

웨이브릿 변환을 이용한 디지털 컬러 영상의 정보 보호

박 정 빈, 황 재 문, 정 성 환
창원대학교 자연과학대학 전자계산학과
멀티미디어 연구실(MIPS)

Information Protection of Digital Color Image using Wavelet Transform

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

요 약

본 논문은 웨이브릿 변환을 이용하여 디지털 컬러 영상 정보를 보호하기 위한 워터마크(watermark) 방법에 대하여 연구하였다. 본 연구에서는 위치와 주파수 정보를 가지는 웨이브릿을 이용하여 컬러 영상 각 채널에 대하여 인간의 시각에 덜 민감한 고주파 영역에 워터마크를 삽입하였다. 이는 불법적인 공격에 강한 워터마크를 구현할 수가 있다. 실제 실험에서 128×128 컬러 영상의 각 채널을 웨이브릿 변환한 후 Seal 영상(watermark 영상)을 삽입하였다. 실험 결과, 제안한 방법은 잡음 등에 견고함을 보였다.

1. 서 론

컴퓨터의 빠른 보급과 인터넷등 컴퓨터 정보망의 확산으로 수많은 음성, 영상 및 비디오 데이터들이 디지털화되고 있다. 그러나 신호의 디지털화는 다음 두 가지의 새로운 문제를 발생시킨다. 첫째는 영상, 특히 비디오 데이터를 디지털화 하는 경우 데이터량이 기하급수적으로 증가한다는 것과, 둘째는, 정보를 디지털화하여 표현함으로써 원본과 복사본 그리고 변형본의 구분이 불가능해 진다는 점이다. 첫 번째 문제점은 JPEG, MPEG-1, 2, 4 등의 국제적 압축 표준안과 영상 데이터 압축기술과 함께 해결되어 가고 있다. 그러나 두 번째 문제인 디지털 영상물의 저작권 보호와 인증에 대한 해결책은 아직도 모두가 인정할 만한 방법이 제시되지 않고 있다[1].

디지털 데이터들의 정보 보호를 위해 이용할 수 있는

방법은 다음과 같이 크게 세 가지로 나눌 수 있다. 첫 번째 방법은 암호화 알고리즘 등을 이용하여 주어진 데이터들 암호화하는 것으로 이렇게 암호화된 데이터를 원래의 데이터로 복원하려면 비밀키를 알고 있어야 한다. 그러나 이 방법은 일단 암호가 해독된 뒤에는 별다른 보안책이 없다는 것이 단점이다. 두 번째 방법으로는 보호 대상 정보에 대하여 방해벽을 구축하는 것이다. 그러나 이 방법 또한 유용한 정보의 상호 교류라는 관점에서는 벗어난다. 마지막으로 세 번째 방법은 디지털 데이터 내부에 저작권 정보를 포함하여 데이터의 불법적인 내용 조작을 막고, 영상의 저작권을 보장할 수 있는 디지털 워터마크 방법이다.

본 논문에서는 디지털 컬러 영상의 저작권 보호를 위해 웨이브릿 변환을 통해 얻은 각 채널에 대하여 시각적으로 덜 민감한 고주파 계수 영역에 워터마크를 삽입하여 불법적인 공격에 강한 워터마크를 만드는 방법을 제안하였

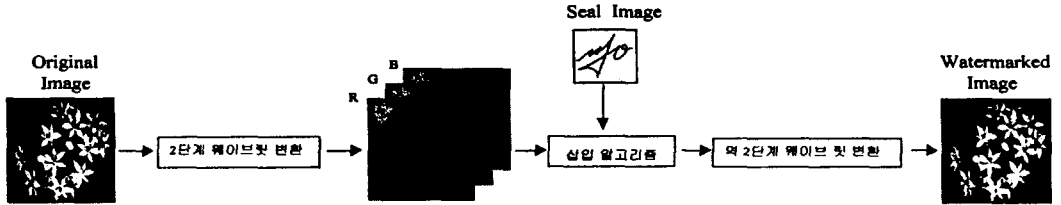


그림 1. 제안한 워터마크를 위한 전체 구성도

다.

