

퍼지추론과 혼합기법을 적용한 적응적 워터마킹 알고리즘

Adaptive Watermarking Algorithm Using Fuzzy Reasoning and Hybrid Scheme

김윤호*, 김태곤*

Yoon-Ho Kim*, Tae-Gon Kim*

요 약

본 연구에서는 공간영역특성의 컬러정보와 주파수영역 기반의 시각특성 요소를 이용한 혼합 워터마킹 기법을 제안하였다. 제안한 방법은 공간영역을 선택하여 컬러의 색차 정보를 분석하여 공간적으로 분포되어있는 컬러정보를 계산하고, 주파수 변환영역을 통해 인간시각에 덜 민감한 계수블록을 분석하여 인간의 시각특성 파라미터 값들을 구하였다. 또한 중요한 특징중에 하나는 퍼지추론 기법을 시각시스템 특성에 적용하여 워터마크가 삽입될 최적의 부 대역을 선택하도록 설계하였다. 계수분포에 따른 적응적 워터마크를 삽입한 후, 비가시성과 강인성 평가 실험을 수행한 결과 다양한 종류의 공격유형에 대하여 제안한 방법의 타당성을 입증 하였다.

Abstract

In this paper, adaptive watermarking algorithm which based on fuzzy reasoning and hybrid scheme is presented. To enforce the time and space complexity, hybrid scheme which utilize a color information as well as visual characteristics is also addressed. Proposed approach have double-aim; in first to use the visual characteristics so as to enforce the robustness of watermarking, and in second to select the optimal sub-band which is to be embedded a watermark. One of the principal advantage is that this approach involved the fuzzy inference module which is designed to select an optimal sub-band from the DWT coefficient blocks.

In order to demonstrate the effectiveness of proposed algorithm, some numerical experiments of robustness and imperceptibility are evaluated with respect to such attacks as JPEG compression, noise and cropping.

Key words : Watermark, Fuzzy reasoning, DWT, visual characteristics

I. 서 론

디지털 워터마킹은 워터마크의 삽입 및 추출과정의 적용 영역에 따라 크게 공간 영역 방법과 주파수 영역방법으로 분류한다. 공간영역의 접근 방법은 인간의 시각이 영상의 윤곽선에 민감하고 윤곽선의 밝기 변화에 둔감하다는 것에 착안하여 화소의 LSB(Least Significant Bit)값을 변화시키면서 워터마크

를 삽입하는 방법이다. 공간 영역에서의 디지털 워터마킹 기법은 영상의 픽셀값 자체를 조작하는 것으로 계산량이 적어 워터마크의 삽입과 추출은 간단하지만 잡음과 손실 압축, 필터링 등의 일반적인 영상 처리에는 삽입된 워터마크가 쉽게 깨어지는 단점을 갖고 있다 [1][2].

주파수 영역에서의 디지털 워터마킹 기법은 주파수 변환영역에 워터마크를 삽입하는 방법으로 계산량이

* 목원대학교 컴퓨터공학부(Division of Computer Eng. Mokwon University)

· 제1저자 (First Author) : 김윤호

· 접수일자 : 2007년 11월 29일

많아 워터마크 삽입과 추출은 복잡하지만 영상의 왜곡이나 변형 등의 일반적인 영상처리에 도 삽입한 정보가 많이 깨어지지 않는 견고한 특징을 지니고 있다. 주파수 영역에서의 워터마킹 기법은 영상신호를 주파수 성분의 신호로 변환한 후 주파수 계수를 변화시켜 워터마크를 삽입하는 개념으로 FFT를 이용하여 위상에 워터마크를 삽입하는 방법, 영상을 분할하지 않고 영상 전체를 DCT 변환시킨 후, 정규 분포의 랜덤 값은 DC 성분을 제외한 DCT 계수 중 큰 값을 갖는 n개의 DCT 계수에 삽입하는 방법 등이 제안되었다 [3]-[5].

