칼라 영상 정보 보호를 위한 웨이브릿 변환 영역에서의 디지털 워터마킹

박 정 빈, 황 재 문, 정 성 환
창원대학교 자연과학대학 전자계산학과

Digital Watermarking in Wavelet Transform Domain for Information Protection of Color Image

Jung-bin Park, Jae-mun Hwang, Sung-Hwan Jung
MIPS Lab., Dept. of Computer Science, Changwon National University

요 약

본 논문은 디지털 칼라 영상 정보를 보호하기 위해 위치와 주파수 정보를 가지는 웨이브릿 변환을 이용한 워터마킹(watermarking)방법에 대하여 연구하였다. 본 연구에서는 칼라 영상의 각 채널에 대해 인간의 시각에 덜 민감한 고주파 계수영역과 영상 압축에 견고한 저주파 계수영역에 워터마크를 삽입하였다. 이 방법은 불법적인 조작에 강한 워터마크를 구현할 수가 있다. 실험에서 칼라 영상의 각 채널을 웨이브릿 변환한 후 Seal 영상을 삽입하였다. 실험 결과, 워터마크된 칼라 영상에 삽입된 Seal 영상은 잡음으로 영상이 훼손된 경우라도 Seal 영상을 AND 연산함으로써 구할 수 있었고, 압축에도 견고함을 보였다.

1. 서 론

인터넷과 정보통신기술의 눈부신 발전으로 다양한 형태의 멀티미디어 정보를 쉽게 제작할 수 있고, 전 분야에서 이를 효과적으로 응용하고 있다. 그리고 생성된 멀티미디어 정보를 대량 전송할 수 있는 방법이 계속 개발되고 있어서 필요로 하는 정보를 쉽게 얻을 수 있다. 그러나 이러한 디지털 정보들이 저작권자의 동의없이 무분별하게 복제될 수 있어 디지털 정보들을 보호하기 위한 방법이 요구된다. 멀티미디어 정보 중에서 특히 디지털 영상 정보를 보호하기 위하여 디지털 워터마크 방법이 사용되고 있다[1].

원래 워터마킹(watermarking)이란 어떤 미술 작품이나 책의 저자가 이 작품이 자신의 것임을 표시하기 위해 육안으로는 보이지 않는 특수한 형태의 표시를 해두는 것을 말한다.

오늘날 일반적으로 디지털 저작물에 대하여 적용하는 디지털 워터마킹의 방법은 디지털 데이터 내부에 저작권 정보 등을 포함시켜 데이터의 불법적인 내용 조작 후에도 저작권을 보장할 수 있는 것을 말한다. 이 처리 방법으로는 크게 공간 영역에서의 처리 방법과 변환 영역에서의 처리 방법으로 나누어진다[2].

본 논문에서는 웨이브릿 변환 영역(wavelet transform domain)에서의 디지털 워터마킹을 연구하였다. 이는 웨이브릿 변환을 통해 얻은 각 채널에 대하여 시각적으로 덜 민감한 고주파 계수 영역과 압축에 견고한 저주파 계수 영역에 워터마크를 삽입함으로써 불법적인 조작에 강한 워터마킹 방법을 구현할 수 가 있다.

서론에 이어, 2장에서는 SWT의 변환에 대해 살펴보고 3장에서는 제안된 워터마킹 방법의 전체 구조에 대하여 설명한다. 4장에서는 구현 환경 및 실험 결과를 고찰하고 마지막으로 5장에서 결론을 맺는다.

2. SWT(Symmetric Wavelet Transform) 변환

웨이브릿 변환은 웨이브릿이라고 불리는 기본 함수들을 중첩된 형태로 표현한 함수이다. 이 변환은 웨이브릿과 처리하고자 하는 신호와의 상관관계(correlation)에 의해서 구현된다. 이는 기본(mother) 웨이브릿을 이동하고 확장함으로써 생성된다. 웨이브릿의 정의는 아래의 식(1)과 같다. 수식 (1)에서 $\psi(t)$가 근원 웨이브릿이고, $\psi(t)$를 b만큼 이동하고 a 만큼 확장하여 주파수 영역에 따른 다해상도를 갖게 된다.

$$WT_{f(a,b)} = \int_{-\infty}^{\infty} \psi\left(\frac{t-b}{a}\right) f(t)\,dt \qquad (1)$$

웨이브릿 변환의 영역은 시간(공간)-주파수 영역에서 동시에 국한 시켜 표현할 수 있다. 웨이브릿은 대역통과 필터의 성질을 갖고 있어서 신호의 특징을 추출하고 low pass filtering에 의한 잡음을 억제하는데 효과적이다. 따라서 영상 처리 및 영상 압축 등에 많이 이용되고 있다[3,4].

