

Digital Watermarking using Wavelet Packet Transform

秋 亨 錫* · 安 鍾 久*

(Hyung-Suk Chu · Chong-Koo An)

Abstract - In this paper, a digital watermarking method using the WPT (Wavelet Packet Transform) is proposed. The proposed algorithm transforms the input image by using the WPT and inserts the watermark by using the quad-tree algorithm and Cox's algorithm. The experiments for evaluating the performances of the proposed algorithm is carried out by inserting a watermark in each wavelet packet transform step and by inserting a watermark into the lowest frequency domain (LL). As a simulation result, the performance of the insertion of the watermark into the 6 levels of WPT is better than that of other cases. In addition, about 30~60% of all watermarks are inserted into the LL band, the correlation value is improved though the PSNR performance decreases 1~2dB.

Key Words : WPT, Digital watermark, Quad-tree algorithm

1. 서 론

인터넷과 통신기술의 급격한 발전으로 인하여 디지털 콘텐츠는 쉽고 빠르게 퍼지게 되었다. 이러한 디지털 콘텐츠는 복사 및 저장에 손실이 없으며, 인터넷을 통한 배포가 쉽고 편집 및 수정이 용이하여 다량의 복사가 가능하다. 이런 특징으로 인하여 저자의 동의 없는 복사, 배포는 저작권 침해, 불법 복제 및 배포, 위조 등의 문제가 발생하게 된다. 이러한 문제는 저자의 사기를 저하시켜 활발한 콘텐츠 문화 발전에 악영향을 끼치게 된다. 이를 해결하기 위하여 저작권 보호를 위한 사후적 방법으로 디지털 워터마크(Digital Watermark) 기술이 개발 되었다[1].

워터마크 기법은 사용목적에 따라 소유권을 주장하는 워터마크 기법과 인증을 위한 워터마크 기법으로 나눌 수 있다. 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[1][2].

디지털 영상에 적용하는 워터마크 삽입기법에서 주파수 영역 삽입 방법은 변환(transform)을 이용하여 영상을 주파

수 스펙트럼으로 변환한 뒤 계수에 워터마크를 삽입하는 방법이다. 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[3]. DWT는 기저함수의 스케일을 변화시켜 함수의 길이가 가변적인 특성을 가지도록 하여 시간 영역 또는 주파수 영역에서 함수의 분해능을 바꿀 수 있도록 하는 변환법이며, 저주파 성분만을 분해한다. DWT 기저함수의 다양성과 효율성을 높여 보다 일반화한 함수인 웨이블렛 패킷변환은 DWT와 달리 저주파 성분과 고주파 성분을 모두 분해하여 주어진 신호를 표현한다.

본 논문에서는 웨이블렛 패킷변환(WPT:Wavelet Packet Transform) 과 쿼드트리 알고리즘(quad-tree algorithm)을 기반으로 하는 디지털 워터마크 기법을 제안하였다. 제안한 알고리즘은 WPT를 이용하여 분해한 영상을 쿼드트리 알고리즘을 이용하여 워터마크를 삽입할 중요계수를 선택하였고 선택된 WPT 계수에 Cox의 알고리즘을 이용하여 워터마크를 삽입하였다. 제안한 알고리즘의 성능 비교는 WPT의 분할 단계(3, 4, 5, 6 level)를 다르게 하여 워터마크를 삽입하였을 경우의 효과와 WPT 분할 영역 중 최저주파수대역(LL 밴드)에 일정비율의 워터마크를 삽입하였을 경우에 나타나는 성능에 대하여 평가하였다. 실험 결과에서 6단계 WPT 분할 영역에서 LL 부대역을 제외한 모든 대역에 워터마크를 삽입하였을 경우에 가장 좋은 결과를 보였다. 최저주파수대역에 일정비율의 워터마크를 삽입하는 것이 최저주파수대역을 전혀 사용하지 않는 경우와 비교하여 공격에 강하면서 원본영상에는 큰 영향을 끼치지 않음을 확인하였다.