강인성과 비가시성 조건을 만족시키기 위한 방법으로 DWT 영역에서 QWST(Qualified Significant Wavelet Tree)를 이용하여 워터마크를 삽입하는 방법이 제안 되었지만 이 방식은 QSWT를 하나씩 모두 찾아 많은 계산량과 지연시간이 발생하는 문제점이 있다. 이런 문제를 해결하기 위하여 통계적 방법으로 특정 부대역의 임의 계수에 워터마크를 삽입할지를 결정하는 문턱치 값을 룩-업 테이블로 미리 생성시키는 방법이 제안되었고, 또한 DCT와 HVS에 기반하여 영상의 특성을 구분하고 이들을 퍼지화하여 워터마크를 삽입하는 방법도 연구되었다.[6][7]

최근에는 DWT 혹은 DCT 기반의 변환을 수행한 후, 워터마크를 삽입 할 수 있는 최적의 계수 영역을 퍼지추론에 의해서 결정하는 방법들이 연구되고 있다 이러한 방법들은 워터마크가 삽입 될 계수분포 대역을 추론을 통해 결정함으로써 인간의 시각적 특성과 컬러영상의 색차신호 특성 등을 이용 할 수 있으므로, 주파수영역에서 계수 분포를 선택하고 공간 영역의 특징인 인간의 시각시스템 모델을 활용 할 수 있는 장점이 있다 [8]-[10].

본 논문에서는 워터마크 추출 시 원 영상이 필요 없으며, 주파수영역 기반의 컬러 워터마킹 기법을 제안하였다. 제안한 방법은 워터마크가 인간 시각에 덜 민감한 영역에 더 큰 가중치를 가지고 삽입됨으로써 강한 워터마크가 될 수 있도록 설계하였다.

주파수영역 워터마킹 기법인 DWT을 통해 인간 시각에 덜 민감한 계수분포를 분석하였고, DWT 계수 값들의 통계적 특성을 계산하여 인간의 시각특성 모델과 통계적 특성을 갖는 파라미터를 선택하였다. 최적의 계수분포대역을 구하기 위해 규칙기반의 퍼지

추론 시스템을 설계하였으며, 추론시스템의 퍼지 입력변수는 인간의 시각특성모델과 공간영역의 통계적 분포특성을 이용하였다. 전체적으로 워터마크 암호화, 워터마크 임베딩, 추론 시스템, 워터마크 추출 등 4개로 블록화한 알고리즘으로 구성하였다.

II. 컬러모델과 시각시스템

T. Young이 제안한 색생이론에 근거하면 모든 색상은 세 개의 주된 색상의 조합으로 표현되는데, 식 (1)과 같이 정의된다.

$$C = aC_1 + bC_2 + cC_3 \quad (1)$$

식 (1)에서 C_1 , C_2 , C_3 은 각각의 주된 색상을 표현하고, a, b, c는 각 색상의 가중치를 의미한다. 이 이론은 사람의 망막 내부에 색을 인지하는 시각 세포인 추상체가 세 개가 존재하는 것과 같다. 각각의 추상체는 노란색-녹색, 녹색, 청색에 해당하는 파장에 민감하게 반응한다.

컴퓨터 그래픽스에서 컬러를 적용하고 이해하기 위하여 RGB 모델, YIQ 모델, CMY 컬러모델, HSV 컬러모델, HLS 컬러모델 등 몇 가지 컬러모델이 존재한다. 이 컬러모델들은 활용 영역에 따라 사용자가 선택하여 적용할 수 있고, 이 컬러모델 간에 간단한 공식을 적용하면 상호 변환이 가능하다

HSI 컬러모델은 색상(Hue), 채도(Saturation), 명도(Intensity)의 특성으로 색을 표현하는 방식이다. 색상은 빨간색, 노란색, 보라색 등의 색의 종류를 의미하고, 채도는 색의 탁하고 선명한 정도를 표현하다. 명도는 빛의 밝기를 나타낸다. HSI 컬러모델은 두개의 원뿔을 붙여놓은 형태로 모형화되어 있다.

그림 1에서 색상은 원형으로 정의되며, 0°에서 360° 사이의 각도로 표현되고, 명도는 원뿔의 아래쪽 꼭지점에서 최소값 0을 갖고, 위쪽 꼭지점에서 최대값 1을 갖는다. 채도는 명도를 고정하였을 때 나타나는 원형의 모양에서 원의 중심으로부터 방사형으로 뻗어나가는 거리로 표현된다.

HSI 컬러모델은 RGB 컬러모델과 서로 변환되는데, RGB 컬러모델을 HSI 컬러모델 변환식은 다음과

같이 정의 된다.

