

화질이 개선된 적응적 워터마킹

고중관, 이규태, 김진업
공주대학교 정보통신공학과, ETRI 이동통신 연구소

An Adaptive Watermarking with Improved Quality

Ko Jong-Kwan, Lee Kyu-Tae, Kim Jin-Up
Dept. of Information Communication Engineering, Kong-Ju Nat'l University
ETRI Mobile Telecom. Lab

요약

디지털 워터마크는 멀티미디어 콘텐츠에 대한 저작권 보호와 인증의 목적으로 최근에 제안되었다. 워터마킹 기술은 공간영역이나 주파수 영역에서 워터마크를 삽입하는 알고리즘으로 구성된다. 본 논문에서는 기존의 공간영역의 워터마킹 방법을 보안, 개선하였고, 주변화소의 밝기를 고려하여 워터마크의 정보를 삽입하는 방법을 이용하였다. 실험은 영상의 화질저하를 추정하기 위해 PSNR을 계산하고, 제안하는 알고리즘으로 삽입된 영상의 화질이 개선됨을 보이고 외부의 공격에도 워터마크가 추출됨을 보인다.

1. 서론

디지털 워터마크라는 용어가 사용된 것은 최근의 일이지만 워터마크라는 용어는 오래 전부터 사용되었다. 지폐에서의 워터마크 개념을 빌려와 디지털 콘텐츠의 불법복제를 방지하기 위해 디지털 워터마크라는 용어가 만들어졌고 역시 복제방지 목적으로 이용하기 시작했다. 그 이후 워터마크는 디지털 데이터를 보호하기 위한 중요한 기술 가운데 하나로 자리잡게 되었다.

최근 멀티미디어의 제작과 공급이 대량화하고 인터넷과 네트워크 등을 통한 대량복사 및 분배가 급속하게 늘어감에 따라 디지털 영상 데이터의 저작권 보호를 위한 방법이 다양하게 제시되고 있다[1]. 워터마킹이란 디지털 데이터에 인간이 감지할 수 없도록 정보를 삽입하는 기술이다.

저작권 보호(Copyright Protection), 자료 인증(Data Authentication), 소유권 증명(Ownership Identification)을 효율적으로 하기 위하여 권한이 없는 불법 사용자에게 시각적, 통계적으로 검출되지 않아야 한다. 그리고 다양한 신호처리(손실 압축, 필터링, A/D-D/A 변환, 양자화)와 기하학적 변형(회전, 확대, 축소, 잘라내기,

변환)에도 워터마크의 검출이 가능해야 한다.

본 논문에서는 기존의 공간영역의 워터마킹 방법을 개선하였고, 주변화소의 밝기를 고려하여 워터마크의 정보를 삽입하는 방법을 이용하였다. 이것은 인간의 시각특성 중에서 주변화소의 밝기차이가 큰 경우 주목 화소의 값이 변화를 인식하기 어렵다는 마스킹 성질을 이용한 것이다. 워터마킹의 가장 중요한 두가지 조건 비가시성과 강인성을 만족시켜야 하므로 제안한 방법은 가능한 최대한 많이 선택된 픽셀들의 intensity의 값을 인간의 시각에 의해 적응적으로 수정하였고, 이 수정은 사람의 시각에 전혀 보이지 않는다. 그러므로 원본 이미지에 어떠한 영향도 주지 않고 인간 시각의 민감도를 이용하여 워터마크를 삽입하는 공간영역의 워터마크 삽입방법을 제안한다. 또한 low-pass filtering, median filtering, JPEG압축등을 적용하여 제안한 워터마킹 방법을 확인하였다.

2. 워터마킹에 대한 관련 연구

워터마크(watermark)의 사전적 의미는 "종이나 서류에 투명한 표시를 하여 빛에 밝게 비추어 보면 나타나는 무늬"이다. 따라서 워터마크란 오디오나 비디오

오와 같은 멀티미디어 파일이나 이미지 파일, 사진 파일 등에 보이지 않는 작은 수정을 가함으로써 소유권 정보를 코딩하는 과정으로 다른 사람은 알지 못하게 정보를 넣는 기술을 모두 포함한다. 그리고 여기에 들어가는 제작일, 제작자, 작품설명 등과 같은 제작자가 소유권을 나타낼 수 있도록 넣는 일련의 정보가 워터마크이다.

