

최적의 분산 콘텐츠를 위한 다중 계층 디지털 워터마킹 기법

서 정 회[†] · 박 흥 복^{††}

요 약

네트워크 상에서 각 장치와 사용자들의 요구 사항에 분산 콘텐츠를 적절히 맞출 필요성이 요구되고 있고, 디지털 정보의 비소유권자의 불법적인 조작 방지 및 변형이 가해진 정보에 대해 자신의 소유권을 인증할 필요성이 제시되고 있다. 본 논문에서는 내장한 소유권 정보를 시각적으로 인식할 수 없는 강인한 워터마크 알고리즘에 중점을 두고, 직교 웨이블릿 변환을 기반으로 한 압축 영역에서 콘텐츠의 다중 계층 디지털 워터마킹 기법을 제안한다. 또한 대역 확산 기법을 기반으로 한 워터마크 내장 방법을 제시하고 워터마크 키를 생성한다. 실험 결과, 고의적인 영상의 변형에서 내장된 워터마크를 추출할 뿐만 아니라 영상의 부분적인 영역에서도 워터마크의 정보 추출을 보장하고, 워터마크가 내장된 영상의 정보를 더 많이 전송받을수록 워터마크가 내장된 영상에 나타나는 BER(Bit Error Rate)의 감소를 보장한다.

키워드 : 분산 콘텐츠, 디지털 워터마크, 웨이블릿, 다중 계층

Scalable Digital Watermarking Techniques for Optimal Distributed Contents

Jung-Hee Seo[†] · Hung-Bog Park^{††}

ABSTRACT

We are required to adequately adjust the distributed contents to each device and users' demands on the network and to obtain authentication of ownership for our information to prevent the illegal usage of our digital information by non-owners. In this paper, we propose scalable digital watermarking of contents within a compression domain based on Orthogonal Forward Wavelet Transforms, and the proposed method focuses on robust watermark algorithms that are not visually recognizable to embedded ownership information. Therefore, it proposes a watermark insertion methods based on spread spectrum techniques and provides a watermark key. As a result, it not only extracted the contained watermark from the intentionally altered images, but also secured the watermark information extraction from partial images and ensure the decrease of BER (Bit Error Rate) in the images containing watermarks even when more watermark inserted images are transmitted.

Key Words : Distributed Contents, Digital Watermark, Wavelet, Scalable

1. 서 론

현재, 네트워크 상에서 분산 콘텐츠를 위한 메커니즘들은 폭넓게 사용되고 있고, 디지털 정보는 인터넷을 통한 접근이 일반화되어 있다. 그리고 각 장치들(Devices)의 증가로 인해 해상도, 저장 용량, 처리 능력과 같이 서로 다른 성능과 사용자들의 다양한 요구 사항에 대해 네트워크를 기반으로 한 연결을 시도하고 있다. 또한 서버는 접근 가능한 시간 내에 사용자에게 정보를 전달하기 위해서는 전송될 콘텐츠를 가능한 작게 하는 것이 바람직하다. 네트워크 상에서 최적의 분산 콘텐츠를 위해서 장치와 사용자들의 요구 사항

에 콘텐츠를 적절하게 맞출 필요성이 요구되므로 콘텐츠는 다중 계층적(Scalable)이어야 한다[6, 9, 12].

그리고 인터넷 상에서 멀티미디어 정보에 대한 전자상거래 시스템의 중요한 문제 중의 하나는 최소 비용으로 서비스 제공자, 고객, 소유권자에 대해 각자의 역할을 보호하는 방법이다. 대부분의 전자상거래 시스템은 거래 절차의 안전, 데이터 비밀성 제공, 데이터 인증 그리고 승인을 위해서 기존의 암호화 기법을 사용하고 있다. 최근 온라인 서비스와 전자 상거래 시스템은 암호를 해독하고, 사용자 제어 영역에서 벗어난 후 내용 보호를 위한 처리를 수행하므로 고객은 유용한 형태의 정확한 정보를 사용할 수 있다. 콘텐츠의 안전한 전송, 사용 및 제어 기술(Use and Control Technology)은 암호화 기법들(Encryption Techniques)을 기반으로 데이터를 숨기고, 사용자가 지불(Payment)을 통한 보안키를 획득

[†] 준 회 원 : 부경대학교대학원 전자상거래협동과정
^{††} 정 회 원 : 부경대학교 전자컴퓨터정보통신공학부 교수
논문접수 : 2004년 12월 18일, 심사완료 : 2005년 4월 25일

독함으로써 내용이 표시되는 방식이다. 사용 및 제어 기술의 일반적인 개념은 워크스테이션, 퍼스널 컴퓨터, DVD 플레이어와 같이 사용자의 표시 장치에서 변경 및 저해(Tamper and Resistant) 요소를 개발하고, 안전한 처리를 수행한 후 보호된 내용에 대해 제어를 사용할 수 있다[13].

오늘날 인터넷 사용자는 콘텐츠 소유자에 대한 크레딧(Credit) 접근에 대한 제공 없이 영상을 전송하거나 저장한다. 그러므로 디지털 워터마킹 기법은 영상 내에 자신의 정보를 내장함으로써 소유권 보호 문제를 해결할 수 있다[3, 4, 5].

디지털 워터마킹 기법은 보안 기술을 다룰 수 있는 충분한 기술로서 암호화에 의해서 해결할 수 없는 보안 기술을 제공한다. 또한 비소유권자의 불법적인 조작을 막고, 변형된 정보에 대해서도 자신의 소유권 정보를 추출하여 소유권을 증명하고 추적이 가능하다.

따라서 본 논문은 분산 콘텐츠에 대한 비소유권자의 불법적인 조작을 방지하고 변형이 가해진 정보에 대해서 자신의 소유권을 입증하는 방법을 제안한다. 그러므로 직교 웨이블릿 변환(Orthogonal Forward Wavelet Transform) 기반에서 시각적으로 인식할 수 없는 강인한 워터마크 알고리즘에 중점을 두고, 다중 워터마크 내장(Multi-Watermark Insertion) 방법과 대역 확산 기법(Spread Spectrum Technique)을 기반으로 한 다중 계층 디지털 워터마킹(Scalable Digital Watermarking) 기법을 제안한다.

