

논문 2008-45SP-1-3

정현파 패턴의 상관관계를 이용한 강인한 워터마킹

(A robust watermarking method using the correlation of the sinusoidal pattern)

김 상 범*, 원 치 선**

(Sang-Bum Kim and Chee Sun Won)

요 약

본 논문에서는 특정 DCT계수를 조작하였을 때 공간영역에서 생성되는 정현파 패턴을 워터마크로 활용한다. 즉, 특정 DCT계수를 워터마크 비트에 따라 변경하여 결과적으로 정현파 패턴이 삽입되도록 하고, 삽입된 워터마크는 공간영역에서 상관관계를 이용하여 검출할 수 있다. 제안된 알고리즘은 추가적인 싱크 비트 삽입 없이도 영상의 공간싱크의 변화를 어느 정도 감지할 수 있으며 다양한 StirMark 공격에 강인함을 실험결과를 통해 확인하였다.

Abstract

In this paper, we propose a DCT coefficient domain watermarking scheme, which makes use of the sinusoidal patterns created by the watermark embedding. The embedded watermark can be detected in the spatial domain by computing the correlation. Also, the proposed algorithm can detect the spatial synchronization without additional sync bit embedding. Experimental results show that the proposed algorithm is robust to various StirMark attacks.

Keywords: 워터마크, DCT영역 워터마크, DCT계수, StirMark 공격

I. 서 론

정보기술의 발달은 인터넷의 성능 향상과 정보에 대한 다양한 접근 경로를 만들어 냈으며 이로 인해 사용자의 데이터에 대한 접근성은 다양한 형태로 증가하고 있다. 이와 함께 인터넷 자료카페, 클럽, P2P 등이 등장하여 소비자가 접근 가능한 데이터의 양을 폭발적으로 증가시켰다. 이러한 발전은 현대의 지식사회에서 개인의 능력을 배가 할 수 있어 매우 긍정적인 측면으로 작용하고 있다. 하지만 데이터에 대한 접근은 상당부분 불법적으로 이루어져 저작권을 무시하고 있다. 특히 아날로그의 불법복제와 달리 디지털 저작물의 복제는 복제본이 원본과 완벽히 일치하기 때문에 무한대의 복제

가 가능하다는 점에서 디지털 형식의 지적 재산권에 대한 저작권 보호는 더욱 중요한 문제이다. 디지털 저작물에 대한 저작권을 보호하기 위한 기술 중 하나로 디지털 워터마킹^[1]을 들 수 있다. 디지털 워터마킹은 디지털 이미지나 오디오 및 비디오 파일에 저작권 정보를 나타내는 비트 패턴을 인간의 시각이나 청각으로 감지할 수 없도록 삽입하는 기술이다.

디지털 워터마킹은 삽입되는 워터마크의 강인성에 따라 크게 두 가지로 분류할 수 있다. 첫째로 비의도적인 공격에는 제거되지 않지만 공격자의 인위적인 변경에 워터마크가 제거되어 변조 유무와 위치를 알 수 있도록 연성 워터마크를 삽입하는 연성 워터마킹(Fragile watermarking) 방법^[2~3]이 있으며 둘째로 저작권 보호, 불법 복제 추적 등의 용도로 사용되며 의도적, 비의도적 공격에도 제거되지 않는 강인한 워터마크를 삽입하는 강인한 워터마킹(Robust watermarking) 방법^[4~10]이 있다. 두 분야의 워터마크에 관한 연구 모두 활발히 진행되어 매우 다양한 방법으로 워터마크를 삽입하는 기술들이 발

* 학생회원, ** 정회원, 동국대학교 전자공학과
(Department of Electronic Engineering, Dongguk University)

