

논문-98-3-2-06

영상 정보의 소유권 보호를 위한 Watermarking 기술의 개발

이 정 수*, 김 희 율*

Development of Watermarking Technique for Protecting the Ownership of the Image Information

Jung-Su Lee* and Whoi-Yul Kim*

요 약

본 논문에서는 DCT를 기반으로 영상의 지역적인 특성에 따라 워터마크를 삽입하는 위치와 워터마크의 크기를 조절하며 영상에 워터마크를 삽입하는 기법을 소개하고자 한다. 영상의 속성에 따라 워터마크의 크기를 조정할 수 있는 JND(Just Noticeable Difference)와 워터마크가 삽입될 위치를 정하는 기준이 되는 Variance를 사용함으로써 워터마크를 영상에 삽입하였을 때, 원래 영상의 질(Quality)을 저하시키지 않고도 영상변형에 강인하도록 한다. 또한, 전체 영상의 JND특성을 함께 고려해 줌으로써 영상에 삽입할 수 있는 워터마크의 크기를 지역적인 영상의 JND를 통해서 구해진 한계치보다 크게 조정하여 워터마크의 강인성을 증가시킨다. 실험 결과에 의하면 본 알고리즘은 워터마크가 삽입된 영상을 필터링(blurring, sharpening)처리하거나 압축, 또는 노이즈를 첨가하는 등의 영상변형을 가한 후에도 워터마크를 검출함으로써 영상변형에 강인한 알고리즘임을 확인할 수 있다.

Abstract

In this paper, we address a watermarking technique which is based on DCT(Discrete cosine transform). It does select the watermark embedded location adaptively, and determine the amplitude of watermark according to the local property of the image. By using the variance of the local image that selects the location to be embedded of the watermark and the JND(Just noticeable difference) that determines the amplitude of the watermark to be embedded in the local image, the proposed watermarking method does not degrade the quality of the original image and is robust to the deformation of the watermarked image. In addition, by considering the JND characteristic of the whole image, we can set the larger amplitude of the watermark than that of the watermark when we consider only the JND characteristic of the local image. In other words, we can increase the robustness of the watermark. Experimental results show that this algorithm is robust to image deformations(e.g., filtering, compression, adding noise), by detecting the watermark from the deformed watermarked image.

I. 서 론

* 한양대학교 전자공학과 영상공학연구소
Image Engineering Lab., Dept. of Electronic Engineering,
Hanyang University
* 본 과제는 과학재단(핵심전문연구 과제번호 981-0926-139-2)에
핵심전문연구비로 지원되었음.

최근, 정지영상, 동영상, 음성 등의 멀티미디어 콘텐츠가 디지털화 되고, 네트워크가 발달함에 따라 이러한 디지털 데이터의 무단 복제 및 불법적인 유포가 성행하고 있다. 또한, 디지털 방송이 규격화되고, 네트워크를 통한 전자 상거래가 가속화됨에 따라 멀티미디어 콘텐츠에 대한

소유권 및 저작권 문제가 크게 대두되고 있다. 이러한, 무단 복제나 불법 거래를 방지하고 저작자의 소유권 및 저작권을 효율적으로 보호하기 위하여 워터마킹 기술이 제안되었다.

워터마크란, 멀티미디어 콘텐츠에 삽입되는 사용자 정보나 랜덤 잡음으로써, 멀티미디어 콘텐츠의 소유권을 주장할 수 있도록 정보를 삽입하는 기술이 워터마킹 기술이다. 워터마킹 기술은 아래와 같은 성질을 갖추어야 한다.

1. 멀티미디어 콘텐츠에 워터마크를 삽입했을 때, 워터마크는 보이거나 들리지 않아야 한다. 즉, 멀티미디어 콘텐츠에 대한 질을 보장할 수 있어야 한다.
2. 워터마크가 삽입된 멀티미디어 콘텐츠에 임의의 필터링을 가하거나, 변형을 가해도 워터마크는 검출되어야 한다. 즉, 워터마킹 기술은 필터링이나 기타 압축과 같은 변형에 강인하도록 설계되어야 한다.
3. 저작권자에 의해서 검출되고, 다른 불법적인 사용자에게 의해서는 검출이 불가능해야 한다.

위와 같은 특성을 갖는 워터마킹 기술을 구현하기 위하여 많은 접근 방법이 있었고, 이러한 접근 방법은 크게 두 가지 방법으로 나누어 볼 수 있다. 첫 번째 방법은 공간영역에서 워터마크를 삽입하는 방법이고, 두 번째 방법은 주파수 영역에서 워터마크를 삽입하는 방법인데, 공간영역에

서 워터마크를 삽입하는 방법은 주로 영상의 최하위 비트에 워터마크를 삽입하기 때문에 저역통과 필터링과 같은 영상 변형에 워터마크가 강인하지 못하다. 반면에 주파수 영역에 워터마크를 삽입하는 경우, 어느 한 주파수 성분은 영상의 모든 영역의 성분이 기여되어 표현되기 때문에, 워터마크가 영상의 특정부위에 삽입되는 것을 피하고 영상의 전 영역에 고르게 분포시킬 수 있게 되어 영상변형에 강인한 특성을 지니는 워터마크를 삽입할 수 있다^[1].

