

주파수기반 웨이브릿 변환의 워터마킹을 통한 동영상 저작권 보호에 관한 연구*

한미자¹, 김단환², 정창렬³, 정병열⁴, 이성근⁵, 고진광⁶
¹순천대학교, ²순천청암대학

Video Copyright Protection through Watermarking of Wavelet Transform based on the Frequency

Mi-Ja Han¹, Dan-Hwan Kim², Chang-Ryul Jung³, Byeong-Yeol Jeong⁴, Sung-Keun Lee⁵,
Jin-Kwang Koh⁶

¹Sunchon National University, ²Sunchon Chongam College

E-mail : {boryun,dhkim,chari7,sklee,kjg}@sunchon.ac.kr, insect@scjc.ac.kr

요 약

컴퓨터의 발전과 정보통신의 급속한 발달로 인하여 사회 전반에 네트워크 기반의 멀티미디어 기술 확산과 다양한 디지털 이미지 기술의 사용이 대폭 늘어나면서 멀티미디어 콘텐츠의 보호에 대한 필요성이 대두되었다. 이러한 멀티미디어 데이터에 대한 저작권 보호(copyright protection)를 위해서는 이미지의 내용 인증(content authentication)과 소유권 인증(ownership authentication), 불법 복제(illegal copy) 등을 확인할 수 있는 인증 기술(authentication techniques)이 요구된다. 기존의 워터마킹 기술에 대한 많은 연구들은 정지영상에 대한 것이 대부분이다. 본 논문에서는 멀티미디어 콘텐츠인 동영상 데이터를 훼손하지 않고 저작권 정보를 삽입하여 저작권을 보호하며, 인간 중심의 시각 시스템의 관점에서 주파수 기반의 워터마크인 웨이브릿 변환 워터마킹을 통한 동영상 데이터의 저작권 보호를 위한 기법을 제시한다.

ABSTRACT

With the advancement which development and information communication of the computer is quick about lower with multimedia technical diffusion of network base the necessity the use of the digital image technique which is various regarding the protection of sharp increasing multimedia contents raised its head in the social whole. The copyright protection against a multimedia data hazard the authentication techniques it will be able to confirm the content authentication, ownership authentication, illegal copy of the image which stands is demanded. confronts to the water marking technique of existing and the researches the fact that against a picture is most.

In this paper, It does not damage the video data. As inserts copyright information and it protects the copyright. It is with a copyright protection which leads the wavelet transform which is a watermark of frequency base from visual system viewpoint in the human being center with it proposes the watermarking technique against a forgery prevention.

키워드

Watermarking, Video Data, Wavelet Algorithms

1. 서 론

디지털 워터마킹 기법은 지적재산권 및 저작권을 보호하고, 소유권을 주장할 수 있는 근거를 제시할 수 있도록 하는 기술이다[1]. 워터마킹에 대한 최근 연구들은 공간영역 방법보다 변환영역에서의 연구가 이루어지고 있는데 그 이유는 영상처리나 잡음, 압축

등의 공격 등에 약하다는 단점이 있다. 그러나 변환영역 방법도 주파수 대역별 특성이 잘 분석되어 있지 않은 실정이다.

본 논문에서는 동영상데이터의 불법적인 복제나 배포로부터 소유권을 증명할 수 있고, 워터마크를 제거하려는 공격 등으로부터 강인성 연구에 중점을 두었으며, 주파수 변환영역 방법 중에서 이미지-적응 워터마킹 IA-DWT(Image-Adaptive Discrete Wavelet Transform) 알고리즘에 의한 동영상데이터의 키

* 본 연구는 정보통신부 및 정보통신연구진흥원의 대학 IT연구센터 지원사업(HITA-2008-(C1090-0801-0047)의 연구결과로 수행되었음.

프레임을 주파수 변환계수 간의 대역별 각기 다른 신호로 분할한 후, 분할된 저주파 성분과 고주파 성분에 다른 값의 임계치(Threshold Value)를 적용함으로써, 조정된 계수 간에 시각 특성을 이용한 워터마킹으로 키 프레임 손실을 최소화하고 공격에 대한 견고성을 향상시켜 동영상 데이터의 저작권 보호하는 워터마킹 기법을 제안하고자 한다.

