

# 저작권 명시와 보호를 위한 디지털 워터마킹에 대한 연구

박영란<sup>†</sup>, 성지혜<sup>\*\*</sup>, 강현호<sup>\*\*\*</sup>, 신상욱<sup>\*\*\*\*</sup>

## 요 약

본 논문에서는 가시적 워터마크의 삽입으로 저작권 소유자를 명시하고 비가시적 워터마크의 삽입으로 저작권 보호를 할 수 있는 방식을 제안한다. 제안 방식은 저작권의 명시와 보호를 하기 위해 하나의 원본 영상에 두 가지 워터마크를 동시에 삽입한다. 가시적 워터마크의 삽입은 투명도를 높여 원본 영상을 알아보기 쉽게 하였으며, 비가시적 워터마크는 공간영역에 삽입하였다.

## A Study on Digital Watermarking for Copyright Notification and Protection

Young-Ran Park<sup>†</sup>, Ji-Hye Sung<sup>\*\*</sup>, Hyun-Ho Kang<sup>\*\*\*</sup>, Sang-Uk Shin<sup>\*\*\*\*</sup>

## ABSTRACT

We proposes a multipurpose image watermarking algorithm which embeds visible watermark and invisible watermark into an original image. This is to satisfy the two characteristics of copyright notification of the visible watermark and copyright protection of the invisible watermark. The visible watermark's transparency is highlighted to be easily identified in contrast to the original image and the invisible watermark is embedded in a spatial domain.

**Key words:** Digital Watermarking(디지털 워터마킹), Copyright Protection(저작권 보호), Information Hiding(정보은닉)

## 1. 서 론

오디오, 정지영상 및 동영상과 같은 멀티미디어 정보의 디지털화로 인하여 쉽고 빠르게 디지털 멀티미디어 콘텐츠를 제작할 수 있게 되었고, 디지털 데이터로 쉽게 보관하고 전송 할 수 있게 되었다. 하지만 멀티미디어 데이터들은 온라인상에서 쉽게 이용될 수 있어 누구든지 저작권자의 동의 없이 복사 및 배포할 수 있다는 문제점을 가지고 있다. 디지털 콘

텐츠 산업이 발전하려면 디지털화 된 데이터의 장점을 살리면서 단점인 의도적 조작, 불법복제 및 비합법적인 사용의 위험성을 방지할 수 있는 방법이 필요하다. 디지털 콘텐츠에 대한 소유권 및 지적 재산을 보호할 수 있는 방법으로 제시된 것이 디지털 워터마킹 기술이다.

워터마킹 기술은 원 저작물에 워터마크를 삽입하는 영역에 따라서 공간 영역(spatial domain)에 워터마크를 삽입하는 방법과 주파수 영역(frequency

※ 교신저자(Corresponding Author) : 신상욱, 주소: 부산광역시 남구 대연 3동 599-1번지(608-737), 전화: 051)620-6493, FAX : 051)620-6450, E-mail : sushin@pknu.ac.kr  
접수일 : 2005년 9월 21일, 완료일 : 2005년 12월 9일

<sup>†</sup> 준회원, 부경대학교 대학원 정보보호학과 박사 수료 (E-mail : podosongei@hanmail.net)

<sup>\*\*</sup> 준회원, 부경대학교 교육대학원 전산교육전공

(E-mail : hihione@hanmail.net)

<sup>\*\*\*</sup> 준회원, 일본 전기통신대학(電気通信大学) 정보시스템학연구과 박사 과정

(E-mail : E-mail : kang@ice.uec.ac.jp)

<sup>\*\*\*\*</sup> 정회원, 부경대학교 전자컴퓨터정보통신공학부 조교수(E-mail : sushin@pknu.ac.kr)

domain)에 삽입하는 방법으로 분류할 수 있다. 공간 영역에서의 워터마크 삽입 방법은 영상과 같은 데이터를 공간적 측면으로 분석한 후 삽입하려는 워터마크 정보를 데이터의 전 공간영역에 흩어지게 함으로써 쉽게 구별할 수 없게 하는 방법이다. 간단하고 빠르게 워터마크를 삽입할 수 있지만, 손실압축(JPEG)이나 필터링과 같은 신호처리적인 공격에 약하다는 단점이 있다[1-3]. 주파수 영역에서의 워터마킹 기법은 주파수 계수에 워터마크를 삽입하는 방법으로 원 영상을 이산 코사인 변환(DCT : Discreat Cosine Transform), 이산 푸리에 변환(DFT : Discreat Fourier Transform), 이산 웨이브릿 변환(DWT : Discreat Wavelet Transform), 혹은 푸리에-멜른 변환(FMT : Fourier-Mellin Transform)등을 이용하여 영상을 주파수 영역으로 변환한 뒤, 중간 주파수의 계수에 워터마크를 삽입하게 된다[4-8].

워터마크의 가시성에 따라서 인간의 시각으로 마크를 식별 할 수 있도록 삽입하는 가시적 워터마킹(Visible Watermarking) 기술과 마크를 시각적으로 식별할 수 없도록 삽입하는 비가시적 워터마킹(Invisible Watermarking)기술로 나누어진다. 가시적 워터마킹은 원 저작물에 보이는 패턴 혹은 보이는 영상(그림)를 삽입하는 기술이다[9]. 원 작품에 저작권 정보인 패턴이나 영상을 덧입히는 형태이므로 대체로 사용자가 무단으로 저작권 정보를 지울 수 없도록 하고 있다. 기술적으로 쉽게 구현이 쉽고 시각적으로 워터마크의 존재 여부를 확인 할 수 있지만 가시적 워터마크를 삽입할 경우 원본의 가치를 보존하기는 어렵다. 반면, 비가시적 워터마킹은 원 저작물을 훼손시키지 않도록 저작권 정보를 투명하게 삽입하여 유통 후 저작권 문제가 발생할 경우 숨겨진 워터마크를 찾아 저작권을 행사할 수 있다. 그러나 영상에 전자적인 조작을 가하기 때문에 원 저작물이 훼손되거나 인쇄, 복사 등의 과정에서 원본을 변형시킬 우려가 있어, 삽입되는 데이터의 양 또한 제한적이다.