본 논문의 2장은 디지털 워터마크에 대해 설명하고, 3장은 압축 영역에서 다중 계층 디지털 워터마킹, 워터마크 내장, 추출 및 인증 방법, 4장 구현 결과 및 분석, 5장 결론, 참고 문헌 순으로 기술한다.

2. 디지털 워터마크

2.1 디지털 워터마크의 정의 및 대역 확산 기법

디지털 워터마크는 크게 연약한 워터마킹(Fragile Watermarking)와 강인한 워터마킹(Robust Watermarking)로 나눌 수 있다[10].

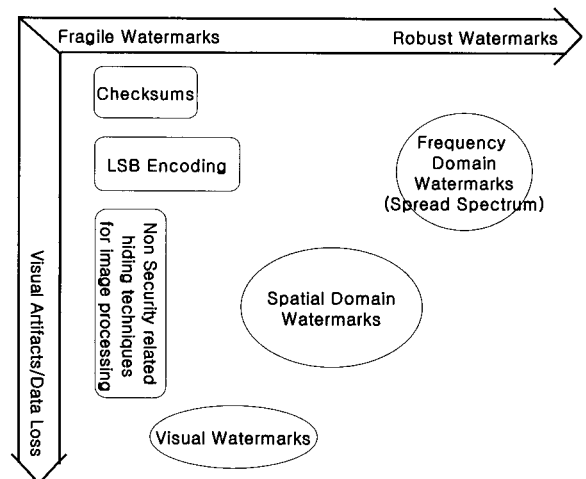
연약한 워터마킹은 원영상과 다를 경우 워터마크가 손상되어서 원영상에 영향을 미치게 한다. 그러므로 주로 복제될 수 없는 데이터를 보호하기 위해서 사용되고 있다. 연약한 워터마킹은 일반적으로 두 가지 문제를 결정할 필요가 있다. 데이터 내장과 증명을 위한 내장 방법과 데이터 인증을 위해서 삽입하는 데이터 종류와 같이 해결해야 할 문제가 남아 있다. 연약한 워터마크의 보호는 삽입 방법과 삽입 데이터 중 하나의 보안을 유지함으로써 보장할 수 있다.

강인한 워터마킹은 디지털 영상 내에 내장된 워터마크의 강인성을 중요시 한다. 고의적이거나 비고의적인 영상의 변형, 손실 압축 등의 변형에서도 내장된 소유권 정보의 추출이 가능해야 한다[3, 4]. 따라서 강인한 워터마킹은 주로 콘

텐츠의 소유권 보호에 활용되고 있다. (그림 1)은 디지털 워터마크를 분류하고 그에 대한 기존의 다양한 워터마킹 기법들을 나타내고 있다.

디지털 워터마크는 디지털 데이터에 정보를 숨기고, 오직 비밀키를 가지고서 컴퓨터 프로그램에 의해서 추출할 수 있다. 따라서 디지털 워터마크는 다음과 같이 정의한다[13].

- (1) 디지털 워터마크는 지각적으로 눈에 보이지 않고 들을 수 없다.
- (2) 디지털 워터마크는 디지털 영상, 오디오, 비디오 안에 추가적인 정보를 숨긴다.
- (3) 내장된 워터마크의 위치 정보와 삽입된 워터마크의 내장 방법은 보호(Secret) 요소에 따라 보호되고, 비소유권자의 불법적인 조작으로 워터마크를 추출할 수 없다.
- (4) 디지털 워터마크의 내장 및 추출 알고리즘 절차가 간결해야 한다.



(그림 1) 디지털 워터마킹 기법들

대역 확산 기법(Spread Spectrum Technique)은 아래 식에서 v' 를 생성하기 위해서 v 에 워터마크 X 를 삽입한다. 여기서 α 는 스케일링 파라메타로서 시각적으로 인식되지 않음을 보장하고 v 를 변경하는데 X 의 범위를 결정하다. X 는 Pseudo Random Noise Sequence로 신호를 변형하고, X_i 는 워터마크 X 의 i -번째 요소를 나타낸다. 삽입은 다음의 내장 식(1)-식(3)과 계수 선택 방법을 요구한다[8].

$$v'_i = v_i + \alpha X_i \quad (1)$$

$$v'_i = v_i (1 + \alpha X_i) \quad (2)$$

$$v'_i = v_i (e^{\alpha X_i}) \quad (3)$$

본 논문에서는 강인한 워터마크에 중점을 두고, 삽입 데이터량의 증가, 강인성, 비트 에러율, 비시각적인 관점에서 성능 향상을 테스트하고, 웨이브릿 기반의 압축 영역에서 다중 워터마크 내장 방법과 대역 확산 기법을 이용한 다중 계층 디지털 워터마킹 기법을 제안한다. 그리고 워터마크의 키 생성 및 계수 선택 방법을 결정하고, 영상 데이터의 인 증은 원영상에 삽입한 워터마크와 변형이 가해진 영상에서 추출한 워터마크의 상관 관계(Correlation)를 이용하여 증명 하며, 화질 평가는 데이터물에 따른 PSNR(Pick Signal to Noise Ratio)을 통하여 평가한다.

3. 압축 영역에서 다중 계층 디지털 워터마킹 기법

대부분의 사용자들은 영상을 보기 위해서 전송이 완전히 끝날 때 까지 기다리는 것을 원하지 않는다. 또한 콘텐츠 제공자는 영상의 소유권 정보를 증명하기 위한 효율적인 메커니즘을 요구하고, 자신의 소유권 정보를 증명하기 위해서 전체 영상이 다운로드되기 까지 기다리는 것을 바라지 않는다. 그러므로 점진적인 영상 부호화(Progressive Image Coding) [9]를 응용함으로써 사용자는 영상이 전송되는 동안 영상이 흐리게 나타나거나 거칠게 나타나는 것을 확인할 수 있다.