* 正 會 員 : 과월테크윈(주) 責任研究員

† 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 : 2008年 4月 14日

最終完了 : 2008年 6月 17日

서론에 이어 2절에서 쿼드트리 알고리즘과 일반적인 디지털 워터마크 삽입 기법에 대해 서술하였고, 3절에서는 본 논문에서 제안한 WPT를 이용한 워터마크 삽입 기법에 대하여 설명하였다. 4절에서는 모의실험과정과 결과를 보였고, 5절에서 결론을 맺었다.

2. 관련이론

2.1 쿼드트리를 이용한 워터마크의 위치정보 추출

쿼드트리 알고리즘에서 중요계수들의 위치정보를 나타내기 위해 이용하는 쿼드트리는 이미지 분석법의 하나인 영역방향성 세그먼트 기법(region-oriented segmentation)중에서 이미지를 분할할 때 분할 정보를 나타내는 방법 중 하나이다. 그림 1의 쿼드트리 정보를 bit-stream으로 나타내면 11001 0000 0000 으로 나타낼 수 있다. 1은 분할이 가능함을, 0은 더 이상 분할이 불가능함을 의미한다. 그림 2에는 그림 1의 이미지를 쿼드트리로 나타내었다. 이와 같은 쿼드트리를 사용하여 중요계수의 위치를 나타내는 정보로 바꿀 수 있다. 이미지를 분할하는 조건은 분할 시 중요계수의 여부로, 중요계수가 있으면 분할하고 없으면 분할하지 않는다.

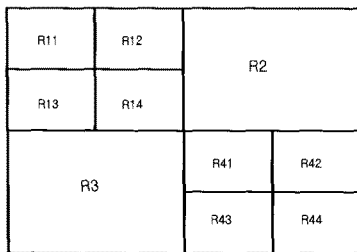


그림 1 중요계수 선택을 위한 분할

Fig. 1 Decomposed image for the selection of significant coefficients

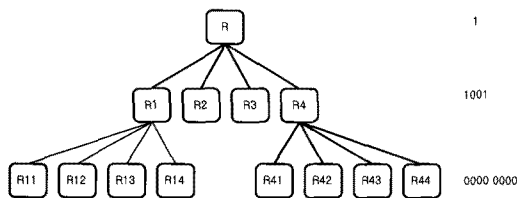


그림 2 분할영상의 쿼드트리 표현

Fig. 2 Quad-tree representation of the decomposed image

2.2 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 T라 하면 T와 2T 사이에 있는 계수들을 중요계수(significant coefficient)라 두고, 이 계수가 2T와 (2T+T)/2 사이에 있으면 1, (2T+T)/2에서 T 사이에 있으면 0이라 둔다. 이렇게 구한 bit-stream을 이용하여 값을 결정하고, 이와 같은 방법으로 계수의 값을 결정하게 되면 임계값을 낮출수록 선택된 값의 중요도가 커지게 되고 이 임계값의 크기를 조절하여 삽입 할 워터마크의 수만큼 중요계수를 선택하게 된다.

2.3 일반적인 워터마크 삽입 기법

입력 영상의 워터마크 삽입 계수를 C라 하고 삽입하고자 하는 워터마크를 W, 워터마크가 삽입 된 영상의 계수를 C'이라 하면 그림 3과 같이 표현할 수 있다.

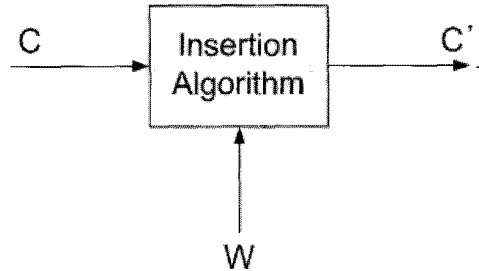


그림 3 일반적인 워터마크 삽입 방법

Fig. 3 General watermark insertion technique

그림 3에서 사용되는 워터마크 W는 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].

$$C' = C + \alpha \times W \tag{1}$$

$$C' = C(1 + \alpha \times W) \tag{2}$$

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.