※ 본 연구는 서울시 산학협력사업(Seoul R&BD program)의 지원으로 수행되었음

접수일자: 2007년5월21일, 수정완료일: 2007년12월28일

표되고 있다. 예를 들어, 연성워터마킹의 경우 Ping Wah Wong 등에 의해 연구된 논문^[2]은 워터마크를 마치 잡음과 같이 영상의 최하위 비트(LSB)에 삽입 하여 영상에 조작여부를 판단할 수 있게 하는 워터마킹기술이며, 강인한 워터마킹(이하 워터마킹)에서는 Cox 등의 논문^[4], Mercy George의 논문^[5] 등에서 사용한 대역확산(Spread Spectrum)을 이용한 워터마크 방법과, G.C. Langelaar 논문^[6]에서의 차분에너지워터마킹(Differential Energy Watermarking) 을 이용한 방법 그리고 Chun-Shien Lu의 논문^[7]에서의 DCT계수 중간 대역에 인간 시각적 특성을 고려하여 워터마크를 삽입하는 알고리즘(이하 Chun-Shien 방법) 등 다양한 방법의 워터마크 기법들이 연구 되어왔다. 이러한 워터마크 기법들은 다양한 공격에 매우 우수한 성능을 보이고 있지만 워터마크 영상이 기하학적 공격이 가해져 영상의 공간적 싱크가 어긋났을 때는 워터마크 검출성능이 매우 떨어지는 단점이 있다. 이는 기존의 많은^[4~10] 워터마크 기법들의 단점으로 지적되고 있다. 그러므로 본 논문에서는 기존의 워터마크^[4~10]가 안고 있는 기하학적공격에 대한 단점을 어느 정도 해결하면서 기존의 워터마크들이 갖는 JPEG 등의 압축에 강인한 장점을 함께 갖는 새로운 워터마크 알고리즘을 제안했다. II장에서 디지털 저작물의 저작권 보호를 위한 강인한 워터마크 삽입 알고리즘을 제안하였으며, III장에서 워터마크 검출 과정을 설명하였다. IV장에서는 이동(Translation)공격에 대한 강인성 향상을 위해 싱크 검색하여 영상을 보정하는 방법을 설명하였으며 V장에서는 제안된 워터마크 알고리즘에 대한 실험 결과를 나타내고 있다. 끝으로 VI장에서 제안된 알고리즘의 평가 및 향후 과제를 제시하고 있다.

II. 워터마크 삽입

영상에 대한 워터마크 삽입은 그림 1의 과정을 통해 수행된다. 이때 워터마크는 각 8x8 DCT 블록의 주파수 영역에서 독립적으로 삽입된다. 워터마크가 삽입된 DCT 계수는 IDCT를 거쳐 워터마크가 삽입된 영상을 얻는다.

위의 과정을 자세히 설명하기 위해 $I \times J$ 개로 구성된 DCT 블록 중에 (i, j) 번째 공간영역의 8x8 블록을 $G_{i,j}$



그림 1. 워터마크 삽입

Fig. 1. Watermark embedding.

라 하면 $G_{i,j}$ 는 수식 (1)과 같이 64개의 공간영역 픽셀 값의 집합이라 할 수 있다.

$$G_{i,j} = \{g_{i,j}(0,0), \dots, g_{i,j}(7,7)\} \quad (1)$$

$$(0 \leq i \leq I-1, 0 \leq j \leq J-1)$$

주파수영역에서 워터마크를 삽입하기 위해 $G_{i,j}$ 는 수식 (2)의 8x8 DCT를 거쳐 주파수영역의 계수 $S_{i,j}(u,v)$ 로 변환된다.

$$S_{i,j}(u,v) = \frac{C(u)}{2} \frac{C(v)}{2} \sum_{x=0}^7 \sum_{y=0}^7 g_{i,j}(x,y) \times \cos[(2x+1)u\pi/16] \cos[(2y+1)v\pi/16] \quad (2)$$

$$u, v = 0, 1, 2, \dots, 7$$

$$C(u), C(v) = \begin{cases} \frac{1}{\sqrt{2}} & \text{for } u, v = 0 \\ 1 & \text{for } u, v > 0 \end{cases}$$

이때 (u, v) 는 DCT계수의 좌표이며 64개의 DCT 계수는 수식 (3)과 같이 8x8 DCT 계수의 집합으로 나타낼 수 있다.

$$S_{i,j} = \{S_{i,j}(0,0), \dots, S_{i,j}(7,7)\} \quad (3)$$

64개의 계수 중 워터마크 삽입을 위해 사용하는 계수는 $S_{i,j}(0,2)$ 계수이며 아래의 수식 (4)를 이용하여 워터마크가 삽입된 $\widehat{S}_{i,j}(0,2)$ 계수를 얻을 수 있다.

