

쿼드트리 알고리즘과 최저주파수대역을 이용한 워터마킹 기법

論 文

56-11-26

A Watermarking Scheme of Lowest Frequency Band Based on the Quad-Tree Algorithm

鄭秉琇* · 秋亨錫** · 申城旭*** · 安鍾久†

(Byong-Soo Jeong · Hyung-Suk Chu · Soung-Wook Shin · Chong-Koo An)

Abstract - In this paper, digital watermarking method using quad-tree algorithm and the lowest frequency band is proposed. The proposed algorithm searches the coefficient of the watermark by using quad-tree algorithm and inserts the watermark by the Cox's algorithm. The simulation of the proposed algorithm is implemented about the effect of various weight factors in Cox's algorithm, that of embedding watermark in each subband coefficient (HH, LH, HL), and that of embedding in the lowest frequency band (LL). As a simulation result, the bigger weight factors in Cox's algorithm show strong to noise. The watermarking performance of simultaneously embedding in HH, LH, and HL band is better than that of different cases. In addition, insertion the watermark to the LL band about 30~60% of all watermarks improves the watermarking performance in comparison with the case of not using the LL band.

Key Words : quad-tree algorithm, dwt, digital watermarking

1. 서 론

90년대 이후 매체의 디지털화는 다양한 디지털 콘텐츠의 급속한 전파와 사업 확장을 유도하였다. 모든 데이터가 수치화 되어있기 때문에 복제 시 원본과 사본이 완전히 같아 동일한 데이터의 유통이 매우 편리해졌다. 하지만 이러한 구분이 불가능 한 점을 이용하여 저작권이 보호되어야 할 콘텐츠가 무분별하게 편집/유통 되고 있어 이에 대한 방안이 요구된다. 본 논문에서는 DWT(discrete wavelet transform)와 쿼드트리 알고리즘(quad-tree algorithm)을 기반으로 하는 소유권 주장을 위한 워터마크 기법을 제안하였다.

워터마크는 원래 미술작품이나 책 등에서 원 저작자의 소유권을 주장하기 위해 잘 보이지 않는 투명한 형태의 표시를 해두는 것을 말하는데, 이것은 800년대에 이탈리아 지방의 종이 생산 공장에서 자신들의 공장에서 생산한 종이라는 것을 증명하기 위해 처음 고안되었다[1]. 워터마크 기법은 사용목적에 따라 소유권을 주장하는 워터마크 기법과 인증을 위한 워터마크 기법으로 나눌 수 있다[1][2]. 소유권 주장을 위한 워터마크 기법은 2인 이상의 디지털 데이터의 소유권 분쟁에서 원 저작권자의 소유권을 분명히 하기 위해 사용하는 것이다. 이러한 분쟁에서 디지털 데이터에 삽입 한 워터마크가 손상 될 경우 원 저작권자의 권리를 보호해줄

수 없게 된다. 이러한 손상은 원본데이터를 복사, 편집, 전송을 할 경우 부득이하게 발생하는 경우가 있고 데이터의 불법적 이용을 목적으로 의도적으로 손상시키는 경우가 있다. 디지털 워터마크는 이러한 비의도적 손상, 의도적 공격에도 견딜 수 있어야 한다.

디지털 영상에 적용하는 워터마크 삽입기법으로는 크게 두 가지가 있다. 정지영상의 경우 공간영역 (spatial domain)에서 워터마크를 삽입하는 방법이 있고 주파수 영역 (frequency domain)의 변환 계수에 워터마크를 삽입하는 방법이 있다. 공간 영역 삽입 방법은 영상의 화소와 워터마크로 사용 될 값을 직접 계산하여 삽입을 하는 방법으로 이 방법은 다른 변환이 필요 없이 삽입을 하므로 계산이 쉽고 과정이 간단하다는 특징을 가지고 있다. 하지만 영상에 직접 가하는 잡음 공격이나 손실압축 등 간단한 공격에도 워터마크가 쉽게 손상될 수 있는 단점이 있다. 두 번째로 주파수 영역 삽입 방법은 변환(transform)을 이용하여 영상을 주파수 스펙트럼으로 변환한 뒤 계수에 워터마크를 삽입하는 방법이다[1][3]. 이 방법은 사용자가 직접 보게 되는 영상을 화소 값 조작이 아닌 주파수 계수 조작으로 이루어지므로 워터마크를 삽입할 시 시각적으로 차이가 적게 나며 각종 공격에도 강하다는 장점을 가지고 있다. 최근 주파수 워터마킹 기법은 DCT나 DFT, DWT를 이용한 연구가 진행되고 있다. DCT를 이용한 연구의 경우 DCT알고리즘에서 나타나는 블록화 현상이 단점으로 나타난다.

