

웨이블릿 기반의 벡터 양자화를 이용한 디지털 워터마킹 시스템의 설계

김두현^o 이은진 홍도석 김용성
전북대학교 컴퓨터학과

{kdh, ejlee, capcom}@mail.chonbuk.ac.kr, yskim@moak.chonbuk.ac.kr

Design of Digital Watermarking System using the Wavelet Transform based Vector Quantization

Doo-Hyun Kim^o Eun-Jin Lee Do-Seok Hong Yong-Sung Kim
Dept. of Computer Science, Chonbuk National University

요 약

본 논문에서는 벡터 양자화(Vector Quantization)를 이용해서 소유자의 저작물에 대해 저작권을 보호할 수 있는 디지털 워터마킹(Watermarking) 기법을 제안한다. 소유자의 워터마크 정보로는 사용자 정보를 비밀키를 이용해서 암호화한 데이터를 사용하며, 워터마크 처리는 원본 이미지를 웨이블릿 기반의 벡터 양자화(Vector Quantization)에 사용되는 코드북(Coodbook)을 이용한다. 코드북을 사용함으로써 양질의 정보를 유지하면서 워터마킹을 효과적으로 처리할 수 있다.

1. 서 론

컴퓨터의 대중화와 통신 기술의 발달로 우리는 인터넷에서 많은 정보를 얻을 수 있게 되었다. 인터넷에서 사용되는 정보는 디지털 형태이다. 디지털 정보 기술은 관리와 활용이 편리하고 종이와 같은 자원을 절약하고, 수정과 편집에 소비되는 시간의 낭비를 막을 수 있어 급속히 발달하고 있다.

그러나 인터넷을 이용해 정보를 활용하면서 발생하는 중요한 문제 중의 하나는 저작권 문제이다. 디지털 정보는 복사와 유통이 매우 쉽고, 원본과 같은 정보의 취득이 가능하기 때문이다.

디지털 워터마킹(watermarking)은 디지털 창작물에 대해서 소유자의 소유권을 보호할 수 있는 기술이다[1]. 디지털 워터마킹은 창작물에 대해서 소유자가 약간의 비밀을 삽입함으로써 비밀을 알고 있는 사람만이 숨겨진 정보의 존재를 증명하는 것이다. 일반적으로 워터마킹 기술에 대한 주요한 요구 사항은 다음과 같다.[2]

- i) 삽입된 워터마크는 저작물의 질을 유지하면서 사람의 눈에 띄지 않아야 한다.
- ii) 손실 압축이나 필터링과 같은 일반적인 이미지 처리 기법에 대해서 워터마크는 견고해야 한다.
- iii) 추출된 워터마크 데이터는 소유자를 구별하기 위해서 명확해야 한다.
- iv) 워터마크가 처리된 두 개의 이미지를 비교함으로써 같은 워터마크를 찾을 수 있어야 한다.

본 논문에서 이러한 요구 사항을 만족하면서 저작권을 보호할 수 있는 워터마킹 기법을 제안하고자 한다.

워터마크 정보로는 소유자의 이름, 메일 주소, 저작물 생성날짜 등으로 소유자를 구별한다. 워터마크를 삽입하는 과정은 워터마크 정보를 이미지의 처리 단계 중 웨이블릿 기반의 벡터 양자화 처리에서 코드북에 정보를 분리해서 삽입하고, 워터마크를 추출은 삽입 과정을 역으로 수행함으로써 얻을 수 있다. 코드북을 사용함으로써

양질의 정보를 유지하면서 워터마킹을 효과적으로 처리할 수 있다.

2. 관련 연구

현재까지 저작권 보호를 위한 디지털 워터마킹 기법이 제안되었다. 기존의 제안된 방법들은 원본 이미지를 일정한 크기의 블록으로 나누고, 블록을 변환한다. 그리고 변환된 블록의 특정 부분에 워터마크 정보를 넣고, 이 결과물을 역 변환하는 방식이다. 또한, 워터마크를 추출하는 방법은 워터마크의 삽입 방법을 역으로 수행하고, 추출된 워터마크가 임의의 유사도를 만족하는 경우 워터마크를 인정하는 방법이다.[5]

이러한 워터마킹 기법은 응용기술에 따라 데이터를 공간적 영역(Spatial Domain)에서 처리하는 기법과, 주파수 영역(Frequency Domain)에서 처리하는 기법으로 나눌 수 있다.[2][5]

