

이미지 스케일링 알고리즘의 성능 평가

은진화*, 권병헌**, 최명렬*
*한양대학교 전자.전기.제어계측공학과
**유한대학 정보통신학과
e-mail:jhsilver@asic.hanyang.ac.kr

A Performance Evaluation Method of Image Scaling Algorithms

Jin-Hwa Eun*, Byoung-Heon Kwon**, Myung-Ryul Choi*
*Dept of EECS, Hanyang University
**Dept of Information and Telecommunication, Yuhan College

요약

본 논문에서는 디지털 영상의 확대 및 축소에 필요한 보간 방식들에 대한 성능을 평가하는 방법에 대하여 논하였다. 본 논문에서 비교한 성능 평가 방법에는 PSNR 비교와 에지(edge) 특성 비교, 그리고 화소 값이 다른 화소수 비교와 Binary 이미지를 이용한 비교 방법들이 있으며, 이러한 비교 방법들은 보간된 이미지의 특성에 따라 각각의 장, 단점을 가지고 있다. 본 논문에서는 각 평가 방법이 어떠한 특성의 화질을 평가하는데 유용한지 컴퓨터 시뮬레이션을 통해 비교 분석하였다.

1. 서론

최근 디스플레이는 화면 표시 장치에 맞는 해상도로의 변환을 위해서 화면 확대 및 축소 알고리즘이 필요하고, 이들의 화질 성능을 평가하는 방법이 필요하게 되었다. 본 논문에서는 화질을 평가하는 방법들인 PSNR을 이용한 비교 방법과 에지 특성을 분석하는 방법, 그리고 화소 값이 다른 화소수의 비교 방법과 Binary 이미지를 이용한 비교 방법들이 이미지의 특성에 따라 어떠한 이미지의 화질을 유용하게 평가할 수 있는지를 비교 분석하였다. PSNR을 이용한 비교 방법은 객관적으로 여러 가지 이미지의 성능을 평가하는데 효과적이지만, 평균을 사용하는 방식에서는 PSNR이 좋다고 해서 화질의 우수성과 일치하지는 않는다. 에지 부분은 밝기 값이 나누어지는 부분으로 고주파(high frequency) 성분을 갖게 된다. 그러나 저주파(low frequency) 부분에서는 에지 특성을 분석하는 방법으로 성능을 평가하기 어렵다. 화소 값이 다른 화소수의 비교 방법은 정지화나 준정지화 이미지의 성능을 평가하는데 유용하다. 그러나, 동화의 경우 보간 및 축소된 이미지가 원본과는 차이가 크기 때문에 비교하기 어렵다. Binary 이

미지를 이용한 비교 방법은 에지 부분과 같은 고주파 부분이 아닌 저주파 부분도 점으로 표현되기 때문에 성능 평가가 가능하다. 그러나, 이 평가 방법도 동화의 경우 보간 및 축소된 이미지가 원본과 차이가 크기 때문에 비교하기 어렵다.

2. 보간 및 축소 알고리즘

보간 방식은 TV신호의 비월주사를 순차주사로 변환할 때 처음 사용되었다. 이 때 비월주사에서 각 프레임내의 생략된 주사선의 재생을 위해 보간 기법을 사용한다. 현재는 표시장치에 맞는 해상도로 조정하기 위해 화면의 확대 및 축소를 위해 보간 방식을 사용한다. 대표적인 보간 방식들은 선형 보간 방식으로는 ZOI, FOI등이 있으며, 비선형 보간 방식으로 미디안 방식, ELA, PMED필터 등이 있다.

2.1 ZOI(zero order interpolation) 방식

이 방식은 라인반복방식(line repetition method)이라고도 하는데, 생략된 이전 라인의 화소를 반복하는 방식이다. 이의 하드웨어 구성은 간단하지만 화질이 저하되기 때문에 제한된 적용성을 갖는다.

2.2 FOI(first order interpolation) 방식

이 방식은 라인평균방식(line averaging method)

이라고도 하는데, 비월 주사된 각 필드에서 빠져있는 주사선을 인접한 위, 아래 주사선의 화소 값을 평균하여 보간 하는 방식으로 동화처리 모드에 적용되는 방식이다. 이를 식으로 표현하면 아래와 같다.

