

MTWC 알고리즘을 이용한 디지털 워터마킹

김동희, 장기준, 남궁재찬
광운대학교 컴퓨터공학과

Digital Watermarking Using MTWC(Multi-Thresholds Wavelet Codec)

Dong-Hee Kim, Ki-June Jang, Jae-Chan NamGung
Dept. of Computer Engineering, Kwang-Woon University

요 약

웨이블릿 변환(Wavelet Transform)의 압축 방식 중 최근 압축률에서 뛰어난 성능을 보이는 MTWC 알고리즘의 특성을 이용하여 추출된 중요 계수에만 워터마크를 삽입하는 방법으로 디지털 영상에 시각적으로 보이지 않게 워터마크를 삽입하고, 워터마크된 영상과 PN(Pseudo Noise) code와의 계수차를 이용하여, 워터마크를 추출하는 통계학적 접근 방법을 제시하며, 워터마크가 삽입된 영상에 대한 다양한 공격(Attack)등에 대해서 기존의 방법들과 비교하여 효과적으로 워터마크를 추출할 수 있는 강인함을 실험을 통해 증명해 보였다.

1. 서론

디지털은 정보의 저장이나 변환이 용이하기 때문에 가상공간에서의 지적재산보호에 어려움이 있다. 그리고 데이터의 디지털화와 멀티미디어의 발달, 인터넷의 보급으로 인한 전자상거래와 같은 가상 시장이 주목을 받으면서 디지털 데이터의 복제가 확산됨에 따라 여러 가지 멀티미디어 데이터에 대한 소유권 문제와 이를 효율적으로 보호할 수 있는 기술이 요구되고 있다. 그러나 현재 디지털 영상물의 저작권 보호(Copyright protection)와 인증(Authentication)에 대한 해결책은 아직도 인정할만한 방법이 제시되지 않고 있다.[4-6]

디지털 워터마크는 공개키 알고리즘이나 방화벽 등으로 해독된 영상에 대하여 부가적인 보호를 제공한다. 저작권 정보, 배포자 정보 그리고 사용자 정보를 영상에 삽입함으로써 법적인 문제가 발생하였을 때 해결책을 제시할 수 있다. 그러나 워터마크 기술에 대해서는 아직 많은 연구가 필요한 실정이다.[4-6]

따라서 본 논문에서는 디지털 영상의 정보보호를 위해 디지털 워터마킹 방법을 제안한다.

본 논문에서는 MTWC(Multi-Thresholds Wavelet Codec) 알고리즘의 특성을 이용하여 영상의 중요 부분을 추출하는 방법과 이 방법에 의해 중요 부분이

추출되었을 때에 중요 부분에 워터마크를 삽입하는 알고리즘을 제안한다. 즉, 워터마크를 삽입하는 경우에는 MTWC 알고리즘을 통해 중요계수에 해당하는 계수 값을 선택하여 삽입하였고, 워터마크의 추출시 원영상은 필요로 하지 않고, 워터마크된 영상의 인증을 위한 방법으로 상관계수를 이용한 통계학(statistical)적 접근 방법을 이용하는 방법을 제시한다.

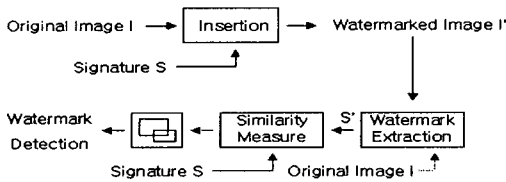
본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 워터마크와 다중 해상도(multiresolution) 표현이 가능한 웨이블릿 변환, 그리고 기존의 웨이블릿 계수를 부호화하는 방법들과 기존의 관련연구들을 살펴보고, 3장에서는 본 논문에서 제안하는 MTWC 알고리즘과 그 웨이블릿 변환을 통하여 검출된 중요 계수값을 선택하여 인간의 시각으로 인식할 수 없는 워터마크를 삽입하는 알고리즘과 추출 알고리즘을 제시한다. 4장에서는 실험 결과 및 고찰, 5장에서는 결론을 제시한다.

2. 디지털 워터마킹

워터마킹이란 영상이나 음성 등의 신호에 특정한 코드나 패턴 등을 삽입하는 기술을 말하며, 이 워터마

크의 삽입 여부 및 변조 여부를 측정함으로써 원래 신호의 위조나 도용이 이루어졌나를 검사할 수 있는 저작권 보호의 한 방법이다[3].

