

상향식 주의 모듈을 사용한 디지털 워터마킹 기법

최 경 주[†]

요 약

본 논문에서는 상향식 방식의 주의모듈을 사용하여 얻어지는 의미론적으로 중요한 영역에 워터마킹을 삽입하는 새로운 방법을 제안한다. 본 논문에서는 저작물을 공격하는 제3자가 영상 전체 정보가 아닌 몇몇 영역 및 물체에 관심을 가지고 있다는 사실에 착안하여 의미론적으로 중요하다고 생각되는 영역에 워터마크 정보를 삽입한다. 이는 전통적인 워터마킹 방법이 영상의 전체 영역에 걸쳐 워터마크를 삽입하는 것과는 다른 접근방법이다. 워터마크가 삽입되는 관심영역은 인간의 상향식 방식의 시각적 주의에 기반하여 모델링 된 주의모듈을 통해 얻는다. 본 논문을 통해 제안되는 워터마크 기법은 워터마크가 전체 영상이 아닌 몇몇 주요영역에 삽입되므로 중요부분이 공격당하기 어렵게 되며, 워터마크를 확인하여 소유권자를 구분할 때에도 워터마크가 관심영역 안에 있기 때문에 삽입된 워터마크의 탐지율이 높아진다. 실험결과를 통해 제안하는 방법의 효용성을 확인하였다.

키워드 : 관심영역, 워터마킹, 의미론적 중요도, 시각적 주의

A Digital Image Watermarking Using A Bottom-up Attention Module

Kyungjoo Cheoi[†]

ABSTRACT

This paper takes a bottom-up attention module into consideration for digital image watermarking. A bottom-up attention module is employed to obtain the region of interest, and watermark information is embedded into the obtained region. Previous studies in digital image watermarking have been focused on the signal processing techniques, especially in waveform coding spreading watermarks over the entire target image. However, we notice that the third party's visual attention is usually concentrated on a few regions in an image but not on all of them. These regions are easy to be the target of attacks. If watermark information is inserted into these regions from the beginning, it can be detected with high correlation. Various kinds of images are tested, and the results showed good quality.

Key Words : Interest Region, Watermarking, Semantic Importance, Visual Attention

1. 서 론¹⁾

저렴한 컴퓨터의 보급 및 디지털 기술의 발전으로 인해 증가하고 있는 디지털 콘텐츠에 대한 불법적인 사용을 방지하고 저작권을 보호하기 위한 하나의 수단으로 디지털 워터마킹(digital watermarking) 기법이 제안되었다. 디지털 워터마킹은 디지털 콘텐츠에 소유자 자신만의 정보인 워터마크(watermark)를 삽입시킴으로써 소유권을 주장할 수 있는 근거를 제시할 수 있도록 하는 기술로, 워터마크가 삽입된 이후에도 인지할 수 있을 정도의 원본 데이터의 질적 저하를 초래해서는 안되며, 비소유권자의 불법적인 조작에도 존재해야 한다[1].

지금까지 가장 대표적이고 널리 사용되는 데이터 보호기법은 데이터를 암호화(Encryption)하는 방법이 있다. 기존의 암호화(Encryption)는 암호를 풀지 못하면 콘텐츠를 볼 수 없다는 장점이 있지만, 일단 한번 암호가 해독되어 복호화된 데이터는 암호를 해독한 사용자가 악의적인 목적으로 복호화된 디지털 콘텐츠들을 허가받지 않은 제 3의 사용자에게 아무런 제약없이 복사되고 재배포될 수 있다는 문제점이 있다. 하지만, 디지털 콘텐츠에 삽입되는 워터마크는 콘텐츠에 다양한 변형을 가하여도 쉽게 없어지지 않는 특징을 가지고 있기 때문에 불법적인 사용이 있을 경우 적발하여 그에 따르는 법적 책임을 지을 수 있다. 이러한 워터마킹 기술의 보이지 않게 디지털 콘텐츠를 보호하는 특성 때문에 디지털 워터마킹 방법이 디지털 콘텐츠 저작권 보호를 위한 새로운 해결책으로 제시되고 있으며, 국내외에서 이와 관련된 연구가 활발히 진행되고 있다[1-9]. 최근에는 암호화 기법과 워터마킹 기술들을 적절히 접목시켜 더욱 견고한 DRM(Digital Rights Management) 시스템도 개발되고 있다.

* 이 논문은 2006학년도 충북대학교 학술연구지원사업의 연구비 지원에 의하여 연구되었음(This work was supported by the research grant of the Chungbuk National University in 2006)

† 종신회원 : 충북대학교 전기전자컴퓨터공학부 조교수
논문접수 : 2008년 3월 10일
수정일 : 2008년 5월 20일
심사완료 : 2008년 6월 5일