본 논문에서는 DWT를 이용하여 분해한 영상을 쿼드트리 알고리즘을 이용하여 워터마크를 삽입 중요계수를 선택하였고 선택된 DWT계수에 Cox의 알고리즘을 이용하여 워터마크를 삽입하였다. 첫 번째 실험으로 Cox의 알고리즘에서 사용하는 가중치의 크기를 변화시키며 워터마크가 잡음에 대한 강인성을 확인하였다. 그 결과 가중치의 크기가 커짐으

* 學生會員 : 蔚山大 工大 電氣電子工學部 碩士課程

** 正 會 員 : 蔚山大 工大 電氣電子工學部 講義專擔教授

*** 正 會 員 : 蔚山大 工大 電氣電子工學部 博士後課程

† 교신저자, 終身會員 : 蔚山大 工大 電氣電子工學部 教授

E-mail : ckan@ulsan.ac.kr

接受日字 : 2007年 1月 4日

最終完了 : 2007年 6月 6日

로 인해 잡음에 강하지만 가중치가 커질수록 워터마크가 원 영상에 잡음으로 작용하는 결과를 볼 수 있었다. 다음으로는 DWT 분할 영역 중 워터마크를 삽입 할 대역과 영역의 크기를 달리 하였다. 워터마크 삽입 대역의 경우 높은 주파수성분의 계수는 낮은 주파수성분의 계수에 비해 잡음에 약하였고 영역의 크기는 넓어질수록 잡음에 강함을 볼 수 있었다. 마지막으로 DWT 분할 영역 중 최저주파수대역에 워터마크를 일정 비율 삽입 하였다. 그 결과 최저주파수대역에 일정비율의 워터마크를 삽입하는 것이 최저주파수대역을 전혀 사용하지 않는 것에 비해 실험한 공격에 강하면서 원본영상에는 큰 영향을 끼치지 않는 것을 확인하였다.

본 논문의 2.1절에서는 일반적인 워터마크 삽입 기법에 대해 서술하였고, 2.2절에서는 본 논문에서 사용한 쿼드트리 알고리즘을 이용한 중요계수 추출방법에 대해 설명하였다. 2.3절에서는 본 논문에서 제안한 세 가지 워터마크 삽입 기법에 대해 설명하였고, 2.4절에서는 모의실험과정과 결과를 보였다. 마지막으로 3장에서는 본 논문의 결론을 맺었다.

2. 본 론

2.1 일반적인 워터마크 삽입 기법

입력 영상의 워터마크 삽입 계수를 C 라 하고 삽입하고자 하는 워터마크를 W , 워터마크가 삽입 된 영상의 계수를 C' 이라 하면 그림 1과 같이 표현할 수 있다.

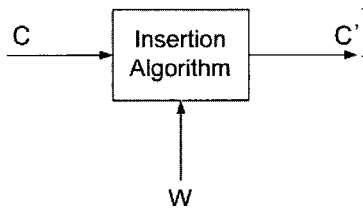


그림 1 일반적인 워터마크 삽입 방법
Fig. 1 General watermark insertion technique

그림 1에서 사용되는 워터마크 W 는 저작권을 나타내는 표시인 영상, 텍스트 등을 삽입 가능한 형태로 변환한 것으로 본 논문에서는 Binary PN-Code를 사용하였다. 워터마크를 삽입할 계수는 공간 영역에서 삽입할 경우 영상의 화소를 직접 가져다 사용 하는 것이고, 주파수 영역에서 삽입한다면 주파수 변환 후의 계수 값을 사용하게 된다.

