

# 칼라 좌표계에서의 디지털 워터마킹

(Digital Watermarking on the Color coordinate)

이 창 순\*, 정 송 주\*\*

(Chang-Soon Lee · Song-Ju Jung)

**요 약** CIELAB 좌표계는 휘도 성분과 색도 성분으로 구성되므로 인간의 시각적 특성과 유사한 좌표계이다. 그런데 우리가 보통 일상 생활에서 접하는 컴퓨터화면 등은 RGB좌표계를 이용한 색상을 표현한다. 본 논문에서는 인간의 시각적 특성을 이용하여 보다 더 비가시적이고 효과적인 컬러 정지 영상의 디지털 워터마킹 기법을 제안한다. RGB 좌표계는 세 가지 색도 성분만으로 구성되므로, RGB 좌표계로 이루어진 원본 컬러 영상을 CIELAB 좌표계로 변환한 후, 변환된 CIELAB 좌표계에서 색도 성분 중 하나인 a\* 영역을 DFT 변환하여 주파수 처리한 워터마크를 삽입하는 방법이다.

**핵심주제어** : 워터마크, CIELAB 좌표계, RGB 좌표계, DFT변환

**Abstract** CIELAB coordinate is represented by one lightness component and two chromaticity components and similar to human visual system. Visual devices such as computer monitor display images using RGB coordinate. We propose a technique for inserting the watermark of visually recognizable mark into the middle frequency domain of image. RGB coordinate image is transformed into CIELAB coordinate, which include the characteristics of Human vision and then a\* component is transformed into DFT(Discrete Fourier transform) transform.

**Key Words** : watermark, CIELAB coordinate, RGB coordinate, DFT transformation

## 1. 서 론

디지털 콘텐츠의 불법복제와 유통은 저작자의 창작의욕을 저하시킬 수 있으며, 이를 방지하기 위하여 자연스럽게 멀티미디어 데이터의 지적 재산권을 보호하기 위한 해결책을 찾게 되었고, 그 대안으로 저작권을 보호할 수 있는 기술로서 디지털 워터마킹 기술이 주목받게 되었다.

많은 부분의 정보들이 디지털화 되어 있으며, 현재도 정보의 디지털화가 진행 중에 있어 2005년까지 콘텐츠의 60%이상이 디지털화 될 것으로

예측되고 있다[1]. 이와 더불어 초고속 정보통신망 기반구축, 멀티미디어 기술과 인터넷의 급속한 발전으로 정보의 형태가 사용자 위주의 멀티미디어(그림, 음악, 동영상, 그래픽 등)화로 급속히 이전되어 가고 있다. 바로 멀티미디어 디지털 시대를 맞이하게 된 것이다.

이러한 환경은 바로 인터넷을 매개체로 하여 멀티미디어 자료들이 유통되면서 디지털 저작물이 원본의 손상 없이 무제한의 복제와 유통이 가능하고, 원본과의 구별이 불가능하여 저작권의 보호나 불법복제와 유통의 방지 등이 더욱 더 필요하게 되었다. 디지털 워터마킹은 어떠한 멀티미디어 저작물을 보호하기 위하여 여기에 특별한 형태의 워터마크(저작권 정보, 로고, 인감, 일련번

\* 대구한의대학교 멀티미디어학부

\*\* 대구한의대학교 정보처리학과

호 등)를 감추고 추출하는 모든 기술적 방법을 뜻한다. 초기에는 원래의 멀티미디어 저작물 자체에 대해서 은닉시키는 방법을 연구하였지만, 현재에는 많은 기술적 변환 방법을 이용한 강력한 워터마킹 기술이 개발되고 있다.

## 2. 관련 연구

현재까지 연구되어져 온 워터마킹의 기술적 특징은 기본적으로 가시성, 강인성, 명확성, 보안성, 보편성의 특징을 가지는 알고리즘의 구현에 그 목적을 두고 있다. 잉그마르 콕스(Ingemar J. Cox)는 그의 논문에서 저작권 보호를 위한 디지털 워터마킹이 제 기능을 발휘하여 효과적으로 동작하기 위한 다음의 요구사항들을 제시하였다[2].