삽입된 워터마크를 추출하는 방법에 따라서 블라인드(blind) 워터마킹 방법과 논 블라인드(non-blind) 워터마킹 방법으로도 나눌 수 있다. 블라인드 워터마킹은 워터마크의 추출 시 원 영상 없이도 워터마크를 추출 할 수 있는 방법이고 논 블라인드 워터마킹은 워터마크의 추출 시 원 영상을 사용해서 워터마크를

추출하는 방법이다. 일반적으로 논 블라인드 방식이 블라인드 방식에 비해 더 많은 워터마크 정보를 삽입할 수 있고 공격에 대해 견고하게 설계할 수 있다. 하지만 워터마크를 추출하기 위해 원 영상을 따로 보관하거나 전송한다는 것은 대단히 어려운 일 이므로 응용분야가 매우 제한적이다. 반면 블라인드 방식은 원 영상이 필요 없으므로 그만큼 많은 분야에 응용할 수 있다.

본 논문은 가시적 워터마크를 통한 저작권 명시라는 특징과 비가시적 워터마크의 저작권 보호라는 두 가지 특징을 모두 만족시키는 방법으로 Lu의 방법 [10]에 기반을 두고 있다. 가시적 워터마크의 경우는 투명도를 높여 원 영상에 대한 식별을 쉽게 하였으며 가시적 워터마크로 인해 원 영상의 가치가 떨어지는 것을 방지하기 위해 허가된 사용자에게 가시적 워터마크가 제거되어 제공된다. 비가시적 워터마크는 공간영역(spatial domain)에 삽입(embedding)된다. 일반적으로 공간영역에 워터마크를 삽입하는 것은 JPEG, 필터링 등과 같은 신호처리적인 공격에 약하다는 단점이 있지만 본 논문에선 신호처리적인 공격에도 강인하면서 원 영상에도 큰 열화가 생기지 않도록 워터마크를 삽입하는 방법을 제시하고 실험 결과를 통해 제안된 워터마킹 방법의 강인성을 입증한다.

본 논문의 구성은 2장에서 기존에 제안된 관련연구를 소개하고, 3장에서 기존 방법의 확장을 통한 공간영역에서의 가시적, 비가시적 워터마크의 삽입 기법을 제안한다. 4장에서는 기존방식 및 제안방식에 대해 실험 결과를 보이고, 각종 신호처리적인 공격을 가한 결과를 제시함으로써, 제안방식의 유효성을 확인한다. 마지막으로, 5장에서는 본 논문의 결론을 맺는다.

## 2. 관련연구

원 영상에 가시적 워터마크 정보와 비가시적 워터마크 정보를 함께 은닉할 수 있는 방법이 Lu 등 [10]에서 제안되었다. Lu의 방법[10]은 원 영상을 8×8크기의 블록으로 나누고 이 중 3072개의 블록에는 가시적 워터마크를 삽입하고 1024개의 블록에는 비가시적 워터마크를 삽입하게 된다. 이때, 가시적 워터마크 영상은 공간영역에 삽입하고 비가시적 워터마크 영상은 주파수 영역에 삽입한다.

공간영역에 워터마크를 삽입하는 대표적인 방법

으로는 공간분석 방법을 응용한 Lee의 방법[3]이 있으며, 비가시적 워터마크 영상의 추출 시 원 영상이 필요한 논 블라인드(non-blind) 워터마킹 방법을 사용하였다. 논 블라인드 워터마킹은 워터마크 추출 시 원 영상이 필요하다는 단점이 있었고 이런 단점을 보완하여 Kang의 방법[11]은 원 영상 없이도 공간영역에 삽입한 비가시적 워터마크를 추출 할 수 있는 블라인드(blind) 워터마킹 방법을 제시하였다.

## 2.1. 다목적 영상 워터마킹 방법 [10]

### 2.1.1 워터마크 삽입 알고리즘

워터마크의 삽입은 원 영상에 가시적 워터마크와 비가시적 워터마크를 삽입하는 것으로 이뤄진다.

- X : 512×512 크기의 256 gray-level 원 영상
  - V : 512×512 크기의 256 gray-level 가시적 워터마크
  - I : 64×64 크기의 binary 비가시적 워터마크
- 여기서 가시적 워터마크 블록들의 1/4이상은 255의 값을 가져야 하는 요구조건을 만족해야 한다.

**단계 1 :** 원 영상과 가시적 워터마크를 각각 8×8 블록으로 나누고 가시적 워터마크의 블록 중 평균이 255의 값을 가지는 블록에 대응되는 원본 영상 블록들의 집합( $N_1 > 1024$ )을 구한다.

**단계 2 :** 모든 원 영상 블록들의 분산( $V_{kl}$ )을 구한 후 가장 큰 분산( $V_{max}$ )과 가장 작은 분산( $V_{min}$ )을 구한 다음 식 (1)을 이용하여 normalized variance를 구한다.

$$\alpha_{kl} = \frac{V_H - V_{min}}{V_{max} - V_{min}} \quad (1)$$

이렇게 구해진 normalized variance 값이 가장 높은 원 영상 블록들의 집합을  $N_2$ 라 한다.