II. 관련 연구

1. 워터마크의 요구조건 및 기존연구

불법적인 복제나 배포로부터 소유권을 증명에 워터마크가 효율적으로 이용되기 위해 갖추어야할 특성으로는 다음과 같다.

* 비가시성(Invisibility) : 삽입 후에도 원본의 변화가 거의 없고, 워터마크의 삽입 여부를 감지할 수 없어야 한다.

* 강인성(Robustness) : 워터마크를 신호의 중요한 부분에 삽입하여 전송이나 저장을 위해 압축할 때 워터마크가 깨지지 않아야 한다. 그리고 전송 중에 생길 수 있는 노이즈나 여러 가지 형태의 변형이과 공격에도 추출이 가능해야 한다.

* 명확성(Unambiguity) : 추출된 워터마크가 확실한 소유권을 주장할 수 있도록 공격 등에 대해 정확성을 유지해야 된다.

워터마크에 대한 최근 연구는 공간영역(Spatial Domain)에서의 방법과 주파수 영역(Frequency Domain)에서의 방법으로 나눌 수 있다. 공간영역의 방법은 변환 식을 사용하지 않고 영상의 LSB(Least Significant Bit) 등 특정 화소 값을 직접적으로 변화시켜 워터마크를 삽입하는 방법이다. Pitas[2] 등은 디지털 이미지를 크기가 같은 두 집합으로 나누고 한 집합의 값들을 일정하게 더한 다음, 삽입된 워터마크를 검출하기 위해서 두 집합에 속한 화소들의 평균 값의 차이를 이용하는 방법을 제안하였다. Kutter[3] 등은 특정 위치의 화소 정보를 변화시켜 인접 화소와의 비교로 신호를 검출해내는 방법 등을 제시하였다. 그러나, 이러한 공간영역의 방법은 영상처리나 압축, 압축 등의 공격 등에 약하다는 단점이 있다.

주파수 영역의 방법은 주파수 계수를 변화시켜 워터마크를 삽입하는 방법으로 Cox[4,5] 등은 이미지 전체를 분할하지 않고 이미지 전체를 DCT 변환시킨 후 이미지에서 DC 성분을 제외한 중요한 주파수 계수를 선택하여 워터마킹 하는 방법을 제안하였다. Koch와 Zhaof[6] 등은 이미지를 분할하고 DCT 후, 워터마킹 하는 방법을 제안하였다. Xia[7], Kundur[8], Hus[9] 등은 DWT(Discrete Wavelet Transform)를

이용한 방법을 제안하였다. Ruanaidh[10] 등은 DFT(Discrete Fourier Transform)를 이용하여 위상에 워터마크를 삽입하는 방법 등을 제안하였다. 또 Swanson[11], Podilchuk, Zeng[12]는 시각 시스템 모델을 사용하여 JND(Just Noticeable Difference) DCT 값을 구한 후, 워터마킹 하는 알고리즘을 제안하였다. 주파수 영역의 방법은 공간영역의 방법보다 공격에 강한 특징을 가지고 있다.

2. 워터마킹 기법

워터마킹 기법은 공간영역 방법보다는 주파수영역 방법이 우수하므로 주파수영역 방법 변환 방법을 사용하여 생성된 주파수 계수에 워터마크를 삽입하는 방법이다. 그림 1은 주파수영역 워터마킹의 일반적인 구성도를 나타낸 것이다.

