

이미지 상관관계함수를 이용한 디지털 영상의 유사도 비교에 관한 연구

양형규*, 최종호**

Study on the Correlation between Digital Images using ICOR

Hyung Kyu Yang*, Jong Ho Choi**

요 약

영상의 비교는 PSNR을 이용하는 것이 일반적이다. PSNR이 35 이상일 경우 육안으로 품질 차이를 구분하기 어렵다고 판단한다. 2006년 Lee 등은 원본 이미지 대신 원본 이미지의 MSB 비트열을 공개함으로써 소유권을 증명할 수 있는 프로토콜을 제안하면서, 두 이미지의 MSB 비트열의 유사도를 측정하기 위한 새로운 함수를 사용하였다. 이때의 유사도는 품질을 측정하기 위한 PSNR과는 그 의미가 조금 다른 측면이 있다. 즉, 원본 이미지로부터 생성된 대상 이미지가 현저히 떨어질 경우, PSNR은 매우 낮은 값을 보이지만 품질이 떨어지더라도 유사도 측면에서 본다면 두 영상의 상관관계는 매우 높게 나와야 할 것이다. 본 논문에서는 Lee 등이 제안한 MSB 비교 함수를 수정한 후, ICOR 함수를 제안하였으며, 이 함수를 이용하여 두 이미지의 상관관계 판단에 적용할 수 있는지 분석하였다.

Abstract

The comparison of images uses PSNR generally. In the case that PSNR value is above 35, it is hard to distinguish the quality of images. In 2006 Lee has proposed the protocol to be able to prove ownership of image using publishing MSB bit strings of original image instead of original images and used the new function to measure correlation of MSB bit strings of two images. In the view of measuring the quality of images, correlation is a bit different from PSNR. That is, if an object image to generate from an original image has lower quality, PSNR has very low value, but though the quality is bad, correlation of the images is very high in the view of similarity. In this paper, we modify MSB comparison function that LEE suggested and propose the ICOR function, then analyze the possibility to decide correlation of two images.

▶ Keyword : 유사도(similarity), 상관 관계(correlation), 영상 압축(image compression), 영상 왜곡(image distortion), 이미지 상관관계함수(ICOR)

• 제1저자 : 양형규

• 투고일 : 2008. 12. 11, 심사일 : 2009. 1. 28, 게재확정일 : 2009. 3. 21.

* 강남대학교 컴퓨터미디어정보공학부 교수

** 강남대학교 전자공학과 교수

I. 서론

전위터마킹 방식에서 사용하는 유사도란 대개 두 워터마크가 얼마나 유사한지를 의미한다. 즉, 원본 이미지 I의 소유자 A가 제시한 워터마크 w 와, 디지털 이미지 I' 에서 검출한 워터마크 w' 의 유사도를 비교하여 일정한 값 이상이 되면 두 워터마크는 유사한 것으로 판단하며, I' 는 A의 디지털 이미지인 것으로 판단할 수 있다. 이 때, $w = w'$ 인 것을 확인하지는 않는데, 이는 I' 가 다양한 디지털 변형(예를 들면, JPEG 등과 같은 디지털 압축, 또는 median filtering 등의 이미지 처리)을 거쳤을 경우, $w = w'$ 일 확률이 거의 0에 가깝기 때문이다. 이러한 유사도 판단 함수로는 Cox I. J.가 제시한 유사도 함수(similarity function) SIM을 많이 사용한다 [1].

유사도 함수는 워터마크의 유사도를 판단하는 기준으로 주로 사용되지만, 두 이미지의 유사도를 비교하는데 사용된다. 2006년, Lee 등은 디지털 이미지의 소유권 분쟁 해결 방안으로 MSB의 유사도 비교 결과를 바탕으로, 원본을 공개하지 않는 방식을 제안하였다 [2]. 이와 함께 원본 이미지의 MSB와 분쟁이 발생한 이미지의 MSB에 유사도 비교 함수를 적용하여 두 이미지의 유사도를 판단하기 위한 함수로 SIM*를 제안하였다. MSB를 비교하는 이유는 원본 이미지를 공개하지 않도록 하기 위함인데, 이 경우 이미지가 서로 다를 경우 MSB도 서로 다를 것이라는 가정을 하고 있다. 즉, 원본 이미지를 공개하는 대신 원본 이미지의 MSB를 공개하도록 하고 이를 분쟁이 발생한 이미지의 MSB와 비교하여 유사할 경우 소유한 원본 이미지가 최소한 분쟁이 발생한 이미지와 유사함을 의미한다.