**단계 3 :**  $N_1 + N_2$  블록 중 무작위로 1024개의 블록들을 선택하게 된다. 선택된 1024개의 블록들은 비가시적 워터마킹을 위해 사용되고 나머지 3072개의 블록들은 가시적 워터마킹을 위해 사용된다.

**단계 4 :** 가시적 워터마크를 원본 영상에 삽입하는 과정으로 식 (2)와 같이 처리된다.

$$X' = \alpha_{kl} \cdot X_{ij} + (1 - \alpha_{kl}) \cdot \frac{X_{ij}}{255} \cdot V_{ij} \quad (2)$$

- $X'_{ij}$  : 가시적 워터마크 된 영상의 ( $k, l$ ) 블록 안

( $i, j$ )위치의 화소

- $X_{ij}$  : 원 영상의 ( $k, l$ )블록 안 ( $i, j$ )위치의 화소
- $V_{ij}$  : 가시적 워터마크의 ( $k, l$ )블록 안 ( $i, j$ ) 위치의 화소
- $\alpha_{kl}$  : 원 영상의 block( $k, l$ )안 화소들의 normalized variance

**단계 5 :** 비가시적 워터마크를 원본 영상에 삽입하는 과정으로 DCT 도메인을 기반으로 하게 된다. 각각의 블록에 대해서 중간 주파수 내에 있는 4개의 DCT 계수들이 4개의 워터마크 비트 삽입을 위해 선택되고 삽입은 다음의 조건에 따라 수행된다.

각각의 계수를  $C_{ij}$  라 했을 때, 식 (3) 및 식 (4)에 의해 정수 몫  $Q_{ij}$  와 나머지 값  $R_{ij}$ 를 계산한다.

$$Q_{ij} = \text{Int} [ C_{ij} / 24 ] \quad (3)$$

$$R_{ij} = C_{ij} - Q_{ij} \times 24 \quad (4)$$

$C_{ij}$ 계수를 비가시적 워터마크 비트  $W$ 의 값에 따라 식 (5)을 이용하여 변형시킨  $C'_{ij}$  를 구한다.

$$C'_{ij} = \begin{cases} Q_{ij} \times 24 + \text{sgn}[C_{ij}] \times 36 & \\ \text{if } W \oplus (Q_{ij} \bmod 2) = \frac{1 - \text{sgn}[C_{ij}]}{2} \text{ and } |R_{ij}| \geq 12 & \\ Q_{ij} \times 24 - \text{sgn}[C_{ij}] \times 12 & \\ \text{if } W \oplus (Q_{ij} \bmod 2) = \frac{1 - \text{sgn}[C_{ij}]}{2} \text{ and } |R_{ij}| < 12 & \\ Q_{ij} \times 24 + \text{sgn}[C_{ij}] \times 12 & \\ \text{if } W \oplus (Q_{ij} \bmod 2) = \frac{1 + \text{sgn}[C_{ij}]}{2} & \end{cases} \quad (5)$$

- $W$  : invisible watermark bit
- $C'_{ij}$  : 변형된 계수
- $\oplus$  : XOR operation
- $\text{sgn}[\cdot]$  : signum function

**단계 6 :** 마지막으로 비가시적으로 워터마크된 영상 블록을 얻기 위해 변형된 DCT 블록에 inverse DCT 작업을 수행한다.

### 2.1.2 워터마크 추출 알고리즘

비가시적 워터마크 비트인  $W$ 는 결과인  $C'_{ij}$ 로부터 아래의 식(6)을 이용해서 얻어질 수 있다.

$$W = \begin{cases} (\text{Int} [ C'_{ij} / 24 ] \bmod 2 & C'_{ij} < 0 \\ 1 - (\text{Int} [ C'_{ij} / 24 ] \bmod 2 & C'_{ij} \geq 0 \end{cases} \quad (6)$$

### 3. 공간영역기반의 다목적 디지털 워터마킹

기존의 문헌 Lu의 방법은 가시적 워터마크가 원본에 진하게 삽입되기 때문에 원 영상의 훼손이 심하고 원 영상을 쉽게 확인할 수 없었다. 또한 비가시적 워터마크의 경우, 워터마크가 치환(permutation) 과정을 수행하지 않고 삽입되어 알고리즘이 공개될 경우 공격자에 의해 워터마크의 추출 및 변경이 가능하며, 주파수 영역에 삽입됨으로서 워터마크의 삽입 및 추출 등을 고속으로 처리해야 할 분야에서는 사용이 힘들 것이다.

본 논문에서는 워터마크 삽입 과정에서 발생할 수 있는 기존의 문제점들을 보완한 새로운 삽입 알고리즘을 제안한다. 우선, 가시적 워터마크의 경우 워터마크를 좀 더 투명하게 삽입하고, 허가된 사용자에게는 가시적 워터마크를 제거한 후 콘텐츠를 제공한다. 또한, 비가시적 워터마크의 경우는 삽입 방법이 간단하고, 처리시간이 짧을 뿐만 아니라 응용방법에 따라 많은 양의 워터마크를 삽입할 수 있는 공간영역(spatial domain)에서의 워터마킹 방법을 제안한다. 비가시적 워터마크의 추출은 원 영상 없이도 워터마크의 추출이 가능한 블라인드 워터마킹 방법을 사용한다. 그리고 데이터를 삽입하는 화소는 무작위(random)로 선택되어 보다 나은 안전성을 제공한다.