3. 제안한 알고리즘

3.1 웨이블릿 패킷 알고리즘

본 논문에서 적용되는 웨이블릿 패킷 알고리즘은 코딩성을 향상시키는 best-basis 선택 알고리즘을 이용하며, 그림 4에 웨이블릿 패킷 알고리즘을 보였다. 웨이블릿 패킷 알고리즘은 트리 구조를 구성할 때 기존의 best-basis 선택 방법에서 이용된 bottom-up 탐색 방법 대신 메모리 사용량이 줄어들고, 계산시간이 단축되는 top-down 탐색 방법을 적용한다[6]. 여기서 부모 서브밴드의 cost와 자식 서브밴드들의 cost를 비교하여, 자식 서브밴드들의 cost의 합이 부모 서브밴드의 cost와 같거나 크면 부모 서브밴드 밑의 트리

구조를 삭제하고, 작으면 부모 서브밴드의 트리 구조를 자식 서브밴드로 확장시킨다. 또한 기존의 방법에서는 자식 서브밴드를 모두 확장했지만, 본 논문에서는 확장된 자식 서브밴드들을 에너지 분포 크기에 따라서 정렬하여 자식 서브밴드들 중 상대적인 에너지가 제일 많은 자식 서브밴드만을 그 다음 레벨에서 분해하였다. 이와 같이 상대적인 에너지가 제일 많은 자식 서브밴드만을 분해하였을 경우와 자식 서브밴드를 모두 확장하였을 경우를 비교하면 계산량은 많이 줄어들지만 제안한 알고리즘의 코딩성능은 큰 차이를 보이지 않음을 실험을 통하여 확인하였다.

본 논문에서 이용되는 웨이블릿 패킷 알고리즘은 정렬연산에 대한 복잡도는 증가하나 기존의 best-basis 선택 알고리즘의 계산량과 비교하여 23% 정도 줄어든 결과를 보였다. 코딩성능 실험결과에서 보면, DWT, JPEG-2000, 그리고 S+P 알고리즘과 제안한 알고리즘을 비교하였을 때, 저주파 성분이 많은 영상에서는 제안한 알고리즘이 기존의 알고리즘들과 비슷한 성능을 보이거나 PSNR값이 0.1dB 정도 떨어짐을 알 수 있었지만, 상대적으로 고주파 성분을 많이 갖는 영상에 대하여는 제안한 알고리즘이 기존의 알고리즘들보다 PSNR값이 1dB 정도 향상됨을 확인할 수 있었다[6].

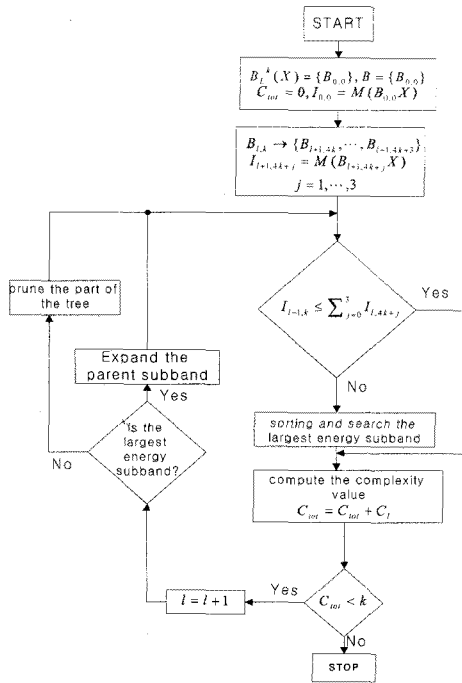


그림 4 웨이블릿 패킷 알고리즘
Fig. 4 wavelet packet algorithm

3.2 웨이블릿 패킷 변환을 이용한 디지털 워터마크의 삽입기법

본 논문에서 제안한 알고리즘의 성능을 평가하기 위하여 WPT의 분할 단계(3, 4, 5, 6 level)를 다르게 하여 워터마크를 삽입하였을 경우의 효과와 WPT 분할 영역 중 최저주파수대역(LL)에 일정비율의 워터마크를 삽입하였을 경우에 나타나는 성능에 대하여 확인하였다. 그림 5에서 'Lena' 영상과 'Barbara' 영상에 대하여 그림 4의 알고리즘을 적용한 3 단계 WPT 분할 영역을 보였다.