첫 번째 비가시성(Unobtrusive)이다. 수많은 워터마킹 기법에서 상당한 중요도를 점하고 있는 요구사항으로, 데이터에 접근한 제 삼자가 영상으로부터 워터마크의 삽입 여부를 인식할 수 없어야 하는 동시에 삽입에 의해 데이터의 질을 저하시키지 않아야 한다는 요구사항이다.

두 번째는 강인성(Robust)이다. 워터마킹 구현 기법들이 비가시성과 함께 가장 중요시하는 부분으로, 워터마크가 삽입된 영상은 다양한 고의적 또는 비고의적 영상 변형에도 워터마크를 유지할 수 있어야 한다는 것을 의미한다. 예를 들어 전송 및 저장 시 발생된 압축에러, 그리고 필터링(Filtering), 기하학적 변형 등의 영상처리 과정에 의해 워터마크가 손상되어서는 안 되며 워터마크의 검출이 가능하여야 한다.

세 번째는 보편성(Universal)이다. 이는 이미지, 동영상, 오디오, 문서 등의 다양한 분야에 응용이 가능해야 함을 의미한다. 현재의 기술로는 깨지기 힘든 워터마크 알고리즘이라도 최근의 컴퓨터 기술은 놀라울 만큼 급속히 발전하고 있으므로 더욱 강력한 컴퓨터와 좀더 효율적인 알고리즘이 개발되면 그에 대처하는 데는 상당한 시간과 비용이 소요된다. 따라서 새로운 알고리즘을 개발하는 것보다는 기존의 알고리즘을 확장하여 더욱 강력한 알고리즘으로 개발하는 것이 효율적이다.

네 번째는 명확성(Unambiguous)이다. 워터마크가 삽입된 영상에 대해 명확히 소유권을 증명

할 수 있는 방법이 있어야 한다. 때에 따라 여러 불법 사용자들이 자신이 임의로 만든 워터마크를 영상에 재삽입하여 소유권을 주장하는 충돌이 발생하는 경우에도 소유권자를 보호할 수 있어야 한다.

이미지 워터마킹 기법은 워터마크를 삽입하는 방법에 따라 공간영역 워터마킹과 주파수 영역 워터마킹으로 분류된다. 공간 영역에서의 워터마킹 기법은 주로 워터마킹에 대한 연구 초기에 제안되었다. 이 방법들은 JPEG와 같은 손실 압축의 경우 워터마크가 쉽게 제거될 수 있다는 단점을 가지고 있으며, 인위적인 공격에 취약하여 영상에 대한 손실 압축, 변형 등에 워터마크가 손상되어 워터마크를 검출하기 어렵다는 공통적인 단점을 지니고 있다.

주파수 영역에서의 워터마킹 방법으로는 원 영상에 DFT 변환, DCT 변환 및 DWT 변환 등을 적용한 후 주파수 대역에 워터마크를 삽입하는 방법이다. 주파수 영역에서의 워터마킹 기법은 알고리즘이 복잡하고 많은 연산량이 요구된다는 단점을 가지고 있으나, 일반적인 영상 처리나 비선형 필터링, 회전, 잘라내기, 이동, 확대 및 축소, 압축과 같은 공격에서 공간영역에서의 방법보다 강인하다는 장점을 가지고 있기 때문에 주로 주파수 영역에서의 워터마킹 기법들이 활용되고 있다[3,4,5].

이산 푸리에 변환(Discret Fourier Transform)을 이용한 워터마킹 기법들은 원 영상을 이산 푸리에 변환한 후, 진폭 값들이나 위상 값들에 워터마크를 삽입하는 방법이다. 일반적으로 신호의 진폭이나 위상은 영상변형이나 천이에 잘 바뀌지 않는 특성 때문에 대부분 이산 푸리에 변환의 진폭 값을 이용하여 워터마크를 삽입한다. 이것은 영상 처리에 의해 원 영상에 변형이 가해졌다 하더라도 이산 푸리에 변환의 진폭 값에는 거의 영향을 주지 않기 때문이다. 만약 이산 푸리에 변환 영역에서 워터마크를 삽입하여 영상 처리에 의해 워터마크가 변형되었다 해도 공간영역 방법에 비해 워터마크의 손상이 적다. 이산 푸리에 변환 영역에서 워터마크를 위상 값을 이용하여 삽입하는 것이다. 위상 값을 이용하는 방법은 진폭 값을 이용하는 방법보다 잡음에 강인한 특성을 갖는다. 그러나 이 방법은 워터마크의 강인성은 향상시킬

수 있지만 영상 데이터의 중요한 성분들은 변화시켜야 하기 때문에 워터마크가 삽입된 영상에 극심한 화질의 저하를 초래할 수가 있다는 단점이 있다[6].

