DCT영역에서 대역확산을 이용한 디지털 이미지 워터마킹

윤철환°, 임태성, 홍완표, 류대현
한세대학교 IT학부

Digital Image Watermarking Using Spread Spectrum in DCT

Chul Hwan Yoon, Tae Sung Im, Wan Pyo Hong, Dae Hyun Ryu
Dept. of Information and Telecommunication , Hansei Univ.

요 약

최근 인터넷의 보편화로 인한 디지털 컨텐츠의 폭발적 요구 증가로 디지털 저작권 보호를 위한 여러 기술들이 연구되고 있다. 디지털 워터마킹은 디지털 컨텐츠의 저작자의 정보를 삽입하여 저작권을 보호하는 기술이다. 본 논문에서는 DCT 영역에서 대역확산을 이용하여 이미지 압축에 강인하고, 비 가시성이 뛰어난 워터마킹 기술을 제안한다.

1. 서론

인터넷의 폭발적인 성장으로 인해 디지털 컨텐츠는 누구나 손쉽게 유통할 수 있게 되었지만, 저작권 보호라는 문제를 안게 되었다. 그 대안으로 최근 디지털 워터마킹 기술이 소개가 되면서 많은 연구가 활발히 진행되고 있다. 디지털 워터마킹 이란 디지털 컨텐츠에 보통의 방법으로는 알 수 없는 저작자 만의 정보를 삽입 함으로써 후에 있을지도 모르는 저작권 분쟁에서 자신의 소유권을 증명 할 수 있게 하는 기술이다.

본 논문에서는 DCT 변환을 이용하여 이미지를 주파수 별로 분할 한 뒤, 압축에 강인한 중간 주파수를 선택하여 워터마크를 삽입한다. 워터마크 삽입 시 대역 확산 방식을 사용함으로써 비 가시성을 높이고, 워터마크 추출 시 원본 이미지가 필요 없다는 장점이 있다. 또한, 본 논문에서 제안한 방식이 JPEG 압축에도 강인하다는 것을 실험으로 보여준다.

본 논문의 구성은 2장에서 대역 확산을 이용한 워터마킹을 설명하고, 3장에서 제안된 워터마킹 방법을 소개하며, 4장에서 실험 결과를 보여 준 후 5장에서 결론을 맺는다.

2. 대역 확산을 이용한 워터마킹

워터마크는 영상의 특성을 결정짓는 중요한 부분에 삽입되어야 압축과 같은 공격에도 살아 남는다. 하지만, 영상의 중요한 정보를 훼손하므로 비 가시성이 떨어지는 문제점을 갖는다. 때문에, 최근에는 사람이 인식하지 못하면서 강인한 특성을 유지할 수 있는 워터마크 삽입 방법인 대역확산 방법이 많이 쓰이고 있다.

대역 확산이란 원래 무선 통신에서 사용하는 개념으로 좁은 대역(narrowband)의 신호를 훨씬 큰 대역폭에 걸쳐서 보냄으로써 하나의 주파수에서 볼 때 신호의 에너지는 아주 작은 양이 되게 하는 방식이다.

이와 같은 개념으로 워터마크를 많은 주파수 성분에 걸쳐서 분산시켜 삽입함으로써 결론적으로 에너지가 분산되어 한 주파수에서 보면 매우 작은 양이 되므로 측정이 어렵게 만드는 것이다.

3. DCT 영역에서의 대역 확산을 이용한 워터마킹

3.1 워터마크 삽입

워터마크 삽입 방법은 DCT 계수의 중간 주파수 부분에 워터마크를 대역 확산하여 더하게 된다.

그림 1은 본 논문에서 제안된 워터마크의 삽입 과정이다.