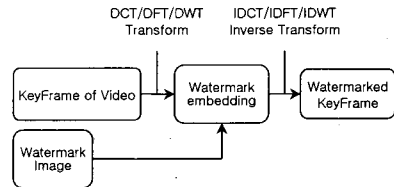


그림 1. 워터마킹의 구조

주파수영역 워터마크 방법에서 Cox가 제안한 알고리즘이 가장 널리 사용하는 방법이다. 이 알고리즘은 원본 이미지의 전체 크기에 대한 DCT를 수행한 후 DC 성분을 제외한 주파수 계수 중 가장 큰 값을 가지는 주파수 계수를 선택하여 워터마크를 삽입한다. 그러나 이러한 대역 확산 기법은 공격에는 견고하나 워터마크 삽입 후 품질에 변화를 가져온다. 이 변화를 제거하기 위해 중간 주파수 대역에 삽입하면 품질은 향상되지만 대신 공격에 대한 견고성이 떨어진 다. 유사한 방법으로 Boland는 이미지를 블록화하여, 블록 내의 각 픽셀 값에 대한 편차를 계산하고, 계산된 편차를 정규화(Normalize)한 다음 주파수 공간에서 계수들에 이진수를 삽입하는 방법을 제안하였다. Xia는 이미지를 DWT 변환하여 초저주파 대역을 제외한 나머지 부대역(sub-band)에 워터마크를 삽입하는 방식을 제안하였다. 이 방법은 이미지를 다중해상도(다해상도) 분할(분해)하여 단계별로 서로 다른 가중치를 주어서 워터마크를 삽입하면 성능을 향상시킬 수 있다. 그러나 워터마크가 삽입된 이미지를 손실 압축시킬 경우 고주파 성분의 정보들은 손실되고, 저주파 성분의 정보들은 남게 되므로, 고주파 성분에서 추출한 워터마크는 품질 저하를 가져오기 때문에 압축 영상에서의 워터마크 추출에 취약하다.

3. 동영상 데이터의 키 프레임 추출

동영상의 일반적인 데이터의 구조를 단단계 계층적 구조로 표현하여 프레임(frame)은 동영상 데이터를 구성하는 최소 단위로 각각의 픽셀로 이루어진 필름 한 장에 해당하는 하나의 정지영상이다. 샷(shot)은 동영상을 구분 할 때의 기본단위로서 필름이 끊기지 않고 연결된 프레임 집합의 구성이다.

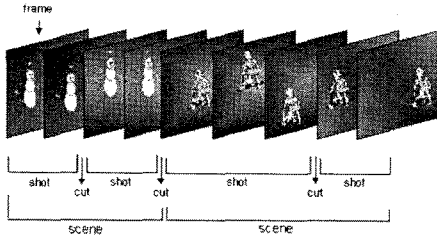


그림 2. 동영상 데이터의 구조

장면은 하나의 촬영대상이 연속된 샷들의 집합으로 이루어진 공간상, 시간상의 의미적 분리의 구성이다. 컷은 샷과 샷 사이의 경계이면 장면이 변화된 프레임이다. 동영상데이터의 키 프레임 추출은 MSE(Mean Square Error)를 이용한 컷 검출 시스템이 기존의 방법에서 많이 이용되고 있는 픽셀값에 의한 방법, 히스토그램에 의한 검출법과 비교한 결과에서 detection rate에서 20%정도의 효과적인 검출을 하였으며, precision rate면에서는 10%정도 향상됨을 확인하였으며, 기존의 방법들은 점진적인 장면 변화가 있는 부분에서는 민감하지 반응하지 못하였으나 MSE를 이용한 컷 추출 알고리즘에서는 대체로 효율적이었다. 그러므로 본 연구에서 동영상데이터의 키 프레임 추출은 MSE를 이용한 컷 추출 알고리즘으로 검색하였다.

III. 동영상데이터 키 프레임 기반의 워터마크 삽입과 추출 알고리즘

본 논문에서는 인간중심의 시각 시스템 관점에서 주파수 기반의 워터마크인 이산 코사인 변환과 이산 웨이브릿 변환에 이미지-적용 워터마크 알고리즘을 적용할 것을 제안하고, 이 알고리즘에 의해 만들어진 워터마크를 삽입, 추출함으로써 동영상데이터의 저작권 보호와 인증, 위조방지에 대한 더욱 뛰어난 워터마크의 투명성과 견고성을 입증하고자 한다.

IA-W 구조의 워터마크 부호화는 식 1을 이용하며, 여기서 $X_{u,v}$ 는 최초의 원본 이미지 $x_{i,j}$ 의 주파수 계수이며, $X^*_{u,v}$ 는 워터마크된 이미지의 주파수 계수, $w_{u,v}$

는 워터마크 값의 순서, $J_{u,v}$ 는 개개의 주파수 계수의 계산을 위해 처리된 임계값 즉 JND값이다.

$$\begin{cases} X^*_{u,v} = X_{u,v} + J_{u,v} W_{u,v} & (X_{u,v} > J_{u,v} \text{일 경우}) \\ X^*_{u,v} = X_{u,v} & (X_{u,v} \leq J_{u,v} \text{일 경우}) \end{cases} \quad (1)$$

IA-W 구조의 주파수 분할을 위한 임계값은 9-7 쌍직교 필터(biorthogonal filter)를 사용한 계층적인 분할에 의해 결정할 것이다. IA-W 구조를 계층적으로 분할함으로써 DCT기반의 어떤 구조보다 여러 형태의 다양한 왜곡에 대하여 더욱 견고하고, 공간영역에서 지역적이고 총괄적인 워터마크가 가지는 장점을 모두 제공할 수 있도록 하였다. 지역적 공간영역에서 지원을 받는 워터마크의 주파수 성분은 지역적인 시각특성 효과에 알맞고, cropping과 같은 신호처리에 견고하다.