Joseph O'Ruanaidh와 S. Pereira[3,4,5]는 푸리에 변환의 추이 불변성을 이용하여 워터마크를 기하학적인 변형에 강인하도록 설계하였다. 즉, 로그-극좌표 매핑(log-polar mapping) 방법을 이용하여 워터마크를 회전, 확대/축소의 기하학적인 변형을 단순한 추이형태의 변형으로 바꾸어 주었다. 이렇게 함으로써 회전, 확대/축소, 추이에 불변인 좌표공간을 형성하고, 이 공간 내에서 워터마크의 삽입과 추출을 피함으로써 영상의 기하학적인 변형에 대비하고자 하였다.

이산 푸리에 변환 워터마킹 기법은 이산 푸리에 변환 영역에서 워터마크를 삽입한 다음, 이산 푸리에 변환의 역변환을 수행하여 워터마크가 삽입된 영상을 얻는다. 워터마크의 검출은 이산 푸리에 변환 영역에서 워터마크의 주파수 계수 간의 상관도를 구하여 워터마크의 존재 유무를 판단한다. 이 기법은 이산 푸리에 변환의 진폭 값 또는 위상 값을 선택하여 워터마크를 삽입하지 않고 진폭 값과 위상 값 전부에 워터마크를 삽입할 수도 있다. 그렇지만 워터마크가 삽입된 영상의 화질이 극심하게 저하되는 단점을 갖는다. 따라서 이산 푸리에 변환 영역에서 다양한 방법들이 제안되고 있으며, 대역확산을 이용하는 방법도 제안되었다.

현재까지의 연구를 살펴보면 정지 영상에 대한 비지각적 워터마킹 기법들은 흑백 정지 영상을 그 대상으로 하여 공간 영역과 주파수 영역에서 많은 연구가 이루어졌으며 여러 가지 알고리즘들이 제안되었다. 그러나 현재 유통되고 있는 디지털 멀티미디어 콘텐츠 영상의 약 90% 이상이 컬러 정보를 포함한다는 통계를 감안해 본다면 흑백 영상을 대상으로 한 워터마킹 기법을 그대로 적용하는 것보다는 컬러 영상에 적합한 새로운 워터마킹 기법의 연구가 필요하다고 하겠다[7].

### 3. 제안된 워터마킹 기법

#### 3.1 CIELAB 좌표계

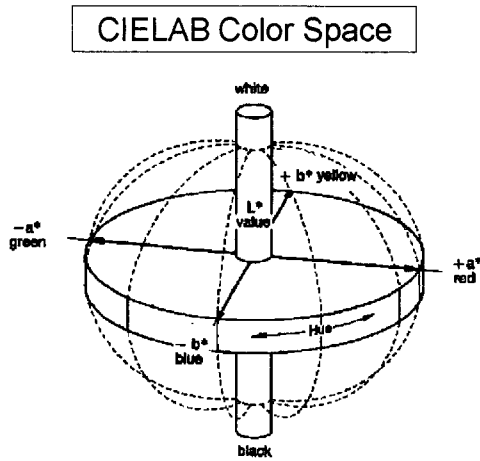
CIELAB 좌표계는 휘도의 영역( $L^*$ )과 색도의 영역( $a^*$ ,  $b^*$ )이 따로 분리되어 있어 인간의 시각적 특성을 이용하기에 적합한 색좌표 시스템이라 할 수 있으며, 이를 이용한다면 보다 더 비가시적인 워터마킹 기법을 고안할 수 있다 하겠다.