본 논문에서는 영상의 특성에 따라 영상에 삽입되는 워터마크의 크기와 위치를 달리하여, 이를 영상의 DCT 영역에 삽입하는 기술을 소개한다. 워터마크는 1과 -1로 구성된 랜덤 잡음으로써 JND(Just Noticeable Difference)와 영상의 분산을 통해서 크기와 삽입되는 위치를 결정하였다. 또한, 본 논문에서 사용된 방법은 8×8블록의 부분적인 영상 특성에 따라 적응적으로 워터마크가 삽입되기 때문에 워터마크가 삽입되었을 때 양질의 영상을 보장하면서 영상 변형에 강인한 특성을 지닌 워터마크 기술을 보장할 수 있다.

2절에서는 부분적인 영상의 특성에 따라서 워터마크를 영상에 삽입하는 방법을 기술한다. 3절은 워터마크의 검출 방법에 대해 설명되어 있고 이어서 워터마크를 삽입한 결과 영상과 워터마크를 넣지 않은 원영상을 비교함으로써 영상의 질을 보장하는 실험과 워터마크가 삽입된 영상이 여러 가지 방법으로 변형되었을 때, 워터마크를 검출할 수

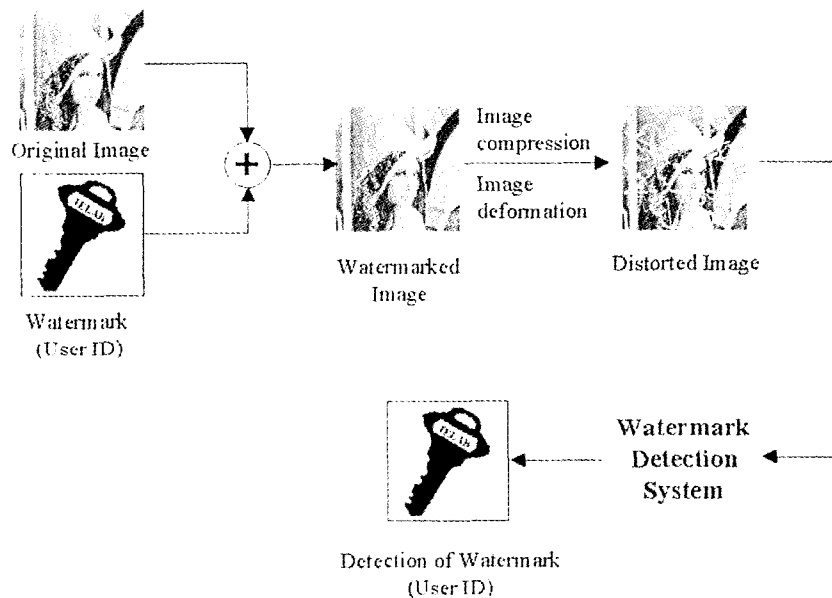


그림 1. 워터마크 시스템의 개략도
Fig. 1. Outline of watermark system

있는 강인성 실험을 보여주고 있다. 또한, 다른 워터마킹 툴과의 비교를 통하여 제안된 워터마킹 기술의 강인성을 확인할 수 있도록 하였다. 마지막 절에서는 영상의 특성에 따라 적응적으로 워터마크를 삽입하는 기술에 대한 결론을 보여준다.

II. 워터마크의 삽입(Watermark Embedding)

먼저, 문서, 사운드 또는 영상에 워터마크를 삽입하는 다양한 방법과 이들의 문제점에 대해 간단히 소개하면 다음과 같다.

Brassil의 경우, 문장이나 문서에 워터마크를 삽입하는 방법을 제안했는데 글자의 모양을 바꾼다든지, 라인간의 간격을 조금씩 조정한다든지, 또는 글자의 세리프(serif)를 지우거나 첨가하는 방법이다^[2,3]. 그러나 이 방법은 워터마크의 강인성을 보장할 수 없다. 직관적으로도 알 수 있

듯이 글자의 모양을 변형한다든지, 또는 자간을 조정함으로써 워터마크를 제거할 수 있기 때문이다. Holt는 워터마크를 오디오 신호의 모양을 갖도록 하여 오디오 신호와 결합하고 이것을 고역통과 필터를 거친 다음 워터마크를 넣고자 하는 원 오디오 신호에 넣는 방법을 제안하였다^[4]. 그러나 고역통과 필터를 거치기 때문에 일반적인 저역통과 필터나 재표본화(resampling)등의 신호 변형에 강인하지 못하다.

Tuner는 최하위 비트에 사용자의 ID를 넣음으로써 자신의 소유권을 보호하고자 했다^[1,5]. 디코딩은 워터마크를 넣지 않은 원래의 데이터와의 비교를 통해서 이루어졌다. 그러나 이 방법은 최하위 비트를 임의로 바꾸어 버리면 검출하기가 용이하지 않다. 따라서 워터마크의 강인성을 보장할 수 없다.

