

영상의 위변조 검출을 위한 적응 양자화 워터마킹

김중현, 최혁

서울시립대학교 컴퓨터통계학과

Adaptive Quantization Watermarking for Image Tamper-proofing

Jong Hyun Kim and Hyuk Choi

Department of computer Science and Statistics, University of Seoul

hosu0000@nate.com

요약

저작권 보호 기술의 하나인 디지털 워터마킹은 디지털 콘텐츠에 삽입되어 저작권 확인 및 증명에 이용될 뿐만 아니라 영상의 위변조 판별에도 이용된다. 즉, 영상이 변조되는 경우 삽입된 워터마크가 변형됨으로써 위변조 여부 및 위변조 영역의 확인도 가능하다. 본 논문에서는 이와 같이 영상의 위변조 여부를 판별하기 위한 인증 워터마킹 기법으로 적응적인 양자화 워터마킹 기법을 제안한다. 워터마크 삽입 과정은 영상에 DWT를 수행한 뒤 저주파 영역에 블록 DCT를 수행하여 계수들을 변형시키는 방법으로 수행되며, 이를 위해 원신호의 파워를 고려한 적응적인 양자화 방식을 제안하였다. 실험 결과 제안 방식에 의해 워터마크 삽입된 영상은 화질적으로 원영상과 차이가 없고 압축에 대한 강인성도 우수하여 인증 워터마킹에 적합함을 확인하였다.

1. 서론

최근 컴퓨터와 네트워크의 발달로 디지털 영상, 음악, 비디오 등 디지털 콘텐츠의 불법적인 복제나 유통으로 인한 저작권 문제가 크게 대두되고 있다. 디지털 콘텐츠는 복제가 용이하고 원본 콘텐츠와 복제본 콘텐츠의 차이가 없다는 점에서 저작권 침해 문제가 매우 심각하다. 따라서 소유권자의 동의가 없는 불법적 복제를 방지하고 소유권을 효과적으로 보호하기 위한 저작권 보호 기술이 필수적으로 요구되고 있으며, 그 중 한 가지 기술로 디지털 워터마킹(Digital Watermarking) 기술이 있다 [1].

디지털 워터마킹은 콘텐츠에 인간 지각에 거슬리지 않게 저작권 정보 또는 콘텐츠에 대한 정보를 삽입함으로써 콘텐츠의 저작권 확인 및 증명에 이용되는 기술이며, 최근에는 DVR (Digital Video Recorder) 시장 등에서 위변조 확인에도 널리 사용되고 있다. 즉, 영상에 위변조가 발생하는 경우 콘텐츠 내부에 삽입되어 있는 워터마크가 변형됨으로써 위변조 여부 및 위변조 영역의 확인이 가능하다 [2]. 그러나, 이와 같은 인증용 워터마킹의 경우 영상이 변형되었을 경우 삽입된 워터마크가 손실됨으로써 변형 여부를 확인하게 되지만 의도적 변형이 아닌 압축과 같은 비의도적 변형에는 손실되지 않음으로써 위변조와 압축을 구별하여 판별하는 것이 실용적으로 매우 필요한 요건이 된다.

본 논문에서는 DWT(Discrete Wavelet Transform)후에 DC T(Discrete Cosine Transform)와 적응적 양자화를 기반으로 한 워터마킹 방식을 사용하여 위변조 여부를 판별하고, 영상의 압축에 널리 사용되는 JPEG 압축에 대해서는 강인한 인증

용 워터마킹 기법을 제안한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 먼저, 2장에서는 제안 방법의 알고리즘 구성과 워터마크 삽입 및 검출과정을 기술하며, 3장에서는 실험 결과를 통한 성능 분석을 제시하고, 4장에서 결론을 맺는다.