WPT의 분할 단계에 따른 워터마크 삽입은 LL 대역을 제외한 모든 대역에서 쿼드트리 알고리즘을 이용하여 중요계수를 선택하고, 선택된 중요계수에 Cox 알고리즘을 이용하여 워터마크를 삽입하였다. 여기서 워터마크는 1000개의 2진 PN 코드를 이용하였다. WPT 분할 영역에서 LL 대역은 다른 대역에 비하여 가장 큰 값의 분포를 가지고 있으므로 영상에 대한 각 계수들의 영향은 크고, 영상에 대한 정보가 많이 포함되어 있기 때문에 정보의 손실 우려가 있다. 이와 같은 이유 때문에 일반적으로 다른 연구에서는 LL 대역의 영향이 클 것이라 보아 이용을 하지 않았다. 본 논문에서는 LL 대역에서 워터마크의 비가시성과 강인성이 trade-off 관계이므로 LL 대역에 삽입되는 워터마크의 최적화된 비율이 있을 것이라 가정하였다. 실험에서는 LL 대역에 삽입될 워터마크의 비율을 정하고 LL 대역에서 중요계수를 선택하였다. 1000개의 워터마크 중 LL 대역에 삽입되는 수 이외의 개수는 나머지 대역들을 대상으로 중요계수를 선택하여 삽입하였다.

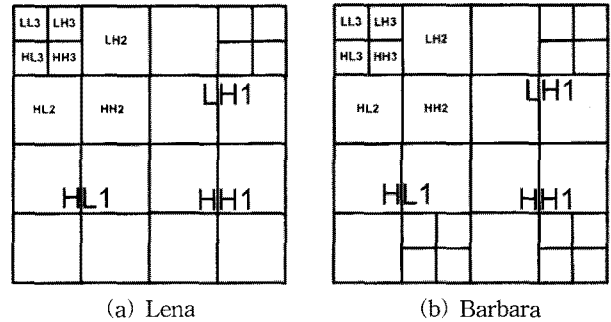


그림 5 3단계 WPT 분할 영역
Fig. 5 Decomposed region for WPT of 3 level

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. 삽입된 워터마크와 추출된 워터마크간의 상관도를 측정하는 방법은 여러 가지가 있을 수 있지만 본 논문에서는 다음의 식 (3)을 이용하였다.

$$NC(W, W^*) = \frac{\sum_{i=0}^n w_i \times w_i^*}{\sum_{i=0}^n w_i^2} \tag{3}$$

여기서, $W = w_1, w_2, \dots, w_n$, $W^* = w_1^*, w_2^*, \dots, w_n^*$ 이다. W 는 원래의 워터마크, W^* 는 추출된 워터마크, n 은 워터마크 시퀀스의 수이다.

4. 실험 및 결과

본 논문에서 제안한 디지털 워터마크의 성능을 평가하기 위한 실험은 'Lena' 영상과 'Barbara' 영상에 대하여 Gaussian 잡음, Salt & Pepper 잡음, 그리고 JPEG 손실압축 공격을 이용하였다. 공격 후 상관도의 크기와 PSNR 값을 비교하였다. 실험에 이용된 워터마크는 2진 PN-Code로 구성되었다. 그림 6에서 전체 실험 과정을 실제 영상과 워터마크를 이용하여 나타내었다. 원본 영상에 2진 PN-Code로 이루어진 워터마크를 삽입하고, 워터마크가 삽입된 영상에 3가지 공격을 가한 뒤 공격으로 인해 오염된 영상에서 워터마크를 추출한다. 추출된 워터마크와 원본 영상에 삽입된 워터마크를 비교하여 상관도를 구하고 이를 강인성의 척도로 이용한다.