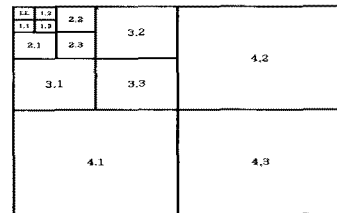


그림 3. 4단계의 웨이브릿 변환구조

그림3은 4단계 웨이브릿 변환 구조를 나타내며, 여기서 해상도의 수준 l은 1, 2, 3, 4 로 나타내었고, 주파수의 방향 f는 1, 2, 3으로 나타내었다. 여기서 1은 수평 방향의 에지 특성을 갖는 고주파 성분(LH) 즉 저-수평, 고-수직 주파수 성분을 나타내고, 2는 수직 방향의 에지 특성을 갖는 고주파 성분(HL) 즉 저-수직, 고-수평 주파수 성분을 나타내었다. 또한 3은 대각선 방향의 에지 특성을 갖는 고주파 성분(HH) 즉 고-수평, 고-수직 주파수 성분을 나타낸다. LL, LH, HL, HH 영역에 워터마크를 삽입하여 각 대역별 원본 이미지의 왜곡 정도를 비교하고 있으나, 인접 계수의 변경(변화) 상태에 따라 원본 이미지의 왜곡 정도에 심한 차이를 보인다. 그림3에서 LH의 요소는 ((1,2), (2,2), (3,2), (4,2))이며, HL의 요소는 ((1,1), (2,1), (3,1), (4,1))이며, HH의 요소는 ((1,3), (2,3), (3,3), (4,3))이다.

고주파 대역에서 웨이브릿 변환 계수들의 집합은 LH, HL, HH의 요소들을 $a_1 = \{(1,1), (1,2), (1,3)\}$ 으로, $a_2 = \{(2,1), (2,2), (2,3)\}$ 으로, $a_3 = \{(3,1), (3,2), (3,3)\}$ 으로, $a_4 = \{(4,1), (4,2), (4,3)\}$ 으로 묶어서 각각에 식 2를 이용하여 대역별로 산출된 임계값 t 를 기준으로 하여 각 계수들의 절대값의 크기 순으로 워터마크를 그림3과 같은 과정으로 삽입한다. 워터마크

검출 시는 삽입된 영상에서 워터마크를 추출하여 데이터베이스에 있는 원본 워터마크와 상관계수를 구한다.

$$T > |LL(i, j) - LL(i, j+1)| \geq t \text{ ----- (2)}$$

1. 워터마크 삽입

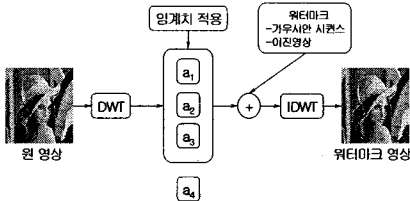


그림 4. 워터마크 삽입 알고리즘

워터마크 삽입 과정을 보자.

첫째, 소유권자와 이미지 내용에 대한 정보를 포함하는 워터마크를 생성한다.

둘째, 4 단계 웨이브릿 변환을 통하여 원본 이미지를 주파수 영역으로 변환하며, 고주파 대역에서는 계수의 절대치 기준의 임계치를 설정한다.

셋째, 주파수 영역에서 워터마크를 삽입할 저주파 성분(LL) 영역과 수평 방향과 수직 방향과 대각 방향의 에지 특성을 갖는 고주파 성분 영역에 임계치를 설정한다.

넷째, 설정한 임계치를 적용하여 식 3과 같이 웨이브릿변환에 의해서 워터마크를 삽입한다.

$$D'_C = D_C(1 + \alpha W_C) \begin{cases} |D_C| > t_i \text{ 일 경우} \\ D'_C = D_C & \text{그 외의 경우} \end{cases} \text{ ----(3)}$$

D_C 는 정해진 해상도 계층과 정해진 주파수 방향에 따른 원본 이미지의 주파수 영역에서의 웨이브릿 계수의 값, D'_C 는 워터마크가 삽입된 이미지의 주파수 영역에서의 웨이브릿 계수의 값, W 는 워터마크 순서, 주파수방향과 일치되는 t_i 는 임계치를 나타낸다. 스케일 매개변수 α 는 워터마크의 크기 조절을 위해서 사용한다.