소유권 분쟁이란, 임의의 이미지 I' 에서 두 개 이상의 워터마크가 검출되어 I' 의 소유권을 확인할 수 없는 경우를 말하며, 워터마킹을 무력화시키는 강력한 공격 방법이다. 소유권 분쟁은 Craver S.가 1996년 처음으로 제기하였고, 이후 소유권 분쟁을 해결하기 위한 다양한 방법이 제시되었다 [3,4]. Craver는 워터마크를 생성할 때, 임의의 워터마크를 생성하는 것이 아니라 원본으로부터 일방향 함수를 통해 생성해야 한다고 주장하였다. 하지만, 워터마크 검출과 소유권 증명 시 원본을 공개하는 문제가 있다.

이후 Craver와 Adelsbach 등은 암호학에서 사용하는 증명 프로토콜인 영지식 증명(zero-knowledge proof)을 이용하여 원본을 공개하지 않고 소유권을 증명하는 방식을 각각 제안하였다 [7,8]. 영지식 증명이란, 어떤 사실, 예를 들면, 비밀 정보 s 를 소유하고 있음을 증명함에 있어 비밀 정보 s

에 대한 어떠한 정보도 노출시키지 않는 것을 말한다. 하지만, 영지식을 이용한 소유권 증명 과정은 연산이 매우 복잡하며, 매 증명마다 소유권자가 직접 증명을 해야 하는 문제가 있다. 또한, 영지식을 이용한 소유권 증명 방식도 관련된 워터마킹 방식에서 사용하는 워터마크 검출 함수에 의존하기 때문에 유사도 함수가 매우 중요한 역할을 한다.

이때, 두 이미지 사이의 품질 관계는 중요하지 않으며 두 이미지의 유사도가 중요한 관심의 대상이 된다. 일반적으로 두 이미지 사이의 품질 관계를 판단하는 기준으로 PSNR(Peak Signal to Noise Ratio)을 이용한다. PSNR이 35 이상이 되면 원본과 사본의 품질 차이가 육안으로는 거의 구별하기 힘들다고 판단한다. 하지만, PSNR은 품질을 판단하는 기준으로 사용할 수 있을 뿐, Lee 방식의 SIM*를 대체하기는 어렵다. 또한, 두 이미지 사이의 유사도를 비교하는 함수는 현재로는 PSNR이 유일하다. 이에 본 논문에서는 두 디지털 이미지의 유사도(품질 관계가 아닌)를 비교하기 위해 SIM*을 변형한 ICOR 함수를 제안하고, 이 함수를 적용하여 유사도를 분석하였다.

II. 관련 연구

2-1. 소유권 증명(Resolving Ownerships)

일반적으로 워터마크는 저작물에 대한 소유권을 나타내기 위해 삽입된다. 하지만, 디지털 저작물인 경우, 워터마크가 검출되었다고 해서 소유권을 인정받을 수 있는 것은 아니다. 왜냐하면, 디지털의 특성상, 공격자가 자신의 워터마크를 추가로 삽입 할 수 있기 때문이다. 이것을 소유권 증명 문제라고 부르며, Craver가 처음으로 제기하였다.

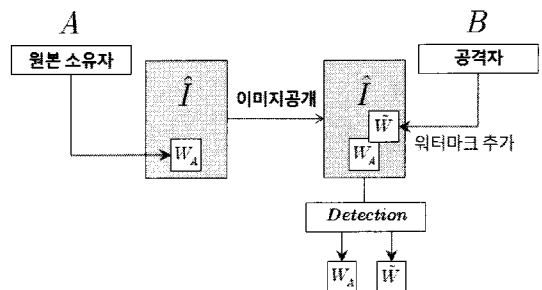


그림 1. 소유권 증명 문제 1
Fig. 1. Problem 1 of ownership proof

강인한 워터마킹 방식의 특성상 다수의 워터마크를 삽입해도 모두 검출되기 때문에 워터마크 만으로는 소유권을 증명하는데 한계가 있다 (그림 1. 참조).