$$\widehat{S}_{i,j}(0,2) = \begin{cases} S_{i,j}(0,2) + \max(\alpha, S_{i,j}(0,2) \times \beta) & \text{if } b_{i,j} = 1 \\ S_{i,j}(0,2) - \max(\alpha, S_{i,j}(0,2) \times \beta) & \text{if } b_{i,j} = 0 \end{cases} \quad (4)$$

이때 $b_{i,j}$ 는 (i, j) 번째 8x8블록에 삽입될 메시지 비트이며 메시지 비트에 따라 계수 값의 조작 방법이 결정된다.

워터마크가 삽입된 DCT계수들을 집합으로 다시 표현하면 $\widehat{S}_{i,j}$ 로 수식 (5)와 같이 표현 할 수 있다.

$$\widehat{S}_{i,j} = \begin{cases} \widehat{S}_{i,j}(0,2) & \text{if } u = 0, v = 2 \\ S_{i,j}(u,v) & \text{otherwise} \end{cases} \quad (5)$$

모든 DCT 블록에 대해 (4)와 같이 워터마크를 삽입 후 수식 (6)의 IDCT 과정을 거쳐 워터마크가 삽입된 공간영역의 픽셀 값으로 변환하면 워터마크가 삽입된 영상을 생성할 수 있다.

$$\widehat{g}_{i,j}(x,y) = \sum_{u=0}^7 \frac{C(u)}{2} \sum_{v=0}^7 \frac{C(v)}{2} \widehat{S}_{i,j}(u,v) \times \cos[(2x+1)u\pi/16] \cos[(2y+1)v\pi/16] \quad (6)$$

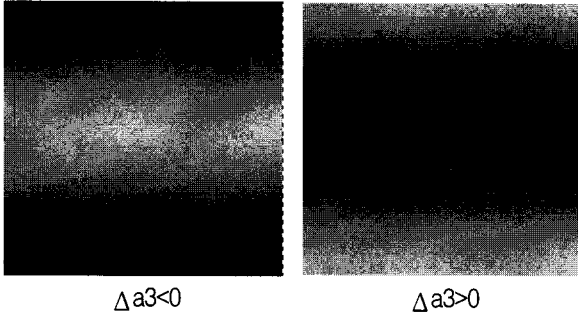


그림 2. 정현파 패턴
Fig. 2. Sinusoidal patterns.

워터마크 삽입으로 인한 DCT계수의 변화는 공간영역의 변화로도 나타나는데 DCT는 선형 변환이기 때문에 수식 (6)을 이용하면 주파수영역의 $S_{i,j}(0,2)$ 계수의 변화가 공간영역에 미치는 영향을 알 수 있다. $S_{i,j}(0,2)$ 계수가 $\Delta S_{i,j}(0,2)$ 만큼 변화했을 때 수식 (6)으로부터 공간영역에 미치는 영향을 계산하면 수식 (7)과 같이 차 영상 $D_{i,j}(x,y)$ 로 나타나는데 이는 그림 2의 정현파 패턴을 영상의 공간영역에 삽입하는 것과 같은 효과이다. 때문에 워터마크 삽입영상과 원영상의 차 영상은 8줄을 한주기로 한 정현파 패턴을 8x8 블록마다 삽입한 형태로 나타난다.

$$\begin{aligned}
 D_{i,j}(x,y) &= g_{i,j}(x,y) - \widehat{g}_{i,j}(x,y) \\
 &= (S_{i,j}(0,2) - \widehat{S}_{i,j}(0,2)) \times \frac{1}{4} \cos((2y+1) \frac{2\pi}{16}) \\
 &= \begin{cases} \max(\alpha, S_{i,j}(0,2) \times \beta) \times \frac{1}{4} \cos((2y+1) \frac{2\pi}{16}) & \text{if } b_{i,j} = 1 \\ -\max(\alpha, S_{i,j}(0,2) \times \beta) \times \frac{1}{4} \cos((2y+1) \frac{2\pi}{16}) & \text{if } b_{i,j} = 0 \end{cases}
 \end{aligned} \quad (7)$$

