

논문 2004-41SP-2-4

정지영상에서 원하는 PSNR에 대한 DCT 평면에서 삽입될 워터마크 길이의 계산

(Computation of the Length of Watermarks to be Inserted in the DCT domain for the specified PSNR of Still Image)

권 오 형*, 박 래 홍**

(O-Hyung Kwon and Rae-Hong Park)

요 약

본 논문에서는 정지 영상의 원하는 PSNR을 만족하도록 삽입될 워터마크의 길이를 DCT 평면에서 계산하는 방법을 제안하였다. DCT의 에너지 관계를 이용하여, 삽입될 워터마크의 길이를 DCT 평면에서 직접 계산하는 식을 유도하였다. 여러 개의 실험 영상에 대해 실험결과를 통하여 제안한 방법의 효용성을 입증하였다.

Abstract

In this paper, we propose a method for calculation of the length of watermarks to be inserted in the discrete cosine transform (DCT) domain for the specified peak signal to noise ratio (PSNR) of still image. Using the energy relationship of the DCT, we derive the equation that directly computes the length of watermarks to be inserted in the DCT domain. Experimental results with several test images show the effectiveness of the proposed method.

Keywords : DCT, watermark, PSNR

I. 서 론

1990년대 초반 world wide web의 활성화로 디지털 네트워크를 통하여 누구나 다중 매체를 손쉽게 접할 수 있게 되었다. 따라서 이러한 디지털 다중 매체를 디지털 네트워크를 통해 서비스를 제공하려는 서비스 제공자들의 소유권을 보호하려는 연구가 활발히 진행 중이며, 이를 해결하려는 노력으로 디지털 워터마크 기법이 제안되었다^{[1]-[5]}.

통신방송 매체가 디지털화 됨에 따라 영상매체에 대한 저작권 보호가 주요한 사안으로 등장하게 되었고,

이에 따라 저작권 보호를 워터마크기법을 이용하여 실시간으로 처리하고자 하는 요구가 절실하게 되었다. 특히 국제 표준화 기구에서 디지털 콘텐츠의 저작권 보호를 위한 표준화 작업을 MPEG21^[7]에서 진행 중이나 실질적인 워터마크 기법에 관한 사항은 다루지 않고 있다.

디지털 워터마크기법이 제안된 초기에는 정지 영상에 대하여 공간 영역에서의 워터마크 기법이 제안되었는데, 이 방법은 소유권이 없는 attacker로부터 삽입된 워터마크가 쉽게 제거될 수 있다는 단점을 가진다^[1]. 따라서 최근에는 공간 영역 기법보다 월등한 특성을 나타내는 주파수 영역에서 워터마크 삽입 방법들이 제안되고 있다^{[1][3]}. 삽입된 워터마크의 가시성을 어렵게 하기 위하여 인간의 시각적 특성을 이용한 방법이 Piva등에 의하여 제안되었는데, 이 방법은 워터마크가 삽입된 DCT 계수를 역 DCT한 후 공간 영역에서 인간의 시각

* 정회원, 한국전자통신연구원(ETRI)

** 정회원, 서강대학교

(Dept. of Electronic Eng. Sogang Univ.)

※ 본 연구는 서강대학교 산업기술연구소에서 지원되었음

접수일자: 2003년7월19일, 수정완료일: 2004년3월1일

적 특성을 이용한 방법이다^[3]. 하지만 이 방법은 인간의 시각적 특성을 공간 영역에서 이용하기 때문에 삽입된 워터마크 정보가 손실되어 검출값이 감소하는 단점을 나타낸다. 이러한 단점을 보완하기 위해서 인간의 시각적 특성을 DCT 평면에서 적용하는 방법이 제안되었다^[5].

한편, 디지털 정지영상의 저작권을 보호하기 위한 많은 방법을 적용하여 실용화할 때 삽입될 워터마크의 길이나 weighting factor를 수작업으로 정해야 하는 문제가 발생한다. 본 논문에서는 이 문제를 해결하기 위해서 주어진 PSNR 값과 weighting factor 값을 이용하여 DCT 평면에서 워터마크 길이를 계산하는 방법을 제안하였다. 제안된 방법은 워터마크를 다른 변환 평면(DWT: discrete wavelet transform 등)에서 삽입할 경우에도 확장 적용이 가능하다^[7].