#### 3.1 워터마크 삽입 알고리즘

· 먼저, 원 영상에서 가시적 워터마크와 비가시적 워터마크를 삽입할 블록을 선택하기 위해 원 영상과 가시적 워터마크 영상을 각각 8×8 블록으로 나눈다. 비가시적 워터마크 영상을 삽입할 블록을 결정하기 위해 가시적 워터마크 영상과 원 영상을 이용한다. 가시적 워터마크 블록의 평균값이 255를 가지는 블록과 대응되는 원 영상 블록의 집합(N)을 구한다. 대응되는 원 영상의 블록들에 대해서 분산( $V_{kl}$ )을 각각 계산한 다음, 최대 분산 값부터 내림차순으로 정렬한 뒤, 상위 1024개의 블록을 선택한다. 즉, 대응되는 원 영상의 블록집합들 중 분산 값이 큰 1024개의 블록을 선택하는 것이다. 이렇게 선택된 원 영상의 1024개 블록들은 비가시적 워터마크를 삽입하기 위해 사용되고 나머지 3072개의 블록들은 가시적 워터마킹을 위해 사용된다.

제안방법은 기존 방법보다 투명한 가시적 워터마

크를 삽입하기 위해 식 (7)을 이용하였다. 이로 인해, 원 영상의 손상이 최소화되어 가시성이 높아졌고 원 영상을 쉽게 확인할 수 있었다.

$$X'_{ij} = (X_{ij} + \frac{X_{ij}}{255} \cdot V_{ij})/2 \tag{7}$$

- $X'_{ij}$  : 가시적 워터마크된 영상의 (k, l)블록 안의 (i, j)위치의 화소
- $X_{ij}$  : 원 영상의 (k, l)블록 안의 (i, j)위치의 화소
- $V_{ij}$  : 가시적 워터마크의 (k, l)블록 안의 (i, j)위치의 화소

비가시적 워터마크는 치환(permutation)된 후 원 영상의 공간 영역에 삽입된다. 먼저, 비가시적 워터마크를 삽입할 1024개의 블록(k, l)들 각각의 평균( $M_{kl}$ )을 구한 후 비슷한 값을 가지는 블록들끼리 모으기 위해 그림 1과 같이 오름차순으로 정렬한다.

정렬된 블록들을 (A, B), (C, D) 등의 순서로 512개의 쌍을 이루게 한다. 8×8의 화소로 이루어진 블록들은 그림 2와 같이 4×1의 서브 블록으로 나누고 서브 블록간의 값을 비교하여 하나의 쌍에는 0~16개의 비가시적 워터마크 화소가 들어가게 된다.

비가시적 워터마크의 화소가 삽입 될 서브 블록 결정 : 먼저, (A, B)쌍에 속하는 서브 블록 단위로 대응되는 각각의 화소 값  $a_{ij}$ 와  $b_{ij}$ 의 차이를 구한다. 서브 블록의 차이 값들 중에서 가장 작은 차이 값을 가지는 화소의 쌍이 해당 서브 블록 쌍을 대표하는 차이 값(C)이 되게 된다. 이 차이 값과 비가시적 워터마크의 화소를 이용하여 해당 서브 블록이 속하는 각각의 집합을 식 (8)에 의해 결정할 수 있다.

$$[C, I] = \min(a_{ij} - b_{ij});$$

$$C = a_{ij} - b_{ij};$$

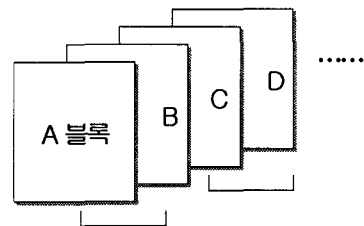


그림 1. 정렬된 가시적 워터마크 블록

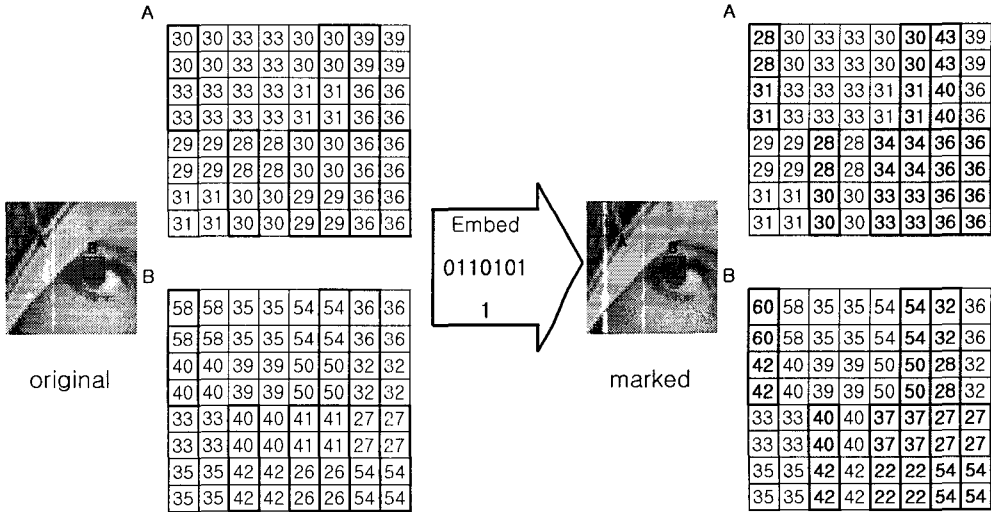


그림 2. 제안방법의 비가시적 워터마크 삽입과정,  $\alpha = 10$

$$\begin{aligned}
 &\text{if } W = 1: \\
 &N_1 \quad \text{if } C \geq \alpha \text{ and } a_{ij} > b_{ij} \\
 &N_2 \quad \text{if } C < \alpha \text{ and } a_{ij} \geq b_{ij} \\
 &N_3 \quad \text{if } C < \alpha \text{ and } b_{ij} > a_{ij} \\
 &N_4 \quad \text{if } C \geq \alpha \text{ and } b_{ij} > a_{ij}
 \end{aligned} \tag{8}$$

$$\begin{aligned}
 &\text{if } W = 0: \\
 &N_1 \quad \text{if } C \geq \alpha \text{ and } b_{ij} > a_{ij} \\
 &N_2 \quad \text{if } C < \alpha \text{ and } b_{ij} \geq a_{ij} \\
 &N_3 \quad \text{if } C < \alpha \text{ and } a_{ij} > b_{ij} \\
 &N_4 \quad \text{if } C \geq \alpha \text{ and } a_{ij} > b_{ij}
 \end{aligned}$$