지금까지 워터마킹과 관련된 연구의 대부분은 영상 데이터에 집중되어져 왔다. 공간영역(spatial domain)인 영상 데이터에 직접 워터마크를 삽입하는 방법[2-3]에서부터 영상 데이터를 DCT나 DWT를 이용하여 변환한 다음 주파수 영역(frequency domain)에서 워터마크를 삽입하는 방법[1,4-8], 그리고 주파수와 공간영역 모두에 워터마크를 삽입하는 방법[9]이 있다. 공간영역에 워터마크를 삽입하는 방법은 초기적인 형태의 워터마킹 방법으로 가장 간단한 방법은 픽셀들을 임의적으로 선택하여 그것의 밝기값의 LSB(Least Significant bit)를 변형시키는 것이다[2]. 이러한 방법은 손실압축, 잡영, 필터링과 같은 일반적인 신호처리 기술에 아주 민감하며, 변형공격에도 쉽게 워터마크가 깨지는 특성을 갖는다. 이러한 이유로 인해 인간의 시각이 고주파 성분을 잘 인지하지 못하는 반면, 저주파 성분은 쉽게 인지할 수 있는 특성을 적용하여, 공간영역의 디지털 정보를 FFT(Fast Fourier Transform), DCT(Discret Cosine Transform), DWT(Discrete Wavelet Transform) 등과 같은 변환을 통하여 주파수 영역으로 변환한 후, 주파수 영역들 중 시각적으로 덜 민감한 성분에 적용적으로 워터마크를 삽입하는 알고리즘이 개발되어졌다. Cox 등은 영상 전체를 분할하지 않고 영상 전체를 DCT 변환한 후 영상에서 DC 성분을 제외한 중요한 주파수 계수를 선택하여 워터마킹 하는 방법을 제안하였다[5]. Cox의 방법은 워터마크 검출 시 원 영상과의 차를 이용한다는 단점이 존재하지만, 이 방식은 현재 연구되고 있는 대부분의 워터마킹 기술에서 수정되어 사용되고 있다.

이러한 기존의 워터마킹 연구에서는 주로 영상 전체에 걸쳐 주파수 영역에 워터마크를 삽입하는 데에 집중하였다. 이러한 방법들은 몇몇 특정 형태의 변형공격에 대하여 소유권과 저작권을 지키는데 매우 유용하지만, 원본영상의 일정

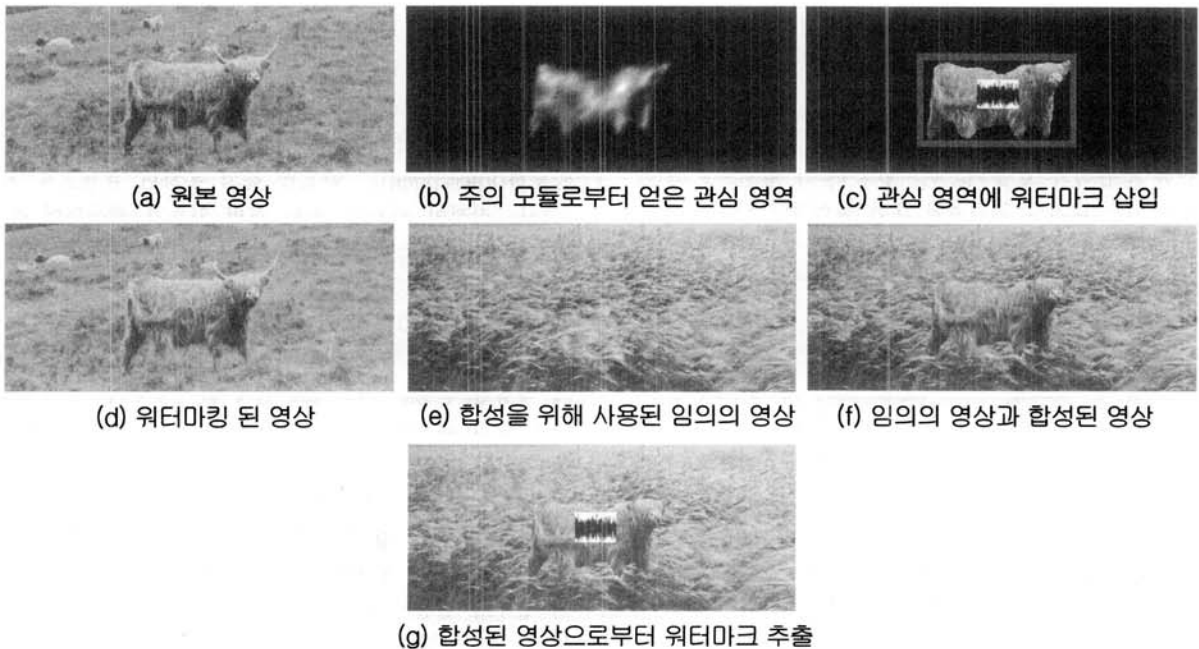
부분이 복사되거나 가위질 당해 새로운 영상을 합성하는데 쓰여졌다면, 전통적인 워터마크는 원본 영상에 전체적으로 워터마크를 고루 삽입하므로 새롭게 합성된 영상으로부터 워터마크를 추출해내기는 쉬운 일이 아니다. 합성된 영상에 남아있는 워터마크의 일부는 소유권 및 저작권을 증명하기에는 불충분하다. 소유권을 증명하기 위해서는 합성된 영상에서라도 삽입된 워터마크를 탐지하는 것이 매우 중요하다.

본 논문에서는 콘텐츠를 공격 해오는 비저작권자인 제 3의 사용자는 일반적으로 영상 전체 정보가 아닌 몇몇 영역 및 물체에 관심을 가지고 있다는 점에 착안하여 영상 전체 영역이 아닌 인간의 상향식 방식의 시각적 주의를 기반으로 모델링 된 주의모듈을 통해 얻어지는 주의 영역(attention region)에 워터마크 정보를 삽입하는 방법을 제안한다. 워터마크 정보를 의미론적으로 중요한 영역에 삽입된다면 삽입된 워터마크는 상대적으로 덜 손상될 가능성이 높다는 장점이 있으며, 따라서 합성된 영상으로부터도 높은 상관도를 가지는 워터마크가 탐지될 수 있다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서 제안하는 시스템의 핵심인 상향식 방식의 주의모듈을 통해 의미론적으로 중요한 영역을 탐지하는 방법과 사용된 워터마킹 삽입 및 추출기법에 대해 설명하며, 3장에서 모의실험결과를 보이고 4장에서 결론을 맺는다.