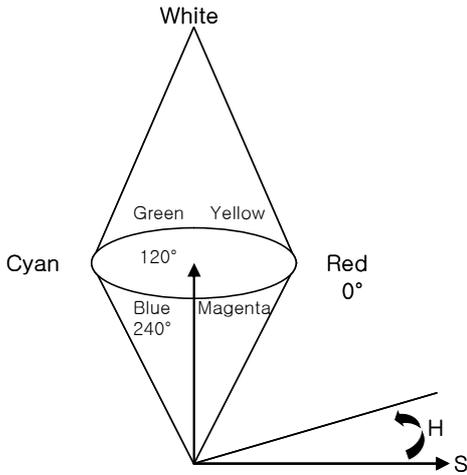


그림 1. HSI 색 공간
Fig. 1 HSI Color space

$$H = \begin{cases} \theta & \text{if } B \leq G \\ 360 - \theta & \text{if } B > G \end{cases}$$

$$\theta = \cos^{-1} \left\{ \frac{1}{2} \frac{(R-G) + (R-B)}{\sqrt{(R-G)^2 + (R-B)(G-B)}} \right\}$$

$$S = 1 - \frac{3}{R+G+B} \min(R, G, B)$$

$$I = \frac{1}{3}(R+G+B) \quad (2)$$

변환된 H 값의 범위는 [0, 360]이고, S와 I의 범위는 [0, 1]의 범위를 갖는다.

인간의 시각에 덜 민감한 영역에 워터마크가 삽입됨으로써 신호의 가시성이 적어진다는 것이다. 또한 인간의 시각으로 감지되지 않는 영역에 가중치를 부여함으로써 강한 워터마크가 될 수 있다. 따라서 원 영상에 삽입된 워터마크가 시각적으로 보이지 않으면서 보다 강한 워터마크를 삽입하기 위해서는 워터마크 삽입 시 사용되는 워터마크의 강도가 인간 시각에 미치는 영향을 고려해야 하는데 인간 시각의 특성 모델에는 다양한 특징이 있는 바, 다음과 같은 시각 파라미터들이 중요한 변수로 사용된다. 휘도감도는 배경이 밝을수록 강한 워터마크 삽입이 가능하며, 텍스처 감도는 배경이 복잡할수록 많은 임베디드 신호가 가능하다. 대조감도는 대조 특성이 클수록 더 큰 임베디드 신호가 가능하다.

III. 혼합기법 워터마킹과 퍼지추론의 합성

퍼지이론은 애매모호함을 직접 다루고 수학의 기초적인 분야의 확장으로서 정의하는 의미는 중요한 바, 퍼지이론의 응용 가능한 범위는 인공 지능과 로봇 공학, Man-Machine System, 제어, 신뢰성 공학, Database 등의 공학적인 분야와 더구나 의학, 사회 과학, 언어학, 심리학 등에서도 좋은 응용사례 연구들이 있다 [11][12].

퍼지관계 합성의 각각의 방법은 특정한 추론기구를 나타내고 독특한 나름대로의 의미와 응용방법을 가진다. 퍼지관계 방정식을 갖는 시스템의 일반해는 Max-Min, Max-Product 기법이 같이 가장 보편적으로 쓰이는 퍼지관계 합성법이다.

일반적으로 시스템에 관한 지식은 단일변수가 아닌 다수의 퍼지룰에 의해 표현된다. 이들 다수의 퍼지규칙 집합을 규칙기반 혹은 Fuzzy Rule Base 라하며, 다음과 같이 주어진 룰베이스에 대해 고려하면

Given : (i) Fuzzy Rule Base

- R_1 If x is A_1 then y is B_1
- R_2 If x is A_2 then y is B_2
- ⋮
- R_N If x is A_N then y is B_N

(ii) Input x is A'

Find : Output y is $B' = ?$

여기서 룰베이스 내의 각각의 룰 $R_k(k = 1, \dots, N)$ 은 순서적으로 적용되는 것이 아니며, 서로 병렬적인 관계에 있다. 규칙집합에 대하여, 개별적으로 각각의 룰 R_k 에 대하여, 입력을 고려한 추론계산을 한 후 이 결과들을 취합하는 국부적 추론법(Local Inference Approach) 방법과, 룰베이스 전체를 표현할 수 있는 관계 R 을 먼저 구하고 입력에 대한 추론을 이 R 에 대하여 계산하는 전역적 추론법(Global Inference Approach)이 있다. 따라서 입력 퍼지 집합에서 서로 독립적인 n 개의 입력과 단일 출력을 표현하는 표준 퍼지 추론 규칙은 식 (3)의 형태로 주어지며 퍼지추론 규칙은 시스템 인식과 제어의 문제에서 가장 보편적이고 표준적인 형태로 사용된다.