서론에 이어, 2장에서는 SWT(Symmetric Wavelet Transform)의 특징에 대해 살펴보고 3장에서는 SWT를 이용하여 제안된 워터마크 방법의 전체 구조에 대하여 설명한다. 4장에서는 구현 환경 및 실험 결과를 고찰하고 마지막으로 5장에서 결론과 향후 연구 과제에 대하여 살펴본다.

2. SWT의 특징

웨이브릿 변환은 전처리 과정의 생략과 다해상도를 이용한 연산 처리 속도를 증가시키는데 있다. 웨이브릿 변환은 웨이브릿과 처리하고자 하는 신호와의 상관관계(correlation)에 의해서 구현된다. 웨이브릿의 정의는 아래의 식(1)과 같다.

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

구현된 변환의 domain은 시간(공간)-주파수 영역에서 동시에 국한시켜 표현할 수 있다. 웨이브릿은 대역통과 필터의 성질을 갖고 있어서 신호의 특징을 추출하고 low pass filtering에 의한 잡음을 억제하는데 효과적이다. 또한 높은 압축률과 높은 해상도를 가지는 칼라 영상 처리 및 영상 압축에 많이 이용되고 있다.

Symmetric 웨이브릿은 zero-crossing 성질이 잘 나타내기 때문에, edge 검출이나 변화가 많은 데이터를 처리하는데 좋은 효과를 나타낼 수 있다. 이 효과는 본 연구에서는 영상을 삽입하는데 적합하며, 공간영역의 방향 성분을 갖는 것과 같은 성질을 갖는다. 또한 웨이브릿의 고유 특징인 다해상도를 가지고 있기 때문에 LL 영역에서는 평활화된 영상이 나온다. 이는 원 영상의 잡음을 제거하는 효과

가 있다. 다른 영역인 LH와 HL, HH의 경우에는 방향성을 가지고 있으므로 윤곽 검출이 용이하다[2,3].

3. 제안한 워터마크 방법의 전체적 구조

그림 1은 칼라 영상에 워터마크를 하기 위해 제안된 방법의 전체적인 구성을 보여준다. 먼저, 각 채널에 대하여 2 단계 웨이브릿 변환을 하고 이들 각 채널에 삽입 알고리즘에 따라 Seal 영상을 삽입한다. 그리고 2 단계 역 웨이브릿 변환을 하여 워터마크된 영상을 얻는다. 워터마크된 영상으로부터 Seal 영상을 구하기 위해서는 각 채널에서 구해진 Seal 영상을 AND 연산하여 구할 수 있다.

3.1 2 단계 웨이브릿 변환

이 과정에서는 디지털 영상에 워터마크 영상을 삽입하기 위해 원 영상을 수평, 수직, 대각 성분의 주파수로 2 단계 Symmetric 웨이브릿 변환을 한다. 원 영상으로서는 128×128 크기의 칼라 영상과 여기에 삽입하기 위한 64×64 크기의 그레이 레벨인 Seal 영상을 사용하였다. 그림 2(a), (b)는 본 실험에 사용된 칼라 영상과 Seal 영상이고, (c)는 2단계 Symmetric 웨이브릿 변환된 영상이다. 그리고 그림 3은 2 단계 웨이브릿 변환 영역을 나타낸 것이다.



(a) 원 영상



(b) Seal 영상



(c) 2-D 웨이브릿 변환

그림 2. 원 영상, Seal 영상과 2-D 웨이브릿 변환

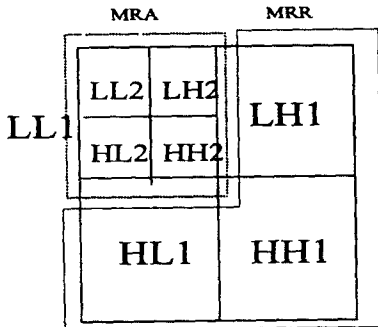


그림 3. 2 단계 웨이브릿 영역

3.2 워터마크 삽입 알고리즘

3.1절에서 구해진 3가지 성분(LH₁, HL₁, HH₁)에 J. Ohnishi 등이 제안한 알고리즘을 사용하여 Seal 영상을 삽입한다[4]. 삽입 알고리즘의 순서는 다음과 같다. 먼저, 칼라 영상을 입력받아 2단계 웨이브릿 변환을 하여 MRR(Multi Resolution Representation), MRA(Multi Resolution Approximate)를 얻는다.