2. 제안하는 시스템

제안하는 시스템의 전반적인 동작은 (그림 1)과 같이 설명되어질 수 있다. 먼저 원본영상을 상향식 방식의 주의 모듈로부터 의미론적으로 중요한 영역을 획득하여 영역분할을 한다. (그림 1)에서의 예제는 상향식 주의 모듈로부터 획득

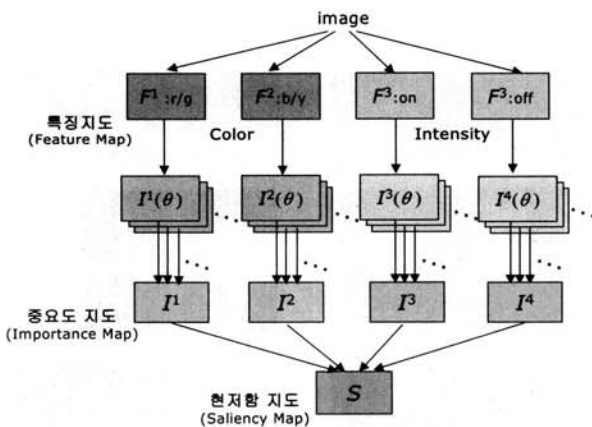


(그림 1) 예제를 통해 본 제안하는 워터마킹 방법

된 영역은 '소'이다. 이렇게 분할된 영역에 워터마크를 삽입한다. 해당영역에 워터마크를 삽입하는 방법은 공간영역과 주파수영역을 동시에 사용하는 워터마킹 알고리즘을 채택하였다[9]. 이러한 방법으로 워터마킹 된 영상은 제3의 사용자가 일반적인 관심영역이라 할 수 있는 '소' 영역에 대해 잘라내기를 하고, 임의의 영상과 합성하여 재배포하더라도 저작권을 확인할 수 있는 워터마크가 '소' 영역에 삽입되어 있으므로 높은 탐지율의 워터마크를 추출할 수 있다.

2.1 상향식 주의모듈을 통한 의미론적으로 중요한 영역탐지

기존의 영상류에 관련된 실험적 증거에 의하면, 입력되는 영상에서 가장 관심이 있는 부분을 찾아내는 "시각 선택(visual selection)" 기능에 관련된 수많은 기제가 존재한다고 알려져 있는데, 시각적 주의가 바로 그것이다. 여기서 시각적 주의란, 시각 체계에 입력된 정보 중 그 일부를 선택하거나 (selecting) 여과하는(filtering) 기제를 일컫는 것으로, 현 작업에 의미있는 특징만을 선별하여 주의를 특정 영역이나 물체에 집중시킴으로써 시각정보처리 능력을 극대화하는 작업이라 할 수 있다. 본 논문에서 사용한 주의모듈은 다른 자극들보다 두드러진 특정 부분에 대하여 집중하는 저 차원적인 시각적 주의 기능인 상향식 방식에 기반을 두고 있으며, 다음과 같이 크게 3단계를 거친다. 첫 번째 단계에서는, 입력된 영상이 명암도 및 컬러에 반응하는 서로 독립적인 4개의 초기시각 특징지도(Feature Map)로 분할되고, 두 번째 단계에서 이렇게 분할된 초기시지도(Importance Map)로 재구성된다. 마지막 단계에서는 재구성된 모든 중요도지도들을 모두 통합되어 하나의 현저함지도(Saliency Map)를 생성하고, 이 현저함지도의 정보를 기반으로 하여 의미있는 영역을 탐지하게 된다. (그림 2)는 이러한 상향식 방식의 주의 모듈의 전반적인 처리과정을 보여준다.



(그림 2) 상향식 방식의 주의모듈의 전반적인 처리과정

1) 특징지도(Feature Map)

컬러(color)는 인간의 시각이 물체를 구분할 수 있는 가장 큰 특징 중의 하나로 주의를 생성하는데 큰 역할을 한다. 본 논문에서 사용한 주의모듈에서는 색상에 대한 2개의 컬

러 특징지도와 밝기에 대한 2개의 명암도 특징지도를 만들어낸다. 생성된 4개의 독립적인 특징지도는 모두 0~1 사이의 값으로 정규화된다.

• 컬러 특징지도

컬러 특징지도인 F^1 과 F^2 를 생성하는 순서는 다음과 같다. 먼저 R, G, B 가 각각 적색, 녹색, 청색을 나타내는 3가지 추상체의 반응이라 하면, 다른 색상과 조금도 희석되지 않은 순수한 색상에 조율된 적색, 녹색, 청색, 황색 채널인 r, g, b, y 을 [11]에서 사용된 방법으로 생성한다. 이렇게 하면 각 채널은 흑색과 백색 자극에 대해 0을 출력한다. 생성된 채널 r, g, b, y 를 사용하여 인간의 색상처리 과정에서 보이는 Hurvich와 Jameson의 '이중과정 이론'을 바탕으로 '적/녹' 대립 세포에 따른 F^1 을, '청/황' 대립 세포에 따른 F^2 를 만든다[11].

$$F^1 = r - g, F^2 = b - y \tag{1}$$

• 명암도 특징지도

명암도 특징지도인 F^3 과 F^4 를 생성하기 위해서는 입력되는 영상의 밝기정보가 사용된다. 이는 밝기정보도 시각장면의 현저한 영역을 선택하는데 유용한 특징이 될 수 있으며, 색상정보가 사용될 수 없는 경우에도 유용하게 사용될 수 있다는 사실에 바탕을 둔다.