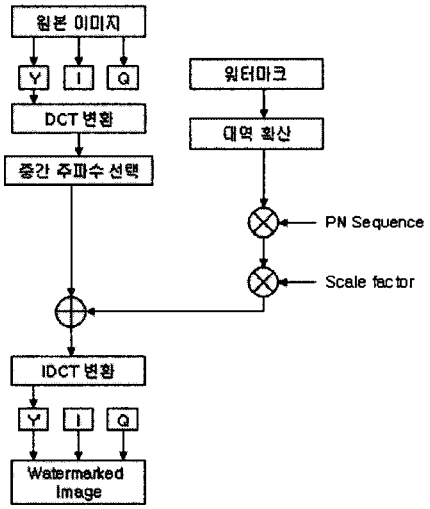

그림 1. 워터마크 삽입 과정

먼저 RGB로 구성된 원본 이미지를 YIQ 모 델로 변환한다. YIQ 모델이란 컬러 TV에서 사용하는 색 체계로 영상을 밝기(Y)와 색차(I,Q) 신호로 분할한다. 인간의 시각은 색차 신호보다 밝기 신호에 더 민감하므로 압축 할 때 밝기 신호보다 색차 정보를 더 감소 시킨다. 따라서 제안된 방식에서는 워터마크의 강인성을 높이기 위해 Y영역에 워터마크를 삽입한다.

다음, 선택된 Y영역을 8x8 블록 DCT를 수행하여 각 블록의 DCT 계수를 구한다. 대부분의 이미지에서는 중요한 정보가 저 주파수 쪽에 집중되고, 고 주파수에는 정보가 거의 없으므로, JPEG과 같은 압축 알고리즘들은 고 주파수 쪽은 성기게 양자화를 하여 정보를 많이 삭제한다. 또한, 저 주파수 쪽에는 중요한 정보들이므로 이 곳에 워터마크를 삽입할 경우 비 가성이 떨어진다. 그러므로, 본 논문에서는 8x8 DCT 블록을 그림 2와 같이 지그재그 스캔하여 식(2)와 같이 중간의 32개의 계수만 취하여 워터마크를 삽입한다.

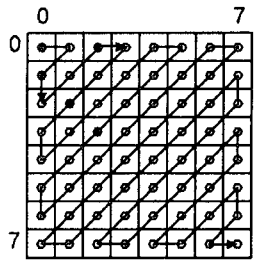

그림 2. 지그재그 스캔

$$Di = \{1,2,3,...,t_{17},...,t_{48},...,64\} \quad (1)$$

$$v_i = \{t_{17},..t_{48}\} \quad (2)$$

다음, 정보 비트 열(워터마크)을 다음과 같이 둔다.

$$a_j, \quad a_j \in \{-1,1\} \quad (3)$$

정보 비트 열 a_j 를 cr (chip rate)에 의해 다음과 같이 확산한다.

$$b_i = a_j, \quad j \cdot cr \le i < (j+1) \cdot cr \quad (4)$$

2진 PN 수열을 생성한다

$$p_i, \quad p_i \in \{-1,1\} \quad (5)$$

확산 수열에 증폭 계수 만큼 증폭하고 PN 수열을 곱한다.

$$w_i = \alpha \cdot b_i \cdot p_i \quad (6)$$

변조된 신호(워터마크)를 선택된 DCT 계수 v_i 에 더한다.

$$\hat{v}_i = v_i + \alpha \cdot b_i \cdot p_i \quad (7)$$

$$\hat{v}_i = \{t_{17}',...,t_{48}'\} \quad (8)$$

$\hat{v}_i$ 를 Di에 대치하여 새로운 DCT 계수 열 Di'를 생성한다.

$$Di' = \{1,2,3,...,t_{17}',...,t_{48}',...,64\} \quad (9)$$

Di'를 IDCT 변환하여 워터마크가 삽입된 Y'를 생성한다. 마지막으로 Y',I,Q를 RGB 변환하여 워터마킹

이미지를 얻는다.

3.2 워터마크 추출

워터마크 추출은 워터마크를 삽입할 때 사용한 것과 동일한 PN 수열 Pi를 워터마킹 이미지에 곱함으로써 쉽게 이루어진다. 따라서, 원본 이미지는 필요없다.

