

# 퍼지 추론과 시각특성 기반의 적응적 워터마킹

신희종\*, 박기홍\*\*, 김윤호\*\*

## 요약

본 논문에서는 이산 웨이블릿 변환(DWT)영역에 인간의 시각시스템(HVS)용소를 적용한 압축에 강인한 디지털 워터마킹 알고리즘을 제안하였다. 전처리과정으로 3-Level DWT를 수행한 후, 주파수 계수의 공간적인 특성을 고려하여 워터마크를 삽입하였다. 최적의 워터마크삽입영역 선택을 위하여 영상의 명암대비도와 텍스처 특징을 파라미터로 설정하여 퍼지추론기를 설계하였다. 삽입되는 워터마크는 시각적으로 인지가 가능한 특정 로고 형태의 이진 영상을 사용하였고, 실험결과 JPEG 압축비율 70%까지 90%이상의 상관관계를 보였다.

## Adaptive Watermarking based on Fuzzy Inference and Human Visual System

Hee-Jong Shin\*, Ki-Hong Park\*\*, Yoon-Ho Kim\*\*

## Abstract

In this paper, we proposed a robust watermarking algorithm based on fuzzy inference and human visual system. In the first, discrete wavelet transform(DWT) is involved to calculate additive energy strength, then we devised fuzzy inference, which was established by computing contrast and texture degree in gray-level image. Watermark is embedded into the coefficients of 3-level DWT so as to consider a spatial effects. Visual recognizable patterns such as binary image were used as a watermark. Consequently, experimental results showed that proposed algorithm is robust in JPEG compression.

Key words : Watermarking, CSF, Texture Degree, DWT, DCT

## 1. 서론

컴퓨터와 통신의 발전으로 영상, 음성, 사진 및 비디오 데이터들이 디지털화되어 편집, 전송 및 저장이 용이하다. 디지털화 된 이미지 데이터는 누구나 손쉽게 인터넷을 통하여 얻을 수 있고, 데이터가 항구적이며 값싸고, 검색에 있어 편리한 장점들을 가지고 있다. 따라서 디지털 이미지 데이터의 위·변조 행위로 저작권자의 권리 침해와 소유권 및 인증에 대한 문제가 대두되고 있다[1],[2].

이러한 문제점들을 극복하기 위한 방안으로써 디지털 데이터의 저작권 보호와 인증에 대한 해결책이 연구 개발되고 있으며 세 가지로 분류 할 수가 있다. 공용키 암호화 알고리즘을 이용해 데이터를 암호화 하는 방법, 방화벽을 구축하여 디지털 자료에 대한 접근에 인증절차를 거치도록 하는 방법, 디지털 데이터의 불법적인 유통이나 내용 조작을 막고, 소유권을 보장하기 위한 방법으로 디지털 워터마킹이 있다.

디지털 워터마킹은 소유권을 목적으로 한 디지털 데이터 워터마크를 삽입하여 지적 재산권 분쟁시 최초의 저작권자임을 증명하려는 기술이고, 또한 아직도 기초적인 단계이어서 많은 연구가 필요하다.

본 논문에서는 인간의 시각 특성에 잘 부합하면서 영상의 내용에 따른 적응적인 워터마크가 되도록 하여 워터마크 삽입 후 영상의 손상을 최대한 줄이면서 워터마킹의 강도를 조절하는 계수분포를 선택한다. 고주파 대역에서의 영상의 손상이 덜 민감하다는 인간의 시각 특성을 이용하기 위하여 휘도신호의 값과, 텍스처 분포 특성을 계산하여 워터마크를 삽입한다. 본 논문에서는 그레이레벨 256×256 원영상과 32×32 워터마크 이미지를 사용하여 실험하였고, 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 주파수 계수의 공간적 특성과 워터마크 삽입을 위한 파라미터에 대해서 살펴보고, 3장에서는 제안된 디지털 워터마킹 알고리즘을 설명한다. 4장에서는 워터마크 추출여부와 외부공격에 대한 성능을 평가하고, 5장에서는 결론을 맺는다.

\* 제일저자(First Author) : 신희종

접수일 : 2004년 10월 27일, 완료일 : 2004년 11월 26일

\* 대한과학대학 컴퓨터정보통신과 부교수

yhkim@mokwonac.kr

## 2. 주파수 계수의 공간적 특성과 파라미터 선택

MPEG 및 JPEG 등의 영상압축을 위한 기저 주파수 영역 변환 알고리즘 DCT는 영상을 블록 단위로 처리하기 때문에 압축률이 높아짐에 따라서 블록화 현상을 발생시키고 영상의 질을 떨어뜨린다. DCT가 8×8 화소 단위로 변환하는 반면, DWT는 주어진 영상 전체를 대상으로 주파수 변환을 수행함으로써 블록효과를 제거할 수 있을 뿐 아니라 영상처리에 있어서 공간영역정보와 주파수영역정보를 모두 사용할 수 있어 더욱 효과적인 처리가 가능하다.