밝기정보는 컬러 영상이 입력되었을 경우, 입력되는 영상의 3가지 추상체 반응(R, G, B)에 대한 평균값으로 얻을 수 있으며, 이를 F^3 과 F^4 를 만드는데 그대로 사용한다. 만일 명암도 영상이 입력되었을 때는 입력된 영상 자체를 사용한다. 여기서 F^3 과 F^4 는 각각 밝기의 ON과 OFF 정보에 대한 특징지도를 나타낸다.

2) 중요도지도(Importance Map) 및 현저함지도(Saliency Map)

특징지도들을 입력받아, 이를 DOOrG 모형[10]에 기반한 방위에 조율된 중심-주변 연산자를 통과시킴으로써 국부영역에서의 콘트라스트 강조 및 방위 특징을 가지는 중요도지도를 생성한다. 이렇게 생성된 중요도지도는 하나의 현저함지도로 통합되어 생성됨으로써 이를 기반으로 영상내의 의미론적으로 중요한 영역을 추출할 수 있다.

중요도지도를 만드는 과정은 다음과 같이 설명될 수 있다.

첫째, 8가지 방위(orientation)를 가지는 필터뱅크 $h(\theta)$ 를 식 (2)와 같은 식을 사용하여 생성한다.

$$h_{x',y'}(\theta) = |DOOrG_{x',y'}(\sigma, r_{x'/y'}, r_{on/off})| \tag{2}$$

여기서 $DOOrG_{x',y'}(\cdot, \cdot, \cdot)$ 은 2차원 DOOrG 함수를 나타낸다. 본 주의모듈에서는 방위 $\theta \in \left\{0, 1\frac{\pi}{8}, 2\frac{\pi}{8}, \dots, 7\frac{\pi}{8}\right\}$ 로 고정하였으며, 매개변수로 $\sigma=5.5, r_{x'/y'} = \frac{1}{9}, r_{on/off}=4.76, K_1 = \frac{1}{6}, K_2=1.7$ 을 사용하였다.

둘째, 입력되는 모든 특징지도에 대하여, 식(3)을 적용한다.

$$I_{x,y}^k(\theta) = \left[\sum_{m,n} F_{x,y}^k \cdot h_{x-m,y-n}(\theta) \right]^2 \quad (3)$$

결과로써 얻어지는 중요도지도는 8가지 방위에 조율된 필터뱅크를 사용하였기 때문에 대응되는 전 단계의 특징지도마다 8가지 지도가 생성된다. 따라서 4가지 종류의 특징지도별 8가지의 지도가 생성되어 총 32개의 지도가 새롭게 생성된다.

방위에 조율된 32개의 중요도지도 $I^k(\theta)$ 는 각 종류별로 가장 반응이 크게 나타나는 방위성분을 가진 지도 4개를 찾아내야 하는데, 각 종류별로 반응이 가장 큰 방위정보를 가지고 있는 지도를 찾아내기 위한 방법은 다음 절에서 설명되어질 특징결합 방법을 사용한다. 특징결합 과정을 거치면 결국 가장 반응이 크게 나타나는 방위정보를 가진 4가지 종류의 중요도지도 I^k 를 얻게 된다.

이렇게 생성된 4개의 중요도지도 I^k 역시 다음절에서 설명되어질 특징결합 방법을 사용하여 하나의 현저함지도인 S로 결합한다. 현저함지도를 통해 주의영역을 추출할 수 있다.

3) 특징결합 방법

윗단계에서 생성된 4개의 중요도지도 I^k 를 입력받아 이를 결합하여 하나의 현저함지도인 S로 결합한다. 본 주의모듈에서는 입력되는 지도를 구성하고 있는 특징값들의 통계적 정보와 국부적인 경쟁력 특성을 이용하여 특징을 결합한다. 특징결합 방법은 다음과 같이 설명될 수 있다.

C를 특징결합 모듈로 입력되는 지도라 할 때, k개의 C^k 지도에 대하여 활동량이 많은 부분은 활성화시키고, 그렇지 않은 평이한 부분은 억제시키는 작업이 각각의 지도안의 특징값들의 통계적인 정보를 바탕으로 수행되어진다. 활동량이 있는 모든 지점에 대해서 전체 지도안에서 가장 큰 활동량과 가장 큰 활동량을 제외한 특징값의 평균 활동량을 비교하면 현재 지점의 활동량이 평균 활동량에 비해 얼마나 다른지 알 수 있게 된다. 이런 차이가 크면 클수록 해당 지도내의 특정 지점에서의 활동량이 다른 지점에 비해 두드러진다는 말이 되고, 결국 하나의 지도로 통합될 때에 이러한 활동 양상을 보이는 특징 지도가 큰 우위를 차지하도록 하게 한다. 하지만 만일 그 차이가 작다면, 해당 지도는 별로 독특하지 활동 양상을 보이는 값만을 가지고 있다는 말이 되므로, 이러한 지도일 경우 하나의 지도로 통합될 때 별 영향을 미치지 않게 하면 되는 것이다. 따라서 이와 같은 정보를 바탕으로 입력되는 각각의 C^k 지도에 대하여 아래의 식과 같은 방법으로 각 지도를 업데이트 시킨다.