본 논문에서는 PSNR 값이 주어졌을 때 DCT 영역에서 워터마크 길이의 계산 방법을 제안하였다. II장에서는 DCT 특성을 이용하여 워터마크가 삽입된 경우의 공간 평면과 DCT 평면에서의 에너지 관계식을 이용하여 DCT 평면에서 주어진 PSNR 값에 대한 워터마크 길이를 계산하는 방법을 설명하였고, III장에서는 실험 결과를 보였고, IV장에서는 결론 및 추후 연구 과제를 언급하였다.

II. 제안한 워터마크 삽입 개수 결정 방법

1. 이차원 DCT

이차원 DCT는

$$F(u, v) = \begin{cases} \sum_{i=0}^{N-1} \sum_{j=0}^{N-1} f(i, j) \times \cos \frac{\pi}{2N} u(2i+1) \times \cos \frac{\pi}{2N} v(2j+1) \\ 0, & \text{for } 0 \leq u, v \leq N-1 \\ & \text{otherwise} \end{cases} \quad (1)$$

로 나타내지며, 여기서 $f(i, j)$ 및 $F(u, v)$ 는 각각 공간 평면에서의 화소값 및 DCT 평면에서의 DCT 계수 값이며 N 은 원영상의 가로 및 세로의 크기이다. 또한 역 DCT식은

$$f(i, j) = \begin{cases} \sum_{u=0}^{N-1} \sum_{v=0}^{N-1} p(u)p(v)F(u, v) \times \cos \frac{\pi}{2N} u(2i+1) \times \cos \frac{\pi}{2N} v(2j+1) \\ 0, & \text{for } 0 \leq i, j \leq N-1 \\ & \text{otherwise} \end{cases} \quad (2)$$

$$p(u) = \begin{cases} \frac{1}{2}, & u = 0 \\ 1, & \text{otherwise} \end{cases} \quad (3)$$

로 표현된다^[6]. 또한 DCT 특성 중 에너지 관계식은

$$E = \sum_{i=0}^{N-1} \sum_{j=0}^{N-1} f^2(i, j) = \frac{1}{4N^2} \sum_{i=0}^{N-1} \sum_{j=0}^{N-1} p(u)p(v)F^2(u, v) \quad (4)$$

로 나타낸다^[6]. 여기서 E 는 공간평면에서의 에너지를 나타낸다.

2. 제안한 방법

DCT 평면에서의 워터마크 삽입식은

$$F_w(u, v) = F(u, v) \times (1 + \alpha \times w(u, v)) \quad (5)$$

을 사용하였다^[11]. 여기서 상수 α 및 $w(u, v)$ 는 각각 DCT 평면에서의 u, v 주파수에서의 weighting factor 및 삽입될 워터마크 값이고 $F(u, v)$ 는 DCT 평면에서의 DCT 계수 값이다. 따라서 식 (5)는

$$F_w(u, v) = F(u, v) + \alpha \times w(u, v) \times F(u, v) \quad (6)$$

로 나타내지며, $w(u, v)$ 대신에 $-w(u, v)$ 로 삽입하여 얻는 영상의 DCT 평면에서의 계수 $F'_w(u, v)$ 는

$$F'_w(u, v) = F(u, v) - \alpha \times w(u, v) \times F(u, v) \quad (7)$$

로 나타낼 수 있다. 한편, 식 (6)과 식 (7)을 각각 공간 평면으로 역 DCT하면, 역 DCT의 선형 특성에 의하여

$$f_w(i, j) = f(i, j) + d(i, j) \quad (8)$$

$$f'_w(i, j) = f(i, j) - d(i, j) \quad (9)$$

로 표현되며 $d(i, j)$ 는 워터마크가 삽입된 공간 평면에서의 화소값의 변동량을 나타낸다. 따라서 DCT 평면에서 $w(u, v)$ 및 $-w(u, v)$ 로 워터마크를 삽입한 경우의 공간 평면에서의 에너지는 각각

$$E_w = \sum_{i=0}^{N-1} \sum_{j=0}^{N-1} f^2(i, j) + 2 \sum_{i=0}^{N-1} \sum_{j=0}^{N-1} f(i, j)d(i, j) + \sum_{i=0}^{N-1} \sum_{j=0}^{N-1} d^2(i, j) \quad (10)$$

$$E_w = \sum_{i=0}^{N-1} \sum_{j=0}^{N-1} f^2(i, j) - 2 \sum_{i=0}^{N-1} \sum_{j=0}^{N-1} f(i, j)d(i, j) + \sum_{i=0}^{N-1} \sum_{j=0}^{N-1} d^2(i, j) \quad (11)$$