MRR에서 벡터 $W(f, g)$ 은 식(2)와 같이 정의된다.

$$W(f, g) = (w_1(f, g), w_2(f, g), w_3(f, g)) \quad (2)$$

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

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

둘째, MRR영역에서 최대값과 최소값을 구하고 식(3)을 이용하여 δ 값을 구한다.

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

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

$$\delta(f, g) = |w_m(f, g) - w_n(f, g)| \text{ mod } 2 \quad (3)$$

셋째, Seal 영상에서 배경 부분은 '0' 값으로 Seal 부분은 '1' 값으로 변환한다.

넷째, 앞에서 구해진 δ 값과 이진화된 Seal 영상의 값을 이용하여 아래의 알고리즘을 이용하여 Seal 영상을 삽입한다.

```

if s(f,g) = 0, then
  if  $\delta(f,g) = 1$ , then
    if  $w_m(f,g) > 0$ 
      then  $w_m(f,g) <- w_m(f,g)+1$ 
    else  $w_n(f,g) <- w_n(f,g)-1$ 
  else no operation
else if s(f,g) = 1, then
  if  $\delta(f,g) = 0$ , then
    if  $w_m(f,g) > 0$ 
      then  $w_m(f,g) <- w_m(f,g)+1$ 
    else  $w_n(f,g) <- w_n(f,g)-1$ 
  else no operation
    
```

그림 4는 위의 알고리즘을 그림으로 간략히 표현한 것이다.

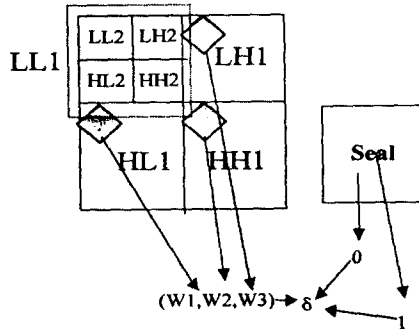


그림 4. 삽입 알고리즘 구성도

3.3 역 2단계 웨이브릿 변환

그림 5는 원 영상을 2 단계 웨이브릿 변환하여 Seal 영상을 삽입하고 역 웨이브릿 변환을 하여 얻어진 워터마크 된 영상이다.



그림 5. 워터마크된 영상

4. 구현 환경 및 실험 결과

본 연구는 IBM 586 PC에서 GNU C언어를 사용하여 128x128 칼라 영상에 Seal 영상으로는 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 영상(워터마크 영상)을 삽입하였고 워터마크된 영상으로부터 Seal 영상을 얻기 위해서 각 채널로부터 구해진 Seal 영상을 AND 연산하였다.

실험 1: 그레이 레벨 영상에 Seal 영상을 삽입한 후 잡음의 영향을 받았을 경우



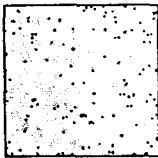
(a) 그레이 원 영상



(b) 웨이브릿 변환된 영상



(c) 잡음이 들어간 영상



(d) (a)와 (c)의 차 이미



(e) 구해진 Seal 영상

실험 2 : 칼라 영상의 Blue 채널에만 Seal 영상을 삽입한 후 이 채널이 잡음의 영향을 받았을 경우



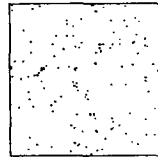
(a) 원 영상



(b) 웨이브릿 변환된 영상



(c) Blue 채널에 잡음이 들어간 영상



(d) (a)와 (c)의 차 영상



(e) 구해진 Seal 영상

실험 1의 결과에서처럼 그레이 레벨 영상은 잡음에 영향을 받았을 경우 Seal 영상을 식별하기 어렵다. 칼라 영상에서 Blue 채널은 명암도(luminance)에 있어 인간의 시각에 덜 민감하므로 워터마크에 유리하다[5]. 그러나 실험 2의 결과와 같이 Blue 채널에만 Seal 영상을 삽입하여 워터마크된 영상에서 이 채널이 영향을 받았을 경우에는 Seal 영상의 복원이 어렵다.