$$FI_{x,y}^k = \frac{CN_{x,y}^k - MinCN}{MaxCN - MinCN} \quad (4)$$

여기서 FI^k 는 여러 개의 C^k 지도를 입력 지도의 통계적인 정보를 이용하여 업데이트한 결과로 생성된 지도를,

$MaxCN$ 과 $MinCN$ 은 각각 CN^k 지도를 구성하는 모든 특징값 중 가장 큰 값과 가장 작은 값을 뜻한다. 여기서 CN^k 지도는 식 (5)와 같이 계산되어질 수 있다.

$$CN_{x,y}^k = C_{x,y}^k \times \left[MaxC^k - \frac{1}{M-1} \left[\left(\sum_{x,y} C_{x,y}^k \right) - MaxC^k \right] \right]^2 \quad (5)$$

여기서 $MaxC^k$ 는 C^k 를 구성하는 특징값들의 최대값을, M은 입력되는 C^k 지도의 크기를 뜻한다.

$$MaxC^k = \max(C_{x,y}^k)$$

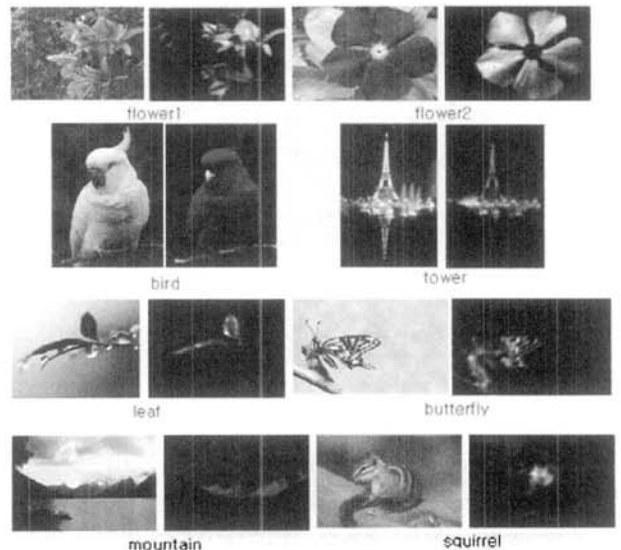
$$MaxCN = \max(CN_{x,y}^1, CN_{x,y}^2, \dots, CN_{x,y}^k) \quad (6)$$

$$MinCN = \min(CN_{x,y}^1, CN_{x,y}^2, \dots, CN_{x,y}^k)$$

이러한 과정을 통해 의해 특정한 C^k 지도에 대해 자신 이외의 다른 C^k 지도와의 관련성을 유지할 수 있으며, 이를 통해 대체적으로 평이한 특징값을 가지고 있던 입력 지도들은 전체적으로 그 지도를 구성하는 값이 저하되고, 그렇지 않은 지도는 높은 값을 가지게 된다. 따라서, 이렇게 생성된 k개의 FI^k 지도는 단순히 모두 합하더라도 별로 특이하지 않다고 생각되는 정보를 가지고 있는 지도를 걸러낼 수 있다.

4) 예제를 통해 본 상향식 방식의 주의모듈의 동작

(그림 3)은 실 영상에 대한 상향식 방식의 주의모듈의 전 반적인 동작과정을 보여준다. 여기서 보여지는 각각의 실험 영상에서 가장 먼저 눈에 띄는 영역은 flower(640X480)의 경우 '꽃', butterfly(350X228)의 경우 '나비', bird(475X649)의 경우 '새', cow(400X166)의 경우 '소'이다. (그림 3)의 원본 영상 옆의 명암도 영상이 결과 영상으로 가장 밝은 영역 순으로 탐지된 영역의 중요도를 나타낸다. 결과에서도 보여지듯이 주의모듈은 가장 현저한 정보로써 위에서 언급한 영역을 잘 찾아내었다.



(그림 3) 상향식 방식의 주의모듈을 통해 얻어진 관심 영역

2.2 워터마킹 삽입 및 추출

본 논문에서는 본 논문에서는 영상을 8X8로 나누어 블록 당 DCT 처리를 하여 워터마크를 삽입하고 다시 공간영역에 대해서 워터마크를 하는 [9]에서 사용한 다중 워터마킹 방법을 변형하여 주파수 영역에만 워터마크를 삽입하였다. 원본 영상에 워터마크를 삽입 및 추출하는 과정은 (표 1)과 (표 2)와 같이 요약될 수 있으며, 보다 자세한 알고리즘은 [9]를 참고하길 바란다.

<표 1> 워터마크 삽입 방법

1. RGB 영상을 YIQ 영역으로 변환하여 자기 성분인 Y영역을 이용한다.
2. 변환한 영상 Y 영역영상을 8X8로 나눈다.
3. 랜덤 시퀀스를 발생시켜 임계값 이상이 되면 그곳에서 DCT를 취하고 다시 삽입정보의 비트가 1이면 8X8 블록의 대각선 아래의 고주파 성분은 그대로 두고 만일 삽입하기 위한 정보의 비트가 0이면 0으로 채운다.
4. 정보를 삽입한 후 역DCT를 취하여 DCT 된 영상을 만들어낸다.
5. 위와 같은 처리를 랜덤한 시퀀스를 발생시켜 주의 모듈로부터 얻은 영역에 대하여 실행한다.