일반적으로 영상에 워터마크를 삽입할 때, 영상에 삽입되는 워터마크의 크기가 클수록 워터마크는 여러 가지 변형에 강인하게 되지만 양질의 영상을 보장하기 어렵다. 또

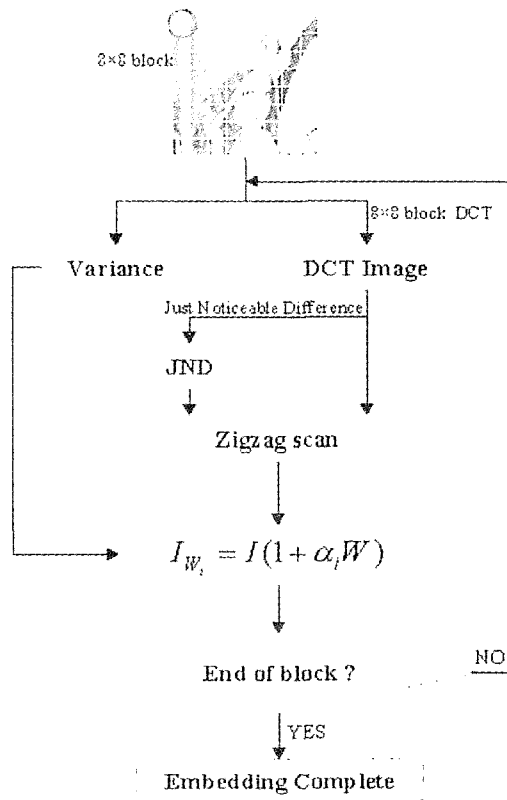


그림 2. 영상에 워터마크를 삽입하는 과정.
fig. 2. The process for embedding watermark in a image

한, 역으로 워터마크의 크기가 작게 되면, 양질의 영상을 보장할 수 있으나 워터마크의 강인성을 보장할 수 없다. 이에 따라 Cox는 영상에 워터마크를 넣을 때 영상의 질에는 영향을 크게 주지 않고, 워터마크를 넣을 수 있는 방법에 대한 중요성을 강조했다^[6].

또한, Zeng은 시각-모델에 바탕을 둔 JND(Just Noticeable Difference)를 통해서 영상에 들어가는 워터마크의 크기를 조절함으로써 양질의 워터마크가 입혀진 영상과 여러 가지 영상 변형에 강인한 워터마크 기술을 소개하였다^[7].

본 논문에서 제안된 방법은 영상에 워터마크를 삽입하는 데 있어서 HVS(Human Visual System)을 이용하여 시각 모델을 설정함으로써 영상의 특성에 따라 워터마크를 비선형적으로 삽입함으로써 영상의 질과 워터마크의 강인성을 보장할 수 있도록 하였다.

그림 2는 본 논문의 워터마크 삽입방법을 나타내고 있다. 먼저, 영상을 8×8 블록으로 나눈다. 다음으로, 이 블록에 대한 분산과 DCT를 각각 취하고, DCT계수로부터 JND(Just Noticeable Difference)를 구한다. 이 JND값은 블록의 특정 주파수에 대한 양자화 에러의 가시성(visibility)을 나타내는 것으로, 최적화된 양자화 테이블(optimized quantization table)을 만드는데 사용된다^[7,8,9,10]. 이 최적화된 양자화 테이블은 최대 크기의 워터마크를 넣는 것과 직접적으로 관련이 있는데, 영상의 질을 저하시키지 않는 양자화 에러만큼 워터마크의 크기를 설정할 수 있기 때문이다^[1].

위의 과정으로부터 구해진 분산과 JND값을 이용하여 (1)식으로부터 워터마크가 삽입된 영상을 구해낼 수 있고, 워터마크를 삽입하는 과정이 끝나면 결과를 블록마다 역 DCT하여 워터마크가 삽입된 영상을 재구성할 수 있다. (1)식은 한 블록에 대한 워터마크 삽입을 나타낸다.

$$I_{w_i} = I_{b_i}(1 + \alpha W) \tag{1}$$

(1)식에서 I_{w_i} : 워터마크가 삽입된 영상, W : 워터마크, I : 워터마크가 삽입되지 않은 영상, α : 영상에 따른 워터마크 크기의 가중치 조절 계수를 각각 나타낸다^[1]. 즉, i 번째의 워터마크된 영상 I_{w_i} 는 원래의 영상 I_i 와 영상 특성에 따른 워터마크와의 합으로 표현된다.

(1)식에서 i 값은 8×8의 i 번째 블록의 부분적인 영상 특성에 따라 결정되는 데, 이 값에 따라 영상에 삽입되는 워터마크의 크기를 결정할 수 있다. 각 블록마다 α 값을 구하기 위해 본 논문에서는 JND와 블록의 분산을 이용한다.