III. 워터마크 검출

워터마크는 상관관계를 이용하여 8x8 블록 단위로 검출한다. 8x8 블록단위의 상관관계를 구하기 위해 우선 수식 (8)을 이용하여 원영상과 워터마크삽입 영상의 모든 (i,j) 블록에 대해 각각의 차분 영상을 구한다.

$$D_{i,j}(x,y) = g_{i,j}(x,y) - \widehat{g}_{i,j}(x,y) \quad (8)$$

수식 (8)을 통해 얻은 차분영상은 8x8 단위로 정현파 패턴 P_y 와의 상관관계를 구하는데 이때 P_y 값은 수식 (6)에서 정현파 부분만을 나타내며 이는 수식 (9)와 같이 표현된다.

$$P_y = \cos [(2y+1) \times 2\pi/16] \quad (9)$$

P_y 값과 차 영상의 상관관계를 계산해보면 수식 (10)과 같이 표현 되는데 이때 $\frac{1}{4} \cos^2((2y+1) \frac{2\pi}{16})$ 부분은 항상 양수 값이므로 상관관계 값 $C_{i,j}$ 는 $(S_{i,j}(0,2) - \widehat{S}_{i,j}(0,2))$ 값의 부호와 같은 부호를 갖는다.

$$\begin{aligned}
 C_{i,j} &= \sum_{x=0}^7 \sum_{y=0}^7 D_{i,j}(x,y) P_y \\
 &= \sum_{x=0}^7 \sum_{y=0}^7 (S_{i,j}(0,2) - \widehat{S}_{i,j}(0,2)) \frac{1}{4} \cos^2((2y+1) \frac{2\pi}{16})
 \end{aligned} \quad (10)$$

$(S_{i,j}(0,2) - \widehat{S}_{i,j}(0,2))$ 값은 워터마크 삽입 비트 $b_{i,j}$ 의 부호가 결정된다. 그러므로 $C_{i,j}$ 값의 부호로부터 삽입된 워터마크 비트를 추출 할 수 있으며 이는 수식 (11)과 같이 표현할 수 있다.

$$\widehat{b}_{i,j} = \begin{cases} 1, & \text{if } C_{i,j} > 0 \text{ and } \sigma_{D_{i,j}}^2 < Th \\ 0, & \text{if } C_{i,j} < 0 \text{ and } \sigma_{D_{i,j}}^2 < Th \\ undecided & otherwise \end{cases} \quad (11)$$

이때 워터마크 영상이 심하게 손상된 부분에 대한 워터마크 검출은 전체 검출과정에 여러성분으로 작용할 수 있기 때문에 경계치 Th 를 주어 차 영상의 분산 값이 경계치 이하일 때에만 워터마크를 검출하며, 차 영상의 분산 값이 경계치 Th 보다 크면 검출불가로 처리하였다. 이 과정을 모든 8x8 블록에 반복하여 영상 전체에 대한 워터마크를 검출한다.

IV. 공간 싱크 검색 및 보정

본 논문에서 제안한 알고리즘은 인폼드 워터마크 (informed watermark)로서 원영상과의 차분영상을 구하여 상관관계에 의해 워터마크를 검출한다. 때문에 워터마크 영상에 공간적 위치변화가 발생하여 공간 싱크가 어긋날 때 급격히 워터마크 검출 성능이 떨어질 수 있다. 이는 기존^[4~10]의 많은 워터마크 알고리즘에서도 나타나는 공통된 문제점이다. 이러한 단점을 보완하기 위해서는 워터마크 검출 전에 워터마크 삽입영상에 대한 위치보정이 필요하다. 위치 보정을 위해 영상의 이동 정보를 알아야 하는데 본 논문에 제안된 워터마크 알고리즘은 추가적인 싱크 비트의 삽입 없이 삽입된 워터마크로부터 정보를 추출하여 영상의 위치보정을 할 수 있다.