로 표현할 수 있다. 따라서, 식 (10)과 식 (11)을 정리하면

$$\sum_{i=0}^{N-1} \sum_{j=0}^{N-1} d^2(i, j) = \frac{1}{2} \times (E_w + E'_w) - E \quad (12)$$

로 나타내진다. 한편, 식 (4)에 의해 E_w 는

$$E_w = \frac{1}{4N^2} \times \left\{ \sum_{u=0}^{N-1} \sum_{v=0}^{N-1} F_w^2(u, v) - \left[\frac{3}{4} F_w^2(0, 0) + \frac{1}{2} \sum_{v=1}^{N-1} F_w^2(0, v) + \frac{1}{2} \sum_{u=1}^{N-1} F_w^2(u, 0) \right] \right\} \quad (13)$$

로 나타내지며

$$S = \frac{3}{4} F_w^2(0, 0) + \frac{1}{2} \sum_{v=1}^{N-1} F_w^2(0, v) + \frac{1}{2} \sum_{u=1}^{N-1} F_w^2(u, 0) \quad (14)$$

$$E_w = \frac{1}{4N^2} \times \left\{ \hat{E}_w - S \right\} \quad (15)$$

라 정의하면 위 에너지 식은

$$E'_w = \frac{1}{4N^2} \times \left\{ \hat{E}'_w - S' \right\} \quad (16)$$

$$E = \frac{1}{4N^2} \times \left\{ \hat{E} - S_0 \right\} \quad (17)$$

로 나타낼 수 있다. 여기서 S' 과 S_0 는 각각

$$S' = \frac{3}{4} F_w'^2(0, 0) + \frac{1}{2} \sum_{v=1}^{N-1} F_w'^2(0, v) + \frac{1}{2} \sum_{u=1}^{N-1} F_w'^2(u, 0) \quad (18)$$

$$S_0 = \frac{3}{4} F^2(0, 0) + \frac{1}{2} \sum_{v=1}^{N-1} F^2(0, v) + \frac{1}{2} \sum_{u=1}^{N-1} F^2(u, 0) \quad (19)$$

이다. 따라서 식 (12)는

$$\sum_{i=0}^{N-1} \sum_{j=0}^{N-1} d^2(i, j) = \frac{1}{4N^2} \times \left\{ \frac{1}{2} \times (\hat{E}_w + \hat{E}'_w - S - S') - (\hat{E} - S_0) \right\} \quad (20)$$

로 표현된다. 한편 공간 평면에서의 $PSNR$ 은

$$PSNR = 10 \times \log \left[\frac{255^2 \times N^2}{\sum_{i=0}^{N-1} \sum_{j=0}^{N-1} (f_w(i, j) - f(i, j))^2} \right] = 10 \times \log \left[\frac{255^2 \times N^2}{\sum_{i=0}^{N-1} \sum_{j=0}^{N-1} d^2(i, j)} \right] \quad (21)$$

이므로, 식 (21)에 식 (20)를 대입하면

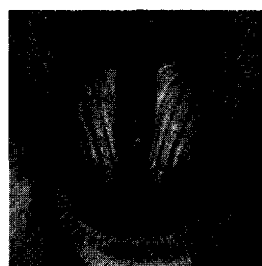
$$PSNR = 10 \times \log \left[\frac{255^2 \times N^2}{\frac{1}{4N^2} \times \left\{ \frac{1}{2} \times (\hat{E}_w + \hat{E}'_w - S - S') - (\hat{E} - S_0) \right\}} \right] \quad (22)$$

를 얻는다. 따라서 식 (22)를 이용하면 주어진 $PSNR_S$ 와 상수 α 에 대하여 역 DCT를 계산하여 $PSNR$ 값을 비교하여 워터마크 길이를 계산할 필요가 없이 DCT 평면에서 삽입해야 할 워터마크 길이를 계산할 수 있다.