그림 3은 워터마크 추출 과정을 나타낸다.

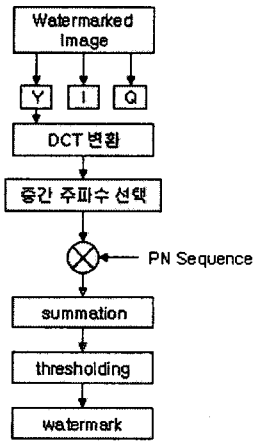

그림 3. 워터마크 추출 과정

먼저, 워터마크 삽입과 동일한 방법으로 워터마킹 이미지를 YIQ 변환, DCT 변환 후 중간 주파수 계수들을 모은다.

$$\hat{v}_i = \{t_{17}', \ldots, t_{48}'\} \tag{10}$$

$\hat{v}_i$ 에 PN 수열을 곱하고 식 (7)을 대입 한다.

$$s_j = \sum_{i=j\cdot cr}^{(j+1)\cdot cr-1} p_i \cdot \hat{v}_i = \sum_{i=j\cdot cr}^{(j+1)\cdot cr-1} p_i \cdot v_i + \sum_{i=j\cdot cr}^{(j+1)\cdot cr-1} p_i^{\,2} \cdot \alpha \cdot b_i \tag{11}$$

만일 아래 식이 성립하면,

$$if \quad \sum_{i=j\cdot cr}^{(j+1)\cdot cr-1} p_i = 0 \tag{12}$$

PN 수열은 많은 수의 1들과 -1들을 포함하므로, 구간 $[j\cdot cr \ldots (j+1)\cdot cr]$ 에서 p_i 와 v_i 는 상관성이 없고 따라서 아래와 같은 식이 성립한다.

$$\sum_{i=j\cdot cr}^{(j+1)\cdot cr-1} p_i \cdot v_i = 0 \tag{13}$$

그러나, 실제로는 PN 수열에서 1들의 수와 -1들의 수가 같지 않으므로 위의 식이 0이 되지 않고, 이에 대한 오차는 다음과 같다.

$$\Delta = -\left(\sum_{i=j\cdot cr}^{(j+1)\cdot cr-1} p_i\right) \cdot mean(\hat{v}_i) \tag{14}$$

Sj는 오차 값이 더해진 형태로 표현된다.

$$s_j = \sum_{i=j\cdot cr}^{(j+1)\cdot cr-1} p_i \cdot \hat{v}_i + \Delta \approx cr \cdot \alpha \cdot a_j \tag{15}$$

마지막으로 Sj에 임계 값 처리(thresholding)하여 워터마크 비트 스트림을 찾아낸다.

4. 실험 및 고찰

본 실험에서는 256x256 24bit lena영상을 사용하였고, 워터마크는 임의의 32비트의 비트스트림 0101,...,01을 사용하였다.

(a). 원 영상 (b). 워터마킹 영상 (alpha=0.015, no compress)

그림 4. 워터마킹 결과

그림 4의 (a) 와 (b)는 제안된 알고리즘으로 워터마킹 한 결과이다. 이 경우 PSNR은 40dB 정도로 떨어지나 주관적인 화질의 저하는 느끼기 어렵다. 그림 5은 증폭 계수에의 증가에 따른 PSNR의 저하를 보여주고 있다.

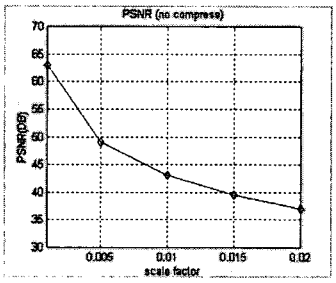

그림 5. 워터마킹 이미지의 PSNR

본 논문에서 제안한 방식의 성능 평가를 위해 Y 영역에 직접 워터마크를 대역 확산하여 삽입한 경우와 Y의 DCT 영역에 워터마크를 삽입한 경우를 비교하였다. 성능 평가의 척도로 워터마크 추출 후 발생하는 BER(Bit Error Rate)를 사용하였다.