다중 계층 워터마킹(Scalable Watermarking)의 개념(Wang과 Kuo[1])은 점진적인 부호화(Progressive Coding)의 확장과 워터마크 시스템으로 구성된다. 점진적인 워터마킹(Progressive Watermarking)은 워터마크가 내장된 영상을 점진적으로 전송하고 디코딩된 영상에서 워터마크를 추출해야 한다. 이런 워터마크 시스템은 영상의 부호화와 전송 정보를 사용하여 구축할 수 있다. 그리고 점진적인 디스플레이로 동시에 영상 보호와 압축을 허용한다. 다중 계층 워터마킹은 다중 계층 비디오 부호화(Scalable Video Coding)와 결합된다. 하나의 비디오 시퀀스가 계층적으로 인코딩 되었다면 계층적 비디오 비트 스트림(Bitstream)의 다른 계층들은 다른 채널을 통해서 전송되어질 수 있다. 그러므로 다중

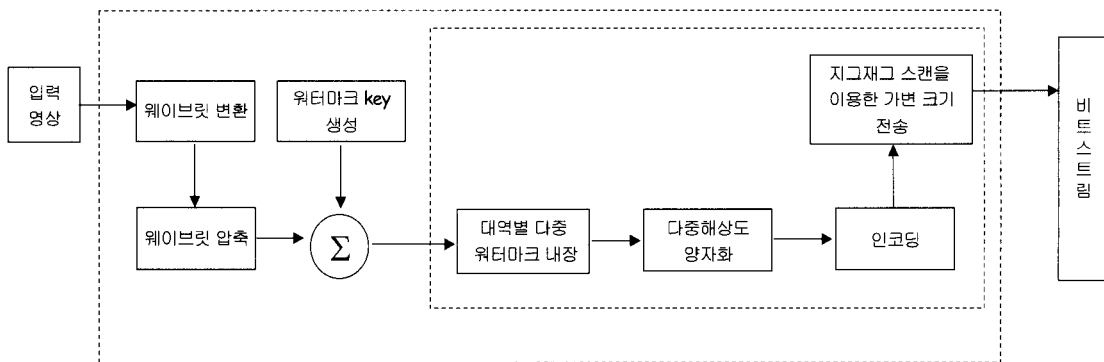
계층 워터마킹은 특별한 영역의 전송에 상관없이 콘텐츠를 보호하는데 목적이 있으며, 다중 계층 콘텐츠의 어떤 영역에서도 추출 가능하고, 다중 계층 영역의 증가는 워터마크 추출의 오차를 감소시키는 속성을 가진다[12].

정지 영상에서 고려되는 스케일러빌리티(Scalability)의 종류는 해상도 스케일러빌리티(Resolution Scalability)와 화질 스케일러빌리티(Quality Scalability)가 있다. 해상도 스케일러빌리티는 공간적 스케일러빌리티(Spatial Scalability)라고 하며 화면을 공간 해상도가 낮은 기본 계층과 향상된 고위 계층으로 나누고 기본 계층을 먼저 부호화한다. 그리고 기본 계층의 보간 성분과 고위 계층의 차이 성분을 부호화한다. 화질 스케일러빌리티는 SNR 스케일러빌리티로 화질을 좋게 하는 방법이다. 기본 계층과 고위 계층의 분류에 있어서 화소마다 비트 표현상의 해상도에 따라 분류한다.

공간 및 시간 해상도(Spatio and Temporal Resolution) 피라미드는 [1]에서 최초로 제안되었고, 다중 계층 비디오 부호화를 위한 접근법에 적합하다. 비디오 코덱은 공간 및 시간 해상도 피라미드로 E8-lattice 양자화와 조합된 움직임 보상을 기반으로 한다[12]. 이것은 다중 계층 인터넷 비디오 전송에 효과적으로 사용할 수 있음을 설명하고 있다[10].

본 논문의 웨이브릿 기반의 다중 해상도(Multiresolution) 부호화는 정확하고 효과적인 구조에 대한 처리가 가능할 뿐만 아니라 다중 계층 부호화(Scalable Coding)를 수행하는데 아주 유용하다. 따라서 다중 계층 부호화는 디코딩할 계층의 단계를 선택함에 따라 계산량을 적절히 조절할 수 있다. 실제 응용에서 워터마킹 구현은 대용량의 데이터에 대해 압축 영역에서 워터마크를 수행하기를 요구한다. 그러므로 압축된 영상에서 워터마크의 내장을 허용하는 구조가 적절하므로 본 논문에서는 영상의 압축 영역에서 워터마크를 삽입하는 절차를 수행한다.

압축 영역에서 다중 계층 디지털 워터마킹은 영상의 부분적인 영역에서 워터마크 정보를 추출할 수 있고, 영상의 전송 비트율이 증가할수록 비트 에러를 감소를 보장할 수 있다. (그림 2)는 압축 영역에서 전체적인 다중 계층 워터마킹



압축 영역에서의 워터마킹 기법
(그림 2) 압축 영역에서 워터마킹 기법

기법을 나타낸다. (그림 2)와 같이 원영상을 웨이브릿 변환 후 압축을 수행하고, 워터마크를 내장할 계수를 선택한다. 그리고 선택한 계수와 워터마크 키를 결합한 후 대역별 양자화와 인코딩을 수행한다. 즉 웨이브릿 변환에서 각 대역별 워터마크를 내장할 계수를 선택하고 워터마크 패턴을 삽입한다. 그리고 지그재그 스캔을 통해서 대역별 양자화와 인코딩을 수행한다.

따라서 저주파수 대역에서부터 전체 대역으로 영상을 계층적으로 전송함으로써 수신자는 워터마크가 내장된 영상의 일부분에서 워터마크를 추출할 수 있고, 워터마크가 내장된 영상의 전송 데이터가 증가할수록 비트 에러율은 감소한다.