III. 실험 결과 및 토의

제안된 방법의 성능을 실험하기 위하여 512x512크기의 8bit의 gray level을 갖는 Baboon, Bridge, Couple 및 Lena 영상을 사용하였고 이들 영상을 그림 1에 나타내었다. 워터마크 길이를 구하기 위하여 원하는 $PSNR_S$ 를 30dB에서 50dB까지 증가시키면서 4개의 실험 영상에 대하여 적용하였다.

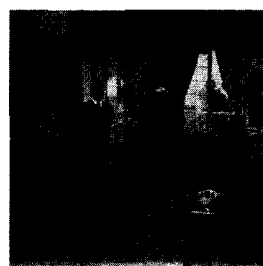
II장에서 유도한 식 (22)를 이용하여 워터마크 길이를 구하는 과정을 그림 2에 나타내었다. 먼저 공간평면에서 워터마크를 삽입하였을 경우의 원하는 $PSNR_S$ 값



(a) Baboon 영상
(a) Baboon image



(b) Bridge 영상
(b) Bridge image



(c) Couple 영상
(c) Couple image



(d) Lena 영상
(d) Lena image

그림 1. 시험 영상 (512x512)
Fig. 1. Test images (512x512)

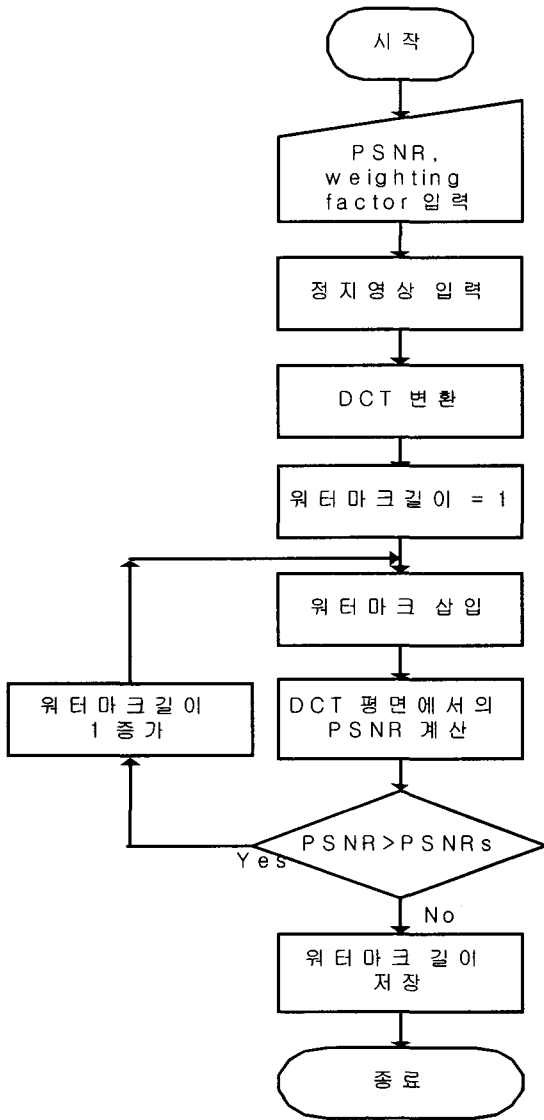


그림 2. 워터마크 길이 계산 순서도
Fig. 2. Flowchart of watermark length calculation

과 weighting factor 값을 입력하고 실험에 이용될 정지영상을 입력한다. 입력된 정지영상에 대하여 DCT를 실행하고 식 (6)과 식 (7)을 이용하여 워터마크를 삽입한다. 이후 식 (22)에 따라 PSNR 값을 DCT 평면에서 구하고 공간평면에서 원하는 PSNR_s값과 비교하여 DCT 평면에서 구한 PSNR 값이 크면서 반복 횟수가 N² - 1 보다 작으면 워터마크를 하나 더 삽입하고 이 과정을 반복한다. 만일 DCT 평면에서 구한 PSNR 값이 PSNR_s 보다 작거나 반복 횟수가 N² - 1 과 같으면 이때의 삽입된 워터마크의 개수를 저장하고 프로그램을 종료한다.