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

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

2.3 Median 방식

이 방식은 화소 값들을 크기순으로 sorting하고, 이 화소 값들의 중간 값을 취하기 때문에 화소 값들이 반드시 홀수 개이어야 한다. 이의 개념은 복잡하지 않지만, 계산량이 많이 요구되는 방식이다.

2.4 PMED(pseudomedian) 방식

이 방식은 신호처리에 사용되는 가장 보편적인 비선형 기법 중 하나의 방식이다. 이는 median filter의 개념에서 나온 방식이다. 이는 부윈도우(subwindow)의 최대치중의 최소치와 최소치중의 최대치의 평균이 된다. 이를 식으로 표현하면 아래와 같다.

$$PMED(a, b, c) = 0.5 \times \max\{\min\{a, b\}, \min\{b, c\}\} + 0.5 \times \min\{\max\{a, b\}, \max\{b, c\}\} \quad (2)$$

2.4.1 Δ -형 PMED 방식

이 방식은 median filter와 PMED를 변형한 방식이다. 이 방식에서 보간되는 화소는 g 이며, 부윈도우는 바로 놓인 Δ 모양인 $\{b, d, f\}$ 와, 뒤집어진 Δ 모양인 $\{a, c, e\}$, 그리고 g 와 수직방향에 위치하는 $\{b, e\}$ 를 이용한다. 이를 식으로 표현하면 아래와 같다.

$$g = med[med\{a, c, e\}, med\{b, d, f\}, 0.5(b+d)] \quad (3)$$

2.4.2 H-형 PMED 방식

이 방식에서의 보간 되는 화소는 g 이며, 부윈도우는 수평 방향에 위치하는 $\{a, b, c\}$, $\{d, e, f\}$, 수직 방향에 위치하는 $\{b, e\}$ 이다. 이를 식으로 표현하면 아래와 같다.

$$g = PMED(a, b, c, d, e, f) = 0.5 \times \max\{\min\{a, b, c\}, \min\{d, e, f\}, \min\{b, e\}\} + 0.5 \times \min\{\max\{a, b, c\}, \max\{d, e, f\}, \max\{b, e\}\} \quad (4)$$

2.4.3 Asterisk-형 PMED 방식

이 방식은 임의의 화소는 주변 화소와 대각선방향에 대해서도 상관관계가 큰 것을 고려한 방식이다. 이 방식에서의 보간 되는 화소는 g 이며, 부윈도우는 대각선방향에 위치하는 $\{a, f\}$, $\{c, d\}$ 와 g 와 수직방향에 위치하는 $\{b, e\}$ 를 이용한다. 이를 식으로 표현하면 아래와 같다.

$$g = PMED(a, b, c, d, e, f) = 0.5 \times \max\{\min\{a, f\}, \min\{c, d\}, \min\{b, e\}\} + 0.5 \times \min\{\max\{a, f\}, \max\{c, d\}, \max\{b, e\}\} \quad (5)$$

2.4.4 Adaptive PMED 방식

이 방식은 기존의 H-형 PMED에 주위의 화소들간의 상관도에 따라 부윈도우의 설정을 가변시켜 보간하는 방식이다. 먼저 상관도를 찾아내는 알고리즘을 식으로 표현하면 아래와 같다.

$$SH = |a - c| + |d - f| \quad (6)$$

$$SV = |a - d| + |c - f|$$

즉 $SH > SV$ 이면 수직방향으로 $SV > SH$ 이면 수평방향으로 상관도가 강하다고 판단할 수 있다. 수평방향으로 상관도가 클 경우에 H-형 PMED를 사용하고 수직방향으로 상관도가 클 경우에 부윈도우는 뒤집어진 “ \neg ”모양인 $\{a, b, d\}$ 와, 뒤집어진 “ \perp ”모양인 $\{c, e, f\}$, 그리고 g 와 수직방향에 위치하는 $\{b, e\}$ 를 이용한다. 이를 식으로 표현하면 아래와 같다.