Craver는 이러한 소유권 증명 문제를 해결하기 위해서는 원본 이미지 I 와 삽입하는 워터마크 W_i 는 서로 일방향성 관계를 가져야 한다고 주장하였다. 예를 들면, 안전한 해시함수 H 를 이용하여 $W_i = H(I)$ 와 같이 생성해야 하는 것이다.

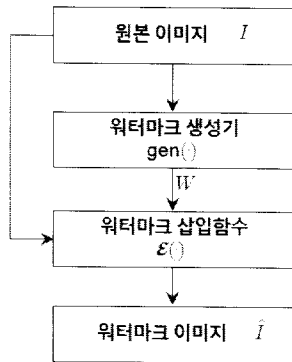


그림 2. 소유권 증명 문제 2
Fig. 2. Problem 2 of ownership proof

이러한 워터마킹 방식을 비가역성 워터마킹 방식 (Non-invertible water marking scheme)이라고 부르는데, 이 후 Craver의 해결 방안은 Ramkumar에 의해 안전하지 않음이 입증되면서 많은 비가역성 워터마킹 방식이 제안되었으며 [5,6,9,10], 일반적인 비가역성 워터마킹 방식의 모델은 그림 2와 같다.

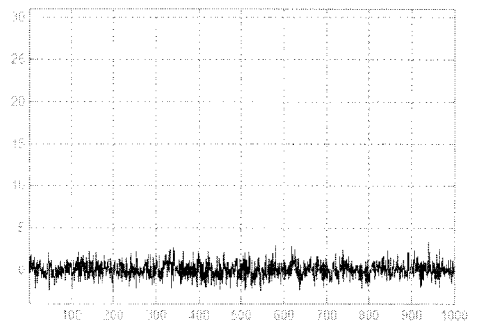
대부분의 소유권 증명 해결을 위한 비가역성 워터마킹 방식들은 소유권을 증명함에 있어 원본소유자로 하여금 원본을 공개할 것을 요구하고 있다. 하지만, 원본은 소유자만 알고 있는 비밀 정보에 해당하기 때문에 이는 매우 위험한 요구사항이다.[11] 원본을 공개하지 않고 소유권을 증명하는 방식으로 Craver와 Adelsbach가 제안한 방식과 함께 Lee가 제안한 MSB를 이용한 방식이 있다.

2-2. 유사도 함수(Similarity Function)기능 시나리오 분석

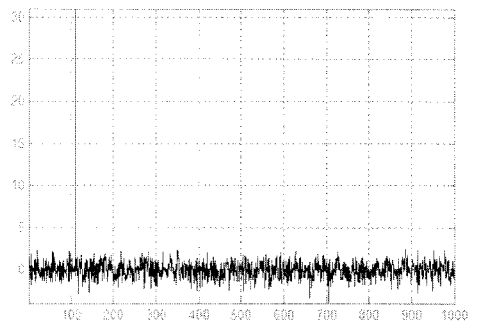
1996년, Cox는 DCT를 이용한 확산 대역 워터마킹 방식을 제안하면서, 워터마크의 유사도 비교 함수 SIM을 제안하였다. 두 변수 $W = \{w_1, w_2, \dots, w_n\}$ 와 $W' = \{w'_1, w'_2, \dots, w'_n\}$ 이 있을 때, 유사도 $SIM(W, W')$ 은

$$SIM(W, W') = \frac{W' \cdot W}{\sqrt{W' \cdot W'}} \dots\dots\dots (1)$$

로 계산되는데, w_i 와 w'_i 은 $\{-1,1\}$ 또는 $\{0,1\}$ 의 값을 갖는다. 만약 W 와 W' 이 서로 독립적이라면 0에 근접한 값을 출력한다. 그림 3은 식 (1)의 실험 방법을 적용한 결과이다. 그림 3a는 서로 독립적인 비트열의 상관 관계 결과이고, 그림 3b는 그 가운데 하나만 매우 유사한 경우의 결과이다.