표 1. 워터마크 길이 결과(Baboon영상)
Table 1. Watermark length results (Baboon image)

(a) PSNR_s=30dB

| Weighting factor | Watermark 길이 | PSNR (dB) (DCT Domain) | PSNR (dB) (Spatial Domain) |
|------------------|--------------|------------------------|----------------------------|
| 0.01 | 262143 | 55.30 | 54.04 |
| 0.02 | 262143 | 49.28 | 48.83 |
| 0.04 | 262143 | 43.26 | 43.15 |
| 0.06 | 262143 | 39.74 | 39.69 |
| 0.08 | 262143 | 37.24 | 37.21 |
| 0.1 | 262143 | 35.30 | 35.29 |
| 0.12 | 262143 | 33.72 | 33.71 |

(b) PSNR_s=40dB

| Weighting factor | Watermark 길이 | PSNR (dB) (DCT Domain) | PSNR (dB) (Spatial Domain) |
|------------------|--------------|------------------------|----------------------------|
| 0.01 | 262143 | 55.30 | 54.04 |
| 0.02 | 262143 | 49.28 | 48.83 |
| 0.04 | 262143 | 43.26 | 43.15 |
| 0.06 | 53613 | 40.00 | 39.95 |
| 0.062 | 25946 | 40.00 | 39.95 |
| 0.064 | 14086 | 40.00 | 39.94 |
| 0.066 | 7799 | 40.00 | 39.95 |
| 0.068 | 4342 | 40.00 | 39.94 |
| 0.07 | 2339 | 40.00 | 39.95 |
| 0.072 | 1246 | 40.00 | 39.94 |
| 0.074 | 695 | 40.00 | 39.94 |
| 0.076 | 354 | 40.00 | 39.94 |
| 0.078 | 189 | 40.00 | 39.95 |
| 0.08 | 117 | 40.00 | 39.95 |
| 0.1 | 13 | 39.75 | 39.68 |
| 0.12 | 8 | 39.58 | 39.54 |

(c) PSNR_s=50dB

| Weighting factor | Watermark 길이 | PSNR (dB) (DCT Domain) | PSNR (dB) (Spatial Domain) |
|------------------|--------------|------------------------|----------------------------|
| 0.01 | 262143 | 55.30 | 54.04 |
| 0.02 | 17575 | 50.00 | 49.47 |
| 0.04 | 8 | 49.12 | 48.69 |
| 0.06 | 4 | 48.90 | 48.47 |
| 0.08 | 2 | 48.92 | 49.40 |
| 0.1 | 2 | 46.98 | 46.35 |
| 0.12 | 2 | 45.40 | 44.83 |

표 2. 워터마크 길이 결과(Couple 영상, PSNRS =40dB)
Table 2. Watermark length results (Couple image, PSNRS=40dB).

| Weighting factor | Watermark 길이 | PSNR (dB) (DCT Domain) | PSNR (dB) (Spatial Domain) |
|------------------|--------------|------------------------|----------------------------|
| 0.01 | 262143 | 54.83 | 53.65 |
| 0.02 | 262143 | 48.81 | 48.41 |
| 0.04 | 262143 | 42.79 | 42.69 |
| 0.06 | 1358 | 40.00 | 39.95 |
| 0.062 | 614 | 40.00 | 39.95 |
| 0.064 | 289 | 39.99 | 39.94 |
| 0.066 | 167 | 40.00 | 39.94 |
| 0.068 | 115 | 40.00 | 39.94 |
| 0.07 | 80 | 39.97 | 39.92 |
| 0.072 | 63 | 39.99 | 39.93 |
| 0.074 | 51 | 39.99 | 39.94 |
| 0.076 | 38 | 39.94 | 39.90 |
| 0.078 | 30 | 39.94 | 39.88 |
| 0.08 | 27 | 39.99 | 39.95 |
| 0.1 | 8 | 39.63 | 39.59 |
| 0.12 | 8 | 38.05 | 38.01 |

표 3. 워터마크 길이 결과(Bridge영상, PSNRS =40dB)
Table 3. Watermark length results (Bridg image, PSNRS=40dB).