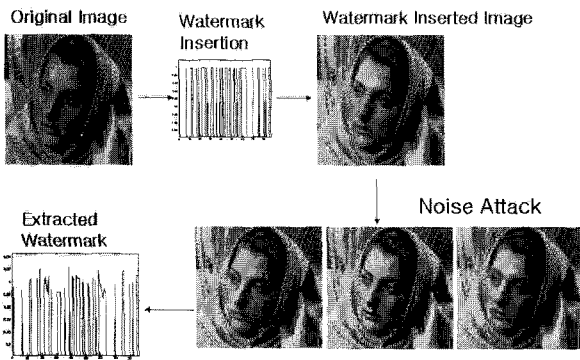


그림 6 모의실험의 구성
Fig. 6 Simulation configuration

그림 7에서 워터마크를 삽입하는 과정을 보였다. 원본 영상을 WPT 분해한 뒤 삽입할 대역에서 쿼드트리 알고리즘을 이용하여 중요계수를 선택한다. 선택된 중요계수에 가중된 PN-Code를 Cox의 알고리즘을 이용하여 삽입한다.

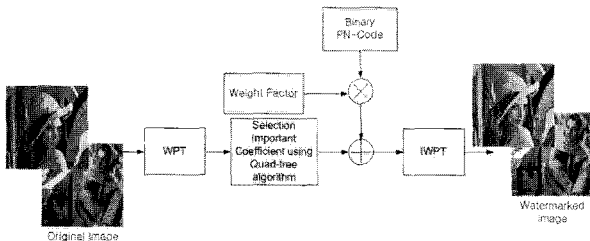


그림 7 워터마크 삽입 과정
Fig. 7 Process of watermark insertion

그림 8에서는 공격으로 인해 오염된 영상으로부터 워터마크를 추출하는 과정을 보였다. 오염된 영상을 WPT 분해하여 워터마크를 추출, 삽입 시 사용한 원본 워터마크와 비교하여 상관계수를 구한다. 이때 구한 상관계수의 크기는 삽입 시 사용된 알고리즘의 강인성 척도로 이용된다.

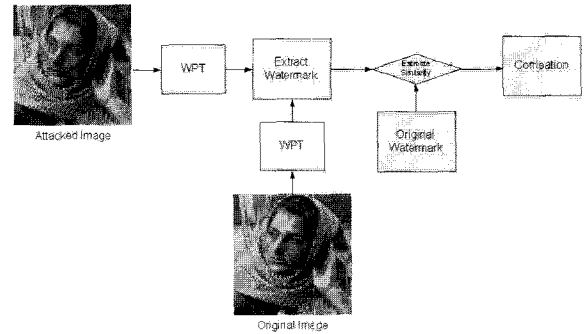


그림 8 워터마크 추출 과정
Fig. 8 Process of watermark extraction

4.1 WPT 분할 단계와 부대역 영역에 삽입되는 워터마크 효과

표 1에서 WPT 분할 단계를 다르게 하여 워터마크를 삽입하였을 경우에 대한 실험결과를 보였다. 'Barbara' 영상과 'Lena' 영상에 워터마크를 삽입하고, Gaussian 잡음과 Salt & Pepper 잡음 공격을 가하였을 경우에 PSNR 과 추출된 워터마크의 상관도를 보였다. 실험결과에서 WPT 분할 단계를 3단계에서 6단계로 높일수록 PSNR 값은 최대 0.5dB 정도 감소하였으나 추출된 워터마크의 상관도 값은 최대 0.25 증가함을 보였다. WPT의 분할 단계가 6단계일 경우에 다른 단계들과 비교하여 PSNR 값은 비슷한 성능을 보이면서 워터마크의 상관도 값은 증가하여 워터마크의 강인성이 개선되었음을 확인할 수 있었다. 여기서 WPT 분할 단계가 높을

표 1 각 WPT level 에 대한 워터마크 결과

Table 1 Result of watermark in each WPT level

('Barbara', Gaussian : variance=0.0003, S&P : density=0.001)

WPT levels	Gaussian		Salt & Pepper	
	PSNR	상관도	PSNR	상관도
3 levels	35.1	0.73	35.62	0.67
4 levels	34.95	0.89	34.99	0.87
5 levels	34.71	0.91	34.92	0.92
6 levels	34.47	0.92	34.91	0.93

(a) Lena

WPT levels	Gaussian		Salt & Pepper	
	PSNR	상관도	PSNR	상관도
3 levels	35.07	0.84	35.16	0.86
4 levels	34.96	0.89	34.97	0.87
5 levels	34.73	0.91	34.34	0.9
6 levels	34.45	0.92	34.12	0.92

(b) Barbara

수록 LL 대역을 고주파 대역으로 분할함으로써 웨이블릿 계수 값이 커지고 분할된 고주파 대역에 삽입되는 워터마크의 강인성도 향상됨을 알 수 있다.