다섯째, 워터마크가 삽입된 계수의 시퀀스를 역-이산웨이브릿 변환하여 워터마크된 이미지를 생성한다. 스케일 매개변수 α 는 변환단계에 따라 식4에서 산출하며, 여기서 N 은 웨이브릿 변환의 단계를 나타내고, i 는 계수값들의 집합 D 의 순서이다. 변환단계에 따라 데이터가 감소하게 되는 특성을 고려하여 전체의 스케일 매개변수를 적당한 값으로 설정하고($\alpha=0.5$), 개개의 대역에 감소 비율을 정하여 서로 다른 값의 스케일 매개변수를 적용시켜서 실험하였다. N 은 DWT 변환단계를 반복할 때마다 1씩 증가시킨다.

$$\alpha_i = \frac{2^{N-i}}{2^N - 1} \times 0.5 \text{ ----- (4)}$$

2. 워터마크 추출

워터마크의 추출 과정은 첫째, 원본 이미지와 워터마크가 삽입된 이미지를 각각 웨이브릿 변환에 의해 주파수 대역으로 변환한다. 둘째, 변환된 원본 이미지와 워터마크가 삽입된 이미지 사이의 계수 값의 차를 구한다. 셋째, 임계치를 설정하여, 그 임계치를 앞 단계에서 구한 값에 적용하여 워터마크가 삽입된 위치를 찾아내고 추출한다. 넷째, 원본과 추출된 워터마크 사이의 유사도를 측정한다. 유사도 측정은 상관 관계를 이용한 유사도 측정 알고리즘으로 수행한다. 이미지에 워터마크가 제대로 삽입되었는지를 확인하기 위해서 상관 계수를 이용하여 추출된 워터마크와 원래의 워터마크 사이의 상관 관계를 분석함으로써 확인할 수 있다.

$$S(ww^*) = \frac{w \cdot w^*}{\sqrt{w^* \cdot w^*}} \text{ ----- (5)}$$

$$S(ww^*) = \frac{w \cdot w^*}{\sqrt{w^* \cdot w^*}} / \sqrt{w \cdot w} \times 100 \text{ - (6)}$$

$$S_{ww^*} > T_s \text{ (워터마크 추출)}$$

$$S_{ww^*} \leq T_s \text{ (워터마크 추출 실패)}$$

워터마크가 삽입된 이미지의 변형이나 삽입된 워터마크를 제거하기 위한 다양한 공격(Attack) 형태의 이미지처리를 한 경우에 검출되는 워터마크를 인증할 필요가 있다. 유사도 측정 알고리즘에 의해서 추출된 워터마크가 최초의 소유자의 정보가 담긴 워터마크인지는 통계학적으로 검출하였다. 그림 5는 워터마크 추출 및 소유권 인증 절차를 나타낸 도식이다.

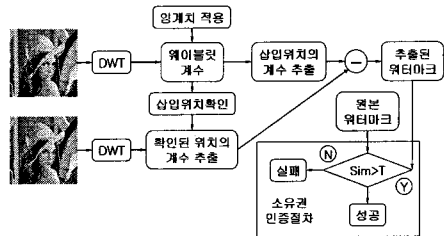


그림 5. 워터마크 추출 알고리즘

IV. 실험결과

동영상데이터의 워터마크기법을 적용한 저작권 보호를 위해 영화 동영상 데이터를 이용하였다. 실험을 위해 영화 동영상을 가지고 기존의 연구들과 비교 분석하였다. 또한 영화 동영상을 여러 상황과 특징에 따라 기존연구들과 비교하여 분

석한 결과는 표 1과 같다.