워터마크를 삽입하는 알고리즘으로는 Cox의 알고리즘을 주로 사용하는데 아래와 같은 식으로 표현 가능하다 [1][4][5].

$$C' = C + \alpha \times W \quad (1)$$

$$C' = C(1 + \alpha \times W) \quad (2)$$

C 는 워터마크를 삽입할 계수, α 는 워터마크 삽입 시 사용되는 가중치(Weight Factor)이고 C' 은 워터마크가

삽입된 계수이다. 가중치로 쓰이는 값의 크기가 커질수록 워터마크의 강도가 높아 공격에 강해진다는 장점이 있다. 하지만 그에 따라 영상의 질도 같이 손상되게 된다. 식(1)은 워터마크를 삽입하는 계수의 크기에 관련 없이 삽입하는 것이고 식(2)는 계수의 크기에 비례하여 삽입을 하는 방법을 나타낸 것이다. 본 논문에서는 식(2)와 같이 계수의 크기에 영향을 받는 방법을 사용하여 사용되는 계수의 크기가 클수록 워터마크의 영향이 더 크게 하였다.

2.2 워터마크 삽입을 위한 위치정보 추출

쿼드트리 알고리즘에서 중요계수들의 위치정보를 나타내기 위해 사용하는 쿼드트리 알고리즘은 이미지 분석법의 하나인 영역 방향성 세그먼트 기법(region-oriented segmentation)중에서 이미지를 분할할 때 분할 정보를 나타내는 방법 중 하나이다. 그림 2의 쿼드트리 정보를 bit-stream으로 나타내면 1 1001 0000 0000 으로 나타낼 수 있다. 그림 3에는 그림 2의 이미지를 쿼드트리로 나타내었다. 1은 분할이 가능함을, 0은 더 이상 분할이 불가능함을 나타낸다. 이와 같은 쿼드트리를 사용하여 중요계수의 위치를 나타내는 정보로 바꿀 수 있다. 이미지를 분할하는 조건은 분할 시 중요계수의 여부로, 중요계수가 있으면 분할하고 없으면 분할하지 않는다.

2.3 워터마크 삽입을 위한 중요계수의 선택

워터마크를 삽입 할 중요 계수를 선택하는 것은 다음과 같은 과정으로 이루어진다. 어떤 임계값(T)의 범위에 들어가는 계수를 선택하는 것으로, 임계값을 T 라 하면 T 와 $2T$ 사이에 있는 계수들을 중요계수(significant coefficient)라 두고, 이 계수가 $2T$ 와 $(2T+T)/2$ 사이에 있으면 1, $(2T+T)/2$ 에서 T 사이에 있으면 0이라 둔다. 이렇게 구한 bit-stream을 이용하여 값을 결정하는 것이다. 이런 방법으로 계수의 값을 결정하게 되면 임계값을 낮출수록 선택된 값의 중요도가 커지게 되고 이 임계값의 크기를 조절하여 삽입 할 워터마크의 수 만큼 중요계수를 선택하게 된다.

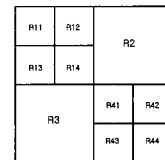


그림 2 중요계수 선택을 위한 분할
Fig. 2 Decomposed image for the selection of significant coefficients

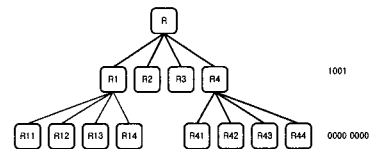


그림 3 분할영상의 쿼드트리 표현
Fig. 3 Quad-tree representation of the decomposed image

2.4 제안한 알고리즘

본 논문에서는 DWT를 이용하여 원 영상을 3단계 분해한 뒤 쿼드트리 알고리즘을 하여 중요계수를 선택하였다. 선택한 계수에 앞서 설명한 Cox의 알고리즘을 이용하여 워터마크를 삽입 하였다. 실험에는 Gaussian 잡음, Salt & Pepper 잡음, 그리고 Quad-Tree algorithm을 이용한 손실압축 공격을 사용하였고 공격 후 상관계수의 크기와 PSNR을 이용하여 성능을 평가하였다. 주요 실험으로는 가중치의 변화에 따른 워터마크의 강인성 실험과 DWT를 이용하여 분해한 영역의 구분, 그리고 중요계수를 선택하는 영역의 면적이 강인성에 미치는 영향을 확인하였다. 마지막으로 총 워터마크의 수에 비해 분해된 영역의 최저주파수대역인 LL3 영역에 삽입되는 워터마크의 비율이 워터마크의 강인성 향상에 미치는 영향을 확인하였다. 실험에 사용된 워터마크는 1,000개의 2진 PN-Code로 구성하였다.