3.1 웨이브릿 변환(Wavelet Transform)

웨이브릿은 단일 원형 함수에 기반을 둔 뛰어난 시간 및 스케일(Time and Scale) 국부성으로 데이터를 다중 해상도(Multiresolution) 표현 및 분석이 가능하고, 네 개의 각각 다른 부대역(Subband) 성분으로 구성된다. 각 부대역들은 영상의 저주파수 성분(LL), 수평 성분(LH), 수직 성분(HL), 대각성 성분(HH)을 강조하고 있다. 이때 인간의 시각에 매우 민감하고 중요한 정보의 대부분이 저주파수 대역에 집중되어 있다. 웨이브릿으로 변환된 각 대역들은 저주파수 대역으로부터 고주파수 대역으로의 계층적 정보를 가지고 있다.

웨이브릿은 ψ_x 로 정의되며, Mother Wavelet을 변이시키고 확대 및 축소시킴으로써 얻어지는 함수들의 집합이고, WT(Wavelet Transform)는 웨이브릿 변환을 나타낸다. 웨이브릿의 기저 함수는 다음의 식(4), 식(5)와 같다.

$$\Psi_{(s,t)}(x) = 2^{-s/2}\psi(2^{-s}x-t) \tag{4}$$

- s : 웨이브릿 기저의 크기
- t : 웨이브릿 기저의 위치

$$WT = \int_{-\infty}^{+\infty} f(x)\Psi_{(s,t)}(x)dx \tag{5}$$

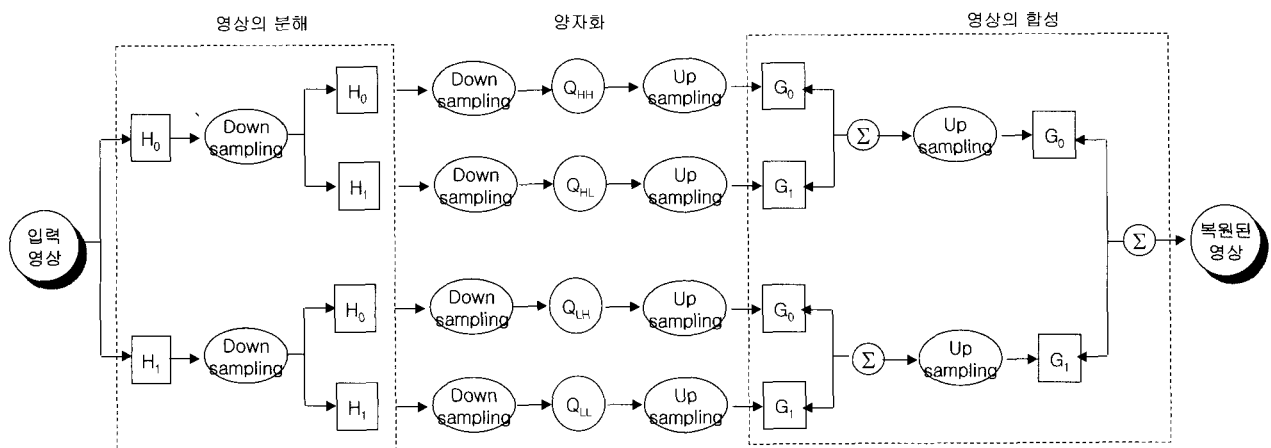
(그림 3)은 옥타브 기반의 QMF(Quadrature Mirror Filter) [7]를 이용한 웨이브릿 변환을 나타내고 있다. 여기서 다중 해상도 분해는 QMF를 통해서 저역 통과 필터(Lowpass Filter)와 고역 통과 필터(Highpass Filter)를 수행한다. 즉, H_0, H_1 은 저역 통과와 고역 통과 분해 필터이고, G_0, G_1 는 합성 필터이다. 따라서 웨이브릿 변환은 분해 필터를 통해서 2차원 영상을 수평 분할하여 Down Sampling을 수행하고, 다시 수직 분할하여 LL, LH, HL, HH 대역으로 분해한 다음 양자화를 수행한다. 그리고 웨이브릿 역변환시 합성 필터를 통해서 각 대역을 Up Sampling을 수행하여 영상을 대역별로 합성한다.

(그림 4)와 (그림 5)는 원영상을 읽어 2차원의 주파수 영역으로 웨이브릿 변환하고 웨이브릿 역변환을 위한 방법을 나타낸다. 그리고 (그림 6)은 주파수 영역에서 웨이브릿 압축을 수행하는 방법이다.

3.2 워터마크 내장 알고리즘

디지털 워터마크는 다양한 사용을 제공할 뿐만 아니라 정보 보호를 위한 기능을 제공하고 있다. 장치들의 성능과 사용자의 요구 사항을 만족시키기 위해서 본 논문에서 제안한 워터마크 내장 알고리즘은 스케일러블(Scalable)하다는 것을 보장한다. 왜냐하면 이런 각 다른 장치들은 부분적인 워터마크로부터 요구된 수준에서 삽입된 정보의 추출이 허용될 때까지 충분한 데이터를 얻을 수 있다. 그리고 효율적인 다중 계층 워터마크 시스템은 영상의 전송 방법도 중요한 요소로써 고려의 대상이 된다. 따라서 높은 삽입 데이터율, 보다 높은 강인성, 보다 낮은 비시각적인 관점에서 성능을 향상시킬 수 있는 워터마크 시스템을 수행한다.