2. 제안 방법

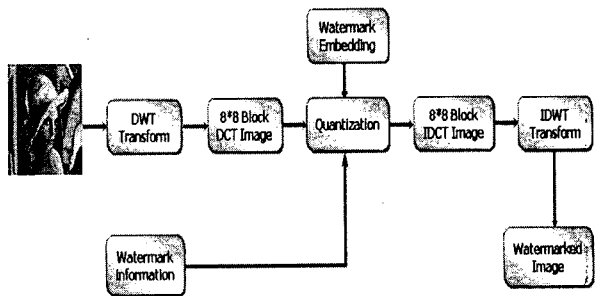


그림.1 Watermark Embedding Process

전체적인 워터마크 삽입 과정은 그림 1과 같다. 일반적으로 영상을 압축하는 경우 영상의 고주파 성분이 주로 제거되며 영상 정보 또한 주로 저주파에 몰려 있다. 따라서, 워터마크를 삽입할 때 에도 압축에 강인하기 위해서는 저주파 성분에 삽입되는 것이 유리하며, 이를 위해 웨이블릿 변환을 이용한다. 즉, 원 영상을 1-레벨 DWT 분해를 수행하면 크기가 원영상의 1/4로 줄어든 4개의 대역 분할 영상을 얻게 되는데 이 중

에서 저주파 대역 분할 영상에 워터마크를 삽입한다.

워터마크 삽입은 양자화 워터마킹 방식을 사용하는 데 먼저, 웨이브렛 분할 영상을 8*8 크기의 블록으로 분할하여 DCT 처리를 한 후, 각 블록 당 14개의 저주파 계수를 대상으로 워터마크를 양자화 방법으로 삽입한다. 양자화 간격은 DCT 계수들의 특성에 따라 4개의 영역으로 나누어 적응적으로 처리된다. 워터마크 삽입 과정을 요약하면 다음과 같다.

2.1 워터마크 삽입 과정

일반적으로 DCT 계수들은 주파수의 특성이 블록 안에 계수의 위치에 따라 조금씩 다르다. 즉, 64개의 계수 중에서 첫 번째 계수<표 1>는 DC라고 하며 저주파 성분의 특성을 갖고 있다. 또한 DC 근처에 있는 계수들도 저주파 성분의 특성을 가지고 있으며 멀어 질수록 고주파 성분의 특성을 갖게 된다. 고주파 성분에 Watermark를 삽입 할 때보다 저주파 성분에 Watermark를 삽입을 했을 때 Watermark의 손실이 적다. 본 논문에서는 DC를 포함하지 않고 DC 근처에 있는 14개의 저주파 성분의 특성을 갖고 있는 계수들을 4개의 영역으로 나누어 한 블록 당 14개의 Watermark를 삽입 한다.

<표 1> DCT 계수

DC	1	2	3	4	5	6	7
8	9	10	11	12	13	14	15
16	17	18	19	20	21	22	23
24	25	26	27	28	29	30	31
32	33	34	35	36	37	38	39
40	41	42	43	44	45	46	47
48	49	50	51	52	53	54	55
56	57	58	59	60	61	62	63

워터마크의 삽입 방법은 JPEG 압축의 양자화 과정과 유사한 양자화 워터마킹을 사용 한다 [3]. 양자화 워터마킹에서는 <그림 2>에서와 같이 DCT 계수의 값을 일정한 양자화 간격으로 나누어 각각 0과 1의 정보를 할당하게 되며, 삽입하고자 하는 워터마크 정보에 따라 DCT 계수 값을 가장 가까운 0 또는 1의 정보를 나타내는 DCT 계수 값으로 변환시킨다.

예를 들어, <그림 2>를 보면 픽셀 값 x가 126이라고 가정하자. 양자화 간격이 10이면 삽입 할 bit가 1이면 x의 값은 130으로, 0이면 x의 값은 120으로 바뀌게 된다.

양자화 워터마킹에 있어 양자화 간격은 매우 중요한 벡터이다. 양자화 간격이 크면 클수록 영상 변형에 강인해지지만 반대로 워터마크가 삽입된 영상의 화질은 떨어지게 된다. 따라서, 삽입되는 워터마크의 강인성 및 영상 화질을 고려하여 적절하게 양자화 스텝 크기를 결정해야 한다.