표 2에서는 JPEG 손실압축 공격을 가하였을 경우의 실험 결과를 보였다. QF(Quality Factor)를 다르게 하여 손실 압축 정도에 따른 PSNR과 상관 계수 값을 나타내었다. 실험 결과에서 손실 압축을 크게 할수록 PSNR과 상관 계수 값이 감소하였고, WPT 분할 단계를 다르게 하였을 경우에 3 단계와 비교하여 6 단계가 PSNR 성능은 최대 3dB 정도 낮아지나 상관 계수 값은 최대 0.38까지 증가함을 확인하였다.

표 2 각 WPT level에서 JPEG 압축을 이용한 워터마크 결과

Table 2 Result of watermark using JPEG compression in each WPT level

WPT levels	JPEG Quality Factor							
	90%		70%		50%		30%	
	PSNR	상관도	PSNR	상관도	PSNR	상관도	PSNR	상관도
3 levels	43.8	0.96	34.78	0.82	33.11	0.62	30.34	0.44
4 levels	43.04	0.99	34.67	0.93	33.04	0.86	30.31	0.72
5 levels	41.69	0.99	34.44	0.96	32.88	0.9	30.22	0.78
6 levels	40.43	0.99	34.18	0.96	32.69	0.92	30.12	0.82

(a) Barbara

WPT levels	JPEG Quality Factor							
	90%		70%		50%		30%	
	PSNR	상관도	PSNR	상관도	PSNR	상관도	PSNR	상관도
3 levels	40.49	0.98	37.17	0.9	35.7	0.79	34.21	0.62
4 levels	39.96	0.99	36.93	0.95	35.51	0.89	34.08	0.77
5 levels	39.22	0.99	36.54	0.96	35.24	0.91	33.87	0.8
6 levels	38.62	0.99	36.19	0.96	34.98	0.92	33.7	0.81

(b) Lena

4.2 WPT 분할 영역 중 LL 대역에 삽입되는 워터마크의 효과

표 3에서 전체 워터마크의 수 (1000개) 중에서 일부분을 LL 대역에 삽입하였을 경우의 실험결과를 보였다. WPT 분할 단계는 3 단계와 4 단계를 이용하였으며, 실험 결과에서 보면 LL 대역에 삽입되는 워터마크의 비율이 커질수록 PSNR은 최대 3dB 정도 낮아지나 상관계수 값은 최대 0.28 정도 증가함을 보였다. 또한 4 단계가 3 단계와 비교하여 PSNR은 최대 1 dB 정도 낮아지나 상관계수 값은 최대 0.2 향상되었다. 여기서 LL 대역은 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 확인하였다. 따라서 워터마크 삽입 시 WPT 계수 중 최저주파수대역의 계수에 전체 삽입 할 워터마크 중 약 30~60%의 비율을 삽입함으로써 영상에 특

별한 손실을 끼치지 않고 영상을 보호할 수 있는 방법으로 활용할 수 있음을 알 수 있다.