- $W$  : 비가시적 워터마크 비트
- $a_{ij}$  : 원 영상의 A블록 안의 (i, j)위치의 화소
- $b_{ij}$  : 원 영상의 B블록 안의 (i, j)위치의 화소
- $\alpha$  : 원하는 두 화소의 차이 값

집합의 우선순위는  $N_1, N_2, N_3, N_4$  이고 하나의 서브 블록은 네 집합 중 하나의 집합에 속하게 된다. 서브 블록의 크기를 4×1로 정함에 따라 전체 서브 블록은 삽입할 비가시적 워터마크의 화소의 개수보다 2배가 많은 서브 블록이 생기게 된다. 이들 중 비가시적 워터마크가 삽입 될 서브 블록을 결정하는 절차는 다음과 같다.

먼저,  $N_1$  집합에 속하는 서브블록을 조사하여 비가시적 워터마크 화소의 개수 이상이 될 경우  $N_1$  집합만

이 비가시적 워터마크의 삽입을 위해 사용된다. 만약  $N_1$  집합에 속하는 서브 블록이 비가시적 워터마크 화소의 개수 보다 작을 경우  $N_2$  집합에 속하는 서브 블록을 조사한다.  $N_2$  집합에 속하는 서브 블록을 조사하는 도중  $N_1$  집합에 속하는 서브 블록을 발견할 경우 그 서브 블록도 비가시적 워터마크를 삽입할 블록으로 선택한다.  $N_1$  집합과  $N_2$  집합에 속하는 서브 블록의 개수가 비가시적 워터마크 화소의 개수보다 작다면  $N_3$  집합에 속하는 서브 블록을 조사한다.  $N_3$  집합에 속하는 서브 블록을 조사하는 도중  $N_1$  집합,  $N_2$  집합에 속하는 서브 블록을 발견할 경우 그 서브 블록도 비가시적 워터마크를 삽입할 블록으로 선택한다.  $N_1$  집합,  $N_2$  집합, 그리고  $N_3$  집합의 서브 블록의 개수를 더한 값이 비가시적 워터마크 화소의 개수보다 작다면 마지막으로  $N_4$  집합에 속하는 서브블록을 조사한다. 이렇게  $N_1$  집합의 서브 블록에서  $N_4$  집합의 서브 블록의 순서로 4096개의 서브 블록을 선택하고 이 서브 블록들은 비가시적 워터마크의 삽입을 위해 사용된다.

화소 값 변경 : 서브 블록이 어떤 집합에 속하는지 여부에 따라서 화소 값을 변경하는 방법이 달라진다.

- $N_1$  집합에 속하는 서브 블록일 경우 : 값의 변경이 없다
- $N_2$  집합에 속하는 서브 블록일 경우 : 두 화소

값의 차를  $\alpha$ 값 이상으로 만들기 위해 두 화소 중 값이 큰 화소에는 1)factor 값을 더해주고 값이 작은 화소에는 factor 값을 빼준다.

- $N_3$ 집합에 속하는 서브 블록일 경우 : 두 화소 중 작은 값을 갖는 화소를 큰 값의 화소와 같은 수로 바꿔준다. 그 후 두 화소 값의 차를  $\alpha$ 값 이상으로 만들기 위해 두 화소 중 값이 작았던 화소에는 factor 값을 더해주고 값이 컸던 화소에는 factor 값을 빼준다.
- $N_1$ 집합에 속하는 서브 블록일 경우 : 두 화소의 값을 서로 바꾼다.

이때, 비교는 화소단위로 이루어지지만 더하고 빼는 것은 서브 블록의 모든 값을 대상으로 행해지게 된다.

그림 2에서는 위 삽입 절차를 통하여 비가시적인 워터마크가 삽입되는 과정을 보여주고 있다.  $\alpha$ 의 값은 원하는 차이 값으로  $\alpha$ 값을 크게 할수록 워터마크의 강인성이 높아지지만 원 영상의 손상을 가져오므로 적절한 값으로 조정해야한다. 그림 2에서는  $\alpha$ 값을 10으로 하였다.

### 3.2 워터마크 추출 알고리즘

일반적으로 영상의 구배를 원하는 경우에는 가시적 워터마크가 삽입된 영상을 원하지 않을 것이다. 그러므로 삽입된 가시적 워터마크는 구매자가 원할 경우 제거하여 제공되어야 할 것이다. 가시적 워터마크는 식 (9)을 이용하여 제거할 수 있다.

$$X = \frac{510 \times X'_{ij}}{V_{ij} + 256} \quad (9)$$

- $X'_{ij}$  : 가시적 워터마크된 영상의 (k, l)블록 안의 (i, j)위치의 화소
- $X_{ij}$  : 원 영상의 (k, l)블록 안의 (i, j)위치의 화소
- $V_{ij}$  : 가시적 워터마크의 (k, l)블록 안의 (i, j) 위치의 화소

여기서는 가시적 워터마크가 삽입된 블록에서만 값이 변경되므로 비가시적 워터마크에는 어떤 처리도 수행되지 않는다.