공간적인 기법은 이미지와 같은 데이터를 공간적 측면으로 분석하여 삽입하려는 정보를 공간상에서 훑어 버려서 쉽게 구별을 할 수 없도록 하는 방법으로, 일반적으로 화면 화소 값에 미세한 변화를 워터마크로 사용하는 방법이다. 이 방법은 워터마크의 삽입은 쉽지만, 손실압축(JPEG)이나 필터링과 같은 이미지 처리에 약하다는 단점이 있다.[6]

주파수 영역 기법은 공간적 분석을 통한 워터마킹보다 여러 가지 장점을 가지고 있다[7]. 주파수를 이용한 방법은 멀티미디어 데이터를 주파수 성분의 아날로그 신호로 변환하고 삽입하려는 워터마크를 동일하게 아날로그 신호로 변환하여 삽입하는 방법이다[7]. 데이터를 변환하는 방법으로 이산 코사인 변환(DCT), 고속 푸리에 변환(FFT) 그리고 웨이블릿 변환(Wavelet Transform) 등을 이용한다. 이 방법은 삽입하려는 워터마크 계수(데이터)들이 원 데이터의 전 영역에 분포하게 되며 한번 삽입된 워터마크는 삭제가 어려운 장점이 있다.

3. 웨이블릿 변환 기반의 벡터 양자화

웨이블릿은 일정한 시간에 에너지가 집중되어 있는 파형(waveform)을 말한다. 이러한 웨이블릿을 이용하면 다른 크기와 해상도를 적용하여 영상을 처리해서 화면을 확대하거나 축소하더라도 영상에 손상을 주지 않고 압축을 할 수 있는 장점이 있다.

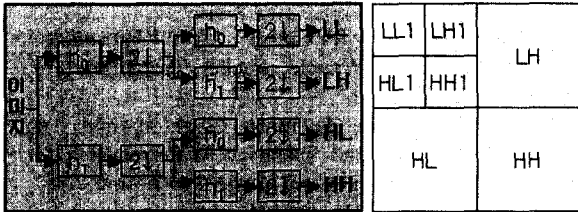
3.1 웨이블릿 변환(Wavelet Transform : WD)

웨이블릿 변환 시 가능한 모든 크기와 위치에 대하여 웨이블릿 계수를 계산하는 것은 너무 많은 계산이 필요하다. 따라서 효율적인 계산과 데이터의 정확성을 고려하여 가능한 크기와 위치의 부분집합을 선택해야 한다. 본 논문에서는 Mallat[10]에서 제시된 DWT(Discrete Wavelet Transform)를 사용한다.

웨이블릿 변환 과정은 신호의 저주파수를 나타내는 근사값(approximations value)과 신호의 고주파수를 나타내는 세부값(details value)을 만드는 과정이다.

하나의 신호는 필터들을 통해서 2개의 신호로 분해되고, 분해된 각각의 신호들은 다운샘플링(downsampling) 과정을 통해서 계수의 숫자는 반으로 줄어든다.

영상과 같은 2차원 신호는 [그림 1]과 같이 웨이블릿 변환 과정을 거치게 된다. 먼저 영상을 행방향으로 웨이블릿 변환을 하고 다운샘플링 한 후, 그 결과를 열 방향으로 한번 더 웨이블릿 변환을 수행하고 다시 다운샘플링하여 변환하게 된다. 이를 통해서 서로 다른 단계의 다해상도 부대역 영상을 얻을 수 있다[].



[그림 1] 웨이블릿 변환 과정과 영역 분할

이때 LL 대역은 원영상에 비하여 해상도가 반으로 줄어든 저주파 성분이고, LH, HL, HH 대역은 각각 수직, 수평, 대각 방향의 에지 성분을 가지는 고주파 성분이다.

웨이블릿 변환은 다단계 변환이 가능하다. 저주파 성분인 LL 부대역을 다시 한번 [그림 1]과 같은 방법으로 웨이블릿 분해하고, 계속해서 LL 부대역을 필요한 수준으로 변환을 할 수 있다.

3.2 벡터 양자화

벡터 양자화는 복수의 화소 또는 복수의 오차나 변환 계수를 그룹으로 묶어 하나의 부호로 사상시키는 것이다. 사상되는 화소 또는 데이터를 입력벡터라하고 그 벡터를 구성하는 화소수와 동일한 차원을 가지는 다차원 공간내의 점으로 나타낼 수 있다. 이 다차원의 공간을 벡터 공간이라한다.