색은 조명되는 빛과 물체와 그것을 보는 사람의 눈에 따라 정해진다. 조명에서 나오는 빛이 물체에 부딪쳐 반사되어 눈에 들어와 광 자극이 색으로서 지각된다. 이 때 빛이 강하면 밝고, 약하면 어둡고, 또 적색광이 강하면 적색으로 보인다. 물체의 색은 비쳐지는 조명색에 따라 변하거나 보는 사람의 개인 차이에 따라서도 변한다. 이런 문제점들이 많아지자 표준으로 삼을 수 있는 기준이 필요하게 되었고 1931년 CIE 국제조명회가 그 기준을 발표하게 되었다.

CIE 국제조명회(Commission International de l'Eclairage, the international commission on Illumination)에 의해 개발된 표색계는 1931년에 처음 개발되었으며, 광원과 관찰자에 대한 정보를 표준화하고 표준광원에서 표준 관찰자에 의해 관찰되는 색을 수치화하였다. 현재 가장 많이 사용되는  $L^*a^*b^*$  체계(CIELAB, 1976)는 단순하게 표기된 색 값이 아니고 1931년 국제조명위원회의 시감 시험에 의한 결과 유도식에 의하여 변환된 것이다. 국제조명위원회의 색좌표는 광원과 시감을 수치화함으로써 객관성을 유지하며 과학적이고 물리적으로 색채를 측정할 수 있게 되었다.

CIELAB 색좌표는 색소 산업분야와 페인트, 종이, 플라스틱, 직물과 같은 색 오차들과 작은 색 차이들을 표현할 때 필요에 의해 생겨났다.  $L^*a^*b^*$ 는 보다 인간의 감성에 접근하기 위하여 연구된 결과로 인간이 색채를 감지하는 Yellow~Blue, Green~Red의 반대색설에 기초한 것이다. 기호 중  $a^*$ 는 Green~Red의 관계를,  $b^*$ 는 Yellow~Blue의 관계를 표시한다.  $L^*$ 은 인간의 시감과 같은 명도를 나타낸다. 이 색표계는 조색을 하거나 색채의 오차를 알기 쉬우며 색채의 변환 방향을 쉽게 짐작할 수 있어서 현재 물체의 색을 측정할 때 가장 널리 사용되고 있으며, 색자극 상술의 명확성과 색 차이 측정기준에서 실제적으로 유용성이 많기 때문에 실제로 과학과 산업을 포함한 모든 분야에 널리 사용되고 있다. KS(한국산업규격), ISO(국제표준), ASTM(미국표준), JIS(일본

산업규격), DIN(독일산업규격), BS(영국표준) 역시 Lab를 색채 규격 중 하나로 정하고 있다[8].



<그림 1> CIELAB Color Space 모형

### 3.2 워터마크의 삽입

본 논문에서 제안하고 있는 CIELAB 좌표계를 이용한 워터마킹 기법은 인간의 눈은 휘도(명암의 차이)에는 민감하지만 색도(색의 차이)에는 둔감하다는 인간의 시각적 특성을 고려하여 휘도의 요소가 따로 존재하지 않는 일반적인 RGB 색 좌표계를 휘도(L\*)와 색채(a\*, b\*) 공간으로 분리되는 CIELAB 좌표계로 변환하여 휘도 공간보다 시각적인 변화에 둔감한 a\* 공간에 워터마크를 삽입하여 원 영상의 변형을 최소화하였다. 또한 DFT 변환 후 워터마크의 존재유무가 공개될 수 있는 저주파 대역과, 이미지 압축이나 필터링 등의 영상 공격에 약한 고주파 대역을 피해 중간 대역에 워터마크를 삽입하여 비가시성에 중점을 두었다. 알고리즘은 다음과 같다.

단계 1 : 원 영상(RGB)을 CIEXYZ 좌표계로 변환 후, 다시 CIELAB 좌표계로 변환한다.

단계 2 : 변환한 영상 중 a\* 영역만을 선택, DFT 변환하여 주파수 영역으로 바꾼다. 이때 삽입되는 영상  $I(x,y)$ 이  $N \times N$ 의

크기를 가지고 있다면 이 영상의 푸리에 변환 수식은 다음과 같다.

$$F(u,v) = \frac{1}{N} \sum_{x=0}^{N-1} \sum_{y=0}^{N-1} I(x,y) \exp[-j2\pi(\frac{ux+vy}{N})]$$

단계 3 : 삽입할 워터마크 이미지를 DFT 변환한다.