3a. 서로 독립적인 비트열 간의 SIM 결과



3b. 110번째에 유사한 비트열이 있는 경우
그림 3. Cox의 SIM 함수 결과

Fig. 3. Result of SIM function of Cox

2-3. PSNR

PSNR은 분석 대상 이미지가 원본 이미지와 비교했을 때의 품질 차이를 나타내는 지수이다. PSNR을 계산하는 방법은 다음과 같다.

$$MSE = \frac{1}{nm} \sum_{i=0}^{m-1} \sum_{j=0}^{n-1} \| I(i,j) - I'(i,j) \|^2$$

$$PSNR = 10 \times \log_{10} \left(\frac{MAX_I^2}{MSE} \right)$$

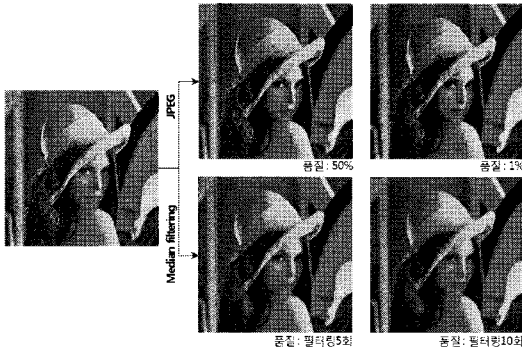


그림 4. PSNR 측정을 위한 이미지
Fig. 4. Image for PSNR measurement

비교하려는 두 이미지는 각각 I, I' 이며, 두 이미지는 모두 $n \times m$ 크기이다. 그림 4는 512x512 크기의 Lenna 컬러 이미지를 이용하여, JPEG 압축과 median filtering 처리를 했을 때의 결과이다.

Median filtering은 MATLAB에서 제공하는 medfilt2 함수를 이용하였으며 소스 코드는 다음과 같다.

```
src = imread(sname); % 소스 이미지 파일
yuv = rgb2ycbcr(src);
for j = 1:20
    yuv(:, :, 1) = imnoise(yuv(:, :, 1), 'salt & pepper', 0.02);
    yuv(:, :, 1) = medfilt2(yuv(:, :, 1));
end
```

JPEG 압축 프로그램으로는 HyperSnap-DX 5.62.01을 사용하였으며, 이미지의 Y 채널에 대해, PSNR을 측정된 결과는 다음 그림 5와 같다. 측정 방법은, JPEG/Median filtering 모두 10단계에 대한 이미지를 생성하였으며, 1단계는 최고의 품질이고 10단계는 최저의 품질이다.

JPEG 압축의 경우 60% 품질을 기준으로 PSNR이 35 이하로 나타났으며, median filtering의 경우 전체에 대해 PSNR이 35를 넘지 않았다.

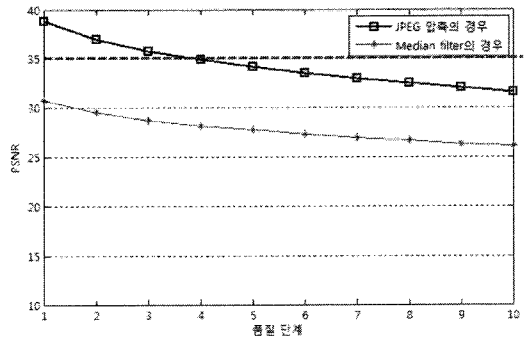


그림 5. PSNR 측정 결과
Fig 5. Result of PSNR measurement

III. Lee의 유사도 함수 SIM*

Lee가 제안한 유사도 비교 함수 SIM*를 설명하기에 앞서, 소유권 분쟁 해결에 SIM* 함수가 어떻게 사용되는지 확인하기 위해 본 장에서는 Lee의 소유권 분쟁 해결 방법에 대해 간략하게 설명한 후, SIM* 함수에 대해 설명하도록 한다.

3-1. 워터마크 생성

저작권자 A는 자신의 원본 이미지 I에 삽입할 워터마크 W를 생성하기 위해 I의 MSB 비트열을 추출하고 이를 관리 기관에 제출한다. 관리 기관에서는 MSB 비트열로부터 일정 길이의 워터마크 W를 생성하여 A에게 보내준다. 이 때, 관리 기관에서는 W를 생성할 때 A가 제출한 MSB 비트열 정보 이외에 생성 시기를 나타내는 타임 스탬프 t와 A의 신원 정보를 함께 이용할 수 있으며, 관리 기관의 전자 서명 방식을 이용할 수 있다. A는 생성된 워터마크 W를 이용하여 IW를 만들고 이를 배포한다. 이 때 워터마킹 방식으로는 강인한 방식을 사용해야 한다.