2.1 워터마킹의 구비 조건

- 시각적 비가시성(Perceptual Invisibility) : 디지털 데이터에 대한 워터마크는 눈으로 보이거나 귀로 들었을 때 우리가 느낄 수 없어야 한다.
- 강인성(Robust) : 워터마크는 반드시 고의적이든 고의적이지 않든지 간의 어떠한 외부적인 공격에 대해서 지워지지 않아야 한다.
- 확실한 추출(Trustworthy Detection) : 워터마크는 어떤 특정한 영상에 대해 충분하고 확실한 소유권 증명을 해야 한다.
- 자동화된 추출과 탐색(Automated Detection)
- 다중 워터마킹(Multiple Watermarking)

2.2 디지털 워터마크의 분류

워터마킹의 주요관심은 얼마나 원 데이터의 왜곡을 최소한으로 하고 다른사람이 워터마크를 감지하지 못하도록 하는 것파, 어떻게 하면 워터마크를 강하게 영상 속에 삽입시켜 여러 가지 외부공격에 대하여 워터마크가 강인하게 남아 있게 하느냐하는 것이다. 인터넷 신문, 잡지, TV, 라디오 등과 디지털 책(e-Book), MPEG 및 MP3와 같은 멀티미디어 데이터의 전자 상거래가 예상되면서 이에 대한 저작권 보호 및 저작물 관리 문제가 대두되고 있다.

삽입매체에 의한 분류

- 텍스트 문서 안의 워터마킹[2]
 - 영상데이터를 위한 워터마킹[5]
 - 디지털 오디오를 위한 워터마킹[3]
- 삽입 영역에 의한 분류
- Spatial 워터마킹 : 공간영역의 워터마킹[4]
 - Spectral 워터마킹 : 주파수영역의 워터마킹
- 가시성에 의한 분류

- Visible : 삽입된 워터마크가 시각적으로 관찰됨
- Invisible : 삽입된 워터마크를 시각적으로 구분할수 없음

3. 제안하는 워터마킹 기법

3.1 기존의 공간영역 워터마크

• 워터마크 생성

워터마크 이미지는 어떤 공격에 의해서 워터마크를 보호하기 위해서 우선 삽입하기 전에 Permutation과정을 거친다. 워터마크 영상을 permute 하기 위해서 2차원의 pseudo-random number를 생성하였다. W는 원 영상이고 Wp는 permuted 된 영상이다 다음식과 같이 정의 한다.

$$W_p = [w_p(i, j) = w(i', j') \mid 0 \leq i, i' < M \text{ and } 0 \leq j, j' < N]$$

알고리즘은 다음 3단계를 거친다.

1단계: 워터마크 영상을 0부터 (M×N-1)까지 1차원으로 스캔한다.

2단계: 1단계를 거친 0부터 (M×N-1)사이의 수를 키 값을가지고 random number (M×N)의 영상으로 Permutation한다.

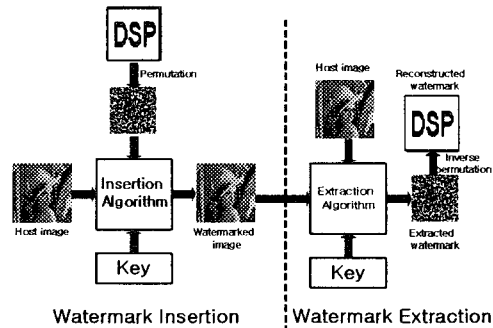
3단계: 픽셀p의 값은 q로 대체된다.

[그림1]과 같이 원래의 오리지날 워터마크 이미지를 permuted 시킨 결과이다.



[그림1] 워터마크 이미지를 permutation한 결과

• 워터마크 삽입



[그림2] 워터마킹 시스템의 블록도

이진 워터마크 영상을 permuted 한 후 그 데이터 들은 호스트 이미지에 삽입 되게 된다. 워터마크 삽입 알고리즘은 다음과 같다.

1단계: 호스트 이미지를 4×4로 나눈다.

2단계: 각 블록을 픽셀 값에 따라 재분류 한다.

$$\text{평균intensity를 } g_{\text{mean}} = \frac{1}{n^2} \sum_{i=0}^{n-1} \sum_{j=0}^{n-1} b_{ij}$$

$$\text{최대intensity는 } g_{\text{max}} = \max(b_{ij}, 0 \leq i, j < n)$$

최소intensity는 $g_{min} = \min(bij, 0 \leq i, j < n)$

bij 는 각 블록의 픽셀(i,j)의 intensity 이다.