비가시적 워터마크는 원 영상 블록에서 비가시적 워터마크가 삽입된 블록을 추출한 후 식 (10)을 이용하여 비가시적 워터마크를 추출한다.

$$W' = \begin{cases} 0 & a_{ij} < b_{ij} \\ 1 & a_{ij} > b_{ij} \end{cases} \quad (10)$$

여기서 차례로 추출된 워터마크 비트들( $W'$ )을 역치환(inverse permutation)하여 비가시적인 워터마크를 얻어낼 수 있다.

## 4. 실험 및 결과

실험에 사용된 원 영상은 512×512 크기의 Lenna 영상 (256 Gray)과 512×512 크기의 Baboon영상 (256 Gray)이고 원 영상에 512×512 크기의 가시적 워터마크(256 Gray)와 64×64 크기의 비가시적 워터마크(Binary)를 삽입하였다. 워터마크된 영상의 강인성 테스트를 위해 여러 가지 신호처리적인 공격을 수행하였으며 공격을 위한 신호처리는 Matlab의 신호처리 툴을 이용하였다. 아래는 여러 가지 기본적인 공격에 대한 강인성 실험을 수행한 결과이다.

그림 3에서는 워터마크를 삽입할 원 영상(a), 가시적 워터마크(b) 그리고 비가시적 워터마크(c)를 나타내 주었다.

그림 4(a)는 Lu의 방법을 이용해 가시적 워터마크와 비가시적 워터마크를 삽입한 결과이며 비가시적 워터마크는 DCT변환 후 중간주파수 영역에 삽입하였다. 그림 4(b)는 제안방법에 따라 8×8 블록으로 나누고  $\alpha = 10$ 으로 하여 가시적 워터마크와 비가시적 워터마크를 삽입한 결과이며 비가시적 워터마크는 공간영역에 삽입하였다.

그림 4의 비교에서 알 수 있듯이 제안방법에선 가시적 워터마크의 투명도가 조절되어 삽입되었기 때



(a) 원 영상 (b) 가시적 워터마크 (c) 비가시적 워터마크

그림 3. 원 영상과 워터마크

1) factor =  $(\alpha - C) / 2$  ;

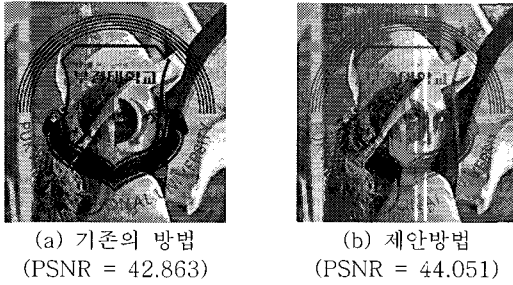


그림 4. 다중 워터마크된 영상

문에 원 영상을 식별하기가 쉬웠다. 또한 PSNR을 비교한 결과 제안방법의 PSNR이 좀 더 높게 나타난 것을 볼 수 있다.

기존의 삽입방법과 제안한 삽입방법 둘 다 가시적 워터마크와 비가시적 워터마크를 동시에 삽입하는 방법이므로 가시적 워터마크는 삽입하지 않은 상태에서 PSNR의 조사가 이루어진다. PSNR의 식 (11)은 다음과 같다.

$$PSNR = 10 \log_{10} \frac{x_p^2}{\frac{1}{N} \sum_{k=0}^{N-1} (x_k - y_k)^2} \quad (11)$$

식 (11)과 같이 원 영상을  $x$ , 신호 처리된 영상을  $y$ 로 두어, 원 신호 값이 잡음 값을 초과하는 정도를 나타낼 수 있다. 여기서  $x_p$ 는 영상 화소 값의 최대값을 나타낸다.

앞에서 보았던 그림 4(b)는 일반 사용자에게 제공되는 영상이다. 이 영상을 구매한 구매자가 원할 경우 가시적 워터마크는 제거되어 제공될 수 있다. 제안 방법에 의해 삽입된 가시적 워터마크와 비가시적 워터마크 중 가시적 워터마크가 삭제된 영상이 그림 5(a)이다. 허가받은 사용자들은 그림 5(a)의 영상을 전달받게 된다. 그림 5(b)는 제안방법에 의해 삽입된 가시적 워터마크와 비가시적 워터마크 중 비가시적 워터마크를 추출한 영상이다. 비가시적 워터마크의 추출은 그림 4(b)와 그림 5(a) 중 어느 영상에서도 가능하며 추출된 결과영상은 동일하다.

Lu 방법의 경우 키 값을 이용한 가시적 워터마크의 삭제가 불가능하였으나 본 논문에서는 가시적 워터마크를 제거하는 알고리즘을 제시하여 위와 같이 가시적 워터마크의 삭제가 가능함을 볼 수 있었다.