JND는 휘도 마스크링과 컨트라스트 마스크링 등의 HVS에 기반을 두어 영상 특성을 결정하는 요소로서 DCT를 기반으로 영상을 압축하는 데 있어 최적화된 양자화 테이블을 구하는데 이용된다. 최적화된 양자화 테이블을 얻게 되면 영상의 질을 저하시키지 않는 범위의 최대 압축을 구현할

수 있다^[8].

이러한 성질을 이용하여 최적화된 양자화 테이블에 의한 양자화 에러만큼을 영상에 삽입할 수 있는 최대 크기의 워터마크로 설정한다. 그러나, 단순히 JND로부터 결정된 워터마크를 최대 크기의 워터마크로 설정하고 이를 영상에 삽입했을 때는 저역 통과 필터와 같은 일반적인 영상 변형에 강인한 특성을 보이지 못했다. 따라서 본 논문에서는 블록에 더 큰 워터마크를 삽입하기 위해서 각 블록마다 최대 크기의 워터마크를 결정해 줄 JND 테이블에 대해 절대값을 취한 후 전체 영상을 거쳐 합을 구했다.

이 값으로 각 블록의 JND를 나누어 워터마크를 삽입함으로써 각 블록마다의 JND 테이블에 설정된 값 이상으로 워터마크를 삽입할 수 있는데, JND테이블에 의해 결정된 값보다 크게 워터마크 값을 설정하더라도 전체 영상의 JND값으로 나누어주기 때문에 실제적인 JND값은 더 작게 설정된다. 하지만 워터마크를 검출할 때 JND의 합을 이용해서 검출함으로써 보다 강인한 워터마크의 삽입이 가능하며, 영상의 질도 저하시키지 않는다. 즉, 다음 (2)식으로부터 의해 구해질 수 있는데, i 번째 블록에서 구해진 분산과 JND를 이용하여 그 블록에 대한 워터마크된 영상을 구하고 이를 전체 블록에 대해 반복하여 합하면 전체 영상을 구할 수 있다.

$$I_w = \sum_{b_i} \left(I_{b_i} + \frac{v_{b_i} \times JND_{b_i} \times W}{\sum_{all\ block} |JND|} \right) \tag{2}$$

위 식에서 v 값은 i 번째 블록의 분산으로써 실험을 통해 결정된다. (2)식은 (1)식으로부터 유도할 수 있는데, 영상의 특성을 고려하기 위한 α 가 JND와 JND의 합, 그리고 분산의 조합으로 표현된다. 즉, 워터마크를 삽입하고자 하는 영상의 각 블록에 대한 분산과 JND특성을 고려하여 (1)식의 $\alpha \times I_i \times W$ 부분만을 표현하면 다음 식과 같이 표시된다.

$$\left(\frac{v_{b_i} \times JND_{b_i} \times W}{\sum_{all\ block} |JND|} \right) \tag{3}$$

각 블록에 대해 워터마크를 삽입할 위치를 결정하기 위한 영상 특성으로써 분산을 사용하는데, 블록의 분산이 크다는 것은 영상의 화소간 변화율이 크다는 것을 의미하기 때문에 워터마크를 넣는 영역을 저주파에서 고주파영역까지 넓은 영역에 넣을 수 있다. 반대로 분산이 작으면 영상의 화소간 변화율이 작다는 것을 의미한다. 이 때, 만일 워터마크를 고주파쪽에 치우쳐서 삽입하게 되면 영상에 심각한 노이즈를 첨가하는 역할을 하게 된다. 따라서, 워터마크는 저주파쪽으로 치우쳐서 삽입되어야 한다(단