본 연구에서는 전처리 과정으로 주파수영역 기반방법을 선택하였고 DWT를 이용하였다. [그림 1]은 3-Level DWT 계수들에 대한 상관도, 부대역간 계수들의 트리구조를 나타낸다. 각 부대역에서 트리의 하위레벨 계수값의 상대적 크기는 상위레벨 계수 값에서도 98% 정도의 확률을 갖고 그대로 유지한다. 즉, 1-Level 부대역의 에너지 크기는 동일 위치 특성을 갖는 상위레벨의 부대역의 에너지 값과 일정한 관계를 갖는다 [3][4].

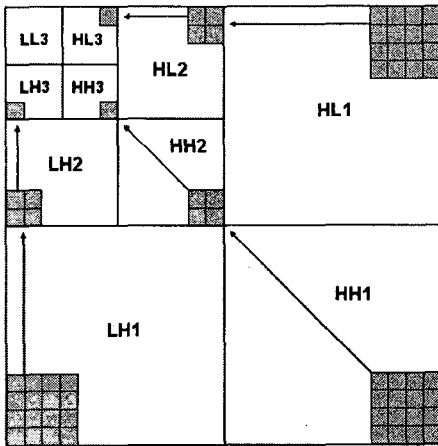


그림 1. 상관도에 따른 트리구조

인간의 시각시스템(Human visual system: HVS)특성은 저주파영역에 민감하고 고주파영역에서는 비교적 둔감한 바, CSF(Contrast Sensitivity Function), TD(Texture degree), Entropy 등이 사용된다.

대비(Contrast)는 영상의 가장 어두운 영역으로부터 가장 밝은 영역의 범위이다. 그레이레벨의 명도를 산출할 수 있는 대비도 함수는 다음과 같다.

$$CSF = \frac{I_{max} - I_{min}}{I_{max} + I_{min}} \quad (1)$$

식(1)에서  $I_{max}$ 와  $I_{min}$ 은 설정된 영역에 대한 명암도의 최대값과 최소값이다.

주어진 영역의 텍스처 등급  $\alpha(B_k)$ 는 다음식으로 정의된다[5][6].

$$\alpha(B_k) = \frac{1}{n \times m} \sum_{(i,j) \in B_k} p(E_k) \frac{|x(i,j) - E_k|}{E_k} \quad (2)$$

$$p(E_k) = (1/E_k)^a \quad (3)$$

$E_k$ 는 각 블록영역의 평균 그레이 값이고  $p(E_k)$ 는 가중치 계수이고,  $a$ 는 상수로서 0.7이다.  $p(E_k)$  값이 작으면 블록:  $B_k$ 가 스프레드한 영상이고, 작으면 텍스처가 많이 포함된 영상을 의미한다.

## 3. HVS기반 디지털 워터마킹 알고리즘

본 논문에서는 이미지의 대비도와 텍스처 값을 구하여 각 블록에 대한 워터마크 삽입정도를 선택한다. 알고리즘 순서는 다음과 같다.

- i. Original Image Size Set
- ii. 8×8 Blocking
- iii. Calculate CSF, Texture about every block
- iv. Select Block Degree using FC
  - Block Degree(positive, middle, negative)

2개의 입력변수와 25개의 추론규칙을 이용하여 [표 1]과 같이 제어규칙을 설계하였다. 그레이레벨 이미지의 특성상 명암대비 값과 텍스처 값이 PB에 가까울수록 텍스처나 예지가 많이 포함된 부분이므로, (N)에 해당하는 블록은 약하게, (M)은 적당히, (P)는 강하게 워터마크를 삽입한다.

표 1. FC(Fuzzy Controller)

HVS		CSF				
		NB	NM	ZE	PM	PB
Texture Degree	NB	N	N	N	M	M
	BM	N	N	M	M	M
	ZE	N	M	M	M	P
	PM	M	M	M	P	P
	PB	M	M	P	P	P

워터마크 삽입과정은 [그림 2]와 같고 추출과정은 삽입과정의 역순으로 수행한다.