규칙 1 : IF x_1 is A_1^1 AND x_2 is $A_2^1 \dots$ AND x_n is A_n^1
 THEN y_1 is B^1
 규칙 2 : IF x_1 is A_1^2 AND x_2 is $A_2^2 \dots$ AND x_n is A_n^2
 THEN y_1 is B^2
 ⋮
 규칙 $r-1$: IF x_1 is $A_1^{r-1} \dots$ AND x_2 is $A_2^{r-1} \dots$ AND x_n is A_n^{r-1}
 THEN y_1 is B^{r-1}
 규칙 r : IF x_1 is A_1^r AND x_2 is $A_2^r \dots$ AND x_n is A_n^r
 THEN y_1 is B^r (3)

입력변수의 수를 n 개, 퍼지 변수의 수를 m 개라 하면, 생성 할 수 있는 최대 제어규칙의 수는 m^n 개이다. 예를 들어, $m = 5$ (PB, PM, ZE, NM, NB), $n = 2$ (T, L)라 하면 취할 수 있는 최대 제어규칙 수는 $5^2 = 25$ 개이다.

IV. 제안 알고리즘

제안한 혼합기술 방법은 공간영역과 주파수 영역의 시각특성을 이용하여 워터마크를 삽입하는 방법인 바, 먼저 공간영역으로 부분 블록 된 각 블록의 컬러정보 특성을 이용하여 각 블록의 시각특성을 분석한 후, 색차정보의 특성이 시각에 덜 민감한 영역을 계산하여 워터마크가 삽입될 영역으로 사용된다. 즉 색차신호의 조합에 따라 6개의 색차신호 성분에 대한 영역별 대조도와 텍스처 특성을 분석하게 된다. 따라서 공간영역의 통계적 컬러정보 분포특성을 갖는 부분 블록의 컬러 색차정보와 명암의 대비도와 텍스처 등급을 이용하여 퍼지 추론기의 입력변수로 사용하였다. 즉, 새로운 워터마킹 알고리즘에서는 이러한 적응적 워터마킹이 가능한 최적 계수들을 선택하는데 퍼지 추론 시스템을 적용하는 것이다. 이러한 특성을 사용하여 표준영상 1D DWT의 부대역 계수들의 계수 분포를 분석한 후, 계수분포를 퍼지화 데이터로 생성하였다. 실험 과정에서 1D DWT 부대역의 계수 값들을 네 영역으로 구분하여 계수 값을 분석한 바, 각 영역의 계수 값들에 대한 변화량을 보다 명확히 확인하

고 이를 토대로 효율적인 퍼지 추론규칙을 생성하기 위함이다. 이러한 부대역 간의 계수분포도를 고려하여 워터마크 삽입위치를 선택하는 방법은, 먼저 1D DWT 의 수평, 수직, 대각 영역의 부대역을 택하여 각 계수의 Max., Min., Median 값을 구한다. 이 계수분포에 따라 퍼지화 등급이 달라지며 퍼지 추론 규칙에 의해 합성연산과 비 퍼지화를 수행한 후, 워터마크가 삽입될 합리적인 계수 값의 범위를 결정한다.

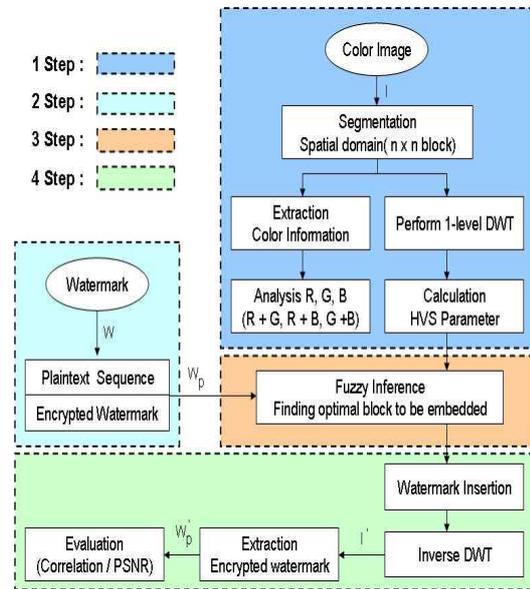


그림 2. 제안한 워터마크 알고리즘 블록도
 Fig. 2 Proposed watermark algorithm block

그림 2는 제안한 워터마크 알고리즘 블록도를 나타내며 알고리즘은 크게 4개의 블록으로 구분 할 수 있는 바, 블록별 기능은 다음과 같다.