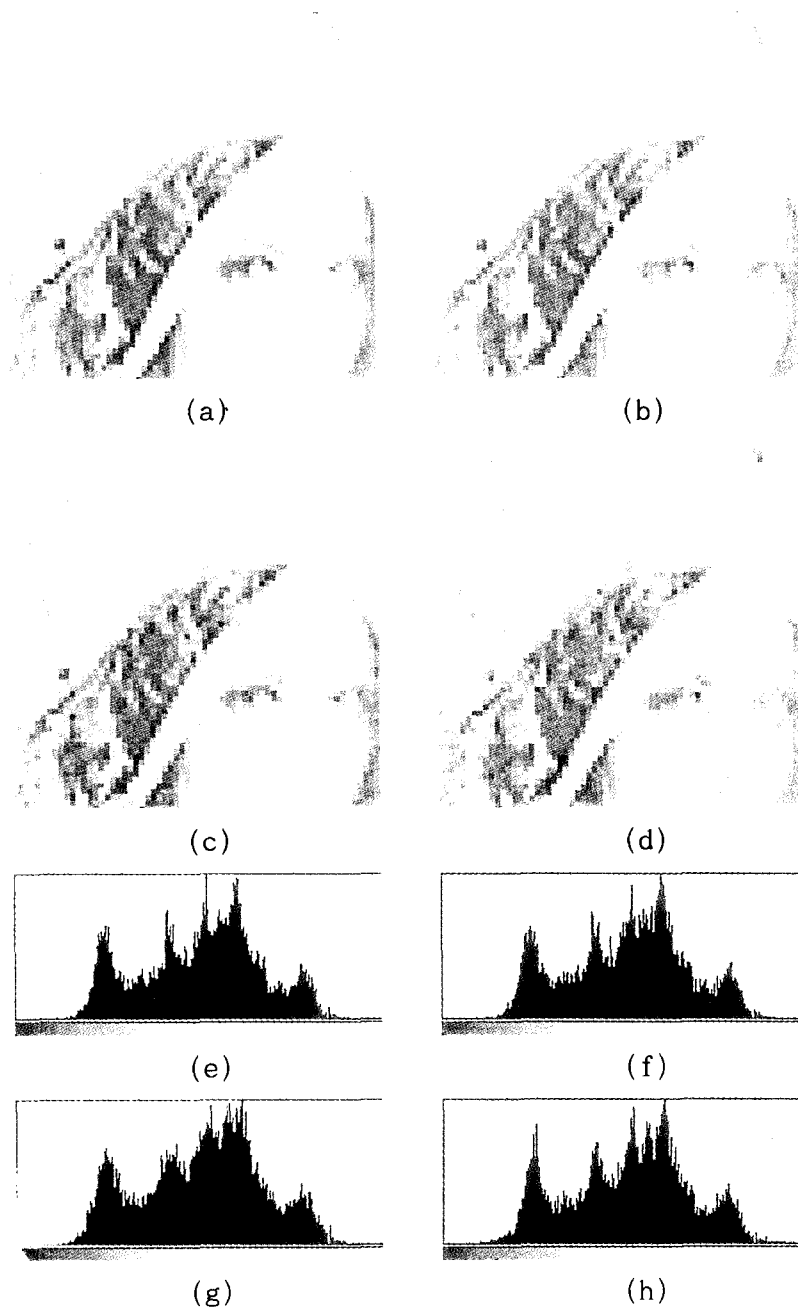


그림 3. 워터마크를 넣기 전의 원래 영상과 각각의 워터마킹 틀을 이용하여 가장 큰 워터마크를 영상에 삽입하였을 때 영상과 히스토그램

(a) 원 영상. (b) 제안된 워터마킹 기술. (c) Digimarc. (d) Suresign

(e) 원 영상의 히스토그램. (f, g, h) (b), (c), (d) 영상에 대한 각각의 히스토그램.

Fig. 3. An original image and an watermarked image with the largest watermark and its' histogram.

(a) An original image. (b) The proposed watermark technique.

(c) Digimarc. (d) Suresign. (e) Tthe histogram of the original image.

(f, g, h) Histograms of (b),(c),(d) Image respectively

DCT 계수의 DC성분은 제외).

8×8 블록 영상의 특정 영역에 워터마크를 삽입하기 위해서 8×8 block을 JPEG에서와 같은 방법으로 zigzag scan한다. 이렇게 zigzag scan을 거침으로써 분산에 따라 임의의 위치에 삽입 가능하게 된다.

III. 워터마크의 검출(Watermark Detection)

워터마크의 검출을 위해 먼저, 워터마크가 삽입된 영상이 타인에 의해 변형되었다고 가정 하자. 먼저 변형된 워터마크의 검출을 위해 워터마크를 삽입하지 않은 원래의 영상과 변형된 워터마크 영상에 대해 각각 블록 별로 DCT를 행한 후에 두 영상에 대한 차분을 구하고 이를 IDCT(역 DCT)하게 되면 변형된 워터마크를 얻을 수 있다. 이 변형된 워터마크로부터 초기에 생성된 1과 -1의 랜덤 잡음형태의 워터마크를 구하기 위해 변형된 워터마크는 다음과 같은 정규화를 필요로 한다.

$$W_n = W_d / \text{abs}(W_d) = \text{sgn}(W_d) \quad (4)$$

W_n : 정규화된 워터마크, W_d : 변형된 워터마크.

변형된 워터마크와 원래의 워터마크와의 상관도는 (5)식을 이용하여 구한다^[11].

$$C = \frac{\sum_i W_{(i)} \cdot W_{n(i)}}{\sqrt{\left(\sum_i W_{(i)}^2 \cdot \sum_i W_{n(i)}^2\right)}} \quad (5)$$

(5)식에서 W 는 원래의 워터마크이고, W_n 은 위의 (4)식에서 구한 것과 같이 변형된 워터마크를 정규화한 결과이다. 워터마크가 변형되지 않았을 때 W 와 W_n 의 최대 상관도가 산출되고 그 값은 1이다. 본 논문에서는 변형된 영상에서 워터마크의 검출 여부를 판별하기 위한 기준으로 전체 블록의 상관도 임계치와 0.9 이상의 상관도를 가지는 블록의 개수가 사용되었다. 전체 블록의 상관도 임계치는 0.85이고, 0.9이상의 상관도를 가지는 블록의 개수는 전체 블록개수의 70%로 설정하였다.