3-2. 워터마크 검출

IW로부터 변형된 이미지 I_w' 에 대한 워터마크의 검출 과정은 다음과 같다. 먼저, A는 확인자 C에게 자신이 소유한 I의 MSB 비트열과 워터마크 W, 타임 스탬프 t 등을 제시한다. C는 I_w' 의 MSB 비트열과 제시된 MSB 비트열이 유사한지 확인한다. 또한 워터마크 W가 관리 기관의 서명을 포함하고 있는지 확인한다. 두가지가 확인되면 실제로 워터마크를 검출하여 W와 유사한지 확인한다. 만약 이 과정을 모두 통과하면, A가 시간 t 이전에 I_w' 의 원본 이미지를 생성했음을 확인할 수 있다. 즉, 원본 이미지를 확인하지 않아도 되는 장점이 있다.

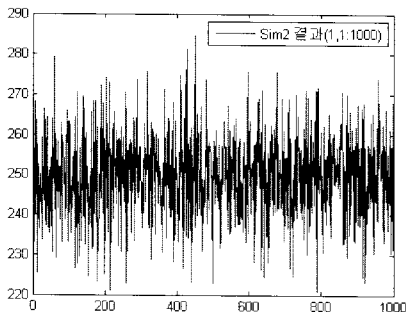
3-3. 유사도 비교 함수

Lee의 방식에서는 모두 두 번의 유사도 비교가 필요하다. 하나는 MSB 비트열의 유사도 비교이고 다른 하나는 일반적인 워터마크의 유사도 비교이다. 두 유사도 비교는 유사한 역할을 하지만, MSB 비트열에 대한 유사도 비교는 워터마크를 삽입하기 전/후 이미지가 대상이라는 점이 다르다. 또한, MSB 비트열의 특징을 고려하면 일반적인 유사도 비교 함수보다 정확도를 크게 높일 수 있다. 즉, 어떤 이미지의 MSB 비트열은 워터마크를 삽입하거나 이미지 처리를 하더라도 값이 잘 바뀌지 않는 특징이 있다. Lee는 이를 이용하여 SIM*를 제시하였다.

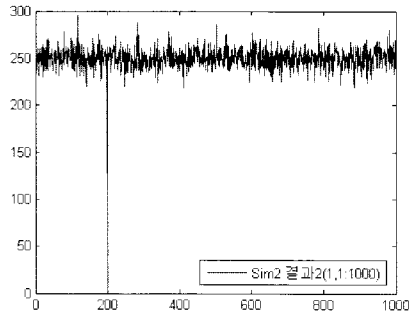
$$SIM^*(X, Y) = \sum_{i=1}^n (x_i \oplus y_i) \frac{|y_i - 2^{k-1}|}{2^{k-1}} \dots\dots\dots (2)$$

단, $X = x_1 x_2 \dots x_n$ 과 $Y = y_1 y_2 \dots y_n$ 은 바이트열을 나타낸다. 여기서, k 는 1픽셀을 나타내는 비트 수가 되는데, 일반적으로 워터마킹은 YUV 공간에서 Y를 대상으로 하기 때문에 $k = 8$ 이 된다. 이때, 유사도 비교 결과는 $0 \leq SIM^*(X, Y) < n$ 의 범위를 갖게 되는데, 두 바이트열의 MSB 비트열이 유사할 수록 0에 가까운 결과를 보인다.

IW 이미지에 이미지 크롭(crop) 공격을 가해 I_{II}' 을 생성한 경우라면 MSB 비트열의 길이가 서로 다를 수 있다. 이러한 경우에는 길이가 짧은 I_{II}' 의 MSB 비트열을 기준으로 다양하게 유사도를 측정하여 최대값을 사용하면 된다. 그림 6은 앞에서 설명한 두 유사도 비교 함수의 시험 과 비슷한 과정을 거쳐 일반적인 결과를 추출한 그림이다. 길이가 1,000인 무작위 두 바이트 열에 대한 MSB 상관 관계가 그림 6a이며, 1 바이트만 다른 경우는 그림 6b에 나타냈다.