- 1 Step:
 - ① 컬러영상 색차정보에 관한 공간분포 특성을 분석
 - ② 1 level DWT 연산을 수행
 - ③ 명암감도 함수(CSF) 와 텍스처감도(TS)를 계산
- 2 Step:
 - ① 워터마크 암호화를 위하여 이진 로고 영상을 생성
 - ② 로고영상을 1D 벡터로 분해한 후, 임베딩 될 신호열로 재구성
- 3 Step:
 - ① 추론 시스템 생성
 - ② 컬러영상의 색차 정보와 HVS 특성을 활용하여 워터마크가 삽입될 최적의 블록을 퍼지 추론 시스템을 이용하여 결정

4 Step:

- ① IDWT를 수행함
- ② 워터마크를 추출하여 상관도와 PSNR을 측정

V. 실험 및 고찰

제안한 알고리즘을 검증하기 위하여 펜티엄 IV, CPU 3.0GHz, 1GB RAM, Matlab 6.5 환경에서 실험을 수행하였고, 실험 영상은 256×256 크기의 칼라 영상과 워터마크 정보는 이진 로고 영상을 제작하여 실험하였다. 성능을 평가하기 위해서 워터마크를 삽입한 영상의 워터마크 무감지성과 비가시성은 PSNR로 평가하였고, 워터마크가 삽입된 영상에 잡음첨가, 압축, 부분삭제 등의 임의적 공격을 가한 후, 워터마크를 추출하여 강인성 평가를 수행하였다.

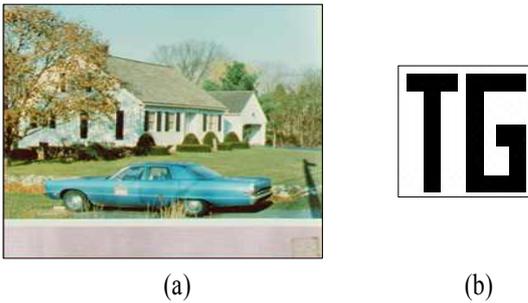


그림 3. 실험영상(a)과 워터마크(b)
Fig. 3 Test image(a), and watermark(b)

표 1은 실험영상에 대한 색채정보를 나타낸 블록별 색의 정보를 나타낸 것으로 입력 변수로 사용될 적정한 영역을 선택하기 위한 이미지의 블록별 컬러 특성을 나타낸 것이다.

표 1. 블록별 색차정보

Table 1. Color information with each block

실험영상 색소특성	House
red + green	15
red + blue	2
green + red	29
green + blue	16
blue + red	0
blue + green	2

또한 각 영상에 대하여 1-level DWT를 수행한 후 DWT 계수 값들의 통계적 특성을 계산하였다. 이것은 인간의 시각 시스템 모델을 적용하기 위한 것으로 각 특성을 파악한 후, 이 특징들을 추론시스템의 퍼지 데이터로 생성하기 위함이다. 표 2에서 Max., Median, Min. 은 각 부 대역별로 분포한 DWT 변환계수의 통계적 특성, 즉 부 대역별 최고 및 최저값과 중앙값을 의미한다.

표 2 실험영상의 DWT 계수분포

Table 2. DWT coefficients distribution of test image

채널	변환계수	Max.	Median	Min.
R 채널	cA	472.5	332.1	39.5
	cH	128.5	0	-116
	cV	143	0	-111.5
	cD	61	0	-73
G 채널	cA	481	359.1	10.5
	cH	120	0	-100.5
	cV	140	0	-141
	cD	64.5	0	-46.5
B 채널	cA	450	306	10.5
	cH	120	0	-108.5
	cV	154.5	0	-118.5
	cD	66	0	-47

그림 4, 그림 5 은 실험영상의 각 계수 블록들에 대한 수평 및 수직 고주파 대역의 HVS 특징을 분석한 것이다.