3단계: g_{mean} 을 이용하여 픽셀들을 H와 L로 나눈다

$$bij \in H \text{ if } bij > g_{mean}$$

$$bij \in L \text{ if } bij \leq g_{mean}$$

H영역은 high-intensity 그룹이고, L영역은 low-intensity이다.

4단계: 2개의 그룹의 각 평균값 H_m, L_m 을 구한다.

5단계: 블록의 contrast 값을 정의한다.

$$C = \max(C_{min}, \alpha(g_{max} - g_{min}))$$

6단계: 워터마크 비트 bit 0 또는 1이 삽입될때, 픽셀값의 수정은 다음 식과 같다.

if bit=1일 경우

$$g' = g_{max} \text{ if } g > H_m$$

$$g' = g_{mean} \text{ if } L_m \leq g < g_{mean}$$

$$g' = g + \delta \text{ otherwise,}$$

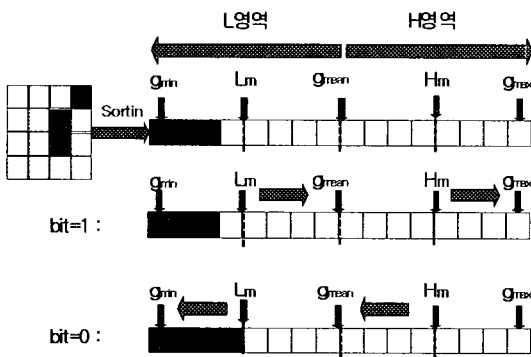
if bit=0일 경우

$$g' = g_{min} \text{ if } g < L_m,$$

$$g' = g_{mean} \text{ if } g_{mean} \leq g < H_m,$$

$$g' = g - \delta \text{ otherwise,}$$

g' 는 수정된 픽셀의 intensity이고, δ 는 0과 C사이의 랜덤하게 생성된 값이다.



[그림3]블록의 픽셀 값의 수정

[그림3]에서 보듯이 워터마크 bit가 1과 0일 경우 블록 원래의 픽셀 값이 수정되는 것을 볼 수 가있다.

3.2 개선된 워터마크

기존의 공간영역 워터마크 삽입방법으로 실험한 결과 시각적으로 삽입 이미지의 질이 떨어진다는 것이 확인되었다. 그래서 본 논문에서는 워터마크된 영상이 원 영상과 비교해서 시각적으로 영상의 질이 떨어지지 않는 추가된 알고리즘을 제안한다.

• 워터마크 생성

워터마크는 기존의 방법과 마찬가지로 워터마크 추출시 소유주의 독특한 마크가 추출됨으로써 시각효과를 증대시킬 수 있는 2진 영상을 이용했고, 키 값을 가지고 워터마크 영상을 Permutation 된 영상을 만들었다. 이 영상의 bit 1과 0의 값이 워터마크 삽입시 이용된다.

• 워터마크 삽입

제안한 워터마크 삽입방법은 기존의 삽입방법과 유사하나, 워터마크 bit가 1 또는 0인 경우 픽셀값의 수정은 다음 식과 같이 수정된다.

$$ga = (g_{max} + H_m) / 2 \quad ga' = (g_{mean} + L_m) / 2$$

$$gb = (g_{min} + L_m) / 2 \quad gb' = (g_{mean} + H_m) / 2$$

if bit=1일 경우

$$g' = ga \text{ if } g > H_m,$$

$$g' = ga' \text{ if } L_m \leq g < g_{mean},$$

$$g' = g + \delta \text{ otherwise}$$

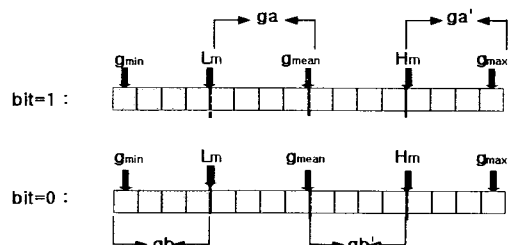
if bit=0일 경우

$$g' = gb \text{ if } g < L_m,$$

$$g' = gb' \text{ if } g_{mean} \leq g < H_m,$$

$$g' = g - \delta \text{ otherwise}$$

기존의 공간영역 워터마크 삽입방법으로 실험한 결과 시각적으로 삽입 이미지의 질이 떨어진다는 것이 확인되었다. 그래서 본 논문에서는 워터마크된 영상이 원 영상과 비교해서 시각적으로 영상의 질이 떨어지지 않는 추가된 알고리즘을 제안한다.