실험 3 : 칼라 영상의 각 채널에 Seal 영상을 삽입한 후 모든 채널이 잡음의 영향을 받았을 경우



(a) 원 영상 (b) 웨이브릿 변환된 영상



(c) 모든 채널에 잡음이 들어간 영상



(d) Red 채널의 차 영상 (e) Red 채널의 Seal 영상



(f) Green 채널의 차 영상 (g) Green 채널의 Seal 영상



(h) Blue 채널의 차 영상 (i) Blue 채널의 Seal 영상



(a) (b)

그림 6. 실험 1과 3에서 구해진 Seal 영상 비교

(a) 실험 1에서 구해진 Seal 영상
(b) 제안한 방법으로 구해진 Seal 영상

그림 6의 결과처럼 칼라 영상의 각 채널 모두에 Seal 영상을 삽입하게 되면 영상 훼손 및 잡음 등으로 모든 채널이 영향을 받아도 서로 보완하여 Seal 영상을 복원할 수 있다.

원 영상과 워터마크된 영상 간의 에러율을 측정하기 위해 e_{rms} (root mean square error)를 사용하여 표 1과 같은 결과를 얻었다[6].

$$e_{rms} = \left[\frac{1}{MN} \sum_{x=0}^{M-1} \sum_{y=0}^{N-1} [f'(x, y) - f(x, y)]^2 \right]^{1/2} \quad (4)$$

표 1. 원 영상과 워터마크된 영상 간의 에러비율

영상 \ Measure	flower	cat	house
e_{rms}	0.118	0.141	0.137



(a) flower (b) cat (c) house

그림 7. 에러율(e_{rms})을 구하기 위해 사용된 영상

5. 결 론

본 논문에서는 SWT(Symmetric Wavelet Transform)를 이용하여 칼라 영상의 각 채널을 주파수 변환하여 각각의 채널에 Seal 영상(워터마크 영상)을 삽입하는 방법을 제안하였다.

워터마크된 칼라 영상에 삽입된 Seal 영상은 잡음으로 영상이 훼손된 경우라도 각 채널에서 구해진 Seal 영상을 AND 연산함으로써 구할 수 있었다. 그러므로 칼라 영상에서 하나의 채널에 워터마크 하는 것보다는 여러 채널에 워터마크 하는 것이 영상 훼손 및 잡음 등에 견고함을 알 수 있었다.

차후 연구 과제로는 칼라 영상의 명암도(luminance)를 이용하여 공간 영역에서 시각에 덜 민감하게 워터마크 하는 방법과 훼손과 잡음 등에 보다 강한 워터마크 알고리즘을 연구할 계획이다.

참고 문헌

- [1] 원치선 "디지털 영상의 저작권 보호" 정보과학회지 제 15권 제12호 pp. 22-27, 12, 1997
- [2] 이우규, 정재호, "Wavelet Transform영역에서의 방향 정보를 이용한 지문 인식 알고리즘," 신호처리합동학술대회 논문집, 제 9권. 1호 pp.301-304, 1996.
- [3] 김진아, 정성환, "Wavelet 기반의 질감 특징을 이용한 영상 검색," 한국정보과학회 '97 가을학술발표논문집, Vol. 24, No. 2, pp.379-382, 1997.
- [4] 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.
- [5] Martin Kutter, Frederic Jordan and Frank Bossen. "Digital Signature of Color images using Amplitude Modulation" SPIE Vol 3022 pp. 518-526. 1997 San Jose
- [6] Rafael C.Gonzalez and Richard E. Woods. "Digital image Processing" Addison wesley 50803 pp.319. 1992