단계 4 : 단계 2에서 생성된 a\* 영역에 단계 3에서 생성된 워터마크를 삽입한다. 이때, 삽입되는 주파수 대역을 선택할 수 있는데, 본 논문에서는 가시성과 강인성을 위해 중주파수 대역을 선택하여 삽입하였다. 워터마크를 삽입하는 과정을 도식화하면 다음과 같다.

$$M(u,v) = M(u,v) + \alpha W(u,v)$$

이때  $\alpha$ 는 워터마크의 세기를 결정하는 스케일 변수(scaling parameter)로 0에서 1사이의 값을 가진다.

단계 5 : 워터마크가 삽입된 주파수 영역을 IDFT 변환하여 공간 영역으로 변환한 뒤, 원래의 L\* 영역, b\* 영역과 함께 영상의 컬러 좌표계를 CIELAB에서 RGB 좌표계로 변환하여 워터마크가 삽입된 영상을 얻는다. 이때 사용되는 IDFT 수식은 다음과 같다.

$$I(x,y) = \frac{1}{N} \sum_{u=0}^{N-1} \sum_{v=0}^{N-1} F(u,v) \exp[j2\pi(\frac{ux+vy}{N})]$$

### 3.3 워터마크의 검출

본 논문에서 제안된 방법은 워터마크의 검출에 원래의 영상이 필요한 Private 기법이다. 워터마크의 검출 알고리즘은 삽입시의 알고리즘과 비슷한 방법으로 구성되어 있다.

단계 1 : 워터마킹된 영상과 원래의 영상을 CIELAB

으로 좌표계 변환을 한다.

단계 2 : 각각의 영상에서  $a^*$  영역만을 추출, 이를 DFT 변환하여 주파수 영역으로 바꾼다.

단계 3 : 원 영상과 워터마킹된 영상의 차를 구하고 스케일 변수로 나누어 워터마크 신호를 추출해 낸다.

단계 4 : 추출한 워터마크 신호를 IDFT 변환하여 워터마크를 검출한다.

### 3.4 제안된 기법

앞절에서 살펴본 바와 같이 인간의 시각은 휘도의 변화에 민감하고 색도의 변화에 둔감한 특징이 있다. 따라서 인간의 시각에 민감한 휘도 성분은 그대로 두고 색도 성분에 워터마크를 삽입한다면 화질의 보존율이 높아지게 된다.

이와 같은 성질을 이용하여 본 논문에서는 컬러 영상을 기존의 RGB 좌표계에서 인간 시각적 특성을 포함한 CIELAB 컬러 좌표계로 변환하여 워터마크를 삽입하는 기법을 제안하였다. RGB 좌표계는 세 가지 색도 성분만으로 구성되는 반면 CIELAB 좌표계는 휘도 성분과 색도 성분으로 구성되므로, RGB 좌표계로 이루어진 원본 컬러 영상을 CIELAB 좌표계로 변환한 후, 변환된 CIELAB 좌표계에서 색도 성분 중 하나인  $a^*$  영역을 DFT 변환하여 주파수 처리한 워터마크를 삽입하는 방법을 제안한 것이다.

제안한 워터마킹에 대한 추출은 원 영상을 이용하는 Private 기법을 적용하였다. 실제 이미지 비교와 PSNR 실험을 통해 비가시성에 대한 성능을 검증하였으며 또한 이미지 압축, Column and line removal 및 노이즈 필터링 등의 공격을 받은 이미지에 삽입된 워터마크 이미지와 원 워터마크 이미지와의 유사성 실험을 통해 워터마킹 기법의 강인성에 대해 검증하였다.

## 4. 실험 및 고찰

### 4.1 비가시성에 대한 고찰

앞 장에서도 논술했듯이, 워터마킹 시스템의 가장 중요한 요구사항 중의 하나가 바로 비가시성

(Imperceptible)이다. 이는 데이터에 접근한 제 삼자가 영상으로부터 워터마크의 삽입 여부를 인식할 수 없어야 함과 동시에, 삽입에 의해 데이터의 질을 저하시키지 않아야 한다는 요구사항이다[9].

<그림 2>는 RGB 좌표계와 CIELAB 좌표계를 사용한 워터마킹 이미지들의 스케일 변수  $\alpha$ 에 따른 가시성 정도를 나타낸다.