[그림4] 제안한 블록의 픽셀값 수정

• 워터마크 추출

워터마크 추출은 삽입 과정을 역으로 하면 된다. 그림 3을 보면 추출과정 블록도를 볼 수 있다. 삽입 방법과 동일하게 워터마크된 영상을 4x4 pixel block을 오리지날 이미지의 4x4 pixel block과 비교하게 되는데 우선 오리지날 이미지가 있어야 되고 워터마크가 삽입된 이미지가 있어야 한다. 삽입 때와 마찬가지로 키 값을 알고 있으므로 워터마크가 삽입된 블록과 위치를 찾아낼 수 있다.

만약 원 이미지가 A이고, 워터마크가 삽입된 이미지를 B라고 하면 A의 intensity를 I_a , 그리고 A'의 intensity를 I_b 라고 하면은 I_a 와 I_b 를 이용하여 워터마크 bit의 값을 찾을 수 있다. 식은 다음과 같다.

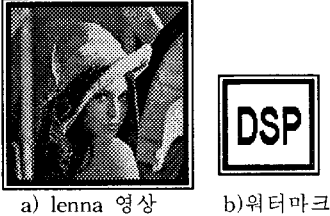
$$bit = 1 \quad \text{if } I_b > I_a$$

$$bit = 0 \quad \text{if otherwise}$$

이렇게 얻어진 워터마크 bit를 inverse permuted 하면 워터마크 이미지를 추출 할 수 있다.

4. 실험 및 결과

실험에 사용한 호스트 영상은 lenna 256×256 gray 영상이고, 워터마크 영상은 64×64 2진 영상을 이용하였다. 그림 15와 16은 실험에 사용한 lenna의 원본영상과 워터마크 영상을 보여주고 있다.



[그림5] 실험 영상

본 실험에서는 기존의 공간영역에 워터마크를 삽입한 기술과 본 논문에서 제안한 삽입방법을 비교분석하여 비가시성과 강인성을 둘다 만족하는 삽입 방법을 제안하였다.

	기존의삽입방법	제안한방법
워터마크삽입영상		
PSNR	32.5517	36.4121
워터마크추출	(검출)	(검출)

[그림6]외부에서 공격이 없는 경우 워터마크 추출

[표1]실험 결과

	기존의 방법	제안한 방법
PSNR	32.5517	36.2402
No Attack	검출	검출
lowpass	검출	검출
median	검출	검출
highpass	검출	검출
crop	검출	검출
rotated	검출	검출
JPEG(Q=100)	검출	검출
JPEG(Q=95)	검출	검출
JPEG(Q=75)	검출	검출
JPEG(Q=50)	검출	검출
JPEG(Q=25)	검출	검출
JPEG(Q=10)	비검출	비검출

5. 결론

본 논문에서는 디지털 영상의 소유권을 보호하기 위해 기존의 공간영역에 워터마크를 삽입하는 기술을 보안, 개선한 결과 워터마크가 검출되면서도 기존방법에 비하여 화질을 개선할 수 있었다. 또한 인간 시각 시스템(Human visual System)에 기반하여 인간이 감지가 둔한 공간에 워터마크를 삽입하였고 제안한 워터마크기법은 화질의 열화를 줄이고 다양한 외부적인 공격에 강인한 워터마크를 삽입하는데 초점을 두었다.

실험 결과 본 논문에서 제안한 방법 외부적인 공격에도 강한면을 보였고 또한 기존 삽입방법보다 워터마크 삽입영상의 화질을 개선할 수 있었다.

[참고문헌]

- [1] I. J. Cox, J.Kilian, T.Leighton, and T.shammon, "Secure spread spectrum watermarking for multimedia", IEEE Trans. on Image Processing, vol.6, no.12, pp. 1673-1687, Dec.1997
- [2] W. Bender, D. Gruhl, and N. Morimoto, A. Lu, "Techniques for Data Hiding," IBM System Journal, Vol 35, pp. 313-336, 1996.
- [3] Hal Berghel and L. O'Gorman, "Protecting ownership rights through digital watermarking." Computer IEEE, pp. 101-103, July 1996.
- [4]W. Bender, D. Gruhl, and N. Morimoto, "Technique for data hiding." proc. of SPIE, vol.2420, pp.40, FEB. 1995.
- [5] 이규대, 박세준, 박만규 '컬러영상 데이터의 소유권 보호를 위한 다중 워터마크 알고리즘' 멀티미디어 학회 추계 학술 발표 논문집, Vol.2, No.2, p22-25, 1999.