<표 2> 워터마크 추출 방법

1. 워터마킹 된 영상과 원 영상을 YIQ영역으로 변환하여 Y영역에서 8X8 블록의 정보가 삽입된 대각선의 아래부분을 비교한다.
2. 비교시에는 같은 위치의 블록을 상호상관계수를 구하여 1로 처리된 부분은 상관계수가 1로, 0으로 처리된 부분은 1이하의 값으로 구해서 그 값들을 누적변수에 저장한다.
3. 헤더로 이용되는 삽입정보(워터마크)의 처음 2개의 비트는 0비트와 1비트를 구분짓는 임계값으로 이용한다.
4. 이러한 과정을 Y영역에서 주의 모듈로부터 얻은 영역에 대하여 수행한다.

3. 실험결과

제안된 워터마킹 기법의 성능평가를 위해 노이즈, 손실압축, 가우시안블러, 샤프닝, 클리핑후합성 등 다양한 공격에 대해 실험하였다. 손실압축은 효율적인 콘텐츠의 전송을 위해 행해지는 데 이때 삽입된 워터마크에 손실을 줄 수 있으며, 전송 중 노이즈 등이 들어갈 수 있다. 또한 가우시안 블러 및 샤프닝 등은 삽입된 워터마크를 제거하려는 고의적인 공격과 콘텐츠를 수정할 경우에 생길 수 있는 방법들인데, 이러한 여러 공격형태에도 소유권 증명을 위하여 삽입된 워터마크를 추출할 수 있어야 한다[12]. 또한 영상전체에 워터마크를 삽입하는 방법과 본 논문에서 제안하는 주의모듈을 통해 얻어진 영역에 워터마크를 삽입하는 방법과의 비교 실험을 수행하였다.

실험 영상으로는 (그림 3)에서 보여지는 영상을 사용하였고, 삽입되는 워터마크로는 가우시안 랜덤 벡터를 사용하였다. 워터마크는 문자열이나 영상, 로고, 가우시안 랜덤 벡터에 의한 난수열 등 여러 가지가 사용될 수 있으나, 문자열

이나 로고는 일정한 패턴이 있어 보안적인 측면에서는 좋은 방법이 아니다. 그래서 본 논문에서는 평균이 0이고 분산이 1인 가우시안 랜덤 벡터를 사용하였다. 가우시안 랜덤벡터는 서로 독립적이고 연관성이 없으며 패턴을 추측할 수 없는 장점이 있다[13].

워터마크 삽입 후 원영상의 손실 정도를 측정하기 위해 PSNR(Peak Signal to Noise Ratio)를 사용하여 분석하였으며, 원 워터마크와 추출된 워터마크 사이의 객관적인 유사성 측정을 위하여 식 (7)과 같은 NC(Normalized Correlation)를 사용하였다.

$$NC(w, w') = \frac{\sum w_i w'_i}{\sqrt{\sum w_i^2 \sum w'^2_i}} \quad (7)$$

여기서 w 는 원래의 워터마크이며, w' 는 추출된 워터마크이다. 위 수식은 정규화되어 있기 때문에 $w_i = w'_i$ (i 는 워터마크 신호 열에서의 순서) 일 경우 NC는 1이 된다.

3.1 워터마크 삽입 후 영상의 손실 실험

(표 3)은 (그림 3)에서 보여지는 실험영상에 대해 워터마킹 후, 영상손실에 대한 PSNR 측정결과이다. 워터마크가 삽입된 영상과 원영상을 비교할 때 시각적인 차이를 거의 느끼지 못하였으며, PSNR 면에서 전반적으로 50db 이상으로 유지하여 워터마킹 후에도 콘텐츠의 질을 떨어뜨리지 않음을 알 수 있었다. PSNR 측면에서 37db 이상의 값을 가지면 인간시각으로는 원영상과 구분할 수 없는 수준이다.

(그림 4)는 실험영상 'cow'에 대한 원영상과 워터마킹 된 결과영상을 보여준다.

3.2 다양한 공격에 대한 강인성 실험

(표 4)는 워터마킹 영상에 대해 5가지 공격 후 얻어지는 정규화 된 유사도(NC)를 보여준다. (표 4)에서 보여지는 바와 같이 5가지 다양한 공격에 대해 모두 워터마크를 추출할 수 있었으며, 특히 클리핑후합성 공격에 대해 관심영역에 워터마크를 넣는 방법이 그렇지 않은 방법에 비해 NC가 높게 계산되었다. 즉 관심영역에 삽입된 워터마크가 상대적으로 덜 손상되었으며, 그렇지 않은 방법에 비해 높은 상관도를 가지는 워터마크가 탐지될 수 있었다. 워터마크가 전체 영상에 뿌려진다면 복사 및 잘라내기 처리가 필요한 합성된 영상에서 높은 상관도를 가지고 탐지되는 것이 매우 어렵게 된다. 하지만 제안된 방법은 새로 합성된 영상으로부터 워터마크를 높은 상관도로 추출할 수 있었다. 그 이유는 공격당한(합성된) 영상은 원본 영상에서 관심영역이나 시각적 주의를 끌 만한 영역을 함유하고 있기 때문이다. 이는 [9]의 방법 뿐 아니라, 워터마크를 전체 영상에 뿌리는 기존의 어떠한 방법도 마찬가지일 것으로 생각된다. 이에 대한 실질적인 비교분석은 향후 연구과제로 맡겨야 할 것이다.