2.4.1 α 값의 크기에 따른 강인성

Cox의 알고리즘에 따라 앞에서 나온 식(2)처럼 DWT 한 계수에 워터마크를 삽입한다.

α 는 식(2)에서 보는 바와 같이 워터마크의 가중치로 작용하여 원 웨이블릿 계수를 변화시킨다. C 는 DWT 계수, C' 은 워터마크가 삽입된 DWT 계수, W 는 삽입되는 워터마크이다. 워터마크로 이용되는 W 값은 2진 PN-Code이고, α 는 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5인 경우에 대하여 실험하였다.

2.4.2 DWT 분할 영역에 따른 워터마킹

512x512[pixel]의 크기를 가진 원본 영상을 3단계의 웨이블릿 변환을 하여 10개의 영역으로 나눈다. 이때 나누어진 영역을 그림 4와 같이 5구간(HH, LH, HL, LH/HL, LL3을 제외한 모든 영역)으로 구분하였고, 각 영역에 워터마크를 삽입하였을 시 강인성 성능을 확인하였다. 그림 4에서 음영이 들어간 영역 중 1000개의 중요계수를 선택하여 워터마크를 삽입하였다. 그림 4(a)는 분해 영역 중 HH영역만 모아놓은 것으로 각 level에서 고주파대역만 모아놓은 것이다. 그림 4(b)와 그림 4(c)는 수평방향과 수직방향으로 각각 저역, 고역대역 통과필터를 바꾸어 가며 통과 시킨 것이다.

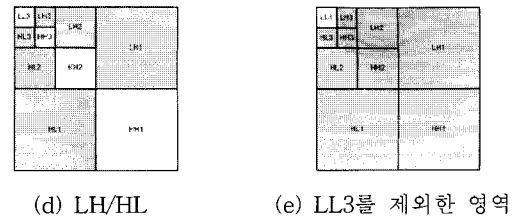
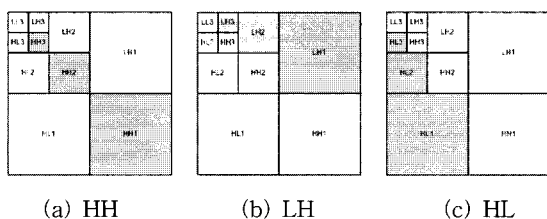


그림 4 DWT 분할 영역별 삽입 영역
Fig. 4 Decomposed regions to insert watermarks

그림 4(d)는 그림 4(b)와 그림 4(c)의 영역을 합쳐 놓은 것으로 총 6개 구간에서 1000개의 중요계수를 뽑아낸다. 그림 4(e)는 최저주파수대역인 LL3을 제외한 모든 구역을 대상으로 중요계수를 선택 한 그림이다.

2.4.3 DWT 분할 영역 중 LL3 영역에 들어가는 워터마크의 비율

3단계 DWT 분해를 한 영상의 LL3 영역은 다른 영역에 비하여 가장 큰 값의 분포를 가지고 있으므로 영상에 대한 각 계수들의 영향은 크다. 이러한 이유 때문에 일반적으로 다른 연구에서는 LL3의 영향이 클 것이라 보아 사용을 하지 않았다. 본 논문에서는 LL3 영역에서 워터마크의 비가시성과 강인성이 trade-off 관계이므로 LL3에 삽입되는 워터마크의 최적화된 비율이 있을 것이라 가정하였다. 아래 그림 5에서 실험에 사용될 LL3은 짙은 음영으로 표시하였고 나머지 영역은 옅은 음영으로 표시하였다. 실험에서는 일단 LL3에 들어갈 워터마크의 비율을 정하고 LL3에서 중요계수를 선택하였다. 1000개의 워터마크 중 LL3에 들어가는 수 이외의 개수는 나머지 영역을 대상으로 중요계수를 선택하여 삽입하였다.