[그림 2-1]은 전형적인 워터마킹 시스템으로서, 일반적인 워터마크 삽입 과정과 일반적인 워터마크 추출 과정을 보여준다.



[그림2-1] 일반적인 워터마크 삽입과 추출과정

공간 영역에서 워터마크를 삽입하는 방법은 이미지와 같은 데이터를 공간적 측면으로 분석하여 삽입하려는 정보를 공간상에서 훑어 버려서 쉽게 구별을 할 수 없도록 하는 방법으로, 일반적으로 화면 화소 값(YIQ)에 미세한 변화를 워터마크로 사용하는 방법이다. 이 방법은 데이터 전송 및 잡음(noise)에 매우 민감하고, 데이터 압축과 같은 영상의 변형에 내장된 워터마크를 쉽게 손실하는 문제점이 있다.

주파수 영역에서의 워터마킹 방법은 영상 데이터를 이산코사인변환(DCT)이나 이산웨이블릿변환(DWT), 고속 푸리에 변환(FFT)등을 사용하여 주파수 공간으로 변환한 후 그 주파수 영역에 워터마크를 삽입하는 방법이다[1-3].

2.1 임베디드(Embedded) 웨이블릿 부호화 방법

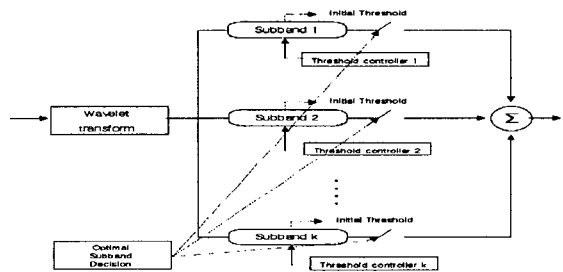
최근에 웨이블릿 변환을 한 후 부호화 과정에서 임베디드 방식을 사용하고 있는데, 대표적인 부호기들은 다음과 같다. EZW(Embedded Zerotree Wavelet), SPIHT(Set Partitioning In Hierarchical Tree), MTWC(Multi-Thresholds Wavelet Codec)등이 있다. 그리고 이들 부호기들은 다음의 기본적인 3가지 절차를 따른다.

첫째, 웨이블릿 변환(Wavelet Transform), 둘째, 연속 근자 양자화(SAQ: Success Approximation Quantization), 셋째, 산술 부호화 과정으로 구성된다. 여기서 중요한 것은 우선 주어진 비트율에서 최상의 이미지의 질(quality)을 얻을 수 있기 위해서 임베디드 방식을 위해 SAQ에 의한 비트 평면에 추가하는 형태로 부호화를 하게 된다. 대표적인 EZW에서는 웨이블릿 계수의 중요한 정보의 위치를 저장하기 위해 맵

부호화 방식을 취하고 압축률을 향상시키기 위해서 새로운 데이터 구조체인 제로트리(Zerotree)를 만든다.[2]

2.2 Multi-Thresholds Wavelet Codec(MTWC) 부호화

Wang이 제안한 MTWC의 기본적인 내용은 EZW와 SPIHT에서와 같지만 임계값 결정이 모든 대역에서 최적의 값을 적용하게 됨으로써 좀 더 많은 중요 계수 맵 부호화를 수행하게 되므로 성능 상에 장점을 가져온다. 그 외에도 부호화에 있어서 콘텍스트(Context)를 기반으로 한 산술 부호화를 적용해 빠른 콘텍스트 계산 알고리즘을 제안하면서 속도 상에서 이득을 얻을 수 있다. 기존의 EZW에서의 SAQ (Successive Approximation Quantization)과정에서 사용되는 단일 초기 임계값은 처음 여러 양자화 단계에서 너무 많은 중요하지 않은 비트를 만들어내게 된다. 그래서 양자화와 부호화에 걸리는 시간의 낭비를 가져온다. 단일 대역에서는 웨이블릿 계수의 분포가 일반화된 가우시안 모델을 갖는다고 할지라도, 이미지의 모든 대역을 동시에 모델하기 위한 단일 파라미터 집합으로, 형태 파라미터 r 와 분포 σ_i^2 을 찾기는 쉽지 않다. 그래서 각각의 대역에 독립적으로 가우시안 모델을 생성해서 서로 다른 대역에 대해서 초기 임계값의 배수를 적용함으로써 가능한데 우선 가장 중요한 대역에서 시작해 이 자원들로부터 작은 정보로 가장 좋은 결과를 얻고자 한다.