3. 제안한 워터마킹 방법의 전체 구조

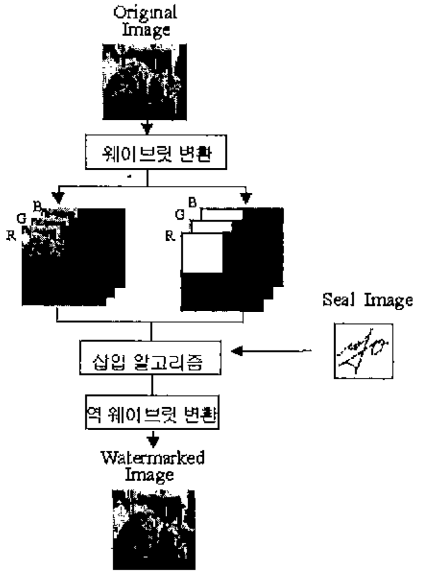

그림 1. 제안한 워터마킹의 전체 구성도

그림 1은 본 연구에서 제안한 칼라 영상에 대한 워터마킹 방법의 전체적인 구성을 나타낸 것이다.

먼저, 원 영상이 입력되면 각 채널에 대하여 웨이브릿 변환을 한다. 그리고 변환된 R, G,·B 각 채널의 저주파 영역과 고주파 영역에 삽입 알고리즘을 적용하여 Seal 영상을 삽입한다. 다음 역 웨이브릿 변환을 통하여 워터마크된 영상을 얻는다.

3.1 웨이브릿 변환

그림 1의 전체 구성도에서 디지털 영상에 Seal 영상을 삽입하기 위해 원 영상을 저주파 성분과 수평, 수직, 대각 성분의 고주파 성분으로 1단계 Symmetric 웨이브릿 변환을 한다. 본 연구에서는 원 영상으로 128×128 크기의 칼라 영상과 여기에 삽입하기 위한 64×64 크기의 그레이 레벨인 Seal 영상(워터마크 영상)을 사용하였다.

3.2 워터마크 삽입 알고리즘

그림 2는 칼라 영상을 입력받아 1단계 웨이브릿 변환을 하여 얻어진 MRA(Multi Resolution Aproximate), MRR(Multi esolution Representation)영역을 각각 보인 것이다. 이렇게 구해진 각 R, G, B 채널의 MRA 영역(LL)과 MRR 영역(LH, HL, HH)에 J. Ohnishi등이 제안한 알고리즘을 사용하여 Seal 영상을 삽입한다[5,6]

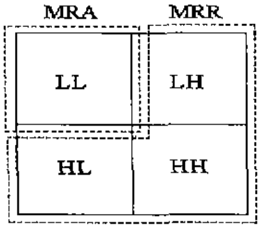

그림 2. MRA 영역과 MRR 영역

(1) MRA 영역에 대한 워터마킹

저주파 계수영역에서 삽입 알고리즘은 각 R, G, B채널에서 구해진 저주파 계수를 사용한다.

먼저, MRA 영역에서 벡터 $W(f,g)$은 식(2)와 같이 정의된다.

$$W(f,g) \;=\; (w_R(f,g),\, w_G(f,g),\, w_B(f,g)) \qquad (2)$$

(단, $0 \le f,\ g \le N/2$, N은 원 영상의 크기)

여기서 w_R, w_G, w_B는 각 채널의 저주파 대역에서의 웨이브릿 계수를 나타낸다.

다음, MRA영역에서 최대값과 최소값을 구하고 식(3)을 이용하여 δ값을 구한다.

$$w_m(f,g) = \max\{w_i(f,g)\}$$

$$w_n(f,g) = \min\{w_i(f,g)\}$$

$$\delta(f,g) = |\, w_m(f,g) - w_n(f,g) \,| \bmod 2 \qquad (3)$$

여기서 mod 2는 2로 나눈 나머지의 수를 말한다.

그리고 Seal 영상에서 배경 부분은 '0' 값으로 Seal 부분은 '1' 값으로 변환시킨 후, 앞에서 구해진 δ값과 이진화된 Seal 영상의 값을 이용하여 Seal 영상을 삽입한다.

그림 3은 MRA 영역에 대한 워터마킹 삽입 알고리즘의 개념도이다.

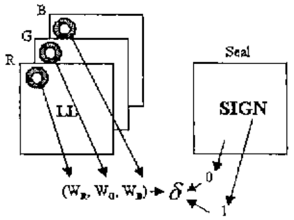

그림 3. MRA 영역 삽입 알고리즘의 개념도

(2) MRR 영역에 대한 워터마킹

고주파 계수 영역에서의 삽입을 위하여 MRR 영역에서 벡터 $W(f,g)$은 식(4)와 같이 정의된다.

$$W(f,g) \;=\; (w_1(f,g),\, w_2(f,g),\, w_3(f,g)) \qquad (4)$$

여기서 $w_i(f,g)$는 각 고주파 대역에서의 웨이브릿 계수를 나타낸다.

나머지 과정은 MRA영역의 삽입 알고리즘과 동일하다.

그림 4는 MRR 영역에 대한 워터마킹 삽입 알고리즘의 개념도

이다.