그림 6에서부터 그림 8까지는 워터마크된 영상인 그림 4(b)에 각종 신호처리적인 공격을 수행한 후 생

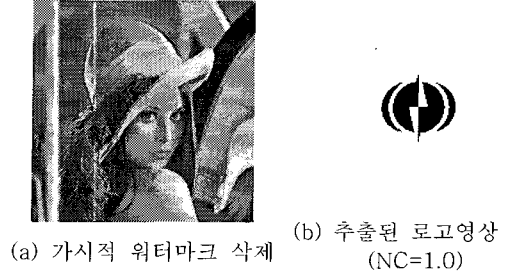


그림 5. 다중 워터마크된 Lenna영상에서의 워터마크 추출

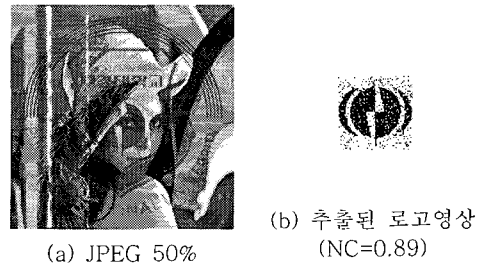


그림 6. JPEG 50%수행 후 영상과 추출된 로고영상

성된 영상과 거기서 추출된 로고(logo) 영상의 NC값이며, NC의 식 (12)은 다음과 같다.

$$NC = \frac{\sum_i \sum_j W_{ij} W'_{ij}}{\sum_i \sum_j [W_{ij}]^2} \quad (12)$$

식(12)과 같이 원 로고를  $W$ , 추출된 로고를  $W'$ 로 두어서 두 신호간의 상관도(NC) 값을 구할 수 있다.

그림 6(a)는 JPEG을 50%를 수행하여 얻어진 영상이며 그림 6(b)는 이 영상에서 추출된 비가시적 워터마크이고 0.89의 NC값을 얻을 수 있었다.

그림 7(a)는 median 공격을 수행하여 얻어진 영상

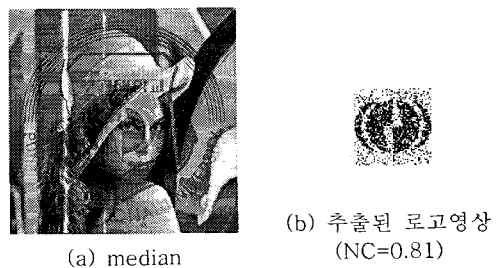


그림 7. median 수행 후 영상과 추출된 로고영상

이며 그림 7(b)는 이 영상에서 추출된 비가시적 워터마크이고 0.81의 NC값을 얻을 수 있었다.

그림 8(a)는 rotate 공격을 17°로 수행하여 얻어진 영상이며 그림 8(b)는 이 영상에서 추출된 비가시적 워터마크이고 0.81의 NC값을 얻을 수 있었다.

그림 9(a)는 crop 공격을 수행하여 얻어진 영상이며 영상 중 잘려나간 부분은 검은색으로 표시되도록 하였다. 그림 9(b)는 이 영상에서 추출된 비가시적 워터마크이고 0.74의 NC값을 얻을 수 있었다.

앞에서 살펴본 각종 공격에 대한 실험 결과와 그 외의 공격에 대한 NC값을 정리하면 표 1과 같다.

표 1에서 다중 워터마킹 된 영상에 아무런 공격을 가하지 않았을 경우 NC값은 1로 워터마크를 손실 없이 추출 할 수 있다는 것을 알 수 있다. 또한, 손실

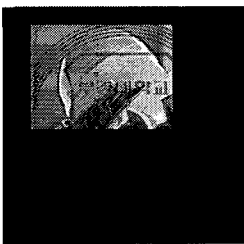


(a) rotate 17°



(b) 추출된 로고영상 (NC=0.81)

그림 8. rotate 17° 수행 후 영상과 추출된 로고영상



(a) cropped



(b) 추출된 로고영상 (NC=0.74)

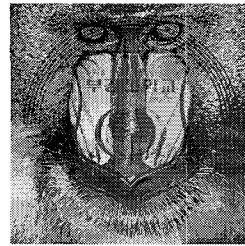
그림 9. crop수행 후 영상과 추출된 로고영상

표 1. 각종 공격에 대한 워터마크의 NC (Lenna)

공격처리	NC값	공격처리	NC값
No pro	1	JPEG100%	1
Lowpass	0.80	JPEG75%	0.95
Median	0.81	JPEG50%	0.89
Scale(R)	0.81	JPEG25%	0.83
Rotate(17)	0.81	Cropped	0.74

압축(JPEG)이나 필터링 등과 같은 다양한 영상 처리에서도 비교적 높은 NC값으로 워터마크의 추출이 가능함을 볼 수 있었다.

그림 10(a)는 원 영상을 Baboon영상으로 하여 가시적 워터마크와 비가시적 워터마크를 삽입한 결과이고 그림 10(b)는 10(a)의 영상에서 추출한 비가시적 워터마크 영상이다.



(a) 다중 워터마크된 영상



(b) 추출된 로고영상 (NC=1.0)

그림 10. 다중 워터마크된 Baboon영상에서의 워터마크 추출

표 2는 Lenna 영상과 마찬가지로 각종 공격에 대한 실험 결과를 나타낸 것이다.

표 2. 각종 공격에 대한 워터마크의 NC (Baboon)

공격처리	NC값	공격처리	NC값
No pro	1	JPEG100%	1
Lowpass	0.77	JPEG75%	0.94
Median	0.81	JPEG50%	0.88
Scale(R)	0.80	JPEG25%	0.80
Rotate(17)	0.82	Cropped	0.71

## 5. 결 론

본 논문에서는 저작권 명시와 저작권 보호라는 두 가지 목적을 모두 만족시키기 위하여 하나의 원 영상에 가시적 워터마크와 비가시적 워터마크를 함께 삽입하는 다중 워터마킹 기법을 제안 하였다. 가시적 워터마크의 경우 워터마크를 좀 더 투명하게 삽입하여 원 영상을 좀 더 알아보기 쉽게 하였으며 가시적 워터마크의 삽입으로 인해 원 영상의 상업적 가치가 떨어지는 것을 줄이기 위해 허가된 사용자에게는 가시적 워터마크를 제거한 후 영상을 제공하였다. 또한, 비가시적 워터마크는 공간영역 워터마킹 방법을



기반으로 하며 각종 프로그램을 이용한 변형 및 패러디 등 의도적으로 가해질 수 있는 기하학적 공격에 강인성을 가질 수 있는 새로운 제안 방법을 통해 삽입하도록 하였다.