[그림 2-2] MTWC 블록도

웨이블릿이 변환된 영상에서 계수 값이 동일한 방향을 갖는 대역에서 상관관계를 갖는다는 점을 이용하여 대역마다 다른 임계값을 적용하여 중요 계수를 추출하며 부호화 과정에서 중복성을 줄일 수 있다.

3. 워터마킹 알고리즘

본 논문에서 제안하는 MTWC 알고리즘을 이용한 워터마크 삽입 및 추출 알고리즘은 영상을 웨이블릿 변환을 이용하여 주파수 공간으로 변환한 뒤, 워터마크를 삽입하기 위해 MTWC 알고리즘의 특성을 이용하여 영상의 중요 계수를 추출하는 방법과 이 방법에 의해 중요 계수가 추출되었을 때에 이 중요 계수에만 이진 영상 워터마크를 생성시켜 삽입하고, 이렇게 워터마크된 영상은 원영상을 필요로 하지 않고, 워터마크된 이미지만을 이용하여 워터마크를 추출하고, 통계학적 접근 방법을 이용하여 영상의 소유권을 인증하기 위한 방법이다..

3.1 워터마크 삽입 알고리즘

워터마크 삽입 알고리즘은 원영상을 이용하여 웨이블릿 변환을 한 후, MTWC 알고리즘의 이용하여 영상의 중요 부분을 추출하고, 이 방법에 의해 중요 부분이 추출 되었을 때에 그 중요 계수에 워터마크를 삽입하는 방법이다.

이 때 생성한 워터마크는 이진 로고 파일을 생성하여 이용하게 되고, 영상의 중요 부분을 추출하는 MTWC알고리즘을 수행한 후 추출되는 중요 계수에 워터마크를 삽입하였다.

- | |
|---|
| <p>Step 1 : 원 영상을 3단계 DWT를 한다.</p> <p>Step 2 : MTWC를 수행하여 중요 계수를 추출한다.</p> <p>Step 3 : 얻어진 중요 계수값에 Watermarking Information 이진 로고 영상을 삽입한다.</p> <p>Step 4 : 삽입한 영상을 IDWT 한 후 Watermarked Image를 생성한다.</p> |
|---|

MTWC 알고리즘에 의한 워터마크 삽입 알고리즘

3.2 워터마크 추출 알고리즘

워터마크 추출 알고리즘은 여러 가지의 공격에 의해 변형된 영상에서 워터마크를 효율적으로 추출하기 위하여 워터마크가 삽입된 영상에 대하여 웨이블릿 변환을 한 후, 영상의 중요 부분을 추출하는 MTWC 알고리즘을 수행하여 추출되는 중요 계수에 삽입한 워터마크를 검출한다.

- | |
|--|
| <p>Step 1 : Watermarked Image를 DWT를 한다.</p> <p>Step 2 : MTWC를 수행하여 중요 계수를 추출한다.</p> <p>Step 3 : Watermarked Image와 PN Code의 계수차를 검출하여 Watermark Information를 추출한다.</p> <p>Step 4 : 추출된 워터마크의 소유권자가 사용한 워터마크 인지를 통계학적인 접근 방법으로 판단하여 인증한다.</p> |
|--|

MTWC 알고리즘에 의한 워터마크 추출 알고리즘

4. 실험결과 및 고찰

본 실험은 256×256 크기의 원 영상을 사용하였고, Watermarked Information Bit는 140×40 크기의 이진 로고 파일 영상을 사용하였다.








[그림 4-1] 실험 영상들(256×256)



[그림 4-2] 워터마크 삽입 영상(140×40)

워터마크를 삽입하기 위해 MTWC알고리즘의 특성을 이용하여 영상의 주요 부분을 추출하는 방법과 이 방법에 의해 중요 부분이 추출되었을 때에 중요 계수에만 워터마크를 삽입하였고, 시각적으로 인지할 수 없는 워터마크된 영상을 생성하였다. 또한 생성된 워터마크 영상을 이용하여 삽입된 워터마크 정보 비트를 추출하여 상관계수를 이용하는 방법으로 인증하였다.