IV. 강인성 실험(Robustness Verification)

본 절에서는 영상에 본 논문에서 제안한 워터마크 기술을 적용해서 영상 변형에 대한 워터마크의 강인성을 확인해 본다. 영상 변형의 단계를 달리하여 적용하였을 때 워터마크의 검출여부를 다른 워터마크 시스템과 비교 검토하고, 가장 큰 워터마크를 적용하였을 때 영상의 질에 대한 저하 정도를 확인해 볼 수 있도록 한다. 비교를 위한

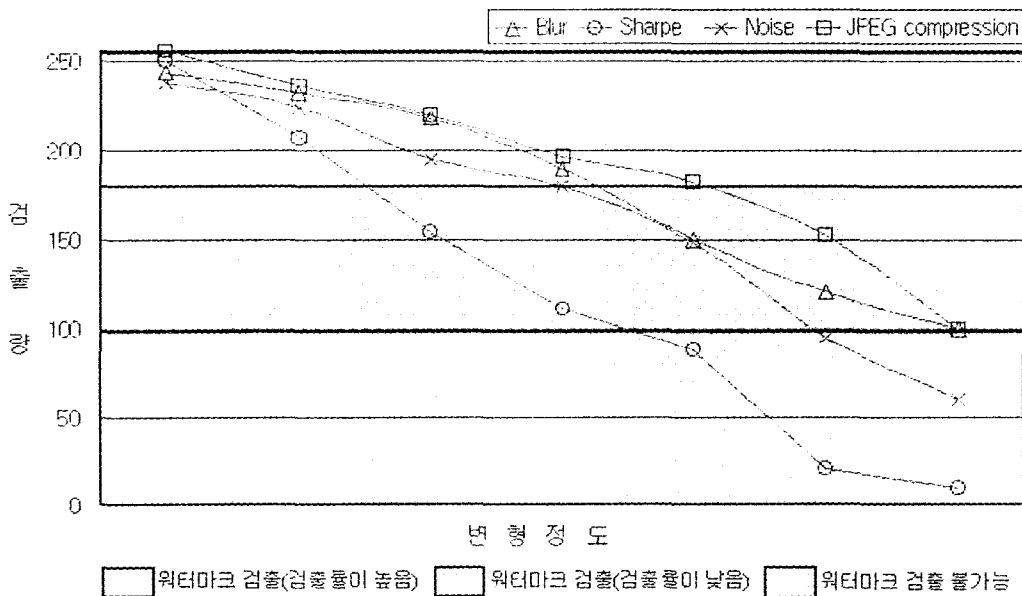


그림 4. 영상 변형에 대한 강인성 실험결과
Fig. 4. The result of robustness testing for image deformation

표 1. Digimarc사와 Suresign사의 워터마킹 툴을 이용한 워터마크와 본 논문에서 제안된 방법의 워터마킹의 강인성 실험 결과

Table 1. The result of robustness testing of the proposed watermarking technique and other watermarking tools

	변형 정도	제안된 워터마킹 기술	Digimarc	SureSign
Blurring	Blur (1)	O	O	X
	Blur (2)	O	X	X
	Blur (3)	O	X	X
	Blur (4)	O	X	X
	Blur (5)	Δ	X	X
Sharpening	Sharpen (1)	O	O	O
	Sharpen (2)	O	O	O
	Sharpen (3)	Δ	O	O
	Sharpen (4)	Δ	O	O
	Sharpen (5)	X	O	X
	Sharpen (6-10)	X	O	X
Adding noise	15% noise	O	Δ	O
	20% noise	O	Δ	Δ
	25% noise	O	X	Δ
	30% noise	O	X	Δ
	35% noise	Δ	X	X
JPEG compression	50% compression	O	O	Δ
	60% compression	O	X	X
	70% compression	O	X	X
	80% compression	O	X	X
	90% compression	O	X	X
	95% compression	Δ	X	X
	97% compression	Δ	X	X

다른 워터마크 시스템으로는 Photoshop 4.0™에 플러그인할 수 있는 도구로써 Digimarc사와 Suresign사에서 개발한 워터마크 시스템을 이용하였다. 워터마크를 삽입한 영상에 대한 변형 툴은 Paintshop Pro 4.0™을 이용하였다.

그림 3은 본 논문에서 제안한 워터마킹 방법과 다른 워터마크 툴(Digimarc, Suresign)을 이용하여 최대 크기의 워터마크를 삽입했을 때의 영상과 히스토그램을 보여주고 있다.

그림 3에서 (a~d)는 비교를 위해 원 영상, 본 논문에서 제안한 방법을 이용하여 워터마크를 삽입한 영상, Digimarc사, Suresign사의 워터마크 툴을 각각 이용하여 워터마크를 삽입한 영상의 일부분을 확대하여 Histogram stretching하여 보여 주고 있다. 또한, (e~h)는 전체 영상

에 대한 히스토그램을 각각 보여 주고 있다.