표 3 LL 대역에 삽입되는 워터마크 비율에 대한 결과

Table 3 Result of the ratio of watermark in LL subband

WPT levels	Number of watermark in LL band									
	0		100		300		500		700	
	PSNR	상관도	PSNR	상관도	PSNR	상관도	PSNR	상관도	PSNR	상관도
3 levels	35.62	0.67	34.84	0.72	33.7	0.77	32.78	0.95	32.31	0.95
4 levels	34.91	0.87	34.13	0.9	33.11	0.94	32.15	0.95	31.95	0.96

(a) Lena(S&P Noise: density=0.001)

WPT levels	Number of watermark in LL band									
	0		100		300		500		700	
	PSNR	상관도	PSNR	상관도	PSNR	상관도	PSNR	상관도	PSNR	상관도
3 levels	35.07	0.84	34.59	0.87	33.28	0.9	32.05	0.95	31.71	0.95
4 levels	34.96	0.89	34.1	0.91	32.76	0.93	31.54	0.95	31.53	0.97

(b) Barbara(Gaussian Noise: variance=0.0003)

5. 결론

본 논문에서는 WPT 와 쿼드트리 알고리즘을 기반으로 하는 디지털 워터마크 기법을 제안하였다. 제안한 알고리즘은 WPT를 이용하여 분해한 영상을 쿼드트리 알고리즘을 이용하여 워터마크를 삽입할 중요계수를 선택하였고 선택된 WPT 계수에 Cox의 알고리즘을 이용하여 워터마크를 삽입하였다. WPT의 분할 단계가 6단계일 경우에 다른 단계들과 비교하여 PSNR 값은 비슷한 성능을 보이면서 워터마크의 상관도 값은 증가하여 워터마크의 강인성이 개선되었음을 확인하였다. 여기서 WPT 분할 단계가 높을수록 LL 대역을 고주파 대역으로 분할함으로써 웨이블릿 계수 값이 커지고 분할된 고주파 대역에 삽입되는 워터마크의 강인성도 향상됨을 알 수 있다. 또한 LL 대역에 삽입되는 워터마크의 비율이 커질수록 PSNR은 최대 3dB 정도 낮아지나 상관계수 값은 최대 0.28 정도 증가함을 보였다. LL 대역은 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 확인할 수 있었다. 따라서 워터마크 삽입 시 WPT 계수 중 최저주파수대역의 계수에 전체 삽입 할 워터마크 중 약 30~60%의 비율을 삽입함으로써 영상에 특별한 손실을 끼치지 않고 영상을 보호할 수 있는 방법으로 활용할 수 있을 것이다.

감사의 글

본 논문은 2008년도 울산대학교 학술연구비 지원에 의하여 연구된 논문임.

참 고 문 헌

- [1] Serdean, C.V, Ibrahim, M.K, Moemeni, A, Al-Akaidi, M.M, "Wavelet and multiwavelet watermarking", Image Processing, IET, Volume 1, Issue 2, pp 223-230, June 2007
- [2] V. Potdar, S. Han, E. Chang, and C. Wu, "Subjective and Objective Watermarking Detection using a Novel Approach Bar-code Watermarking", Digital Ecosystems and Business Intelligence Institute, Curtin University of Technology, Perth, Western Australia, 2007.
- [3] Wang, X., Zhao, H, "A Novel Synchronization Invariant Audio Watermarking Scheme Based on DWT and DCT", Signal Processing, IEEE Transactions, Volume 54, Issue 12, pp 4835-4840, Dec. 2006
- [4] F. Huo and X. Gao, "A Wavelet Based Image Watermarking Scheme", Proceeding of the IEEE Int. Conf. Image Processing, pp.2573-2576, Xi'an, China, 2006.
- [5] G. Xie and H. Shen, "A New Fusion Based Blind Logo-Watermarking Algorithm", IEICE Trans. INF. & SYST., vol. E89-D, 2006.
- [6] 안종구, 추형석, 박제선, "영상압축을 위한 웨이브릿 기반 Best-Basis 알고리즘의 개선에 관한 연구", 전기학회논문지 52권 10호, pp. 591~597, 2003.

저 자 소 개



추형석 (秋亨錫)

1971년 12월 16일생. 1997년 울산대 전자공학과 졸업. 1999년 울산대대학원 전자공학과 (공학석사). 2003년 울산대 대학원 전자공학과 (공학박사). 2004~2007년 울산대 전기전자공학부 강의전담교수
2007 ~ 현재 파웰테크윈(주) 책임연구원
Tel : 052-277-5604
Fax : 052-277-5605
E-mail : hschu4@mail.ulsan.ac.kr



안종구 (安鍾久)

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