본 논문에서 제안하는 워터마크 기법은 소유권을 인증할



(그림 3) QMF를 이용한 웨이브릿 변환

```
stick=readimag('pepper');
clc; subplot(221);
autoimag(stick);
title('원 영 상');
% 2차원의 주파수영역의 웨이브릿 변환
Q = makeonfi('Daubechies',18);
wstick = fwt2_po(stick,3,Q);
....
    웨이브릿 계수에 대한 워터마크 내장
....
% 웨이브릿 역변환
iwt = iwt2_po(wstick,3,Q);
autoimag(iwt);
title('워터마크된 영상');
.....
function wc = fwt2_po(x,L,qmf)
% 입력 : x    2-d image (n by n array, n dyadic)
%       L    coarse level
%       qmf  quadrature mirror filter
% 출력 : 2차원의 웨이브릿 변환
[n,J] = quadleng(x);
.... {변수 초기값 선언}
for jscal=J-5:-1:L,
    top = (nc/2+1):nc; bot = 1:(nc/2);
    for ix=1:nc,
        row = wc(ix,1:nc);
        wc(ix,bot) = dndyadlo(row,qmf);
        wc(ix,top) = dndyadhi(row,qmf);
    end
    for iy=1:nc,
        row = wc(1:nc,iy)';
        wc(top,iy) = dndyadhi(row,qmf)';
        wc(bot,iy) = dndyadlo(row,qmf)';
    end
    nc = nc/2;
end
```

(그림 4) 원영상을 주파수 영역으로 웨이브릿 변환

수 있는 정보인 개인 키(private key)를 생성하고, 이것을 워터마크 패턴으로 변환한다. 그리고 원영상을 웨이브릿의 주파수 영역으로 변환한 후, 대역 확산 기법을 이용하여 저 주파수 대역에서부터 주파수 전역에 걸쳐 대역별 임계치보다 큰 계수 값에 워터마크 패턴을 내장한다.

따라서 n-bit의 아스키 형태의 디지털 서명(signature) $S_1 = \{s_{11}, s_{12}, \dots, s_{1n}\}$ 과 $S_2 = \{s_{21}, s_{22}, \dots, s_{2n}\}$ 을 식(6), 식(7)과 같이 영상에 내장할 워터마크를 생성한다. 그러므로 워터마크 내장은 워터마크 채널을 원영상에 선형 조합으로 정의되고, n개의 1차원 직교 함수 $p_i(x)$ 는 주파수 영역에 삽입할 계수들의 위치를 선정하고 워터마크 W_1 와 W_2 를 정의한다.

$$W_1(x, y) = \sum_{i=1}^n p_i(S_1) \quad (6)$$

```
function x = iwt2_po(wc,L,qmf)
%입력 : wc  2차원의 주파수 영역의 웨이브릿 변환
%       L    coarse level
%       qmf  quadrature mirror filter
%출력 : x  2차원의 공간적 영역으로 변환
[n,J] = quadleng(wc);
.... {변수 초기값 선언}
for jscal=L:J-3,
    top = (nc/2+1):nc; bot = 1:(nc/2); all = 1:nc;
    for iy=1:nc,
        x(all,iy) = updyadlo(x(bot,iy)',qmf)' ...
                    + updyadhi(x(top,iy)',qmf)';
    end
    for ix=1:nc,
        x(ix,all) = updyadlo(x(ix,bot),qmf) ...
                    + updyadhi(x(ix,top),qmf);
    end
    nc = 2*nc;
end
```

(그림 5) 웨이브릿 역변환

```
function proj_wvcomp()
..... { 웨이브릿 변환 }
zmat = abs(wingrid);
subplot(223);
autoimag(zmat);
title('Wavelet Transform');
% 주파수 영역에서 웨이브릿 압축
wcsort = sort(abs(wingrid(:)));
wcerr = cumsum(wcsort.^2);
wcerr = flipud(wcerr);
.....
wthresh = wcsort(floor(.95*65536));
cw_ingrid = wingrid .* (abs(wingrid) > wthresh);
[i,j,s] = find(cw_ingrid);
sp_ingrid = sparse(i,j,s,256,256);
spy(sp_ingrid)
....
```

(그림 6) 웨이브릿 압축

$$W_2(x, y) = \sum_{i=1}^n p_i(S_2) \quad (7)$$

워터마킹 절차는 원영상 I 를 $freq(I)$ 의 주파수로 변형고 워터마킹 채널에 워터마크를 내장한 후 C' 를 생성한다. 그리고 워터마크가 내장된 영상 I' 는 $freq^{-1}(C')$ 에 의해서 계산할 수 있다. 워터마크 내장 절차는 식(8)과 같이 주어진다.

$$C'(x, y) = freq(I, W_1, W_2) \quad (8)$$

따라서 본 논문에서 제안하는 워터마크 내장 알고리즘은 다음과 같다.

- [1 단계] 개인 키를 이용하여 저주파수 대역에서부터 전체 주파수 대역으로 각각의 주파수 특성에 잘 적응하는 워터마크 패턴을 생성시킨다. 즉 $W_1 = \{w_{11}, w_{12}, \dots, w_{1n}\}$, $W_2 = \{w_{21}, w_{22}, \dots, w_{2n}\}$ 의 디지털 워터마크 주기를 생성시킨다.
- [2 단계] 1차원의 직교 함수 $p_i(x)$ 는 주파수 대역별 임계치(Threshold)를 설정하고, 이 임계치는 인간 시각 시스템을 이용하여 인간 시각으로 잘 인식할 수 없는 특정 주파수 영역의 계수들을 찾는다.
- [3 단계] 원영상을 웨이브릿 기반의 주파수 영역으로 변환한다. 즉 웨이브릿 변환의 특징을 이용하여 다차원의 계층적 피라미드를 구성함으로써 영상을 공간적인 영역에서 주파수 영역으로 변환하여 주파수 계수들(coefficients)을 생성시킨다.
- [4 단계] 주파수 영역에서 웨이브릿 기반의 압축을 수행한다.
- [5 단계] 앞에서 설정된 임계치를 이용하여 워터마크를 내장할 각 주파수 대역의 계수와 [1단계]에서 생성시킨 워터마크 패턴을 조합한다. 즉 $freq(I, W_1, W_2)$ 는 원영상 $I = \{I_1, I_2, \dots, I_n\}$ 의 특정 주파수 영역에 워터마크 W_1, W_2 를 내장한다. 이때 삽입되는 워터마크는 영상에 일정한 주기를 가지고 있다.
- [6 단계] 주파수 영역에서의 계수들을 대역별 양자화와 인코딩을 수행하여 주파수 영역에서 공간적인 영역으로 웨이브릿 역변환을 수행하면 워터마크가 내장된 영상을 생성시킨다.