| Weighting factor | Watermark 길이 | PSNR (dB) (DCT Domain) | PSNR (dB) (Spatial Domain) |
|------------------|--------------|------------------------|----------------------------|
| 0.01 | 262143 | 53.97 | 52.87 |
| 0.02 | 262143 | 47.95 | 47.62 |
| 0.05 | 167604 | 40.00 | 39.95 |
| 0.052 | 13653 | 40.00 | 39.95 |
| 0.054 | 3407 | 40.00 | 39.95 |
| 0.056 | 1217 | 40.00 | 39.95 |
| 0.058 | 599 | 40.00 | 39.93 |
| 0.06 | 293 | 40.00 | 39.94 |
| 0.08 | 24 | 39.96 | 39.90 |

Baboon영상에 대하여 표 1은 각각 $PSNR_S$ 가 30B, 40dB 및 50dB일 경우, 표 2부터 표 4까지는 $PSNR_S$ 가 40dB인 경우에 Couple, Bridge 및 Lena 영상에 대하여 각각 워터마크 weighting factor α 를 0.01에서 0.12까지 증가시켜 구해진 워터마크 크기를 나타냈으며, 이때

DCT 평면에서 워터마크 삽입 시 DC 계수에 대하여는 워터마크를 삽입하지 않았다. 표 1의 경우 구해진 워터마크 길이가 262,143인 것은 원하는 $PSNR_S$ 이 너무 낮아 DC계수를 제외한 모든 계수에 워터마크를 삽입하여도 실제 $PSNR$ 이 크게 나타나기 때문이다.

표 1(a),(b) 및 (c)를 비교해보면 적절한 워터마크 길이를 얻기 위해서 원하는 $PSNR_S$ 가 작을수록 watermark weighting factor α 값이 커야 하고, 원하는 PSNRS이 클수록 watermark weighting factor α 값이 상대적으로 작아야 함을 알 수 있다. 표 1(a)의 경우 계산에 의해 구해진 워터마크의 길이가 262,143인 것은 DCT 계수 중 DC값을 제외한 전체 DCT 계수의 수와 같은데, 이는 watermark weighting factor α 를 0.01에서 0.12까지 변화 시켜도 원하는 $PSNR_S$ 가 낮은 값이기 때문이다. 적절한 길이의 워터마크 길이를 구하기 위해서는 watermark weighting factor α 를 좀 더 큰 값으로 설정하여야 한다. 한편 원하는 $PSNR_S$ 가 큰 경우 표 1(a)나 (b)와는 달리 작은 watermark weighting factor α 에 대하여 적절한 워터마크 길이를 구할 수 있음을 알 수 있다.

표 1의(b), 2, 3 및 4에서 알 수 있듯이 적절한 크기의 워터마크 길이가 구해진 경우 DCT 평면과 공간주

표 4. 워터마크 길이 결과(Lena영상, PSNRS=40dB)
Table 4. Watermark length results (Lena image, PSNRS =40dB)

| Weighting factor | Watermark 길이 | PSNR (dB) (DCT Domain) | PSNR (dB) (Spatial Domain) |
|------------------|--------------|------------------------|----------------------------|
| 0.01 | 262143 | 53.99 | 52.99 |
| 0.02 | 262143 | 47.97 | 47.63 |
| 0.04 | 262143 | 41.95 | 41.87 |
| 0.042 | 262143 | 41.53 | 41.45 |
| 0.044 | 262143 | 41.13 | 41.05 |
| 0.046 | 262143 | 40.74 | 40.68 |
| 0.048 | 262143 | 40.37 | 40.31 |
| 0.05 | 262143 | 40.02 | 39.96 |
| 0.052 | 1651 | 40.00 | 39.95 |
| 0.054 | 469 | 40.00 | 39.95 |
| 0.056 | 221 | 40.00 | 39.94 |
| 0.058 | 134 | 40.00 | 39.95 |
| 0.06 | 90 | 39.97 | 39.91 |
| 0.08 | 13 | 39.72 | 39.66 |
| 0.1 | 8 | 39.39 | 39.35 |
| 0.12 | 8 | 37.81 | 37.77 |

과수에서 계산된 $PSNR$ 값이 거의 일치함을 확인할 수 있었다. 이때 DCT 평면에서 계산된 $PSNR$ 과 역 DCT한 후의 공간평면에서 계산된 $PSNR$ 과의 약간의 오차가 발생하는 것은 역 DCT 시 공간 평면에서 한 pixel당 표현되는 bit수가 8bits로 제한되어 발생하는 오차로 판단된다.