공간 영역에서의 삽입 방법은 삽입 시 계산이 빠르지만 손실압축(JPEG)이나 필터링과 같은 영상 처리에 약하다는 단점이 있었다. 그러나 제안 방법은 영상 처리에 대한 강인성 측면을 좀 더 강화하여 다양한 공격처리에서도 워터마크의 추출이 가능함을 실험으로 확인할 수 있었다. 그리고 기존의 워터마크 삽입 방법은 한 블록의 화소 값들의 차가 큰 경우나 최대값과 최소값의 범위가 큰 경우에는 변경되는 값이 원래의 화소 값과 차이가 크기 때문에 워터마크 삽입 영상의 열화가 다소 생긴다. 하지만, 본 논문에서는 정렬을 통하여 두 블록 간 화소 값의 차이를 줄였으며 삽입된 서브 블록에 우선순위를 둬므로써 원 영상의 열화를 줄일 수 있었다. 또한, 가시적인 워터마크의 경우 허가된 사용자에게 보급될 때에는 가시적 워터마크를 원 영상에서 제거하고 제공함으로써 가시적 워터마크로 인해 원 영상의 가치가 떨어지는 것을 방지할 수 있었다.

### 참 고 문 헌

[1] R. G. van Schyndel, A. Z. Tirkel, and C. F. Osborne, "A Digital Watermark," in *Proc. IEEE Int. Conf. Images Processing*, Vol. 2, Austin, TX, pp. 86-90, 1994.

[2] W. Bender, D. Gruhl, N. Morimoto, and A. Lu, "Techniques for Data Hiding," *IBM Systems Journal*, Vol. 25, pp. 313-335, 1996.

[3] C. H. Lee and Y. K. Lee, "An Adaptive Digital Image Watermarking Technique For Copyright Protection," *IEEE Trans. on Consumer Electronics*, Vol. 45, No. 4, November 1999.

[4] J. Cox, "Secure Spread Spectrum Watermarking for Multimedia," *IEEE Trans on Image Processing*, Vol. 6, No. 12, pp. 1673-1687, December 1997.

[5] F. Hartung and B. Girod, "Watermarking of Uncompressed and Compressed Video," *Signal Processing 66(1998)*, pp. 283-301, February 1997.

[6] S. D. Lin and C. F. Chen, "A Robust DCT-Based Watermarking For Copyright Protection," *IEEE Trans. on Consumer Electronics*, Vol. 46, No. 3, August 2000.

[7] A. Piva., M. Barni, F. Bartolini, and V. Cappellini, "DCT-based Watermarking Recovering without Resorting to the Uncorrupted Original Image," *IEEE Int. Conf. on Image Processing*, Vol. 1, pp. 520-523, October 1997.

[8] M. Barni, F. Bartolini, V. Cappellini, and A. Piva, "A DCT Domain System for Robust Image Watermarking," *Signal Processing 3(1998)*, pp. 283-301, 1998.

[9] P. M. Chen, "A Visible Watermarking Mechanism Using a Static Approach," *WCCC\_ICSP 2000, 5th Int. Conf.* Vol. 2, pp. 910-913, August 2000.

[10] Z. M. Lu, H. T. Wu, and D. G. Xu, "A Multipurpose Image Watermarking Method for Copyright Notification and Protection," *IEICE Trans. letter*, Vol. E86-D, No. 9, September 2003.

[11] 강현호, 박영란, 박지환, "공간영역에 기반한 블라인드 워터마킹," *한국멀티미디어학회 춘계학술발표논문집*, 제5권1호, pp. 867-872, 2002.



박 영 란

1996년 2월 한국방송통신대학 전자계산학과 졸업(이학사)  
1998년 8월 부경대학교 산업대학원 전산정보학과 졸업(이학석사)  
2005년 2월 부경대학교 대학원 정보보호학과 박사수료

관심분야 : 심층암호, 디지털 워터마킹, 부호이론, 정보보호, 영상처리



강 현 호

1999년 2월 동의대학교 컴퓨터공학과 졸업(공학사)  
2001년 2월 부경대학교 대학원 전자계산학과 졸업(이학석사)  
2004년 2월 부경대학교 대학원 전자계산학과 박사 수료

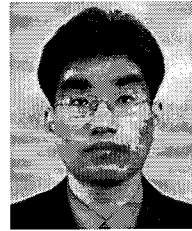
2005년 4월~현재 일본 전기통신대학(電氣通信大學) 정보시스템학연구과 박사 과정  
관심분야 : 멀티미디어 콘텐츠 보호 및 응용, 신호처리, 오류정정부호



성 지 혜

2002년 2월 부경대학교 전자계산학과(이학사)  
2005년 8월 부경대학교 교육대학원 전산교육전공(교육학석사)

관심분야 : 워터마킹, 멀티미디어 정보보호, 영상처리



신 상 옥

1995년 2월 부경대학교 전자계산학과(이학사)  
1997년 2월 부경대학교 대학원 전자계산학과(이학석사)  
2000년 2월 부경대학교 대학원 전자계산학과(이학박사)  
2000년 4월~2003년 8월 : 한국전자통신연구원 선임연구원

2003년 9월~현재 : 부경대학교 전자컴퓨터정보통신공학부 조교수  
관심분야 : 암호 이론, 정보보호, 이동통신 정보보호