그림에서 알 수 있듯이 본 논문에서 제안된 방법의 경우, JND와 분산을 이용하여 워터마크를 넣을 위치와 크기를 영상의 특성에 따라 적응적으로 조정해 주기 때문에 영상의 질에 크게 영향을 주지 않음을 확인할 수 있다.

그림 4는 본 논문에서 제안한 워터마킹 기술에 대한 강인성 실험결과를 그래프로 나타내어 보았다. 표 1을 참고하여 변형의 정도에 따른 검출 정도를 판별할 수 있다. 검출은 3가지 단계로 판별할 수 있도록 하였다. 영상의 모든 블록에 대해서 각각 워터마크를 검출했을 때 변형되지 않은 워터마크와의 상관도 ($0 < |C| < 1$)가 0.9를 초과하는 개수가 전체 블록의 70%를 초과했을 경우를 검출률이 높다고 판정한다. 두번째 경우로 전체 블록의 40%보다 크고 70% 미만인 경우를 검출률이 낮다고 판정하고 워터마크는 검출되었다고 판별, 워터마크를 검출하는 개수가 40% 미만일 경우에는 워터마크를 검출할 수 없다고 판정한다.

표 1은 Digimarc사와 Suresign사의 워터마킹 툴을 이용한 워터마크와 본 논문에서 제안된 방법의 워터마크에 대한 강인성 실험 결과이다. 워터마크를 삽입한 영상에 대해 단계별로 저역통과 필터(blurring), high boost filter (sharpening), 잡음 첨가(noise), JPEG 압축을 행한 후, 이 영상에 대해 워터마크의 검출 여부를 판단한다.

표 1에서 확인할 수 있듯이 본 논문에서 제안한 알고리즘의 경우 워터마크를 삽입 영상의 각 변형에 대해서 강인한 특성을 보인다. 이것은 JND를 통해서 워터마크의 크기를 조절하는 한편 모든 블록 영상의 JND절대값의 합을 통해서 워터마크를 영상에 분할 삽입함으로써 워터마크의 크기를 JND에서 설정된 값 이상으로 삽입할 수 있다는 특성을 살릴 수 있기 때문이다.

또한, 각각의 블록에서 분산을 통해서 영상의 주파수 성분에 따라 워터마크가 들어갈 위치를 선정해 줌으로써 워터마크를 넣었을 때, 영상의 질을 크게 손상시키는 것을 막는다.

그림5는 워터마크가 삽입된 영상을 각각 (a)흐리기, JPEG 압축, 잡음 첨가, Sharpening했을 때의 영상과 (b) 변형된 영상과의 차분 영상을 보여주고 있다.

V. 결론(Conclusion)

본 논문에서 우리는 유손실 압축 및 기타 영상 변형에 강인한 새로운 워터마킹 기술을 제안했다. DCT를 기반으로 하여 워터마킹 기술을 개발함으로써 영상에 대한 시각 모델의 사용이 용이하고, 영상의 JND와 분산을 이용하여 워터마크가 삽입될 크기와 위치를 결정해줌으로써 영상의 질을 보장하는 한편, 여러 가지 영상변형(필터링, 압축, 잡음)에 강인하게 설계할 수 있었다(그림 3, 4, 표 1).

그러나, 실험을 통해 영상이 회전되거나 확대/축소 되었을 경우에는 변형된 워터마크와 원래의 워터마크 간의

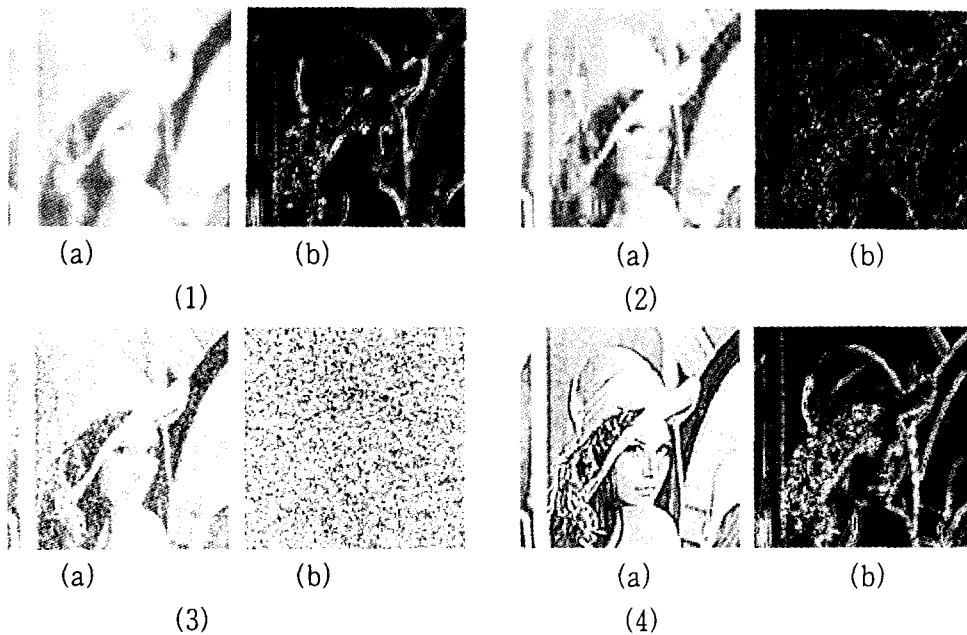


그림 5. 워터마크가 삽입된 영상에 대해 변형을 가했을 때,
 (a) 변형된 영상 (b) 워터마크가 삽입된 영상과 변형된 영상과의 차분영상.