$$\begin{aligned} \text{if } SH > SV \text{ then} \\ \text{new pixel} &= PMED(a, b, c, d, e, f) \\ &= 0.5 \times \max\{\min\{a, b, d\}, \min\{c, e, f\}, \min\{b, e\}\} \\ &\quad + 0.5 \times \min\{\max\{a, b, d\}, \max\{c, e, f\}, \max\{b, e\}\} \quad (7) \\ \text{else} \\ \text{new pixel} &= PMED(a, b, c, d, e, f) \\ &= 0.5 \times \max\{\min\{a, b, c\}, \min\{d, e, f\}, \min\{b, e\}\} \\ &\quad + 0.5 \times \min\{\max\{a, b, c\}, \max\{d, e, f\}, \max\{b, e\}\} \end{aligned}$$

3. 성능 비교 방법

본 논문에서 PSNR과 에지 특성 분석 그리고 화소 값이 다른 화소수 비교와 Binary 이미지를 이용한 비교 방법들의 장, 단점들을 통해서 이미지의 특성에 맞는 평가 방법을 확인한다.

3.1 PSNR을 이용한 비교 방법

이 비교 방법은 원본 이미지와 보간 및 축소된 이미지의 차를 가지고 구하는 방법이다. PSNR의 수식은 아래와 같다.

$$PSNR = 10 \log_{10} \frac{255^2}{MSE} \quad [dB] \quad (8)$$

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

식(8)에서 보는 바와 같이 PSNR 방법은 원본 이미지와 보간 및 축소된 이미지의 차를 가지고 구하게 된다. 이 방법으로 분석하면 전체적으로 원본 이미지와 보간 및 축소된 이미지가 얼마만큼의 차이가 있는지는 알 수 있으나, 두 이미지의 각 화소들의 값이 얼마만큼의 차를 갖는지는 알 수 없다.

3.2 에지 특성 비교 분석 방법

이 비교방법은 원본 이미지와 보간 및 축소된 이미지의 에지 특성을 분석하는 방법이다. 에지라는 것은 밝기 값이 다른 두 개의 물체 사이를 구분 짓는 선을 의미한다. 따라서 에지 부분은 밝기 값이 나누어지는 부분으로 고주파 성분을 갖게 된다. 그러나 하나의 이미지에는 고주파 성분만 존재하지 않고, 화소간의 밝기 값에 차이가 거의 없는 저주파 성분들도 존재한다. 이러한 부분에서는 에지 특성을 분석하는 방법으로는 보간 방식들의 성능을 평가하기 어렵다.

3.3 화소 값이 다른 화소수의 비교 방법

이 비교 방법은 원본 이미지와 보간 및 축소된 이미지의 각 화소간의 화소 값이 다른 경우에 그 수를 세어서 비교하는 방법이다. 또한, 임계치라는 개

념을 도입하여 서로 다른 화소 수를 비교한다. 임계치란 원본 이미지와 보간 및 축소된 이미지의 각 화소간의 화소 값의 차가 가질 수 있는 범위를 말한다. 이 임계치에 따라 얼마만큼의 차이를 갖는지 비교, 확인할 수 있다. 그러나, 움직임이 많은 동화상의 경우 화소값의 변화가 많기 때문에 임계치를 크게 하더라도 화질의 차이를 분석하기 어렵다.

3.4 Binary image를 이용한 비교 방법

이 비교방법은 위치 정보를 포함한 비교 방법으로, 원본 이미지와 보간 및 축소된 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 보간 및 축소된 후 얼마만큼의 차이를 갖는지 비교할 수 있다. 그러나 이 또한 움직임이 많은 동화상의 경우 화질의 차이를 분석하기 어렵다.

4. 시뮬레이션 결과

시뮬레이션은 정지화상인 lena(512x480), 준동화상인 salesman의 7번째 frame(512x480), 그리고 동화상인 football의 7번째 frame(512x480)의 샘플 이미지를 가지고 C언어를 이용하여 각 비교 방법에 의해 시뮬레이션 하였다.