(1)  $\alpha = 0.05$  (RGB 좌표계)



(2)  $\alpha = 0.05$  (Lab 좌표계)



(3)  $\alpha = 0.1$  (RGB 좌표계)



(4)  $\alpha = 0.1$  (Lab 좌표계)



(5)  $\alpha = 0.3$  (RGB 좌표계)



(6)  $\alpha = 0.3$  (Lab 좌표계)



(8)  $\alpha = 0.5$  (Lab 좌표계)



(7)  $\alpha = 0.5$  (RGB 좌표계)

<그림 2> RGB 좌표계와 CIELAB 좌표계를 사용한 워터마킹 방법의 가시성 비교

<그림 2>에서 알 수 있듯이, 스케일 변수  $\alpha$  값이 0.1 이하일 때는 RGB 좌표계와 CIELAB 좌표계 양쪽 모두 워터마크가 삽입된 것을 육안으로 확인할 수가 없으나,  $\alpha$  값이 0.3 이상의 경우에는 확연히 가시적인 차이가 드러난다.  $\alpha$  값이 0.3일 때, RGB 좌표계의 경우 눈에 띄 정도로 화질의 손상이 보였으나 CIELAB 좌표계는 주의 깊게 관찰하지 않으면 화질이 손상되었다는 것을 알아차릴 수가 없다.  $\alpha$  값이 증가하면 증가할수록 CIELAB 좌표계에 비해 RGB 좌표계 쪽이 화질의 손상 정도가 1step 정도 극심해짐을 알 수 있었다.

이러한 화질의 차이를 PSNR을 사용해 수치적으로 측정해 보았다.

PSNR(Peak Signal to Noise Ratio)란 영상처리학회에서 설정해놓은 화질 측정단위를 뜻하는 것으로, PSNR 30dB에서 화질이 1.0dB 증가할 때마다 화질 상태의 개선효과를 육안으로 확연하게 구분할 수 있다고 알려져 있다. 즉, 높은 값일수록 좋은 화질을 나타낸다고 할 수 있다.

PSNR을 구하는 식은 다음과 같다.

$$PSNR(dB) = 10 \log_{10} \frac{255^2}{\sum_i \sum_j [X(i,j) - X'(i,j)]^2}$$

이 때  $X(i,j)$ 는 원 영상이며  $X'(i,j)$ 는 워터마크된 영상이다. 이 계산식에 따라 RGB 좌표계를 사용한 워터마킹 이미지와 CIELAB 좌표계를 사용한 워터마킹 이미지들의 PSNR 수치를 비교해 보았다. 그 결과가 <표 1>이다.

#### 4.2 강인성에 대한 고찰

강인성에 대한 실험에서는 실험에 사용된 다수의 영상에 Column and line removal, 이미지 압축, 노이즈 필터링 등의 영상처리를 거친 다음 유사도(similarity)를 측정하여 결과를 나타내었다.

<표 1> RGB 좌표계와 CIELAB 좌표계의 스케일 변수  $\alpha$ 에 따른 PSNR의 변화

| $\alpha$ | PSNR       |         |
|----------|------------|---------|
|          | CIELAB 좌표계 | RGB 좌표계 |
| 0.01     | 52.50      | 49.42   |
| 0.03     | 51.74      | 49.42   |
| 0.05     | 51.70      | 49.41   |
| 0.08     | 51.17      | 49.19   |
| 0.1      | 50.73      | 49.00   |
| 0.3      | 47.96      | 46.27   |
| 0.5      | 44.00      | 43.41   |
| 0.7      | 42.84      | 41.04   |
| 0.9      | 40.20      | 39.12   |
| 1.0      | 39.05      | 38.23   |

<표 2> 유사도 결과

| Image    | 원 영상 | Compression JPEG | Column and line removal | Adding Noise |
|----------|------|------------------|-------------------------|--------------|
| image(1) | 0.97 | 0.63             | 0.69                    | 0.58         |
| image(2) | 0.93 | 0.65             | 0.64                    | 0.61         |
| image(3) | 0.93 | 0.54             | 0.62                    | 0.60         |
| image(4) | 0.95 | 0.57             | 0.59                    | 0.52         |