6a. 서로 독립적인 비트열간의 SIM* 결과



6b. 110번째에 유사한 비트열이 있는 경우
그림 6. Lee의 SIM* 함수 결과

Fig. 6. Result of Lee's SIM* function

IV. 디지털 이미지의 유사도 분석

4-1. 시험방법

SIM*는 MSB 비트열과 대상 이미지를 입력 값으로 받아 MSB의 유사도를 판별하는 함수이다. 따라서, 두 이미지의 유사도를 비교하는데 바로 적용하기에는 무리가 있다. 오히려 SIM* 함수를 응용하여 보다 정확한 유사도를 측정할 수 있다. 본 논문에서는 SIM* 함수 보다 정확한 유사도 측정을 위하여 다음과 같은 이미지 상관관계 함수 ICOR 함수를 사용한다.

$$ICOR(X, Y) = \sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^n (x_{ij} \times y_{ij}) \left(1 - \frac{|x_{ij} - y_{ij}|}{2^{k-1}} \right) \dots\dots\dots (3)$$

$$+ (x_{ij} \oplus y_{ij}) \frac{|x_{ij} - y_{ij}|}{2^{k-1}}$$

ICOR 함수는 SIM* 함수를 확장한 형태이다. 입력 값은 두 개의 디지털 이미지 X, Y 가 되며, 각각의 모두 같은 해상도 $m \times n$ 을 갖는다. 또, x_{ij} 는 i, j 위치의 픽셀값에 대한 MSB를 의미하며, $\overline{x_{ij}}$ 는 i, j 위치의 픽셀값에서 MSB를 제외한 나머지 비트의 값을 의미한다. 마지막으로 k 는 한 픽셀을 나타내는데 사용한 비트 수를 의미하는데, 일반적으로 RGB 이미지를 다룰 경우, YUV 채널로 변경한 후, Y 채널만을 사용하기 때문에 k 는 8이 된다. 만약 두 이미지 X, Y 가 완전히 같다면, ICOR는 0을 출력한다.

실험에 사용한 이미지는 일반적으로 이미지 처리에서 실험용

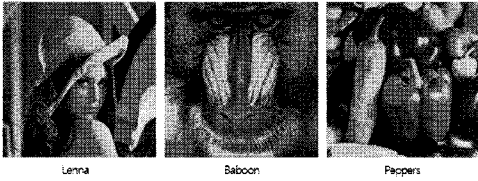


그림 7. 실험에 사용한 Lenna, Baboon, Peppers 이미지
Fig. 7. Lenna, Baboon, Peppers images used in experiment

으로 사용하는 lenna, peppers, baboon 등 모두 세 개이다.

4-2. 분석 결과

(1) 같은 이미지의 단계별 왜곡에 따른 상관 관계 분석
먼저 첫 번째 실험 결과로 10 단계별로 이미지를 왜곡한 경우부터 설명한다. PSNR 그리고 ICOR를 비교한 결과는 다음 그림 8과 같다.

그림 8에서 볼 수 있듯이, PSNR은 이미지의 품질이 떨어질수록 점차 감소하지만, ICOR는 그 반대이며 이미지 상관 관계가 떨어질수록 값이 증가하게 된다. 이론상 두 이미지가 완전히 같은 경우, PSNR은 값을 정의할 수 없게 되고, ICOR는 0을 출력하게 된다. 하지만, 서로 독립적인 두 이미지의 상관 관계를 비교하기 위해서는 완전히 유사한 경우의 출력 값이 필요하게 되는데, PSNR은 값을 정의할 수 없기 때문에 한 픽셀만 조금 다른 값으로 변경한 후 값을 측정해야 한다. 이 경우, 해상도가 512x512인 24비트 컬러 이미지의 Y 채널을 이용했을 때, PSNR은 약 102.32의 값을 갖는다. 즉, 최대 값의 약 35% 정도의 값이면 육안으로 품질 차이를 식별하기 어렵다는 뜻이다.