4.1 PSNR을 이용한 비교 방법

이 비교 방법은 객관적인 비교 방법으로 원본 이미지와 보간 및 축소된 이미지의 차를 이용하여 비교하는 방법이다. PSNR은 객관적인 수치로 표현되는 성능 평가 방법이기 때문에 가장 널리 사용되는 방법이다. 그러나, PSNR의 수치가 화질의 우수성과 일치하지는 않는다. 아래의 표 1.에서 보면 FOI 방식과 같이 평균을 이용하는 보간 방식의 PSNR 값이 가장 높게 나오는 것을 볼 수 있지만, 실제 FOI 방식으로 보간된 이미지는 화질의 성능이 떨어지는 것을 볼 수 있다. 이는 PSNR이 MSE(mean square error)를 통해서 화소의 차이만을 더하는 것이기 때문이다.

표 1. 보간 방식들에 따른 PSNR값 비교

(a)lena 이미지		(b)salesman 이미지	
보간 방식	PSNR	보간 방식	PSNR
ZOI	31.11	ZOI	32.27
FOI	33.43	FOI	35.46
△ - shaped	32.38	△ - shaped	32.98
* - shaped	31.81	* - shaped	33.27
H - shaped	32.96	H - shaped	34.66
Adaptive	32.82	Adaptive	34.73

4.2 에지 특성 비교 분석 방법

이 비교 방법은 주관적인 비교 방법이므로 원본 이미지와 보간 및 축소된 이미지의 에지 부분을 눈으로 보아 비교하는 방법이다. 에지 특성 비교 분석 방법은 에지의 특성상 고주파 성분을 많이 가지고 있는 이미지의 경우 선명하게 나누어지는 부분이 많이 존재하므로 성능을 평가하는데 유용하다. 그러나, 에지 부분만이 눈에 선명하다고 해서 화질의 우수성과 일치하지는 않는다. 이는 에지 부분이 고주파 부분이기 때문에 저주파 부분에서는 얼마만큼의 차이가 있는지 알 수 없기 때문이다.

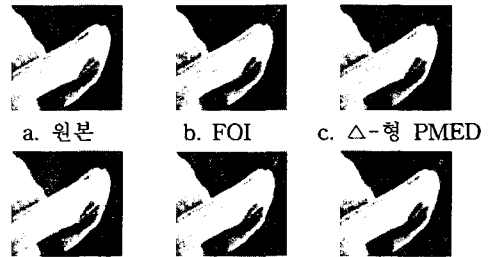


Fig. 5. lena이미지의 에지 특성 분석 비교

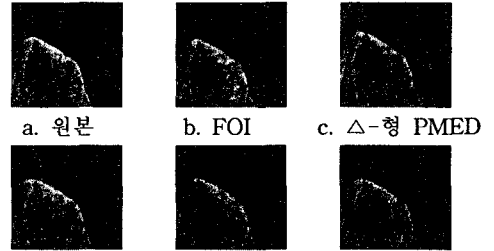


Fig. 6. salesman이미지의 에지 특성 분석 비교

4.3 화소 값이 다른 화소수의 비교 방법

이 비교 방법은 객관적인 비교 방법으로 원본 이미지와 보간 및 축소된 이미지의 각 화소간의 화소 값이 다른 경우에 그 수를 세어서 비교하는 방법이다. 또한, 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.

표 2. 보간 방식들에 따른 화소값이 다른 화소수

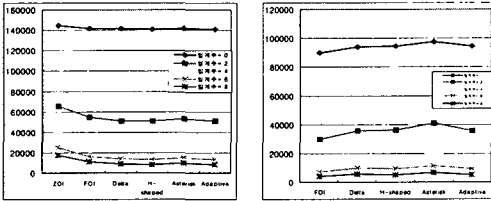
(a) lena 이미지						
	ZOI	FOI	△-PMED	A-PMED	H-PMED	Adaptive
0	144819	141861	141239	141281	140577	140851
2	65784	54885	51015	52845	50631	51095
4	38935	28256	24745	24058	26051	24594
6	24929	16424	12960	14745	12960	13501
8	17440	10732	8749	9394	7876	8419