본 논문에서는 양자화 간격을 영상 신호에 적응적으로 결정한다. 일반적인 영상을 블록으로 분할하여 DCT를 하면 저주

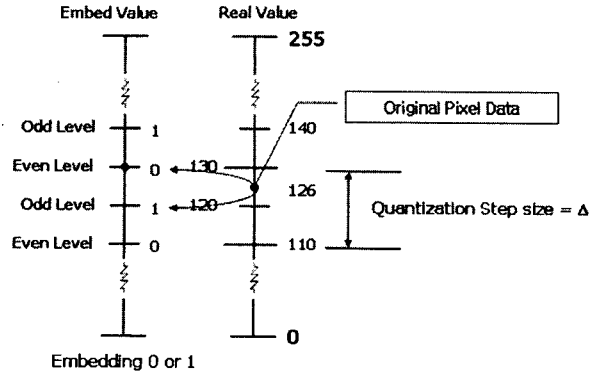


그림 2. Quantization Embedding

파 성분에 신호가 주로 모여 있게 되며 DC 값으로 갈수록 크기가 일반적으로 커지게 된다. 만약 양자화 간격을 계수별로 동일하게 적용한다면 원 영상 신호가 큰 경우에 비해 신호가 작은 경우에는 신호 왜곡이 상대적으로 커지게 될 것이다. 따라서, 원 영상 신호의 주파수대별 계수의 파워를 구하고 이에 비례하도록 양자화 간격을 결정한다면 화질 및 강인성 측면에서 보다 효과적인 양자화 방식이 될 것이다.

본 논문에서는 각 블록에서 DC를 제외한 저주파 성분 14개 계수를 워터마크 삽입에 이용하며 이를 네 개의 그룹으로 나누어 각 그룹별로 양자화 간격을 적응적으로 결정한다.

<표 2> JPEG의 양자화 테이블

16	11	10	16	24	40	51	61
12	12	14	19	26	58	60	66
14	13	16	24	40	57	69	57
14	17	22	29	51	87	80	62
18	22	37	56	68	109	103	77
24	36	55	64	81	104	113	92
49	64	78	87	103	121	120	101
72	92	95	98	112	100	103	99

즉, <표 1>의 [(1,8,9), (2,3,10), (16,17,24), (4,11,18, 25,32)]에 해당하는 계수들을 그룹으로 묶어 신호들의 평균 파워를 계산한 뒤 이 값에 비례하도록 Quality factor를 결정하고 <표 2>의 JPEG 양자화 테이블에 이 값을 곱하여 워터마크 삽입을 위한 새로운 양자화 테이블로 사용한다.

양자화 계수를 14개로 정한 이유는 실험적으로 분석해 본 결과 JPEG 압축 시 저주파 상위 25% 정도를 제외한 나머지 부분들은 손실이 매우 심하여 압축에 대한 강인성이 부족하기 때문이다.

2.2 워터마크 검출 과정

워터마크 검출은 워터마크 삽입과 같은 과정이며, 삽입시

사용한 양자화 테이블들과 블록 당 14개의 워터마크 삽입 위치를 이용하여 검출하게 된다. 검출시에는 DCT 계수 값을 가장 가까운 양자화 준위 값을 찾아 그 값이 0이면 워터마크 정보를 0으로, 1이면 1로 판정하게 된다.

3. 실험 결과

본 논문에서 제안된 방법의 성능을 평가하기 위해 MATLAB을 이용한 시뮬레이션을 수행하였다. 실험 영상으로는 512*512 크기의 Lena 영상이 이용하였으며, 웨이블릿 변환을 위해서 Haar 필터를 사용하여 1-레벨 분해를 수행하였다. 제안된 방식에 의해 생성된 워터마크 삽입 영상은 원영상과 시각적으로 구별되지 않는 우수한 화질을 보였으며, 영상이 변형되었을 때 워터마크가 손실되어 검출되지 않음으로써 위변조 판별 및 위치 확인이 가능하였다.