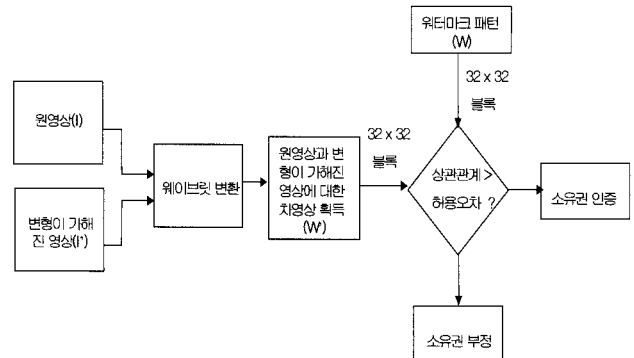
3.3 워터마크 추출 및 인증 알고리즘

본 논문은 워터마크 추출 및 인증을 위한 방법으로 원영상(I)과 변형이 가해진 영상(I')을 웨이브릿 변환하여 피라미드 구조인 계층 구조로 변형한 다음 변형이 가해진 영상의 주파수 영역에서 원영상의 주파수 영역의 차를 구한다. 이때 변형이 가해진 영상에 내장된 워터마크 패턴(W')를 추출할 수 있다. 추출된 워터마크 패턴(W')을 32×32 블록으로 나눈다. 마찬가지로 원래의 워터마크 패턴(W)도 32×32 블록으로 나누어 각각의 블록에 대한 상관 관계(Correlation)를 구한다.

- (1) 워터마크가 내장된 영상이거나 워터마크가 내장되지 않는 영상에 변형이 가해진 영상 I'와 원영상 I를 주파수 영역으로 변환하고 임계치(threshold) T_1 과 T_2 를 적용하여 $W' = diff(I', I)$, 즉 변형이 가해진 영상에서 원영상을 이용하여 차를 구한 다음 각 주파수의 W'라는 워터마크 패턴을 추출한다.

- (2) $Comp(W', W)$ 를 이용해서 원본 워터마크 패턴 W와 변형이 가해진 영상에서 추출한 워터마크 패턴 W'의 상관 관계를 비교하여 소유권의 인증 여부를 결정한다.

워터마크 추출 및 소유권 인증 방법은 (그림 7)과 같다.



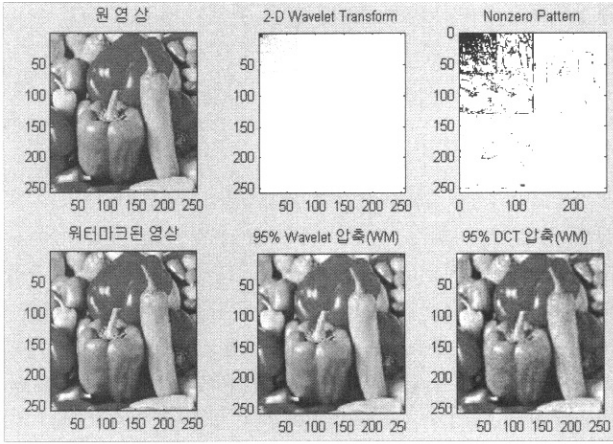
(그림 7) 워터마크 추출 및 소유권 인증

4. 구현 결과 및 분석

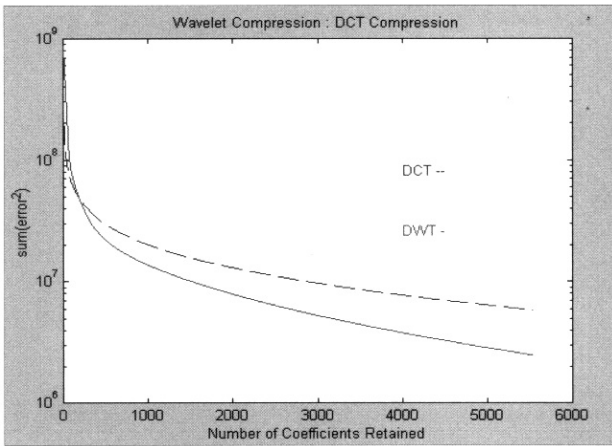
본 실험 영상은 윈도우 2000 서버 환경하에서 MATLAB을 사용하였다. 그리고 256×256의 Lena, Pepper, Baboon 영상을 사용하였고, 웨이브릿 변환은 다우비치 웨이브릿을 적용하여 영상을 계층적인 구조로 변환한 후 소유권 정보를 내장하였다. (그림 8)은 원영상과 워터마크가 내장된 영상, 웨이브릿 압축을 수행한 영상, DCT 변환을 이용한 압축 영상을 나타내며, 화질 측면에서 DCT 변환을 수행한 영상이 웨이브릿 변환을 수행한 영상보다 거칠게 나타나므로 웨이브릿 변환이 DCT 변환보다 우수하다. (그림 9)는 계수에 대한 웨이브릿과 DCT 변환의 에러 총합을 나타낸다. 본 논문에서 제안한 다중 계층 디지털 워터마크 기법의 강인성을 검증하기 위해서 워터마크가 내장된 영상에 일반적인 영상처리 즉, Median Filtering, Blur Filtering, 노이즈(Noise) 첨가, Mosaic, Brightness, Contrast 등과 같은 고의적인 변형을 수행한 다음 원영상에 내장한 워터마크 패턴과 이런 변형이 가해진 영상에서 워터마크 패턴을 추출한다.