입력 벡터를 K차원이고 N개로 이루어진 벡터의 집합이라고 하면, K 차원의 공간인 R^k 에서 R^k 의 부분 집합 C로의 사상으로 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$Q : R^k \rightarrow C$$

$$C = \{y_1, y_2, y_3, \dots, y_n\}, y_i \in R^k$$

$$y_i = \{y_{i1}, y_{i2}, y_{i3}, \dots, y_{ik}\}$$

C : 코드북, N : 코드북의 크기, $i = \{1, 2, \dots, N\}$

벡터 양자화는 입력된 벡터들을 코드북의 부호 벡터들과 비교해서 평균 왜곡이 가장 적은 인덱스를 찾아내는 부호기와 전송된 인덱스를 가지고 코드북에서 실제 벡터 값들을 찾아 복원하는 복호기로 이루어진다.

4. 제안된 디지털 워터마킹 기법

본 논문에서는 소유자의 워터마크 정보로는 사용자 정보를 비밀키를 이용해서 암호화한 데이터를 사용하고, 벡터 양자화(Vector Quantization)의 코드북(Codebook) 구조를 이용해서 워터마킹의 삽입과 추출을 한다.

벡터 양자화(Vector Quantization)는 특수 패턴 대체 방식으로 데이터 샘플들을 벡터로 나누는 방법이다. 하나의 벡터는 비슷한 성격을 가진 벡터 클러스터를 나타내는 하나의 값으로 대체된다. 따라서 각 클러스터를 코드북에 멤버(Member)와 심볼(Symbol), 또는 벡터에 따라 표시된다.

4.1 워터마크 생성

워터마크 정보로는 소유자의 이름, 메일 주소, 저작물 생성날짜 등으로 소유자의 정보를 사용한다. 이러한 정보를 소유자의 식별이 가능한 보안키를 이용해서 소유자의 정보를 암호화한다.

이러한 보안키는 소유자 별로 중복이 되지 않는 유일한 키이며, 원본 이미지를 사용함으로써 발생하는 원본 이미지 노출과는 달리 소유자의 정보는 공개되어 있으므로 워터마크 추출 과정에서 소유자의 정보가 노출됨으로써 저작권 보호가 가능하다.

4.2 코드북 구조

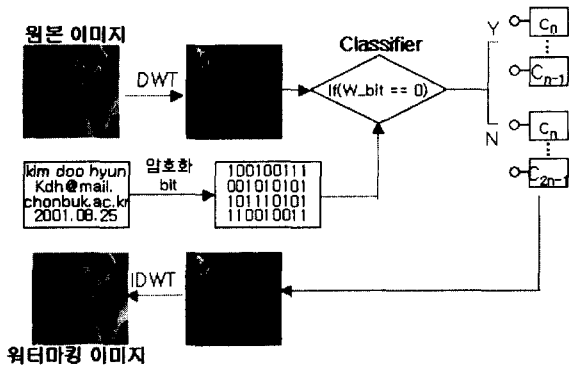
벡터 양자화를 이용한 워터마킹 기법은 코드북의 구조를 이용한다. 코드북의 구조는 워터마크의 삽입과 추출에 많은 영향을 미친다.

본 논문에서는 워터마크 정보가 0과 1로 구성되기 때문에 코드북의 트레이닝(Training) 데이터들을 워터마크 정보에 따라 0과 1의 두 가지 그룹으로 분리해서 각각 작성하며, 코드북을 생성하는 알고리즘은 다음과 같다.

1. 사용자의 정보를 암호화한 데이터를 순차적으로 추출한다.
2. 원본 이미지를 4×4로 블록화 하고, 웨이블릿 변환을 수행한다.
3. 코드북 분리
IF (워터마크 정보 == 0)
then 코드북의 첫 번째 클래스에 위치(0부터 n-1까지)
else 두 번째 클래스에 위치(n부터 2n-1까지)
4. 각각의 코드북을 합쳐서 하나의 코드북으로 구성한다.

4.3 워터마크 삽입

[그림 2]는 원본 이미지에 워터마크를 삽입하는 과정을 도식화한 것이고, 알고리즘은 다음과 같다.

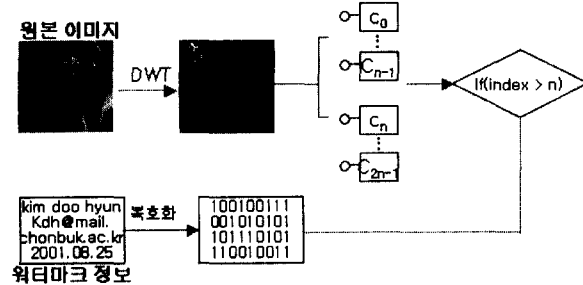


[그림 2] 워터마크 삽입 과정

1. 원본 이미지를 블록을 나누고 웨이블릿 변환을 한다.
2. 각 블록에서 가장 잘 대응되는 코드북 검색
IF (워터마크 비트 == 0)
then 첫 번째 클래스에서 찾기
else 두 번째 클래스에서 찾기
3. 웨이블릿 변환을 이용해서 원본 이미지의 블록에 워터마크를 내장시킨다.
4. 이렇게 내장된 블록들은 다시 역 웨이블릿을 수행하여 워터마크가 삽입된 이미지를 만든다.
각 블록에 워터마크 정보를 반복적으로 삽입함으로써, 부분적인 복사에 의한 소유권 침해도 발견할 수 있다.