(그림 5)는 (그림 3)에서 보여지는 몇몇 실험영상에 대한 '클리핑후합성' 공격의 예이다.

〈표 3〉 워터마킹 된 영상의 PSNR

영상	bird	cow	butterfly	leaf	flower1	flower2	tower	mountain	squirrel
PSNR	60.32	52.20	54.03	54.84	59.98	54.61	57.53	56.57	57.34



(a) 원영상

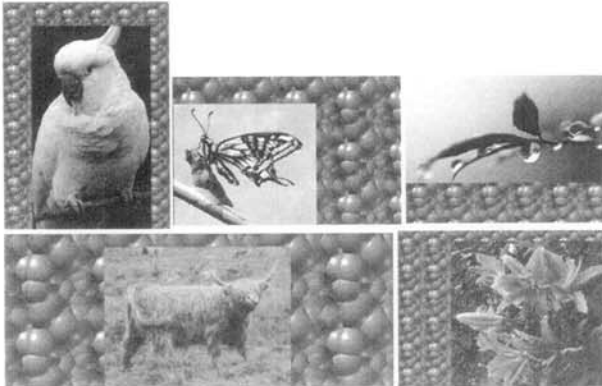


(b) 워터마킹 결과 영상

(그림 4) 'cow'에 대한 원영상 및 워터마킹 된 영상

〈표 4〉 5가지 형태의 공격 후 정규화 된 유사도(NC)

공격형태	bird		cow		butterfly		leaf		flower		
	제안 방법	[9]의 방법	제안 방법	[9]의 방법	제안 방법	[9]의 방법	제안 방법	[9]의 방법	제안 방법	[9]의 방법	
No Attack	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	0.83	1.0	1.0	
노이즈	5%	0.77	0.47	0.92	0.91	0.86	0.72	0.86	0.76	1.0	0.90
	10%	0.61	0.54	0.91	0.85	0.81	0.64	0.5	0.54	0.86	0.82
	40%	0.5	0.31	0.66	0.71	0.65	0.57	0.47	0.40	0.70	0.61
	50%	0.47	0.45	0.57	0.64	0.5	0.52	0.45	0.31	0.46	0.47
JPEG Quality factor	10	0.51	0.36	0.66	0.33	0.81	0.63	0.47	0.45	0.66	0.54
	40	0.61	0.40	0.92	0.54	0.82	0.64	0.57	0.5	0.83	0.61
	60	0.92	0.57	0.91	0.70	0.82	0.77	0.81	0.71	0.92	0.78
	90	0.91	0.57	1.0	0.92	0.83	0.92	0.82	0.72	1.0	0.91
	100	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	0.83	1.0	1.0
가우시안블러	0.92	0.70	0.92	0.57	0.83	0.83	0.83	0.66	0.97	0.81	
샤프닝	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	0.83	1.0	1.0	
클리핑후합성	0.91	0.70	0.95	0.77	0.97	0.91	1.0	0.91	0.98	0.81	
공격형태	flower2		tower		mountain		squirrel				
	제안 방법	[9]의 방법	제안 방법	[9]의 방법	제안 방법	[9]의 방법	제안 방법	[9]의 방법			
No Attack	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0			
노이즈	5%	1.0	1.0	0.82	0.833	0.91	0.81	0.80	0.72		
	10%	0.85	0.92	0.30	0.75	0.83	0.80	0.72	0.68		
	40%	0.78	0.68	0.74	0.74	0.70	0.77	0.68	0.57		
	50%	0.68	0.40	0.82	0.74	0.58	0.57	0.68	0.54		
JPEG Quality factor	10	0.48	0.56	0.77	0.68	0.74	0.82	0.72	0.68		
	40	0.80	0.79	0.89	0.88	0.77	1.0	0.73	0.81		
	60	0.88	0.86	0.91	1.0	0.8	1.0	0.94	0.81		
	90	1.0	1.0	0.92	1.0	0.94	1.0	1.0	1.0		
	100	1.0	1.0	0.97	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0		
가우시안블러	1.0	1.0	0.91	0.92	1.0	1.0	0.97	0.97			
샤프닝	1.0	1.0	0.77	0.7	0.97	0.98	0.83	0.98			
클리핑후합성	0.98	0.7	0.94	0.68	0.8	0.5	1.0	0.68			



(그림 5) (그림 3)에서 보여지는 몇몇 실험영상에 대한 '클리핑 후합성' 공격 예

4. 결 론

본 논문에서는 워터마크를 영상 전체에 삽입하는 것이 아니라 상향식 방식의 주의모듈을 사용하여 얻어지는 의미적으로 중요한 영역에 워터마크를 집중적으로 삽입하는 워터마킹 기법을 소개하였다. 이 기법은 기존의 대부분의 전통적인 워터마킹 기법이 영상 전체에 워터마크를 삽입했던 것과는 다른 새로운 기법이라 할 수 있다.