그림 6은 워터마킹 이미지를 70% JPEG 압축한 후 워터마크를 추출하였을 때의 BER 비교를 나타낸다. 본 논문에서 제안한 방식이 Y 영역에 워터마크를 삽입한 경우가 Y영역에 직접 삽입한 경우보다 BER이 좋음을 알 수 있다.

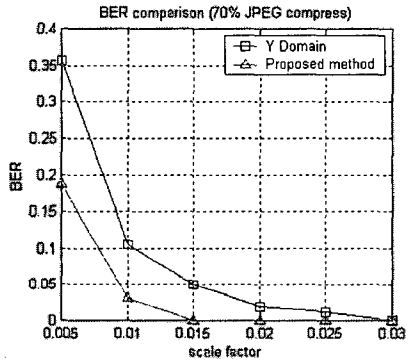

그림 6. 70% JPEG 압축 후 워터마크 추출 비교

그림 7은 증폭 계수를 0.015로 고정시키고 JPEG 압축률을 변경하면서 워터마크 추출 시 BER을 비교한 그림이다. 본 논문에서 제안한 방식이 JPEG 압축에 대해 월등히 강인하다는 것을 알 수 있다.

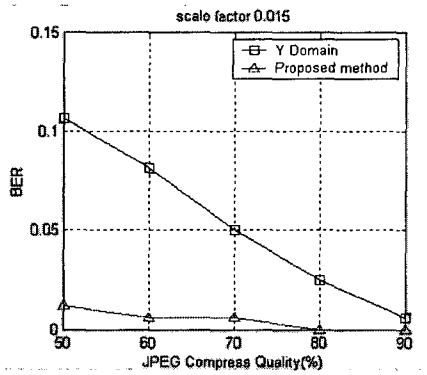

그림 7. JPEG 압축률에 따른 BER 비교

5. 결론

본 논문에서는 DCT 영역에서 대역확산을 사용하여 워터마크를 삽입함으로 써 JPEG 압축에 강인하고 비가시성이 뛰어난 워터마크 삽입 알고리즘을 제안 하였다. 실험 결과, 제안된 방식은 대역 확산 방식을 사용하므로, 비 가시성이 높을 뿐 아니라 JPEG 압축에도 강인성을 보임을 알 수 있다. 향후 연구 과제로는 제안된 방식이 JPEG 외에 다른 공격에 대한 강인성의 연구가 필요하다.

[참고문헌]

[1] E. Koch and J. Zhao, "Towards robust and hidden image copyright labeling", In Proceedings of 1995 IEEE Workshop on Nonlinear Signal and Image processing, Neos Marmaras, Greece, June 1995.

[2] Hartung and B. Girod, "Digital Watermarking of Raw and Compressed Video", Proc. European EOS/SPIE Symposium on Advanced Imaging and Network Technologies, Berlin, Germany, October 1996.

[3]. Hartung and B. Girod, "Watermarking of Uncompressed and Compressed Video", Signal Processing, vol. 66, no. 3 (Special issue on Watermarking), pp. 283-301, May 1998.

[4] 박덕령, 박성한, "디지털 영상의 복사 방지를 위한 적응 워터마킹 기법", 전자공학회논문지, 제35권, S편, 제4호, 1998년 4월.

[5] 류대현, "동영상 저작권 보호를 위한 디지털 워터마킹 기술", 한국멀티미디어학회, 제2권 제4호, pp. 438 - 450, 1999. 12.

[6] 박성훈, 김정엽, 현기호 "DCT 변환과 인간시각 칼라좌표계를 이용한 디지털 워터마킹", 대한전자공학회 하계 종합 학술대회, 제25권 제1호, pp.243-246, 2002. 6

[7] 한국 전산원, "지적재산권 보호를 위한 정보은닉 기술 및 표준화 연구", 2000. 6