4.4 워터마크 추출

[그림 3]은 워터마크가 처리된 이미지에서 워터마크를 추출하는 과정을 도식화한 것이고, 알고리즘은 다음과 같다.



[그림 3] 워터마크 추출 방법

1. 워터마크가 삽입된 이미지를 블록으로 나누고 웨이블릿 변환을 한다.
2. 각 블록에서 가장 잘 대응되는 코드북을 검색한다. 결정된 코드북의 인덱스 범위에 의해서 암호화된 워터마크 정보를 추출한다.
if 인덱스 값 > n)
then 추출워터마크 정보에 0 추가
else 추출 워터마크 정보에 1 추가
3. 추출된 워터마크 정보를 워터마크 삽입에서 사용한 암호화의 복호화 과정을 거쳐서 워터마크 처리가 되었는지 인식한다.
따라서 워터마크가 삽입되었는지 유사도를 측정할 필요가 없다.

5. 결론

인터넷을 등장은 우리의 생활 환경에 많은 영향을 미치고 있다. 기존에는 정보의 매체가 책과 같은 인쇄나 단방향의 TV, 라디오 등이 사용되었다. 그러나 인터넷을 활용한 정보는 관리와 활용이 쉬운 전자화된 디지털 형태를 띠고 있다. 이러한 디지털 정보의 사용에서 문제점으로 나타나고 있는 것은 저작물에 대한 원 소유자를 인식하는 것이다.

본 논문에서는 디지털 창작물에 대해서 소유자의 저작권을 증명할 수 있는 디지털 워터마킹 방법을 제안했다. 워터마크 정보로는 워터마킹 서버에서 발급하는 보안키를 이용해서 소유권자의 정보를 암호화한 것을 사용하였다. 워터마크의 삽입하고 추출할 때는 벡터 양자화 처리에서 코드북 구조를 이용했으며, 이미지의 웨이블릿 변환을 이용해서 원본 이미지에 워터마크 정보를 추가했다. 워터마크의 추출 과정에서 워터마크가 인식되면 해당 소유자를 바로 식별할 수가 있다.

향후 연구 과제로는 본 논문에서 제안하는 시스템을 구현하고 실험 및 성능평가를 하는 것이다. 또한, 이미지 뿐만 아니라 동영상, 음성, 파일 등에 대한 워터마킹 방안도 연구해야 할 것이다.

참고 문헌

- [1] J.Cox, J.Kilian, F.T.Leighton, T. Shammoon, " A secure and robust watermark for multimedia", Workshop on Information Hidding, University of Cambridge, 1996.
- [2] Sungsoonthorn, Ratchata, "A Watermarking Technique Based on Wavelet Packet Transform", SCI 2001/ISAS2001, 2001.
- [3] J. Cox, Joe Kilian, Thomson Leighton, and Talal Shammoon, "Secure Spread Spectrum Watermarking for Multimedia", IEEE. Trans. on Image Processing, 1997
- [4] Z. M. Lu and S.H., Digital image watermarking technique based on vector quantisation, Electronic Letters, Vol 36 Issue4, 2000
- [5] <http://www.watermarking.net/>
- [6] E. Koch, J. Zhao: "Towards Robust and Hidden Image Copyright Labeling ", Proc. of IEEE Workshop on Nonlinear Signal and Image Processing, June, 1995
- [7] J.Dittman, et al.: "Robust MPEG Video Watermarking technologies ", Proc. of International Conf. of Multimedia, Sept. 1998
- [8] C.Bush, et al.: Digital Watermarking: From Concepts to Real-Time Video Applications · IEEE Computer Graphics & Applications, Jan./Feb., 1999.
- [9] L.Qiao, K.Nahrstedt: Watermarking Methods for MPEG Encoded Video: Towards Resolving Rightful Ownership", Proc. of International Multimedia Computing and Systems, 1998, pp. 276-285
- [10] S. Mallat, A Wavelet tour of Signal Processing, Academic Press, 1998.