표 1. 영화에서 워터마크 검출 결과

영화	DWT	IA-DWT	제한방법
원영상	검출	검출	검출
부분잘림왼쪽상단	검출	검출	검출
부분잘림오른하단	검출	검출	검출
부분잘림 좌우	검출	검출	검출
부분잘림 상하	검출	검출	검출
부분잘림 중간	미검출	미검출	검출
size 상하변화	검출	검출	검출
size 좌우변화	검출	검출	검출
뒤틀림 좌우	미검출	검출	검출
뒤틀림 상하	미검출	검출	검출
뒤틀림 복합	미검출	미검출	미검출

V. 결 론

본 논문에서는 디지털 콘텐츠에 소유권을 보호하기 위한 워터마크 삽입 알고리즘에 웨이브릿 변환에 의한 계수의 특성을 이용하여, 분할된 주파수의 대역별로 각기 다른 임계치를 적용하였다. 저주파 영역에서는 계수 값의 차를 이용하여 임계치보다 큰 값들은 제거한 후에 워터마크를 삽입하였고, 고주파 영역에서는 계수 간의 차가 적으므로 절대값의 크기를 이용하였다. 워터마크의 추출은 원본 이미지와 워터마크가 삽입된 이미지에 역-웨이브릿 변환을 수행하여 계수의 차를 구하고, 임계치를 적용하여 이루어진다. 추출된 워터마크를 인증하기 위해 상관 관계를 이용하여 유사도 측정 실험을 하였다. 저주파 성분에서 추출된 워터마크의 상관 계수가 1에 가까운 값을 나타내면 견고성이 뛰어나며, 고주파 성분에 삽입한 워터마크의 상관 계수는 비교할 필요도 없이 견고함을 확인하였다. 실험결과는 손실 압축, 잡음 첨가, 필터링에 대하여 견고성과 이미지의 품질이 향상되었음을 알 수 있었다.

향후 방향은 다양한 공격의 형태인 손실 압축, 회전, 필터링, 크로핑, 리샘플링 등에 의해 여러 단계로 변환된 이미지에 대한 워터마크 검출 기법과 인증에 대하여 연구할 것이다.

Acknowledgements

본 논문은 정통부 및 정보통신연구진흥원의 지원을 받아 수행된 연구결과임, <08-기반-13, 정보통신연구기반조성사업>

참고문헌

[1] H.Berghel, "Protection Owner Ship Rights

through Digital Watermarking", IEEE Computer Magazine, pp. 101-103, July 1996.

[2] I.Pitas, "A Method for Signature Casting on Digital Images", in Proc. of IEEE Conf. on Image Processing, pp. 215-218, September 1995.

[3] M. Kutter and F. Hartung, "Image watermarking techniques", to appear in Proceedings of the IEEE, Special Issue on Identification and Protection of Multimedia Information, 1999.

[4] I. J. Cox and M. L. Miller, "A review of watermarking and the importance of perceptual modeling", Proceedings of the SPIE International Conference on Human Vision and Electronic Imaging II, Feb. 10-13, 1997, San Jose, CA, USA, pp. 92-99.

[5] I. J. Cox, "Spread-spectrum techniques for image watermarking", to appear in Proceedings of the IEEE, Special Issue on Identification and Protection of Multimedia Information, 1999.

[6] E.Koch and J.Zhao, "Towards robust and hidden Image copyright labeling", Nonlinear Signal Processing Workshop, pp. 460-463, 1995.

[7] X.G.Xia, C.G.Bonchelet and G.R.Arce, "A Multiresolution Watermark for Digital Images", Proc. of IEEE ICIP, vol. 3, pp. 548-551, 1997.

[8] Deepa Kundur and Dimitrios Hatzinakos, "Digital watermarking using multiresolution wavelet decomposition", Proc. IEEE International Conference on Acousucs. Speech, and Signal Processing, Vol. 5, May, 1998.

[9] C.T.Hus and J.L.Wu, "Hidden Digital Watermarks in Images", IEEE Trans. on Image Processing, vol. 8, no. 1, pp. 58-68, January 1999.

[10] J.O.Ruanaidh, W.J.Dowling and F.M.Boland, "Phase Watermarking of Digital Images", Proc. of IEEE Conference Image Processing, vol. 3, pp. 239-242 1996.

[11] Mitchell D. Swanson, Bin Zhu and Ahmed H. Tewfik, "Transparent robust image watermarking", Proc. IEEE International Conference on Image Processing, pp. 211-214, 1996.

[12] C.I.Podilchuk and W.Zeng, "Image adaptive watermarking using visual models", IEEE Journal on selected areas in Communications, Vol. 16, pp. 525-539, May, 1998.