이 유사도 라는 척도로 워터마크의 존재유무를 판별, 영상의 소유권을 인증할 수가 있으며, 1에 가까울수록 원래의 영상과 유사함을 나타낸다. 삽입된 워터마크를  $X^*$ , 원래 워터마크 영상을  $X$ 라 했을 때 유사도의 산출 공식은 다음의 식으로 정의된다.

$$(sim X, X^*) = \frac{X \cdot X^*}{\sqrt{X^2 \cdot X^{*2}}}$$

실험 결과 손실 압축, Column and line removal 및 노이즈 필터링에 대한 견고성은 영상에 따라 차이는 있으나 대체적으로 워터마크의 존재유무와 소유권의 인증에는 충분한 결과가 나왔다.

## 5. 결 론

논문에서는 휘도(명도)의 변화에 민감하고 색채의 변화에 비교적 둔감하다는 인간의 시각적인 특성을 이용하여, 기존의 RGB 좌표계를 이용한 이미지 처리기법이 아닌, CIELAB 좌표계를 이용한 워터마킹 기법을 제안하였다. 제안 방법에서는  $a^*$  영역에 시각적으로 인지할 수 없는 워터마크를 삽입하여 기존 RGB 영역에서의 처리보다 더 한층 비가시성 부분을 강화했고 DFT 변환 기법을 통하여 기하학적인 공격에 대해 대비를 하였다. 실제 이미지 비교 실험과 PSNR 실험 결과, RGB 좌표계를 이용하는 방식보다 CIELAB 좌표계를 이용하는 방식이 비가시성이 더욱 뛰어난 것을 확인하였고 또한 이미지 압축, Column and line removal 및 노이즈 필터링 등의 공격을 받은 이미지에 삽입된 워터마크 이미지와 원 워터마크 이미지와의 유사성 실험을 통해 소유권 인증 확인에 충분함을 검증하였다.

## 참 고 문 헌

- [1] 강상익, "디지털 워터마킹 국내·외 표준화 동향," TTA저널, 제 73호, pp.138-145(2001).
- [2] Ingemar J. Cox, J. Killian, F. Thomas Leighton and Talal Shamoan, "Secure Spread Spectrum Watermarking for Multimedia," IEEE Trans. on Image Processing, vol. 6, no. 12, pp. 1673-1687(1997).
- [3] J. O'Rhanaidh and T. Pun, "Rotation, Scale and Translation Invariant Spread Spectrum Digital Image Watermarking," Signal Processing, pp. 303-317(1998).
- [4] S. Pereira, J. O'Rhanaidh, F. Deguillaume, G. Csurka and T. Pun, "Template based recovery of Fourier-based watermarks using Log-Polar and Log-log Maps," In Int. Conference on Multimedia Computing and System and Watermarking(1999).
- [5] S. Pereira and T. Pun, "Fast Robust Template Matching for Affine Resistant Watermarking," in 3th International Information Hiding Workshop(1999).
- [6] J. O'Rhanaidh, W.J.Dowling and F.M. Boland, "Phase watermarking of digital images," in Proc. IEEE Int. Conf. Image Processing(ICIP), vol. 3, pp. 239-242(1996).
- [7] B. Chitprasert and K.R.Rao, "Human Visual Weighted Progressive Image Transmission", ICCS '88, Int. Conf. on Commun. Sys., Singapore, no. 17(1988).
- [8] 문은배, "색채의 활용", 도서출판 국제, 서울 (2002).
- [9] 한국전산원, "지적재산권 보호를 위한 정보네트워크 기술 및 표준화 연구"(2000).



이 창 순 (Chang-Soon Lee)

- 1981년 2월 경북대학교 전자공학과 졸업(공학사)
- 1983년 2월 경북대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학석사)
- 1993년 2월 경북대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학박사)
- 1993년 3월~현재 대구한의대학교 멀티미디어 학부 교수
- 관심분야 : 멀티미디어처리, 정보보호론, 컴퓨터네트워크

정 송 주 (Song-Ju Jung)

- 2000년 2월 대구한의대학교 정보처리학과 졸업(이학사)
- 2004년 8월 대구한의대학교 정보처리학과 졸업(이학석사)
- 현재 대구한의대학교 누리사업단 근무