워터마크가 전체 영상에 뿌려진다면 복사 및 잘라내기 처리가 필요한 합성된 영상에서 높은 상관도를 가지고 탐지되는 것이 매우 어렵다. 소유권을 증명하기 위해서는 합성된 영상에서라도 삽입된 워터마크를 탐지하는 것이 매우 중요하다. 제안된 방법은 의미론적으로 중요하다고 생각되는 영역에 워터마크가 삽입되므로 공격당한(합성된) 영상은 원본 영상에서 관심영역이나 시각적 주의를 끌 만한 영역을 함유하고 있기 때문에 새로 합성된 영상으로부터 워터마크를 높은 상관도로 추출할 수 있다. 즉 제안하는 방법은 합성영상에 대한 소유권 증명에 활용되기 좋을 것으로 생각한다. 하지만 만일 제 3자가 의미론적으로 중요한 부분이 아닌 부분을 클리핑해 가 그것을 악의적으로 도용할 경우 문제가 될 수 있겠으나, 이럴 경우 워터마크를 삽입할 때 기존의 방법처럼 전체 영역에 걸쳐 고르게 삽입하지 않고 ROI에 가중치를 많이 두고, 그렇지 않은 부분은 약하게 준다면 해결할 수 있는 문제라 생각한다.

제안하는 방법의 실험결과 워터마크가 삽입된 영상과 원 영상을 비교할 때 시각적인 차이를 거의 느끼지 못하였으며, PSNR 측정에서도 전반적으로 50db 이상으로 유지하여 워터마킹 후에도 콘텐츠의 질을 떨어뜨리지 않음을 알 수 있었다. 또한 워터마킹 된 영상에 손실압축, 잡영, 필터링, 클리핑, 합성 등 다양한 공격을 가한 후, 내장된 워터마크의 강인성에 대한 실험에서도 워터마크를 추출할 수 있었으며, 객관적인 NC 측에서도 평균 0.75 이상을 유지하는 강인성을 나타내었다.

앞으로 워터마크를 전체 영상에 뿌리는 기존의 여러 방법과 제안하는 방법과의 좀 더 실질적인 비교분석 및 평가가

이루어져야 할 것이며, 또한 상향식 주의모듈에 대한 보다 객관적인 성능평가 및 개선작업도 함께 이루어져야 한다.

참 고 문 헌

- [1] 김동현, 전계석, 이대영, "다중해상도 웨이블릿 변환과 영상융합을 이용한 워터마킹", 정보처리학회논문지B, 제 12-B권, 제 7호, Dec. 2005.
- [2] I.J. Cox and M.L.Miller, "A Review of Watermarking and the Importance of Perceptual Modeling," Proc. SPIE Conf. on Human Vision and Electronic Imaging II, Vol.3016, pp.92-99, Feb. 1997.
- [3] G.caronni, "Assuring ownership rights for digital images," Processing Reliable IT Systems, VIS'95, Vieweg Publishing Company, 1995.
- [4] 신용달, 권성근, "DCT의 DC 계수에 워터마크 삽입하는 디지털 워터마킹", 멀티미디어학회논문지, 제6권, 제6호, Oct. 2003.
- [5] I.J. Cox, J. Kilian, T.Leighton and T.Shamoon, "Secure Spread Spectrum Watermarking for Multimedia," IEEE Trans. on Image Processing, Vol.6, No.12, pp.1673-1687, 1997.
- [6] S. Agreste, G. Andaloro, D.Prestipino and L. Puccio, "An image adaptive, wavelet-based watermarking of digital images," Journal of Computational and Applied Mathematics, Vol.210, Issues 1-2, No.31, pp.13-21, Dec. 2007.
- [7] C. Kuo and S. Cheng, "Fusion of color edge detection and color quantization for color image watermarking using principal axes analysis," Pattern Recognition, Vol.40, Issue 12, pp.3691-3704, Dec. 2007.
- [8] A. Paquet, R. Ward and I. Pitas, "Wavelet packets-based digital watermarking for image verification and authentication," Signal Processing, Vol.83, Issue 10, pp.2117-2132, Oct. 2003.
- [9] 이규대, 박세준, 박만규, "칼라 영상 데이터의 소유권 보호를 위한 다중 워터마킹 알고리즘", 한국멀티미디어학회 종합학술대회 추계학술발표논문집, 제2권, 제2호, pp.22-25, 1999.
- [10] R.Milanese, H.Wechsler, S.Gil, J.Bost and T.Pun, Integration of Bottom-up and Top-down Cues for Visual Attention Using Non-Linear Relaxation. Proc. IEEE Conf. Computer Vision and Pattern Recognition, pp.781-785, Jun. 1994.
- [11] 인간의 색상처리방식에 기반한 교통 표지판 영역 추출 시스템, 한국콘텐츠학회논문집, 제7권, 제2호, pp.1-10, 2007.
- [12] 배기혁, 정성환, "JPEG2000에서의 효율적인 디지털 워터마킹", 한국멀티미디어학회 춘계 학술발표집, 제5권, 제1호, pp. 873-876, 2002.
- [13] 황재호, "HVS를 이용한 디지털 영상의 워터마킹 기법", 한국정보기술학회논문지, 제1권, 제2호, pp.15-28.



최 경 주

e-mail : kjcheoi@chungbuk.ac.kr

1996년 충북대학교 컴퓨터학과 (이학사)

1999년 연세대학교 대학원 컴퓨터학과
(공학석사)

2002년 연세대학교 대학원 컴퓨터학과·
산업시스템공학과(공학박사)

2002년~2005년 LG CNS 연구개발센터

2005년~2007년 충북대학교 전기전자컴퓨터공학부 조교수

관심분야 : 컴퓨터비전, 뇌정보처리, 유비쿼터스컴퓨팅 등