위치보정에 필요한 위치이동 정보는 삽입된 워터마크와의 상관관계 값을 이용하여 얻는다. 상관관계를 구하기 위해 원본영상은 고정하고 워터마크 삽입영상을 좌우, 상하 방향으로 이동 시키면서 각 위치별로 영상에 대한

상관관계 합(DSum)를 조사한다. 이때 각 8x8 블록에 어떤 워터마크 비트가 삽입되었는지 알 수 없기 때문에 상관관계(C_{i,j})값은 양수, 음수 모두 존재할 수 있다. 때문에 공간 싱크 검색을 위한 상관관계 합(DSum) 값은 수식 (12)와 같이 각 상관관계 값에 절대 값들의 합으로 얻는다.

$$DSum = \sum_{i=0}^{I-1} \sum_{j=0}^{J-1} |C_{i,j}| \quad (12)$$

워터마크 삽입영상의 이동된 각 위치별로 DSum 값을 구한 후 값들을 비교한다. 이때 최대의 값을 갖는 위치를 영상이 공간적 위치변화로 이동된 x, y축 움직임이라고 판단하고 영상을 보정한 이후 워터마크를 검출한다. 이는 두 신호의 유사도가 높을수록 상관관계가 높은 원리를 이용한 것이며 공간싱크가 일치할 때 두 영상의 유사도가 가장 높기 때문에 DSum이 높게 나타나는 위치로 보정하는 것이다.

그러나 위와 같이 영상 전체에 대하여 DSum 값을 구하면 연산량이 매우 큰 단점이 있다. 또한 일반적으로 영상의 위치변화가 발생하면 영상의 가장자리 부분이 잘려질 수 있다. 그러므로 각 위치별로 영상 전체에 대하여 DSum을 구하지 않고 영상의 일부분(A_i ≤ i ≤ B_i, A_j ≤ j ≤ B_j)에 대한 상관관계 값을 비교하여 영상을 보정할 수도 있다. 예를 들어 그림 3과 같이 영상의 중간 두 슬라이스에 대해 DSum 값을 구하여 영상을 보정하였다. 이때 영상의 외각 부분이 잘리는 현상을 감안하여 좌우로 64픽셀씩을 제외하고 중간 부분만을 이용하여 DSum 값을 계산하였다.

이렇게 구해진 각 위치별 DSum 값을 살펴보면 그림 4와 같이 특정 지점에 피크가 발생하는 모습을 볼 수 있다. 이때의 위치 정보는 이동(Translation)된 x, y축 움직임이라 볼 수 있다.

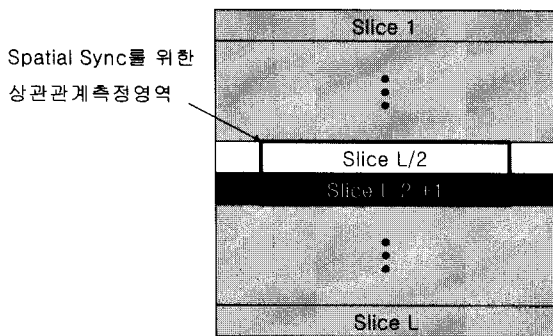


그림 3. 동기검출 슬라이스
Fig. 3. Slice for the sync detection.

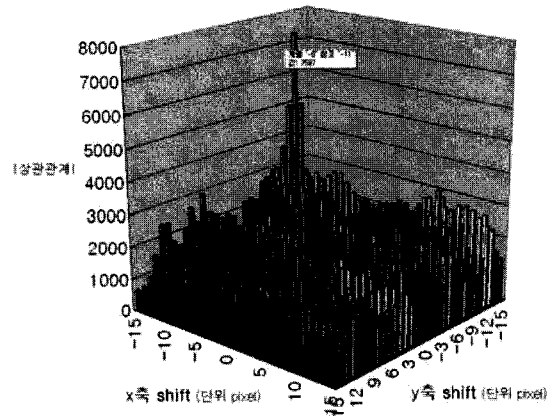


그림 4. 위치별 상관관계
Fig. 4. Correlations for each site translation.

피크 값 좌우로도 큰 값이 발견되는데 이는 워터마크가 상하의 물결무늬로 삽입되어 좌우 움직임에도 어느 정도 상관관계가 유지되기 때문이며 싱크검출에는 큰 지장을 주지는 않는다. 이렇게 공간싱크 검색을 통해 얻은 피크 값의 좌표를 이용하여 워터마크 삽입 영상을 위치 보정한 이후에 워터마크 검출을 수행한다. 따라서 이동(Translation) 공격을 무력화 시켜 워터마크 검출 성능을 향상시켜줄 수 있다.