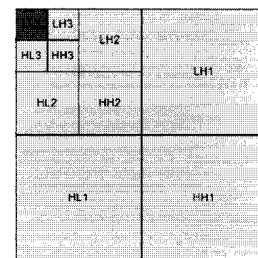


그림 5 저주파대역(LL3)의 영향 실험에 이용된 분해도
Fig. 5 Decomposition map to effect of the lowest frequency band(LL3)

워터마크를 고의로 파괴하거나 전송과정 중 파괴 될 수 있는 상황을 고려해야 하므로 워터마크 삽입영상에 잡음 삽입과 같은 공격을 취하고 공격으로 인해 오염된 영상으로부터 워터마크를 추출한다. 추출한 워터마크는 삽입 시 사용되었던 원본 워터마크와 비교하여 상관계수(correlation coefficient)를 구한다. 구한 상관계수의 크기는 사용된 알고리즘의 강인성 척도로 사용하였다.

2.5 모의실험

그림 6은 전체 실험 과정을 실제 영상과 워터마크를 이용하여 그림으로 나타낸 것이다. 원본 영상에 Binary PN-Code로 이루어진 워터마크를 삽입하면 두 번째 영상과 같이 된다. 워터마크가 삽입된 영상에 3가지 공격을 가한 뒤 공격으로 인해 오염된 영상에서 워터마크를 추출한다. 추출한 워터마크와 원본에 삽입 시 사용된 워터마크를 비교하여 상관계수를 구하고 이를 강인성의 척도로 이용한다.

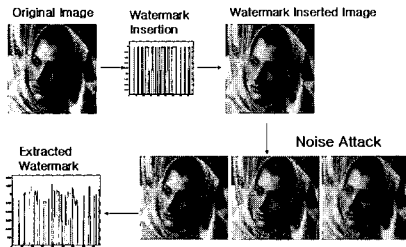


그림 6 모의실험의 구성
Fig. 6 Simulation configuration

그림 7는 워터마크를 삽입하는 과정을 나타낸 것이다. 원본 영상을 3단계 DWT 분해한 뒤 삽입할 구역에서 쿼드트리 알고리즘을 이용하여 중요계수를 선택한다. 선택된 중요계수에 가중된 PN-Code를 Cox의 알고리즘을 이용하여 삽입한다. 이 결과 워터마크가 삽입된 영상이 나오고 워터마크를 삽입한 영상과 원본 영상을 비교하여 PSNR(Peak Signal to 잡음 Ratio)값을 구한다. 이때 PSNR은 워터마크 삽입알고리즘의 비가시성 성능의 척도로 사용된다.

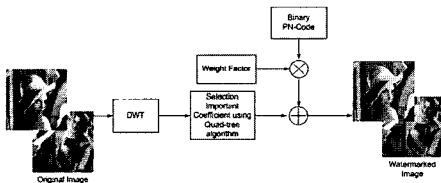


그림 7 워터마크 삽입 과정
Fig. 7 Process of watermark insertion

그림 8은 공격으로 인해 오염된 영상으로부터 워터마크를 추출하는 과정을 보인 것이다. 오염된 영상을 DWT 분해하여 워터마크를 추출, 삽입 시 사용한 원본 워터마크와 비교하여 상관계수를 구한다. 이때 구한 상관계수의 크기는 삽입 시 사용된 알고리즘의 강인성 척도로 이용 된다.

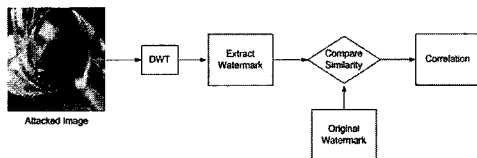


그림 8 워터마크 추출 과정
Fig. 8 Process of watermark extraction

1) Weight Factor(α)의 영향

표 1은 Gaussian 잡음과 S&P 잡음에 대한 가중치(α)값의 변화에 따른 영향을 나타낸 것이다. 가중치가 0.1에서 0.5로 변하는 동안 PSNR은 약 1~3dB 떨어진 반면 상관계수는 Gaussian 잡음에서 SNR이 24dB일 때 약 0.4, S&P 잡음에서 21dB일 경우 0.41정도 증가하였다. 따라서 Cox의 알고리즘에서 Weight Factor 값의 크기가 클수록 강인성은 좋아지나 워터마크 자체가 잡음 역할을 하여 PSNR값을 떨어뜨려, 비가시성을 저해하는 효과를 보였다.