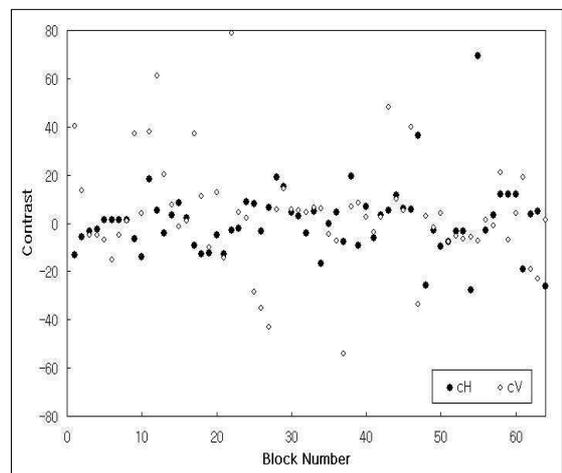


그림 4. Red 채널 Contrast
Fig. 4 Contrast with Red channel

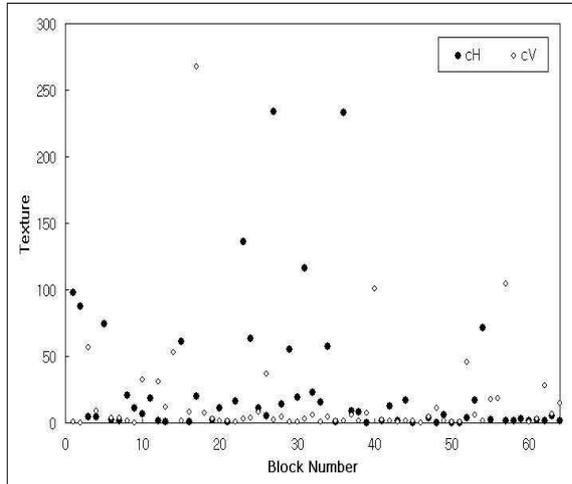


그림 5. Red 채널 Texture
Fig. 5 Texture with Red channel

이러한 통계적 특성을 이용하여 추론규칙에 입력되는 퍼지 소속 함수인 수평 고주파 영역과 수직 고주파 영역의 대조감도와 텍스처의 범위를 결정하기 위해 각 대역별로 주파수 범위를 분석하였다.

표 3 부터 표 5 는 각각 파라미터들에 대한 퍼지 입력 변수를 생성하기 위하여 실제계에서 구한 DWT 계수분포를 5단계로 균일 등분하여 퍼지함수의 각 입력 변수 즉, NB, NM, ZE, PM, PB 에 매핑한 후, 삼각형 형태의 퍼지소속 함수로 대응 시켰다.

표 3. 실험영상의 멤버쉽 함수 범위(Red 채널)
Table 3. Range of membership function for test image (Red channel)

		PB	PM	ZE	4NM	NB
cH	Contrast	69.4 ~ 50.01	50 ~ 30.61	30.6 ~ 11.21	11.2 ~ -8.19	-8.2 ~ -27.6
	Texture degree	527.27 ~ 421.82	421.81 ~ 316.37	316.36 ~ 210.91	210.9 ~ 105.45	105.44 ~ 0.014
cV	Contrast	79 ~ 52.41	52.4 ~ 25.81	25.8 ~ -0.79	-0.8 ~ -27.39	-27.4 ~ -54
	Texture degree	456.23 ~ 364.97	364.96 ~ 273.7	273.69 ~ 182.42	182.41 ~ 91.15	91.14 ~ 0.13

표 4. 실험영상의 멤버쉽 함수 범위(Green 채널)
Table 4. Range of membership function for test image (Green channel)

		PB	PM	ZE	NM	NB
cH	Contrast	156 ~ 99.41	99.4 ~ 42.81	42.8 ~ -13.79	-13.8 ~ -70.39	-70.4 ~ -127
	Texture degree	502.76 ~ 402.2	402.19 ~ 301.64	301.63 ~ 201.07	201.06 ~ 100.51	100.5 ~ 0.07
cV	Contrast	91 ~ 46.01	46 ~ 1.01	1 ~ -43.99	-44 ~ -88.99	-89 ~ -134
	Texture degree	593.85 ~ 475.04	475.03 ~ 356.21	356.2 ~ 237.39	237.38 ~ 118.56	118.55 ~ 0.27

비가시성이라 함은 워터마크 신호의 삽입 여부를 시각적으로 인식할 수 없어야 한다는 것을 의미한다.

표 5. 실험영상의 멤버쉽 함수 범위(Blue 채널)
Table 5. Range of membership function for test image (Blue channel)

		PB	PM	ZE	NM	NB
cH	Contrast	295 ~ 213.31	213.3 ~ 131.61	131.6 ~ 49.91	49.9 ~ -31.79	-31.8 ~ -113.5
	Texture degree	459.2 ~ 367.35	367.34 ~ 275.48	275.47 ~ 183.62	183.61 ~ 91.76	91.75 ~ 0.12
cV	Contrast	196 ~ 95.01	95 ~ -5.99	-6 ~ -106.99	-107 ~ -207.99	-208 ~ -309
	Texture degree	511.93 ~ 409.55	409.54 ~ 307.15	307.14 ~ 205.75	204.74 ~ 102.36	102.35 ~ 0.05

견고성에 대한 실험에서는 네트워크 채널환경에서 잡음, JPEG, 부분삭제, 크기 변형 등의 영상처리를 거친 후, 상관관계를 측정하여 결과를 분석하였다. 그림 6 및 그림 7은 각각 압축된 영상 및 잡음 첨가에 따른 영상으로부터 워터마크를 추출한 후, 원래의 워터마크와의 상관도를 나타낸 결과이다.