따라서 (그림 10) (a)와 (그림10) (b)는 워터마크가 내장된 영상에 고의적으로 일반적인 영상 변형을 수행한 결과를 나타내고, 여기서 1) Watermarked Image는 손상되지 않은 워터마크가 내장된 영상, 4) Sharpen filter~6)Add uniform noise는 영상을 선명하고 날카롭게 하는 Sharpen Filter, Random 및 Uniform 노이즈를 추가, 9)는 Gamma Correlation을 나타낸다. 그리고 10)과 12)는 Brightness와 Contrast를 각각 +20% 조절하였다. (그림 11) (a)와 (그림 11) (b)는 디지털 콘텐츠의 인증 여부를 판단하기 위해서 (그림 10) (a)와 (그림 10) (b)의 일반적인 영상 변형에서 내장된 워터마크를 추출하고, 그 결과를 시각적으로 표현하였

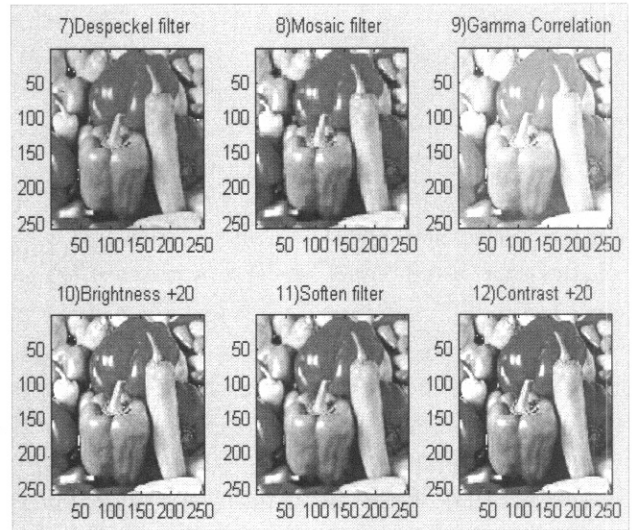
다. (그림 12) (a)와 (그림 12) (b)는 Lena, Pepper, Baboon 테스트 영상에 대해 변형이 가해진 영상에서 워터마크 패턴을 추출(그림 11) (a), (그림 11) (b)한 후 32 x 32로 구성된



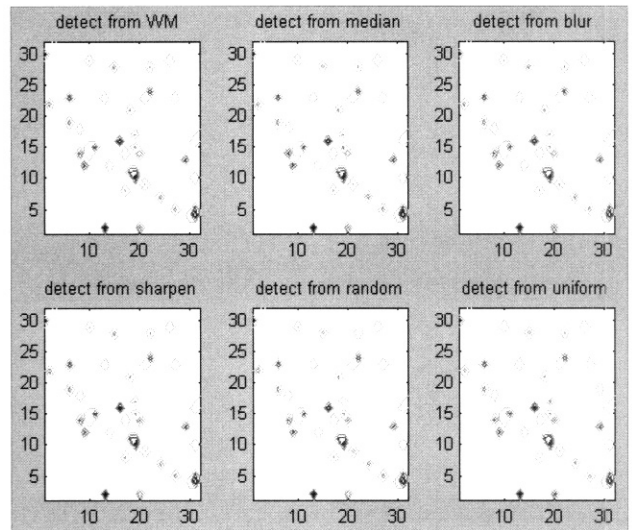
(그림 8) 워터마크 삽입 및 웨이브릿과 DCT 변환에 의한 압축



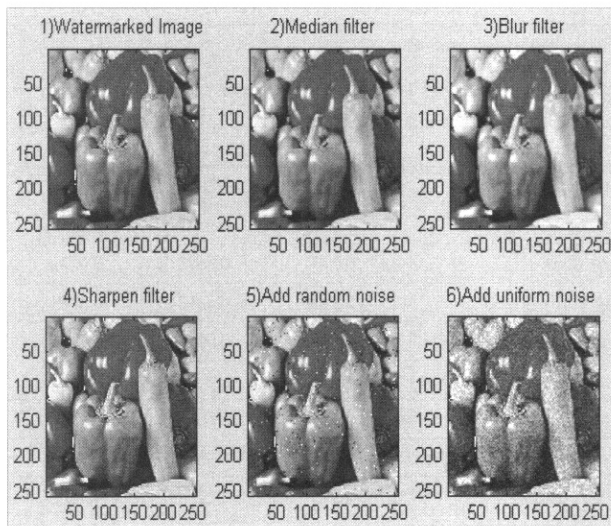
(그림 9) 계수에 대한 웨이브릿과 DCT 변환의 에러 총합



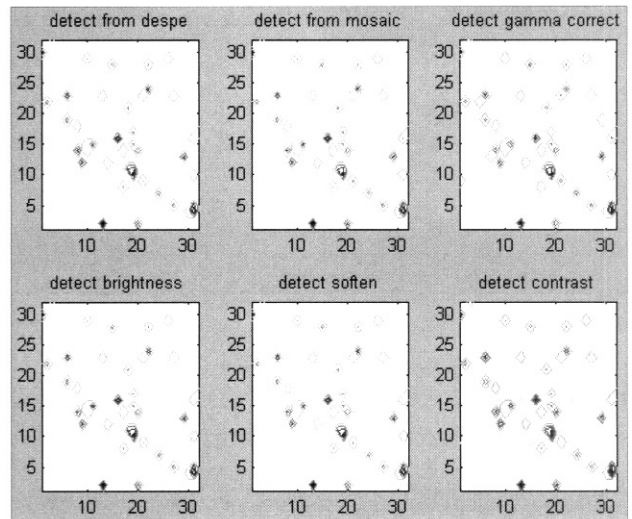
(그림 10) (b) 워터마크가 내장된 영상의 일반적인 변형



(그림 11) (a) 일반적인 영상 변형에서의 워터마크 추출



(그림 10) (a) 워터마크가 내장된 영상의 일반적인 변형



(그림 11) (b) 일반적인 영상 변형에서의 워터마크 추출

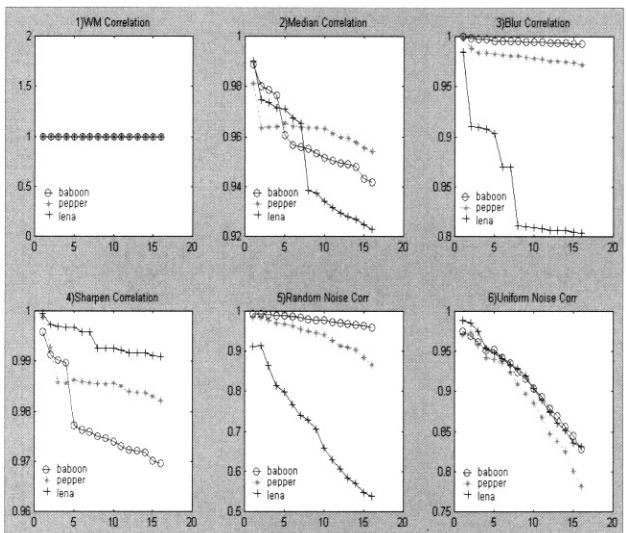
16개의 각 블록에 대한 상관 관계를 나타내고 있다. 따라서 각 그래프의 X-축은 16개의 블록을 나타내고, Y-축은 W 와 W' 의 상관 관계를 나타낸다. 5) Random Noise 변형에서는 Lena 영상의 10~16블록에 대한 상관 관계가 0.5~0.6으로 낮게 나타나고, 9) Gamma Correlation 변형에서는