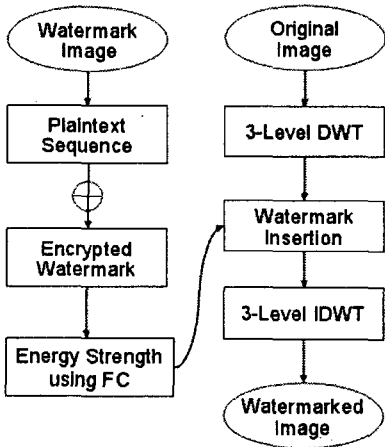


그림 2. Embedding Block Diagram

원영상을 3-Level 주파수 분해한 후, 주파수 계수값의 공간적인 특성을 이용하여 FC를 이용한 각 블록의 주파수 에너지 강도(N, M, P)에 맞게 워터마크를 삽입한다.

$$X_k(i, j) = O_k(i, j) + ES \cdot w_p \quad (4)$$

워터마크가 삽입된 영상은 식(4)와 같이 표현할 수 있다. 여기서  $O_k(i, j)$ 는 원영상의 3-Level DWT를 수행한 영역이고,  $ES$ 는 Fuzzy Controller를 이용하여 추가에너지 값의 정도를 나타낸다.  $X_k(i, j)$ 는 추가에너지 값이 삽입된 영역으로 3-Level IDWT를 취하면 워터마크가 삽입된 영상이 된다.

## 4. 실험 및 성능평가

### 4.1 실험 및 고찰

워터마크가 삽입된 영상에서 워터마크 추출 여부를 확인하고 PSNR을 통해 성능을 평가하였다. 압축률은 부호화한 후의 데이터 양으로부터 쉽게 구해지지만, 복호화상의 화질 판정은 쉽지 않다. 최종적으로 사람이 판단해야 하지만, 객관적인 평가척도로서 S/N비가 자주 사용된다. 식 (5)는 PSNR의 정의식으로 분자 단은 8비트 화소인 화상의 경우에 원화상의 최대 전력값 255를 갖는 신호를 나타낸다. 분모 단은 잡음을 표현한 식으로 복호 화상과 원화상의 차이를 이용한다[7].

$$PSNR(a, b) = 10 \log_{10}(A/B)[dB] \quad (5)$$

here,  $A = 255^2$

$$B = \frac{1}{N \times M} \sum_{x=0}^{N-1} \sum_{y=0}^{M-1} [a(x, y) - b(x, y)]^2$$

a는 원영상이고, b는 복원된 영상이다. (x, y)는 pixel의 조합을 나타내고 있다.

또한 식(6)은 원영상과 추출된 워터마크 영상의 유사도를 나타낸 것이다.

$$Corr. = \frac{\sum_m \sum_n (A_{mn} - \bar{A})(B_{mn} - \bar{B})}{\sqrt{\sum_m \sum_n (A_{mn} - \bar{A})^2 \sum_m \sum_n (B_{mn} - \bar{B})^2}} \quad (6)$$

here, A = 원영상, B = 복원된 영상

$\bar{A}$  = the mean of the element of a matrix(A)

$\bar{B}$  = the mean of the element of a matrix(B)

비가시성이라 함은 워터마크 신호의 삽입여부를 시각적으로 인식할 수 없어야 한다. [그림 3]과 [그림 4]는 실험에 사용될 원영상과 워터마크, 워터마크가 삽입된 영상이다. 원영상과 워터마크가 삽입된 영상간의 화질 저하는 인간의 시각에 의한 주관적 판단과 상관관계를 구하여 판단한다. 워터마크를 삽입하였을 때, 두개의 영상 모두 99%의 상관관계를 나타냈다.

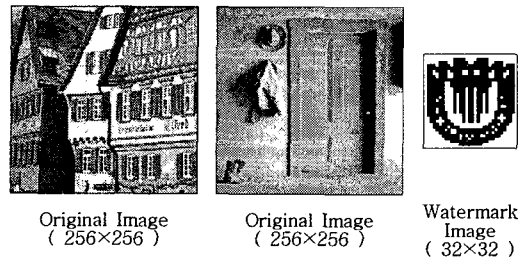


그림 3. 실험에 사용된 영상과 워터마크

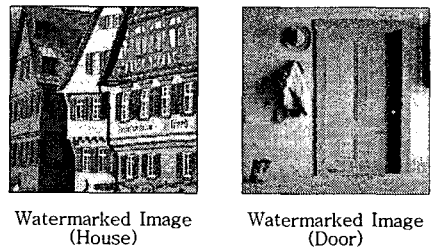


그림 4. 워터마크가 삽입된 영상









### 4.2 성능평가

본 논문에서는 워터마크가 삽입된 영상에 JPEG압축 수행한 후, 영상의 화질저하 평가(PSNR)와 워터마크 추출(Corr.) 성능평가를 하였다. [표 3]과 [표 4]에 나타나듯이 JPEG 압축비율 70%까지 추출된 워터마크의 상관관계가 90% 이상이고, 주관적 시각에서 뚜렷한 워터마크 추출이 가능하였다.