또한, 표 1(b), 2, 3 및 4에서 미세한 크기로 watermark weighting factor α 를 변동시켰을 때 구해진 워터마크 길이가 크게 차이 나는 것은 같은 길이의 워터마크에 대해 삽입되는 워터마크의 정도가 식 (5)에 의해 변하기 때문이다.

IV. 결 론

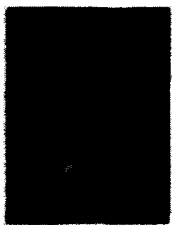
본 논문에서는 정지 영상에서 원하는 $PSNR_S$ 값이 주어졌을 때 DCT영역에서 삽입할 워터마크의 길이를 계산 수식을 유도하였고 이를 실험을 통하여 확인하였다. 실험을 통해 원하는 $PSNR_S$ 이 주어졌을 때 적절한 watermark weighting factor α 에 대하여 워터마크 길이가 정확히 구해진다는 사실을 확인할 수 있었고, 워터마크 검출을 위하여 일정 길이의 워터마크 길이를 정하고 이에 해당하는 watermark weighting factor α 를 구하는 것이 더 효율적인 방법이라 생각한다. 또한 제안한 방법은 wavelet 평면에서 워터마크를 삽입하는 경우 등 DCT 평면이 아닌 경우에도 확장 적용이 가능하며, 워터마크 삽입을 자동화하는 데 사용될 수 있다.

추후 연구 과제로는 자동화된 워터마크 삽입 및 추출을 위하여 원하는 $PSNR_S$ 와 워터마크 길이가 주어졌을 때 값을 DCT 평면에서 구하는 방법과 동영상 및 컬러 영상에 적용 가능한 방법을 연구하는 데 있다.

참 고 문 헌

- [1] J. Cox, J. Kilian, T. Leighton, and T. Shamoan, "Secure spread spectrum watermarking for multimedia," NEC Research Institute Technical Report, 95-10, 1995.
- [2] I. J. Cox, J. Kilian, T. Leighton, and T. Shamoan, "Secure spread spectrum watermarking for images, audio and video," in Proc. 1996 Int. Conf. Image Processing, vol. III, pp. 243-246, Lausanne, Switzerland, Sept. 1996.
- [3] A. Piva, M. Barni, F. Bartolini, and V. Cappellini, "DCT-based watermark recovering without resorting to the uncorrupted original images," in Proc. Int. Conf. Image Processing 97, vol. I, pp. 520-523, Santa Barbara, CA, USA, Oct. 1997.
- [4] S. Craver, N. Memon, B. Yeo, and M. Yeung, "Can invisible watermarking resolve rightful ownership?," IBM Research Report, RC 20509, July 1996.
- [5] O.-H. Kwon, Y.-S. Kim, and R.-H. Park, "Watermarking for still images using the human visual system," in Proc. IEEE International Symposium on Circuit and System 99, vol. IV, pp. 76-79, Orlando, FL, USA, May/June 1999.
- [6] Y. S. Kim, O.-H. Kwon, and R.-H. Park, "Wavelet based watermarking method for digital images using the human visual system," in Electronics Letters, vol. 35, no. 6, pp. 466-468, March, 1999.
- [7] J. S. Lim, Two-Dimensional Signal and Image Processing, Prentice-Hall, 1990.
- [8] Requirements Group, MPEG-21 Overview v.3, ISO/IEC JTC1/SC29/WG11/N4511, Pattaya, Dec. 2001.

저 자 소 개



권 오 형(정회원)

1981년 2월 서강대학교 전자공학과 졸업(공학사)

1983년 2월 서강대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학석사)

1997년 8월 서강대학교 대학원 전자공학과 박사과정수료

1983년 현재 한국전자통신연구원

디지털방송연구단 책임연구원

<주관심분야: 워터마킹, 디지털케이블방송, 방송통신망연동기술>



박 래 홍(정회원)

1976년 2월 서울대학교 전자공학과 졸업(공학사)

1979년 8월 서울대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학석사)

1981년 6월 미국 Stanford University 전기공학과(공학석사)

1984년 6월 미국 Stanford

University 전기공학과(공학박사)

1984년 현재 서강대학교 전자공학과 교수

<주관심분야: 컴퓨터 비전, 영상처리, 패턴인식>