JPEG 압축에 대한 강인성을 평가하기 위해서 4가지의 다른 압축 강도에서 워터마크 검출 여부를 실험해 본 결과 그림 4에서와 같이 높은 검출율을 보여 압축에 대해 강인함을 확인할 수 있었다.

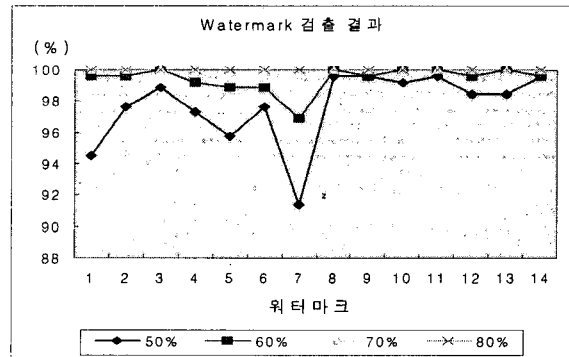


그림3. 워터마크 검출 결과

<표 3>는 워터마크 삽입시 네 그룹의 양자화 간격을 변화시켰을 때 원 영상에 대한 PSNR 비교 결과를 보여 주고 있다.

4. 결론 및 향후 과제

본 논문에서는 영상의 위변조 판별 및 변조 영역을 확인할 수 있는 인증 워터마킹 방법을 제안하였다. 제안된 방법은 DWT 이후 블록별로 DCT를 하고 저주파 DCT 계수에 적응 양자화를 통해 워터마크를 삽입함으로써 JPEG과 같은 압축에는 강인하면서도 영상의 변형이 있을 경우에는 워터마크가 손실되어 변형이 있었음을 판별해 주는 등 인증 워터마킹에 적합한 성능을 보였다. 또, 적응적인 양자화 처리를 통해 화질면으

로도 원영상과 차이를 느끼지 못하는 매우 우수한 화질을 보여 실용적인 측면에서도 좋은 결과를 보였다. 그러나, 영상의 비의도적 변형 중 압축이 아닌 회전 등 기하학적 변형이 있을 경우에는 워터마크가 삽입된 위치를 찾을 수 없어 검출이 불가능하기 때문에, 이러한 기하학적 변형을 보정하기 위한 기준 정보 또는 기하학적 변형에 강인한 콘텐츠 영역의 추출 등 보완적인 방법에 대한 연구를 향후 과제로 하고 있다.

<표 3> PSNR 성능 비교

양자화 Set	Watermarked Image(dB)				
	1	2	3	4	5
{50 55 60 65}	61.78	55.87	52.25	49.73	47.64
{55 60 65 70}	63.06	56.87	53.33	50.74	48.79
{60 65 70 75}	64.07	58.03	54.75	52.11	50.19
{65 70 75 80}	65.74	59.81	56.32	53.74	51.78
{70 75 80 85}	67.23	61.85	57.90	55.75	53.69
{75 80 85 90}	69.78	63.81	60.72	57.96	55.94
{80 85 90 95}	73.59	67.10	63.71	60.88	58.92

참고 문헌

- [1] S. Oliverira, M. A. Nascimento and O. R. Zaiane, "Digital watermarking: Its status, limitations and prospects," *Technical Report*, January 2002
- [2] I.J. Cox, M.L. Miller and J.A. Bloom, "Digital Watermarking," Morgan Kaufmann Publishers, Inc., San Francisco, The Morgan Kaufmann Series in Multimedia and Information Science, Edward Fox (Ed.), 2001.
- [3] B. Chen and G. Wornell, "Quantization Index Modulation: A Class of Provably Good Methods for Digital Watermarking and Information Embedding," *IEEE Transactions on Information Theory*, vol. 47, no. 4, May 2001.
- [4] J.J. Eggers, R. B. Bauml, R. Tzschoppe and B. Girod, "Scalar Costa Scheme for Information Embedding," submitted to *IEEE Transactions on Signal Processing*, 2002.