Trans. on Consumer Electronics,* Vol.37, No3, pp.296-301, Aug.1991.

[5] P.Pohjla, M. Karlesson, "Line Rate Up Conversion in IDTV Application", *IEEE Trans. on Consumer Electronics,* Vol.37, No3, pp. 309-312, Aug.1991.