1. 영상을 블러링 처리한 결과 2. 영상을 JPEG압축(95%)한 결과
 3. 영상에 노이즈(33%)를 첨가한 결과 4. 영상을 샤프닝한 결과

Fig. 5. When applying deformation to an watermarked image,
 (a) The deformed image with watermark (b) The difference between the deformed image
 with watermark and the original watermarked image.

1. Result of Blurring filter 2. Result of JPEG compression(95%)
 3. Result of Adding noise 4. Result of Sharpening filter

상관도가 작아서 워터마크의 검출률이 떨어짐을 확인했다. 이러한 영상 변형에 대응하기 위해서는 영상의 회전과 확대/축소 등의 변형에 영향을 받지 않는 영상 특성을 검출하는 것이 선행되어야 할 것이다.

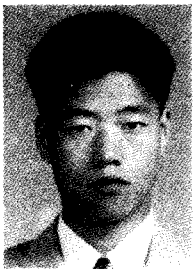
참 고 문 헌

[1] I. J. Cox, J. Killian, T. Leighton, and T. Sharnoon. "Secure spread spectrum watermarking for multimedia," *IEEE Trans. Image Process.*, vol. 6, no. 12, pp. 1673-1687, 1997.
 [2] J. Brassil, S. Low, N. F. Maxemchuk, and L. O'Gorman. "Hiding information in document images," *CISS '95*, 1995.
 [3] S. H. Low, N. F. Maxemchuk, J. T. Brassil, and L. O'Gorman. "Document marking and identification using both line and word shifting," *In Infocom '95, Boston, MA, Apr.* 1995.

[4] S. Craver, N. Memon, B.-L. Yeo, and M. M. Yeung. "Can invisible watermarks resolve rightful ownerships?," in *IBM Cyber Journal*, <http://www.research.ibm.com:8080>, Jul. 1996.
 [5] L. F. Turner. "Digital data security system," *Patent IPN WO 89/08915*, 1989.
 [6] I. J. Cox and M. L. Miller. "A review of watermarking and the importance of perceptual modeling," *In Proc. of Electronic Imaging '97*, Feb. 1997.
 [7] C. Poldilchuk and W. Zeng. "Perceptual watermarking of still image," in *Proc. The First IEEE Signal Processing Society workshop on Multimedia Signal Processing, Princeton, New Jersey, June 1997*.
 [8] Andrew B. Watson. "DCT quantization matrices visually optimized for individual images," *Human Vision, Visual Processing, and Digital Display IV*, Bernice E. Rogowitz, Editor, *Proc. SPIE* 1913-14, 1993.

- [9] H. A. Peterson, A. J. Ahumada Jr. and A. B. Watson. "An improved detection model for DCT coefficient quantization," *SPIE Proceeding*, vol. 1913, 1993.
- [10] W. B. Pennebaker and J. L. Mitchell. "JPEG Still image data compression standard," *Van Nostrand Reinhold*, New York, 1993.
- [11] L. Holt, B. G. Maufe, and A. Wiener. "Encoded marking of a recording signal," UK Patent no. GB 2196167A, 1988.
- [12] B. Tao and B. Dickinson. "Adaptive Watermarking in the DCT Domain," *Proc. IEEE Int. Conf. on Acoustics, Speech and Signal Processing*, Munich, Germany, pp. 21-24, April, 1997.
- [13] H. A. Peterson, A. J. Ahumada Jr. and A. B. Watson. "The Visibility of DCT Quantization Noise," *SID Digest of Technical Papers*, <http://vision.arc.nasa.gov/publications/publications.html>, 1993.

저 자 소 개



이 정 수

1991 ~ 1995. 2. 전북대학교 제어계측공학과(공학사)
 1995 ~ 1997. 2. 전북대학교 의용생체공학과(공학석사)
 1997 ~ 한양대학교 전자공학과 박사과정
 주관심분야 : 패턴 인식, 워터마크



김 회 울

1976. ~ 1980. 한양대학교 전자공학(공학사)
 1981. ~ 1983. Pennsylvania State Univ. 전자공학(공학석사)
 1984. ~ 1989. Purdue University 전자공학(공학박사)
 1985. 9. ~ 1989. 5. Purdue University 연구조교
 1989. 9. ~ 1994. 2. University of Texas 조교수
 1994. 3. ~ 한양대학교 전자공학과 조교수
 1998. 3. ~ 한양대학교 전자공학과 부교수
 주관심분야 : 로봇 비전 시스템, 비손실 압축, 워터마크