결과영상	E2W 워터마크	SPIHT 워터마크	제안한 방법
 Collusion 공격	IIC LAB 유사도 : 0.996266	IIC LAB 유사도 : 0.996607	IIC LAB 유사도 : 0.996250
 Cropping 공격	IIC LAB 유사도 : 0.992321	IIC LAB 유사도 : 0.996964	IIC LAB 유사도 : 0.996697
 JPEG 공격	IIC LAB 유사도 : 0.979266	IIC LAB 유사도 : 0.991250	IIC LAB 유사도 : 0.996250
 Noise 공격	IIC LAB 유사도 : 0.993036	IIC LAB 유사도 : 0.998571	IIC LAB 유사도 : 0.998571
 Resize 공격	IIC LAB 유사도 : 0.911071	IIC LAB 유사도 : 0.953929	IIC LAB 유사도 : 0.991964

[표4-1] Camera 영상에 공격(Collusion, Cropping, JPEG, Noise, Resize) 후 얻어진 영상들과 유사도 검출

[표 4-2]은 주파수 영역에서의 워터마크 방법들 중 Xia의 논문에서 주장하고 있는 워터마크의 추출 강인성과 본 논문에서 제안한 방법의 비교표이다.

Attack Method	JPEG	Noise	Cropping	Collusion	Resize
Xia's Method	○	○	x	x	○
Proposed Method	○	○	○	○	○

[표4-2] 강인성 비교

원 영상과 워터마크가 삽입된 영상과의 일치성을 판단할 수 있는 유사도 측정 실험에서도 다음의 [표 4-3]과 같이 평균 유사도 값이 0.9951484로 1에 가까운 높은 추출율을 보여 다양한 공격 후에도 워터마크를 추출할 수 있는 강인성을 보였다.

Attack Image	Collusion	Cropping	JPEG	Noise	Resize
Lena	0.996964	0.997500	0.996786	0.998929	0.988571
Camera	0.996250	0.996607	0.996250	0.998571	0.981964
Rose	0.993571	0.997500	0.995893	0.997857	0.983750
Talkshps	0.997321	0.997500	0.995179	0.999643	0.980893
Vivanshue	0.998214	0.997143	0.997143	0.997857	0.990000
Heesun	0.997321	0.998393	0.998571	0.999464	0.992857
Mean	0.996606	0.997440	0.996637	0.998720	0.986339
Total Mean	0.9951484				

[표4-3] 다양한 공격 후에 추출된 유사도

5. 결론

본 논문에서는 워터마크를 삽입하기 위해 MTWC 알고리즘의 특성을 이용하여 영상의 중요 부분을 추출하는 방법과 이 방법에 의해 추출된 중요 계수에만 워터마크를 삽입하는 방법을 제안한 알고리즘이다.

실험결과 Collusion, Cropping, JPEG, Noise, Resize의 공격 후에도 추출된 워터마크의 평균 유사도 값이 각각 0.996606, 0.997440, 0.996637, 0.998720, 0.986339로 추출되었고, 위의 공격에 대한 전체 평균 유사도 값이 0.9951484로 높은 추출율을 보여 워터마크의 강인함을 입증하였다.

향후 연구 과제로는 MPEG같은 동영상에 대해서도 워터마크를 삽입 및 추출하는 효율적이고 견고한 방법이 연구되어야 할 것이다. 또한 워터마크의 성능을 객관적으로 비교 할 수 있는 기준을 마련하기 위한 연구가 필요하다.

[참고문헌]

- [1] A. Piva, M. Barns, F. Batfowling, V. Cappellini, "DCT-based watermark recovering without resorting to the uncorrupted original image," Proceeding of ICIP'97, Santa Barbara, CA, USA, Oct., 26-29, Vol. I, pp. 520-523, 1997.
- [2] D. Kundur, D. Hatzinakos, "A Robust Digital Image Watermarking Method using Wavelet-Based Fusion," Proceeding of ICIP'97, Santa Barbara, CA, USA, Oct., 26-29, Vol. I, pp. 544-547, 1997.
- [3] I. J. Cox, J. Kilian, T. Leighton and T. Shamoon, "Secure Spread Spectrum Watermarking for Multimedia," IEEE Trans. On Image Processing, 6,12, pp. 1673-1687, 1997.
- [4] 박정민, 정성환, "이산 웨이블릿 변환을 이용한 칼라 영상 정보 보호 시스템 구현," 한국정보처리학회, 춘계학술발표논문집, 제6권, 제1호, pp. 1336-1339, 1999. 4.
- [5] 안영아, 장주만, 김지균, 김태운, "2차원 웨이블릿을 이용한 이미지 검색 시스템 설계," 한국정보처리학회, 춘계학술발표논문집, 제6권, 제1호, pp. 1309-1312, 1999. 4.
- [6] 원치선, "디지털 영상의 저작권 보호," 정보과학회지 제15권 제 12호, pp. 22-27.