표 1 가중치의 영향(Gaussian, S&P Noise)
Table 1 Effect of Weight factor(Gaussian S&P Noise)

Noise	SNR	α=0.1		α=0.2		α=0.3		α=0.4		α=0.5	
		PSNR	상관도	PSNR	상관도	PSNR	상관도	PSNR	상관도	PSNR	상관도
Gaussian	31	38	0.82	37	0.95	37	0.97	36	0.98	35	0.99
	24	31	0.54	31	0.78	30	0.89	30	0.93	30	0.95
S&P	28	35	0.76	35	0.91	35	0.95	34	0.96	34	0.98
	21	27	0.39	27	0.66	27	0.80	27	0.87	27	0.90

표 2 DWT분해영역 중 워터마크 삽입위치에 따른 상관도와 PSNR(Gaussian Noise)

Table 2 Corr. Coef. and PSNR according to location of watermark insertion on DWT decomposition region

Noise	SNR	HL		LH		HH		LH,HL		all	
		PSNR	상관도	PSNR	상관도	PSNR	상관도	PSNR	상관도	PSNR	상관도
Gaussian	31	38	0.82	38	0.80	38	0.76	37	0.84	37	0.86
	24	31	0.54	31	0.47	31	0.43	31	0.60	31	0.62
S&P	28	35	0.76	35	0.71	35	0.64	35	0.76	35	0.76
	26	32	0.60	32	0.57	32	0.59	32	0.65	32	0.65

2) 삽입 영역에 따른 워터마킹 효과

DWT 분할 영상의 분포도 특징에 따라 고주파 대역일수록 계수의 크기는 작다. 그리고 고주파 대역에 워터마크를 삽입한 경우 비가시성은 좋으나 강인성이 떨어진다. 표 2에서는 Gaussian 잡음과 S&P 잡음에 대한 영역별 실험결과를 보여준다. HH영역에 삽입한 경우보다 All(except LL3) 영역에 삽입한 경우 PSNR은 1dB 이하로 떨어지는 반면 상관계수는 Gaussian 잡음의 SNR이 24dB일 때 0.19, S&P 잡음의 SNR이 26dB일 때 0.06 정도 증가하였다. 삽입하는 위치를 결정하는 영역이 넓어질수록 삽입 되는 계수로 선택되는 값의 크기가 커져서 강인성은 좋아짐을 확인하였다.

3) 저주파대역(LL3)에 들어가는 워터마크의 비율이 강인성에 미치는 영향

표 3에 LL3에 들어가는 워터마크의 비율에 대한 PSNR값과 상관계수의 값을 표시하였다. Gaussian 잡음의 경우 전

체 영역 중 LL3 영역에 들어가는 비율이 20~60%정도 선에서 PSNR은 1~2dB 줄어드는 반면 상관계수의 크기는 0.07~0.15 정도 증가하는 효과를 보였다. S&P 잡음의 경우 잡음 특성상 별 다른 특징은 보이지 않았다.

그림 9에는 손실압축에 대한 PSNR과 상관계수를 나타냈다. 오른쪽의 범례는 손실압축을 수행 시 한 화소 당 비트 수를 나타낸 것이다. 가장 큰 값(약 1.79비트)으로 한 픽셀을 나타냈을 경우 워터마크가 거의 손실이 없었으나 PSNR 값이 약 5dB까지 떨어져 크기가 큰 만큼 영향이 많이 끼친다는 것을 볼 수 있다. 반면 0.05636비트/화소의 경우 최저 주파수대역에 삽입 되는 워터마크의 수가 300개에서 600개로 증가하면서 PSNR의 경우 1dB정도 떨어진 것에 비해 상관계수의 경우 약 0.4정도의 향상을 볼 수 있다. 이는 LL3의 경우 분포된 계수가 전체적으로 큰 값을 가지고 이로 인해 영상의 가시적인 부분에 많은 영향을 끼치지만 분포된 값의 크기가 큰 만큼 워터마크를 삽입하였을 경우 공격에 대해 살아남을 확률이 크다는 것을 확인시켜준다. 그 결과 워터마크 삽입 시 DWT 계수 중 최저주파수대역의 계수에 전체 삽입 할 워터마크 중 약 30~60%의 비율 중 적정비율만큼 삽입함으로써 영상에 특별한 손실을 끼치지 않고 영상을 보호할 수 있는 방법으로 활용할 수 있다.