표 2. JPEG 압축에 따른 PSNR[dB]과 Corr.(%)

JPEG	House		Door	
	PSNR [dB]	Corr. (%)	PSNR [dB]	Corr. (%)
0 %	26.57	99	23.08	99
10 %	25.55	99	22.29	98
20 %	25.12	98	21.63	98
30 %	24.38	98	20.60	97
40 %	23.94	97	17.79	96
50 %	23.17	96	17.32	96
60 %	20.92	94	16.11	95
70 %	18.67	91	14.78	93
80 %	16.85	85	10.85	84

표 3. JPEG 압축에 따른 워터마크 추출

	20 %	40 %	60 %	80 %
House				
Door				

### 5. 결론

본 논문에서는 인간의 시각 특성을 적용, 워터마크 삽입 후 영상의 손상을 최대한 줄이면서 워터마킹의 강도를 조절하는 계수분포를 선택하기 위하여, DWT 포맷을 사용하였다. 그레이레벨 이미지의 특성상 명암대비 값과 텍스처 값을 계산하여 각 영역에 대한 추가 에너지의 강도를 결정하였다. 워터마크의 삽입은 3-Level DWT를 수행한 후, 주파수 계수의 공간적인 특성을 고려하여, FC의 결과에 따라 워터마크를 삽입하였다. FC에서 PB에 가까울수록 텍스처나 에너지가 많이 포함된 부분이므로, 강하게 워터마크를 삽입하였다.

제안된 디지털 워터마킹 알고리즘의 성능평가를 위하여 JPEG 압축을 수행하였고, JPEG 압축비율이 70%까지 90%이상의 상관관계를 나타내었고, 마지막으로 인간의 주관적 시각에서 워터마크의 추출여부를 확인할 수 있었다.

본 논문에서는 그레이레벨 이미지의 특성을 이용하여 파라미터를 선택, 워터마킹을 수행하였지만, 다양한 영상 포맷에 대한 워터마킹 연구가 필요하다.

### 참 고 문 헌

- [1] 박기홍, 송학현, 김윤호, "압축에 강한 EX-or 코드 기반 이진 워터마킹", 정보기술학회 논문지 제2권 제2호, 2004년 8월.
- [2] 송학현, 김윤호, "An Adaptive Digital Watermarking using DWT and FIS", 디지털콘텐츠학회 논문지 제5권 제2호, 2004년 6월.
- [3] S.K. Peak and L.S Kim, "A Real-Time Wavelet Vector Quantization-Algorithm and VLSI Architecture", IEEE Trans. on Circuits and System for Video Technology, Vol. 10, No.3, April 2000.
- [4] 최순영, 서영호, 유지상, 김대경, 김동욱, "DWT기반 영상 압축기의 다해상도의 통계적 특성을 이용한 실시간 워터마킹 알고리즘", 13회 정보통신 학술대회, Dec. 2003.
- [5] WANG H. and Li R, "An Encrypted Fuzzy Image-Adaptive Watermarking Algorithm Based on HVS", Chinese Journal of Electronics, Vol.11, No.4, Oct. 2002.
- [6] 송학현, 김윤호, "퍼지추론을 이용한 계수조절 워터마킹 기법", 한국해양정보통신학회 논문지 제8권 제8호, 2004년 12월.
- [7] King N. Ngan, Chi W. Yap, and Keng T. Tan, "Video Coding for Wireless Communication Systems", Marcel Dekker, 2001.



#### 신 희 중

1983년 청주대학교 전자공학과 학사.  
 1989년 청주대학교 전자공학과 석사.  
 2001년 청주대학교 전자공학과 박사.  
 1995년 - 현재 대원과학기술대학교  
 컴퓨터정보통신과 부교수

대한전자공학회, 한국인터넷정보학회 회원  
 관심분야 : 아날로그 집적회로 설계, 센서 신호처리 회로 설계 등



#### 박 기 홍

2004년 목원대학교 컴퓨터공학과 학사  
 2004년 - 현재 목원대학교  
 컴퓨터멀티미디어공학부 석사과정  
 관심분야 : 영상처리, 컴퓨터비전



**김 윤 호**

1983년 청주대학교 전자공학과 학사  
1986년 경희대학교 전자공학과 석사  
1992년 청주대학교 전자공학과 박사  
1992년 - 현재 목원대학교

컴퓨터멀티미디어공학부 교수

IEEE, 대한전자공학회, 한국통신학회, 한국정보기술  
학회 정회원 / 한국디지털컨텐츠학회, 한국해양  
정보통신학회 종신회원 / 멀티미디어 기술사  
연구분야 : 영상처리, 컴퓨터비전, 뉴로퍼지 응용, IT  
정책 등