(2) 서로 독립적인 이미지와의 상관 관계 분석

ICOR는 두 이미지의 상관 관계가 떨어질수록 값이 증가하기 때문에 완전히 독립적인 두 이미지에 대해 얼마의 값을

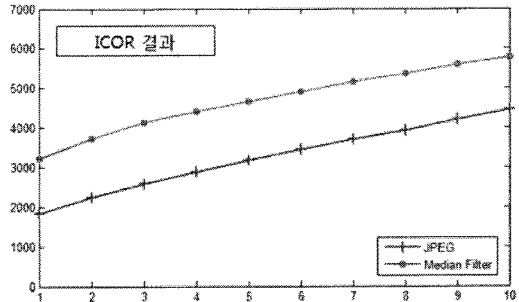
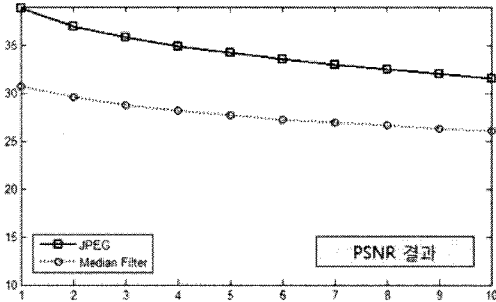


그림 8. PSNR과 ICOR 결과 비교(JPEG, Median Filtering)
Fig. 8. Comparison between PSNR result and ICOR result(JPEG, Median Filtering)



그림 9. 강화된 median filtering 적용
Fig. 9. Application of strengthening median filtering

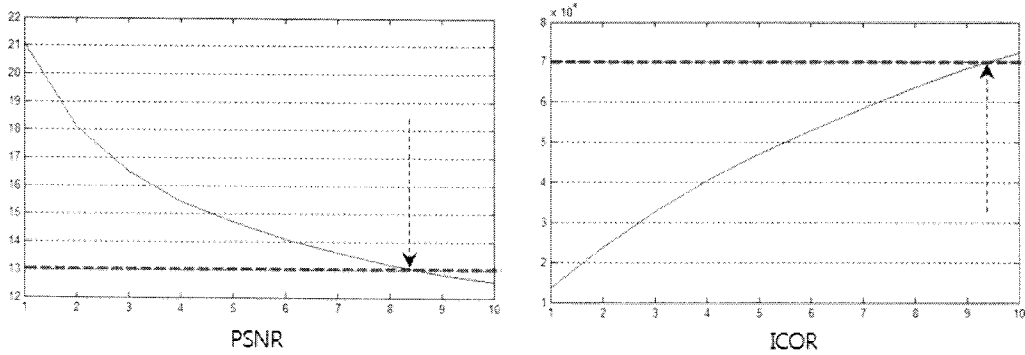


그림 10. Median filtering 처리 이미지에대한 PSNR과 ICOR 측정 결과
 Fig 10. Measurement result of PSNR and ICOR to image processing using median filtering

출력하는지 알아야 한다. 완전히 다른 두 이미지 baboon과 peppers를 이용하여 PSNR과 ICOR의 출력값을 보면, PSNR은 각각 13.13, 11.90으로 나타났으며, ICOR는 77,208.26과 92,184.60으로 나타났다. 이는, PSNR의 경우 이미지의 상관 관계를 결정하기 위한 임계치로 14 이상을 선택해야 함을 뜻하며, ICOR에서는 70,000 이하로 선택해야 함을 의미한다.

이제 median filtering을 다음과 같이 수정한 후 다시 측정해 보도록 하겠다.

```
yuv(:, :, 1) = medfilt2(yuv(:, :, 1), [4 4]); % 5회 적용 = 1단계
```

위와 같이 적용하였을 경우, 1, 3, 5, 10 단계의 영상은 그림 9와 같다.

그림 9에서도 알 수 있듯이 10 단계 영상의 경우, 영상으로서의 가치(품질)는 많이 저하된 상태이지만 원 영상과의 유사성은 충분히 식별할 수 있는 상태이다. 하지만, 각 단계별 PSNR 측정값을 보면 원 영상과의 유사성을 판별하는데 PSNR을 적용하기가 어려움을 알 수 있다. 그림 10은 PSNR과 ICOR의 단계별 측정 결과 그래프이다.