표 3 LL3영역에 들어가는 워터마크의 비율에 따른 상관도와 PSNR(Gaussian Noise)

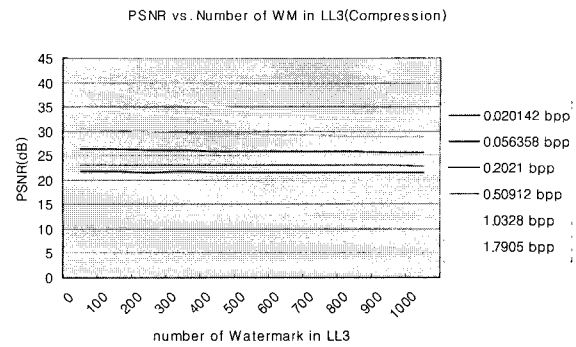
Table 3 Corr. Coef. and PSNR according to ratio of watermark in LL3 band vs. other band

Noise	SNR	Number of Watermark in LL band										
		0	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000
Gaussian	32	38	37	36	35	34	34	34	33	33	33	33
	26	32	32	31	31	31	31	30	30	29	29	29
S&P	35	45	43	43	44	45	45	43	46	47	44	44
	26	35	34	34	35	35	35	34	35	34	35	35

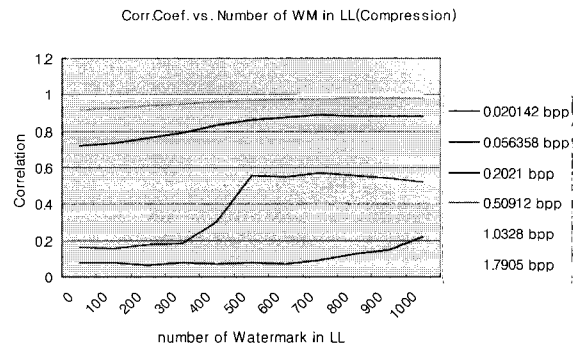
(a) LL3 영역의 영향에 대한 PSNR(Noise)

SNR	SNR	Number of Watermark in LL band										
		0	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000
Gaussian	31.7	0.86	0.87	0.90	0.92	0.95	0.96	0.97	0.98	0.99	0.99	1.00
	25.7	0.64	0.66	0.71	0.78	0.82	0.86	0.86	0.90	0.93	0.96	0.99
S&P	35.5	0.99	0.96	0.98	0.97	0.98	0.96	0.97	0.98	0.99	0.99	0.90
	26.2	0.73	0.76	0.75	0.74	0.74	0.74	0.76	0.72	0.78	0.81	0.73

(b) LL3 영역의 영향에 대한 상관도(Noise)



(a) PSNR graph drawn with effect of LL3 region



(b) Correlation graph drawn with effect of LL3 region

그림 9 LL3 영역의 영향에 대한 PSNR과 상관도(Compression)
Fig. 9 Graph drawn with effect of LL3 region

3. 결 론

본 논문에서는 디지털 데이터의 저작권 보호를 위해 사용하는 워터마크를 비의도적 손상, 의도적 공격으로부터 보호하기 위해 쿼드트리 알고리즘을 이용한 워터마킹 기술을 제안하였다. 삽입 알고리즘으로 Cox의 알고리즘을 이용하여 원 영상의 계수에 대해 워터마크의 가중치가 미치는 영향을 확인하였고, 3단계 DWT 분해를 한 영상에서 각 주파수영역별, 워터마크 삽입 영역의 크기에 따른 강인성 확인을 하였다. 마지막으로 DWT 3단계 분해영역 중 최저 주파수대역인 LL3영역에 삽입되는 워터마크의 비율을 변화시킴으로써 LL3영역이 원 영상에 미치는 영향과 워터마크로서의 강인성을 확인하였다.

첫 번째 실험은 Cox의 알고리즘에서 사용된 워터마크의 가중치를 변화시켜 가중치가 워터마크의 강인성과 비가시성에 얼마만큼의 영향을 미치는지 확인하였다. 가중치가 커질수록 워터마크가 잡음 공격으로부터 살아남을 확률은 높아지지만 워터마크 자체가 원본 영상에 대해 잡음으로 작용할 수 있음을 확인하였다. 두 번째 실험은 실험 영상을 3단계 DWT 분해 후 워터마크 삽입 영역별, 각 단계별로 묶어 실험을 하고 워터마크를 삽입 할 중요계수의 선택영역의 크기가 잡음으로부터 얼마나 강한지 실험을 하였다. 실험결과 고주파 영역의 경우 저주파 영역에 비해 잡음에 약한 특징