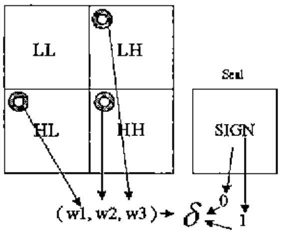

그림 4. MRR 영역 삽입 알고리즘의 개념도

3.3 역 웨이브릿 변환

3.2절에서 Seal 영상 삽입이 끝난 후, 역 웨이브릿 변환을 통하여 워터마크된 영상을 얻는다.

그림 5(b)는 원 영상을 1 단계 웨이브릿 변환하여 고주파 계수영역과 저주파 계수 영역에 Seal 영상을 삽입한 후 역 웨이브릿 변환을 하여 얻어진 워터마크된 영상의 한 예이다. 그리고 그림 5(c)는 5(a)의 원 영상과 5(b)의 워터마크된 영상의 차를 보여준다.

(a) 원 영상 (b) 워터마크된 영상 (C) (a)와 (b)의 차 영상

그림 5. 원 영상과 워터마크된 영상

4. 구현 환경 및 실험 결과

본 연구는 IBM 586 PC에서 GNU C/C++ 언어를 사용하였고, 128 x128 칼라 영상과 Seal 영상으로 64x64 그레이 레벨 영상을 사용하였다.

칼라 영상의 각 화소에서 Red(R), Green(G), Blue(B) 각 채널 영역을 웨이브릿 변환하여 이들 채널에 3.2절의 워터마크 삽입 알고리즘에 따라 Seal 영상을 삽입하였다.

그리고 워터마크된 영상으로부터 Seal 영상을 얻기 위하여 MRA 영역에서는 RGB채널의 성분으로부터 삽입 알고리즘을 역으로 적용하여 Seal영상을 얻고, 같은 방법으로 MRR영역인 고주파 영역들에서는 각 채널의 MRR영역들에 대하여 처리하고 AND 연산하여 Seal 영상을 얻을 수 있었다.

실험 1은 워터마크된 영상이 잡음으로 훼손된 경우에 대한 실험의 한 예이다. 실험 1의 결과에서 워터마크된 영상이 잡음에 영향을 받아도 각 채널에서 구해진 seal 영상을 이용하여 처리함으로써 seal 영상을 추출할 수 있었다.

그리고 실험 2는 워터마크된 영상이 압축으로 훼손된 경우에 대한 실험의 한 예이다. 실험 2의 결과에서 압축으로 인해 워터마크된 영상이 영향을 받아 훼손된 경우에도 Seal 영상을 추출할 수 가 있었다.

실험 1: 잡음으로 훼손된 경우

(a) 워터마크된 영싱 (b) 잡음이 들어간 영상 (c)추출된 seal 영상

실험 2: 압축으로 훼손된 경우

(a) 워터마크된 영상 (b) 압축된 영상 (c) 추출된 seal 영상

5. 결 론

본 논문에서는 웨이브릿 변환을 이용하여 칼라 영상의 각 채널을 주파수 변환하여 각 채널의 고주파 계수 영역과 저주파 계수 영역에 Seal 영상을 삽입하는 방법을 제안하였다.

워터마크된 칼라 영상애 삽입된 Seal 영상은 잡음으로 영상이 훼손된 경우라도 각 채널에서 구해진 Seal 영상을 이용함으로써 구할 수 있었다. 그리고 압축에도 워터마크된 임상이 견고함을 보였다. 따라서 칼라 영상에서 하나의 채널에 워터마크 하는 것보다는 여러 채널에 워터마크 하는 것이 영상 훼손 및 잡음 등에 견고하고, 저주파와 고주파 영역 모두에 워터마크 하는 것이 불법적인 조작과 압축에 견고함을 알 수 있었다.

참고 문헌

[1] 원치선, "디지탈 영상의 저작권 보호," 정보과학회지 제15권, 제12호, pp.22-27, 1997년, 12월.

[2] I.J. Cox and M.L. Miller, "A review of watermarking and the Importance of perceptual modeling," Electronic Imaging II, Vol. 3016, pp.92-99, February 1987.

[3] 김진아, 정성환, "Wavelet 기반의 질감 특징을 이용한 영상 검색," 한국정보과학회 '97 가을학술발표논문집, Vol 24, No. 2, pp.379-382, 1997.

[4] 이우규, 정재호, "Wavelet Transform 영역에서의 방향 정보를 이용한 지문 인식 알고리즘," 신호처리합동학술대회 논문집, 제9권, 제1호, pp.301-304, 1996.

[5] J. Ohnishi and K Matsui, "Embedding a seal into a picture under orthogonal wavelet transform," IEEE Computer Society, pp.514-521, Jun. 17-23, 1996, HIROSHIMA, JAPAN.

[6] J.J. Chae and B.S. Manjunath "A Robust Embedded Data from Wavelet Coeffcients," pp.308-317, SPIE Vol. 3312, 1998.