그림 10에서 볼 수 있듯이, PSNR의 경우 8단계 이후부터는 PSNR이 13 이하로 떨어짐을 볼 수 있다. 즉, lena와는 완전히 다른 baboon과 peppers에 대한 PSNR이 각각 13.13, 11.90 였기 때문에 13 이하로 떨어지게 되면 상관 관계가 없다고 판단할 수 있지만, 서로 유사함을 육안으로 식별할 수 있는 8단계 이후에 PSNR이 13으로 떨어지기 때문에 상관 관계를 정확하게 판단한다고 볼 수 없다. 반면 ICOR 함수는 9단계 이후에 임계치인 70,000을 넘어서는 것을 확인할 수 있다. 다시 말하면, PSNR보다는 ICOR 함수가 두 이미지의 상관 관계를 측정하는데 보다 정확하다는 의미이다.

V. 결론

두 이미지의 상관 관계를 측정하기 위한 방법으로 PSNR을 주로 이용한다. PSNR은 영상의 왜곡 정도를 파악하는데 매우 유용하게 사용되지만, 상관 관계를 측정하기에는 정확도가 떨어지는 단점이 있다. 본 논문에서는 Lee의 SIM* 함수를 확장하여 두 이미지의 상관 관계를 측정하기 위한 ICOR 함수를 제안하고 실제 이미지를 대상으로 실험을 통해 PSNR과 ICOR 함수의 정확도를 비교하였으며, ICOR 함수가 PSNR보다 정확함을 확인하였다.

참고문헌

- [1] Cox I. J., Kilian J., Leighton F. T., and Shamoon T., "Secure Spread Spectrum Watermarking for Multimedia," IEEE Trans. on Image Processing, Vol.6, pp. 1673-1687, 1997.
- [2] Lee Y., Kim S., Won D., "An Efficient Dispute Resolving Method for Digital Images," OTM Workshops 2006, LNCS 3823, pp. 331-341, 2006.
- [3] Craver S., Memon N., Yeo B., and Yeung M., "Can Invisible Watermarks Resolve Rightful Ownership?," IBM Research Division, Tech. Rep., RC20509, 1996.
- [4] Craver S., Memon N., Yeo B., and Yeung M., "Resolving Rightful Ownerships with Invisible Watermarking Techniques: Limitations, Attacks and Implications," IEEE J. on Selected Areas of

Communications, Vol. 16, No. 4, pp. 573-586, 1998.

- [5] Qiao L.T. and Nahrstedt K., "Water- marking Schemes and Protocols for Protecting Rightful Ownership and Customer's Rights," Journal of Visual Communication and Image Representation, Vol. 9, No. 3, pp. 194-210, 1998.
- [6] Ramkumar M. and Akansu A. N., "Image Watermarks and Counterfeit Attacks: Some Problems and Solutions," Proc. of Content Security and Data Hiding in Digital Media, pp. 102-112, 1999.
- [7] Craver S., "Zero Knowledge Watermark Detection," Proc. of Information Hiding 99, LNCS 1768, pp. 101-116, 2000.
- [8] Adelsbach A., Katzenbeisser S., and Sadeghi A. R., "Watermark Detection with Zero-Knowledge Disclosure," ACM Multimedia Systems Journal, Special Issue on Multimedia Security, Vol.9, No.3, pp. 266-278, 2003.
- [9] Li Q. and Chang E. C., "On the Possibility of Non-Invertible Watermarking Schemes," Information Hiding 2004, LNCS 3200, pp.13-24, 2004.
- [10] Adelsbach A., Katzenbeisser S., and Sadeghi A. R., "On the Insecurity of Noninvertible Watermarking Schemes for Dispute Resolving," Proc. of International Workshop on Digital Watermarking 2003, LNCS 2939, pp. 355-369, 2003.
- [11] 강기준, 서영건, "JPEG200의 관심영역 부호화를 위한 적응적인 관심영역 마스크 생성 방법," 한국컴퓨터정보 학회 논문지, 제 12권 제 5호, 39-47쪽, 2007년 11월.

저자 소개

양 형 규

1995년 2월 : 성균관대학교 정보공
학과 공학박사

1995년 ~ 현재 : 강남대학교 컴퓨터
미디어공학부 교수

관심분야: 암호이론, 정보이론, 정보
보호, 디지털 워터마킹



최 종 호

1987년 2월 : 중앙대학교 전자공학
과 공학박사

1990년 ~ 현재 : 강남대학교 전자공
학과 교수

관심분야: 영상정보통신, 컴퓨터시각,
제스처인식