V. 실험

1. JPEG압축 강인성 비교

본 논문에서 제안한 워터마크 알고리즘의 강인성 비교를 위해 의사랜덤(pseudo-random) 패턴을 이용한 워터마크의 강인성을 평가하였다. 의사랜덤 패턴의 길이는 1000으로 하였으며, 512x512 흑백 Lena영상을 사용하여 64x64개의 8x8 블록에 워터마크를 삽입하였다.

제안한 워터마크의 강인성 평가를 위하여 Cox등의 논문^[4]와 Joo등의 논문^[9]를 대상으로 JPEG압축에 대한 워

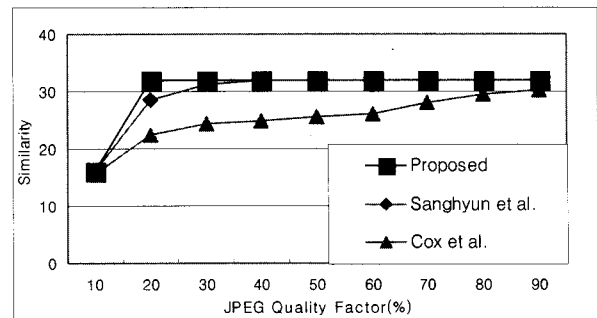


그림 5. JPEG압축 영상에 대한 유사도(similarity) 비교
Fig. 5. Similarity comparisons with various JPEG-compressed images.

터마크 강인성을 비교하였다. 동등한 평가를 위해 테스트 영상의 워터마크 삽입 후의 PSNR은 Cox등의 논문^[4]의 방법 39.76 dB, Joo 논문^[9]의 방법은 40.69 dB 그리고 제안방법은 41.09 dB인 상태로 실험을 진행하였다.

그림 5는 JPEG압축에 대한 3가지 알고리즘의 유사도(Similarity)를 측정된 결과이다. 이때 본 논문의 제안 알고리즘이 워터마크 삽입에 따른 화질 열화가 가장 적음에도 가장 높은 유사도를 보여 JPEG압축에 대해서 나머지 두 알고리즘보다 강인한 워터마크라 할 수 있다.

2. 스테르마크 공격에 대한 강인성

본 논문의 제안 알고리즘은 기존의 많은 방법^[4~9]들이 지니고 있는 기하학적 공격에 대한 약점을 공간싱크 보

정을 통하여 어느 정도 보완하였다. 이를 측정하기 위해 스테르마크 벤치마크(StirMark benchmark)^[12~13]를 이용하여 Scaling, Rotation 등 다양한 공격에 대한 강인성을 측정해 보았다.

실험은 그림 6의 실험영상(순서대로 Lena, Plane, Peppers, Milkdrop, Lake, Baboon, Bridge)을 사용하여 진행하였다.

워터마크 패턴의 길이는 1000으로 하였으며 그 외의 파라미터들은 $Th=200$ 으로 설정하고 실험을 진행하였다. 이때 Th 값은 최적화된 값은 아니며 많은 다양한 영상에 대한 추가적인 실험을 거쳐 일반화해야 할 부분이다. 워터마크 삽입강도는 $\alpha=3, \beta=0.2$ 로 매우 약하게 삽입하여 표 1에서 볼 수 있듯이 40dB 이상 고화질 상태를 유지하였다.

검출 결과는 식 (13)과 같이 삽입 워터마크 패턴과 검출된 워터마크 패턴간의 일반화된 상관관계(normalized correlation, ρ) 값이 경계값 T 보다 높게 나타났을 때 성공적인 검출로 정의하고 경계값 T 보다 낮은 경우 검출 실패로 처리하여 검출 결과를 정리하였다. 이때 목표 false positive probability 를 10^{-6} 이하로 하기 위해 경계