을 보였고 워터마크 삽입영역이 넓어질수록 잡음에 강한 특성을 보였다. 마지막 실험에서는 DWT 분해 영상 중 최저주파수대역은 값의 크기가 크다는 점을 이용한 실험이었다. 최저주파수대역에 일정 비율의 워터마크를 삽입하고, 나머지 워터마크를 다른 영역 전체에 삽입하는 방법을 제안하고 실험을 하였다. 그 결과 최저주파수대역에 30%~60% 만큼 워터마크를 삽입 하였을 경우 잡음의 종류에 따라 PSNR은 1~2dB만큼 떨어진 반면 상관도값의 경우 작게는 0.1에서 크게는 0.4까지의 성능 향상을 볼 수 있었다. 이 결과는 기존의 최저주파수대역을 사용하지 않았던 연구에 비해 적정 비율을 사용할 경우 원본의 손실과 워터마크의 강인성이라는 두 가지 변수에서 최적화된 값을 찾을 수 있는 가능성을 보여준다.

앞으로 웨이블릿 패킷을 이용하여 중요계수를 선택하는 방법으로 발전시킬 수 있고, 영상, 텍스트, 숫자 등 워터마크의 종류에 따른 적용된 워터마킹 기법에 대한 연구가 필요 하리라고 본다.

참 고 문 헌

- [1] Stefan Katzenbeisser and Fabien A.P. Petitcolas, "Information hiding techniques for seganography and digital watermarking", Artech House
- [2] Gerhard C. Langelaar and Iwan Setyawan, "Watermarking digital image and video data" IEEE Signal Processing Magazine, pp. 20-46, September 2000
- [3] Houng-Jyh Mike Wang and Po-Chyi Su, "Wavelet-based blind watermark retrieval technique" SPIE Conference Multimedia Systems and Application, pp. 440-451, November 1998
- [4] Ingemar J. Cox, Joe Kilian, F. Thomson Leighton, and Talal Shamoan, "Secure spread spectrum watermarking for multimedia", IEEE Trans. on Image Proc., Vol. 6, No. 12, pp. 1673-1687, December, 1997
- [5] Ingemar J. Cox and Jean-Paul, "Some general methods for tampering with watermarks", IEEE Journal on Communication, Vol. 16, No. 4, pp. 587-593, May, 1998

저 자 소 개



정 병 수 (鄭 秉 琇)

1982년 7월 5일생. 2005년 울산대학교 전기전자공학부 졸업. 2007년 울산대학교 대학원 전기전자공학부 (공학석사). 2007년 2월~현재 코모텍 주식회사 사원
Tel : 052-288-7550
Fax : 052-288-7551
E-mail : knightjbs@gmail.com



추 형 식 (秋 亨 錫)

1971년 12월 16일생. 1997년 울산대 전자공학과 졸업. 1999년 울산대학교 대학원 전자공학과 (공학석사). 2003년 울산대학교 대학원 전자공학과 (공학박사). 2004년~현재 울산대학교 전기전자정보시스템공학부 강의진담교수
Tel : 052-259-1282
Fax : 052-259-1686
E-mail : hschu4@mail.ulsan.ac.kr



신 성 욱 (申 城 旭)

1974년 11월 22일생. 2000년 울산대학교 전기공학과 졸업. 2002년 울산대학교 대학원 전자공학과 (공학석사). 2004년 10월~2005년 8월 오토닉스 연구원. 2006년 울산대학교 대학원 전기전자공학 (공학박사). 2006년 7월~현재 울산대학교 박사후과정
Tel : 052-259-2213
Fax : 052-259-1686
E-mail : ssw93@mail.ulsan.ac.kr



안 종 구 (安 鍾 久)

1953년 7월 7일생. 1977년 서울대 전기공학과 졸업. 1979년 한국과학기술원 전기및전자공학과 (공학석사). 1989년 Univ. of Texas at Austin (공학박사). 1979~1980년 현대중공업주식회사 1980~현재 울산대학교 전기전자정보시스템공학부 교수
Tel : 052-259-2183
Fax : 052-259-1686
E-mail : ckan@mail.ulsan.ac.kr