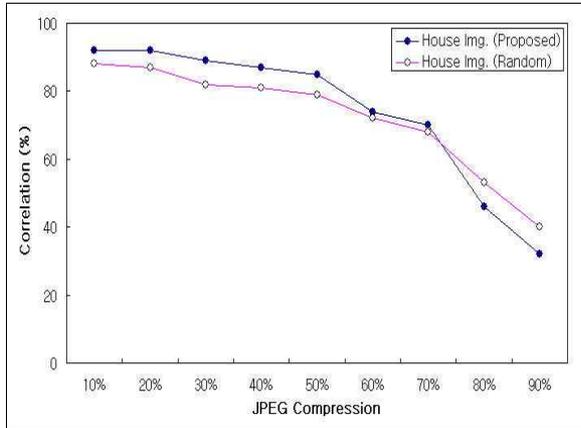


그림 6. 실험영상의 JPEG 압축에 따른 상관 그래프
Fig. 6. Correlation graph with JPEG compression

그림 8 및 그림 9는 제안한 방법과 Cox의 방법을 비교한 결과인 바, 70% 정도까지의 JPEG 압축 공격에 대하여 제안한 방법이 우수함을 보였다.

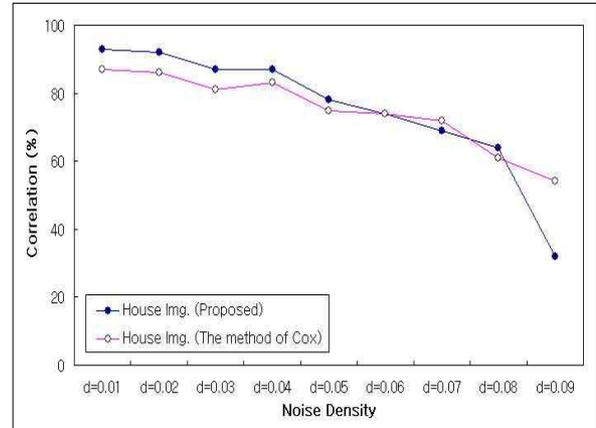


그림 9. 제안한 방법과 Cox 방법의 비교
Fig. 9. Comparison between Cox's and proposed method

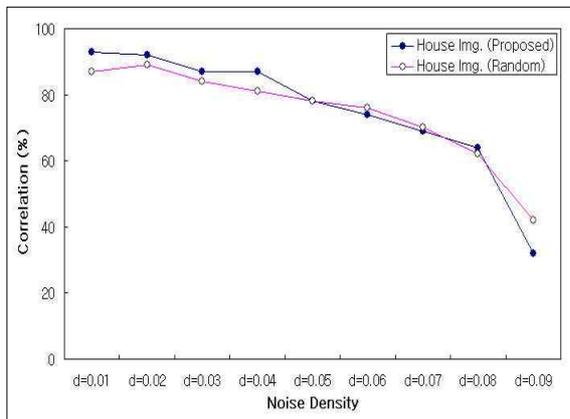


그림 7. 잡음(salt&pepper) 첨가에 따른 상관 그래프
Fig. 7. Correlation graph with salt&pepper noise