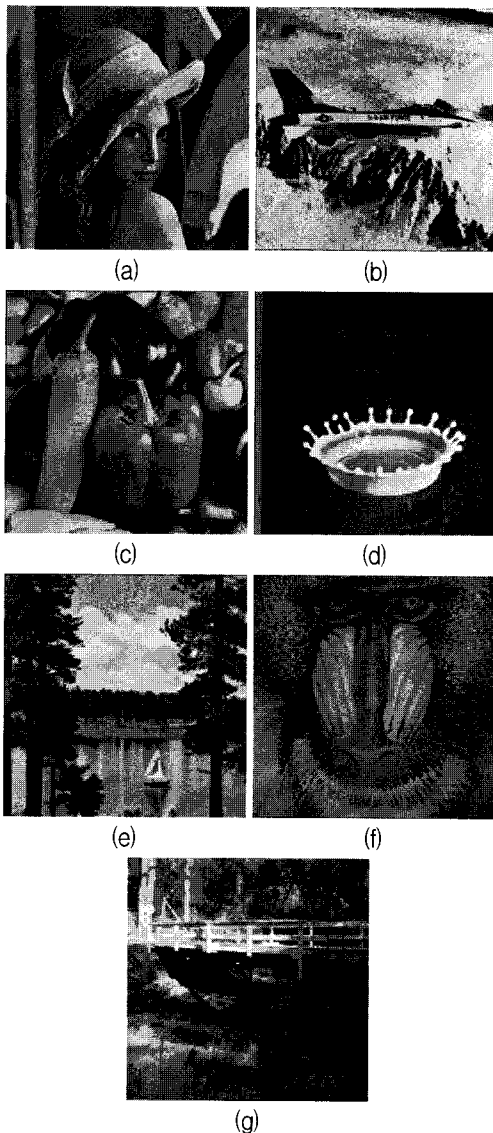


그림 6. 실험 영상
Fig. 6. Sample images for experiments.

표 1. 워터마크 삽입영상의 PSNR(단위 dB)
Table 1. PSNR of watermarked images.

그림 6.	(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(f)	(g)
Our method	48.88	50.90	45.31	46.96	43.40	43.62	44.75

표 2. 스테르마크 공격후의 검출율
Table 2. Detection rate after StirMark attack.

Attacks	그림 6						
	(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(f)	(g)
MF(3)	1	1	1	1	0.67	0.67	0.67
GF(1)	1	1	1	1	1	1	1
Sharpening(1)	1	1	0	1	0	0	0
JPEG(12)	0.83	1	0.83	0.75	1	0.91	1
Scaling(6)	1	1	1	1	1	1	1
PSNR(10)	1	1	1	1	1	1	1
LR(5)	1	1	1	1	1	1	1
SRC(4)	1	1	1	1	1	0.5	0.5
Cropping(2)	1	1	1	1	1	1	1

MF: median filtering(2x2, 3x3, 4x4); GF: Gaussian filtering(window size 3x3); Sharpening: Sharpening filter(window size 3x3); JPEG: quality factors, 10~90; LR: Line removal(a Maximum of 5 rows/columns and 17 columns/rows were removed); PSNR: 영상의 밝기 변화; SRC: rotation($\pm 0.25, \pm 0.5$)+cropping; Cropping: 영상의 50%, 64% 영역만을 이용하여 워터마크 검출 *공격명 옆의 ()는 관련 공격의 수

값 T 는 0.15로 설정하였다^[14].

$$\rho = \frac{1}{IJ} \sum_{i=0}^I \sum_{j=0}^J b_{i,j} b'_{i,j} \quad (13)$$

스터마크를 이용한 워터마크 강인성 테스트 결과는 표 2에서 볼 수 있듯이 Median 필터, Gaussian 필터 등의 비 기하학적 공격에 대해 매우 우수한 강인성을 갖는 모습을 보였을 뿐만 아니라 Scaling, LR, SRC 등 기하학적 공격에도 강인한 모습을 보이고 있다. 이는 공간 싱크 보정이 잘 수행됨을 입증하고 있다.