(b) salesman 이미지

	ZOI	FOI	△-PMED	A-PMED	H-PMED	Adaptive
0	119114	117854	117899	118033	117899	117978
2	104425	98746	98758	99699	98804	99542
4	91144	82196	82299	83665	82358	83514
6	79746	69149	69256	70620	69174	70517
8	70318	58846	58986	60591	58961	60427



d.*형 PMED e. H형 PMED f. adaptive PMED
Fig. 9. salesman의 binary이미지 비교 (임계치=6)



(a) lena 이미지 (b) salesman 이미지
Fig. 7. 화소 값이 다른 화소수의 비교

표 2는 화소값이 다른 화소수를 나타낸다. 그림 7은 표 2를 그래프로 표현한 것이다. 이 평가 방법은 정지화나 준 정지화 이미지의 성능을 평가하는데 유용하다. 그러나, 동화의 경우 보간 및 축소된 이미지가 원본과 차이가 나기 때문에 이 평가방법으로는 비교하기 어렵다.

4.4. Binary 이미지를 이용한 비교 방법

이 비교 방법은 주관적인 비교 방법으로 원본 이미지와 보간 및 축소된 이미지의 각 화소간의 화소값을 비교하여 다른 경우에는 검은색(256 level에서 0값)으로, 같은 경우에는 흰색(256 level에서 255값)으로 나타내어 Binary 이미지를 그려서 비교하는 방법이다. 그림 8과 9는 화소값이 다른 화소를 Binary 이미지로 표현한 것이다. 이 평가 방법은 에지 부분과 같은 고주파 부분이 아닌 저주파 부분도 점으로 표현되기 때문에 차이가 있는지 알 수 있다. 그러나, 이 평가 방법도 동화의 경우 보간 및 축소된 이미지가 원본과 차이가 많이 나기 때문에 임계치를 키워도 검은 점이 많아서 비교하기 어렵다.



a. 원본 b. FOI c. △-형 PMED
d.*형 PMED e. H형 PMED f. adaptive PMED
Fig. 8. lena의 binary이미지 비교 (임계치=6)



5. 결론

본 논문에서는 화면 확대 및 축소를 위해서 여러 가지 보간 방식들을 PSNR을 이용한 비교, 에지 특성 비교, 화소값이 다른 화소수의 비교, Binary 이미지를 이용한 방법들을 통해서 성능을 평가하였다. 본 논문에서 설명한 각각의 비교 방법들은 이미지의 특성에 따라 어떠한 이미지의 화질을 유용하게 평가할 수 있는지를 알 수 있다. PSNR을 이용한 비교 방법은 객관적으로 여러 가지 이미지의 성능을 평가하는데 효과적이지만, 평균을 사용하는 방식에서는 PSNR이 화질의 우수성을 나타내지 않는다. 에지 특성 비교 방법은 고주파 성분을 가진 이미지에 유용하다. 그러나 저주파 부분에서는 에지 특성을 분석하는 방법으로는 성능을 비교하기 어렵다. 화소값이 다른 화소수의 비교 방법은 정지화나 준동화 이미지의 성능을 평가하는데 유용하다. Binary 이미지를 이용한 비교 방법은 에지 부분과 같은 고주파 부분이 아닌 저주파 부분도 점으로 표현되기 때문에 차이를 비교할 수 있다. 그러나, 위 두 가지의 평가 방법은 동화의 경우 보간 및 축소된 이미지가 원본과 차이가 크기 때문에 임계치를 비교하기 어렵다.

본 논문은 산업자원부와 과학기술부에서 시행한 선도기술 개발사업의 지원을 받았습니다.

참고문헌

[1] 권병현, 장광수, 황병원 "De-Interlacing Scan Conversion을 위한 Pseudomedian Filter의 특성", 한국통신학회논문지, Vol.21, No.1, 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 Electronics, 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. Karlsson, "Line Rate Up Conversion in IDTV Application", IEEE Trans. on Consumer Electronics, Vol.37, No3, pp. 309-312, Aug.1991.