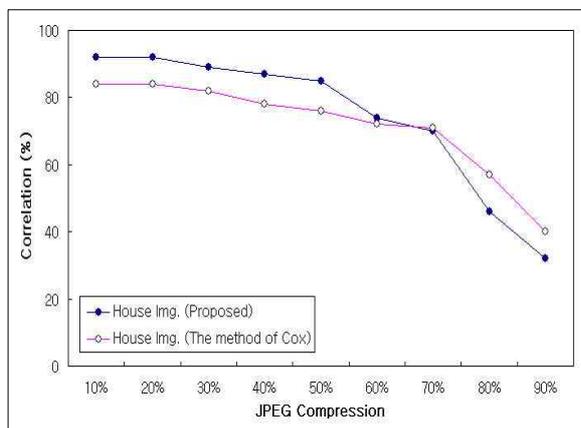


그림 8. 제안한 방법과 Cox 방법의 비교
Fig. 8. Comparison between Cox's and proposed method

VI. 결 론

제안한 방법은 공간영역과 주파수 영역기반 정보를 활용한 혼합기반 워터마킹 기법이며 워터마크 추출 시 원본 영상이 불필요한 방법으로서, 워터마크가 삽입될 최적의 부대역을 결정하기 위하여 퍼지 추론 시스템을 접목하였다. 제안한 방법의 타당성 검토를 위하여 일련의 실험을 수행하였으며 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 컬러영상의 색상 정보를 파악하기 위하여 색차정보의 공간분포특성을 분석하였다.
- 적응적으로 워터마크를 삽입할 주파수 분포대역을 계산하기 위하여 웨이블릿 변환을 이용하였고 각 영역에 대한 대조도 및 텍스처 특성을 계산하였다.
- 부 대역별 계수분포를 퍼지데이터로 생성한 바, 변환 계수의 최고값과 최소값을 구하고 계수범위를 균일하게 5등분하여 퍼지 변수로 사용 하였다.
- 규칙기반의 퍼지 추론시스템을 설계하였으며, 시스템의 입력은 4개의 변수를 사용하였고, 추론 규칙의 수를 줄이기 위하여 입력이 분리된 선형결합 방식을 고안하였다.
- 제안한 알고리즘의 타당성 및 성능을 분석하기 위하여 노이즈 첨가, JPEG 등의 공격방법에 적용해 본 결과, 화질이 비교적 우수하였고, 특히

고 압축율의 손실 압축과 기하학적인 변형 등의 경우에도 강인함을 확인 할 수 있었다.

참 고 문 헌

[1] 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 (1997).

[2] C. T. Hsu and J. L. Wu, "Hidden Digital Watermarks in Images," *IEEE Trans. on Image processing*, Vol. 8, No. 1, pp. 58-68(1999)

[3] G.C.Langelaar,R.L.Lagendijk and J.Biemon, "Watermarking by DCT Coefficient Removal: A Statistical Approach to Optimal Parameter Setting," *Proc. of the SPIE In Security and Watermarking of Multimedia Contents*, vol.3971, pp. 2-13, 1999.

[4] A.Piva,R.Caldelli, A.Rosa,"A DWT-based Object Watermarking System for MPEG4 Video Streams," *Proc. of IEEE International Conference Image Processing*, pp. 5-8, 2000

[5] M. J. Tsai, K. Y. Yu and Y. Z. Chen," wavelet packet and adaptive spatial transformation of watermark for digital image authentication," *Proc. IEEE ICIP*, Vol. 1, pp. 450-453 (2000).

[6] 김윤호 외, "키와 로고방식을 혼합한 이미지 워터마킹의 비가시성과 강인성 평가," *한국해양정보통신학회 논문지 제6권 제3호*, 2002년 5월

[7] 송학현, 김윤호, "An Adaptive Digital Watermarking using DWT and FIS," *디지털콘텐츠학회 논문지 제5권 제2호*, 2004년 6월

[8] 김태곤, 김윤호, " 효율적인 워터마킹을 위한 웨이블릿 기반 RGB 채널 분석“, *한국정보기술학회 논문집*, 2007년 9월.

[9] D. J. Coumou, A. Mathew, "Fuzzy system solution for digital image watermarking," *Proceedings- SPIE the International Society for Optical Engineering*; 2003; Vol. 5200, 192-196, 2003.

[10] King N. Ngan, Chi W. Yap, and Keng T. Tan, "Video Coding for Wireless Communication Systems",

Marcel Dekker, 2001.

[11] H. Nobuhara, W. Pedrycz, K. Hirota, "A digital watermarking algorithm using image compression method based on fuzzy relational equation," *Proceedings of the 2002 IEEE International Conference on ()*, 2002 v.2, 2002, 1568-1573.

[12] Riza C. Berkan, S. L. Trubatch, *Fuzzy System Design Principles, IEEE Press*, 1995.

김 윤 호(金允鎬)



1986년 : 경희대학교 대학원 전자공학과 (공학석사)
 1992년 : 청주대학교 대학원 전자공학과 (공학박사)
 2005년 ~ 2006년 : Univ. of Auckland. NZ. Dept. of Computer Science, CITR Lab. Research Fellow.

1992년 ~ 현재 : 목원대학교 컴퓨터공학부 교수, 멀티미디어기술사.

관심분야 : 영상처리, 컴퓨터비전, 뉴로퍼지응용, 정보통신정책 등

김태곤 (金泰坤)



1984년: 단국대학교 무역학과 졸업
 2000년: 목원대학교 교육대학원 졸업(교육학 석사)
 2008년: 목원대학교 대학원 컴퓨터공학부 졸업 (공학박사)
 관심분야 : 영상처리, 콘텐츠 정보보호, 정보통신정책 등