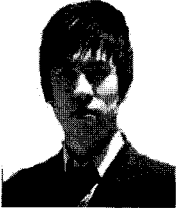
VI. 결 론

본 논문의 제안 알고리즘은 DCT 계수의 변화를 공간 영역의 정현파 패턴으로 나타낼 수 있도록 한 워터마크 기법으로 JPEG압축에 대한 성능 비교 및 스텐마크를 이용한 다양한 공격에 대한 강인성 테스트에서 우수한 성능을 확인할 수 있었다. 특히 삽입된 워터마크 비트로부터 공간 싱크를 검색함으로써 자동으로 영상의 공간적 위치변화의 발생 여부와 변화의 정도를 감지하여 영상의 위치를 보정함으로써 워터마크 기하학적 공격에도 강인성을 보다 향상시킨다는 점에서 제안된 워터마크는 많은 장점을 지닌 강인한 워터마크이라 할 수 있다.

참 고 문 헌

- [1] G. Voyatzis, N. Nikolaidis and I. Pitas, Digital Watermarking: An Overview, IX European Signal Processing Conference, Vol. I, pp. 9-12, Rhodes, Greece September 1998.
- [2] Ping Wah Wong and Nasir Memon, Secret and public key image watermarking schemes for image authentication and ownership verification, IEEE Trans. Image Processing. Vol. 10, no. 10, pp1593-1601. October 2001.
- [3] Min Wu, Bede Liw, Watermarking for image authentication, IEEE International Conference on Image Processing, Vol. 2, pp. 437-441, October 1998.
- [4] Ingemar J. Cox, Joe Kilian, Tom Leighton, and Talal Shamoan, Secure Spread Spectrum Watermarking for Multimedia, n IEEE Trans. Image Processing, Vol. 6, No. 12, Dec 1997.
- [5] Mercy George, Spread Spectrum Watermarking for Images and Video, M. A. Sc. thesis, cosupervision with Prof. Nicolas Georganas, September 1999.
- [6] G.C. Langelaar and R.L. Lagendijk, Optimal differential energy watermarking of DCT encoded images and video, IEEE Trans. Image Process., Vol.10, No.1, pp.148 - 158, January 2001.
- [7] Chun-Shien Lu, Towards robust image watermarking: combining content-dependent key, moment normalization, and side-informed embedding, Signal Processing: Image Communication 20(2005) pp 129-150, 2005.
- [8] Chun Shien Lu, Hong-Yuan Mark Liao and Martin Kutter, Denoising and copy attacks resilient watermarking by exploiting prior knowledge at detector, IEEE Trans. Image Processing, actions on, Vol. 11 No 3, pp. 280-292, March 2002.
- [9] S. Joo, Y. Suh, J. Shin, H. Kikuchi and S.-J. Cho, A new robust watermark embedding into wavelet DC components, ETRI Journal Vol 24 No 5, pp. 401 - 404 October 2002.
- [10] F. Hartung and B. Girod. Watermarking of Uncompressed and Compressed Video, Signal Processing, Vol 66, no. 3, pp. 283-301, May 1998.
- [11] Christian J. van den Branden Lambrecht and Olivier Verscheure. Perceptual Quality Measure using a Spatio-Temporal Model of the Human Visual System. In Proceedings of the SPIE, Vol. 2668, pp. 450-461, San Jose, CA, February 1996.
- [12] F. Petitcolas, R. J. Anderson, and M. G. Kuhn, Attacks on Copyright Marking Systems, Proc. Int. Workshop on Information Hiding, LNCS 1575, pp. 219-239, April 1998.
- [13] F. Petitcolas, Watermarking Schemes Evaluation, IEEE Signal Processing Magazine, Vol. 17, No. 5, pp. 58-64, September 2000.
- [14] I.J. Cox, M.L. Miller, J.A. Bloom, Digital Watermarking, Morgan Kaufmann Publishers, 2002.

 저 자 소 개



김 상 범(학생회원)
 2006년 동국대학교 전자공학과
 학사
 2007년 동국대학교 전자공학과
 석사 과정.
 <주관심분야 : 영상압축, image
 watermarking>



원 치 선(정회원)
 1982년 고려대학교 전자공학과
 학사
 1986년 Univ. of Massachusetts/
 Amherst 석사
 1990년 Univ. of Massachusetts/
 Amherst 박사
 1989년~1992년 금성사 중앙연구소 선임연구원
 1992년~현재 동국대학교 전자공학과 교수
 <주관심분야 : MRF image modeling, image
 segmentation, content-based image retrieval,
 image watermarking>