Baboon와 Pepper 영상의 상관 관계가 0.2~0.45로 낮게 나타난다. 그 외 다른 영상에서 각 블록의 상관 관계가 높게 나타나므로 추출한 워터마크에 대해 소유권을 인증할 수 있다.

<표 1>은 고의적으로 영상 변형을 수행한 Lena, Pepper, Baboon 영상에서 추출된 워터마크에 대해 각 블록에 대한 상관 관계의 평균을 나타낸 결과이다. watermarked는 변형이 가해지지 않은 워터마크가 내장된 영상에서 추출한 워터마크 패턴의 상관 관계를 나타내고, 그 외 Median Filter, Blur 등은 변형이 가해진 영상에서 추출된 워터마크의 상관

관계를 나타낸다. 원영상에 내장한 워터마크 패턴과 변형이 가해진 영상에서 추출한 워터마크 패턴의 상관 관계를 비교한 결과 watermarked의 상관 관계가 1로써 추출한 워터마크와 내장한 워터마크가 일치함을 보이고, Pepper, Baboon 영상의 Gamma Correlation의 상관 관계가 0.33, 0.44로 나타나고, Lena 영상의 Random Noise에서 0.53으로 낮은 상관 관계를 나타내는 반면 다른 영상의 변형에서의 상관 관계가 비교적 높게 나타나게 되고, 허용 오차 0.05 이상을 만족하므로 소유권을 인증할 수 있다.

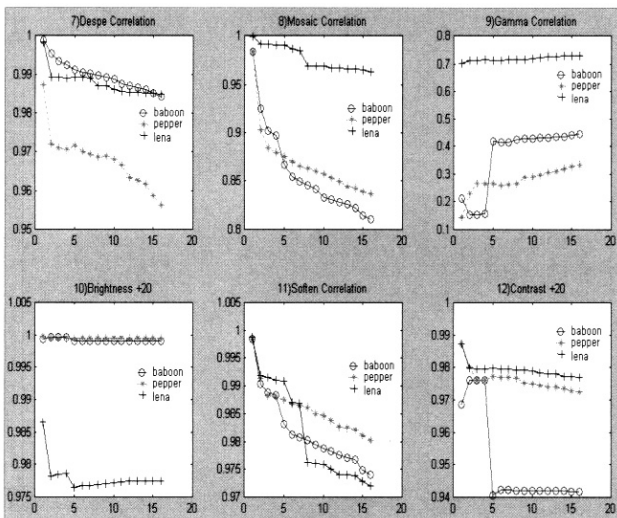
그리고 영상의 화질 평가를 위해 원영상과 워터마크가 내장된 변형이 가해진 영상에 PSNR(Peak Signal to Noise Ratio: 식(9))와 MSE(Mean Square Error: 식(10))를 사용했고, <표 2>는 테스트한 영상의 95% 압축률에 대한 Brightness, Gamma Correlation과 같은 영상의 변형에서 3개의 테스트 영상 모두 13dB~21dB로 화질이 떨어지나 Median, Blur, Sharpen, Despeckle 등과 같은 영상의 변형에서는 테스트 영상 모두 26dB~33dB 사이로 좋은 화질을 얻을 수 있음을 알 수 있다.



(그림 12) (a) 블록별 추출된 워터마크의 상관관계

```
function mse = merror(A, B, nsize)
% A: first image
% B: second image
% nsize: size of the images
diff = A - B;
diff_sq = diff.^2;
mse_clmn = mean(diff_sq);
mse = mean(mse_clmn);
.....
psnr_med = 10 * log10(255^2/(w_med))
.....
```

(그림 13) 변형이 가해진 영상의 PSNR



(그림 12) (b) 블록별 추출된 워터마크의 상관관계

<표 1> 일반적인 영상 변형에 대한 상관관계의 평균

| 영상 변형 \ Correlation | lena | pepper | baboon |
|---------------------|--------|--------|--------|
| watermarked | 1 | 1 | 1 |
| median | 0.9230 | 0.9540 | 0.9418 |
| blur | 0.8034 | 0.9722 | 0.9928 |
| sharpen | 0.9909 | 0.9821 | 0.9696 |
| random noise | 0.5387 | 0.8676 | 0.9596 |
| uniform noise | 0.8309 | 0.7818 | 0.8275 |
| despeckle | 0.9850 | 0.9564 | 0.9843 |
| mosaic | 0.9631 | 0.8363 | 0.8107 |
| brightness | 0.9775 | 0.9995 | 0.9991 |
| soften | 0.9720 | 0.9802 | 0.9741 |
| contrast | 0.9768 | 0.9726 | 0.9417 |
| gamma correlation | 0.7302 | 0.3326 | 0.4458 |

<표 2> 테스트 영상에 대한 화질 평가

| 영상 변형 \ PSNR | lena | pepper | baboon |
|-------------------|---------|---------|---------|
| watermarked | 34.1275 | 30.0328 | 28.8666 |
| median | 29.0340 | 32.0761 | 24.7146 |
| blur | 27.3256 | 30.8476 | 28.2231 |
| sharpen | 30.3748 | 28.2946 | 24.7116 |
| random noise | 18.6202 | 24.1483 | 25.7116 |
| uniform noise | 24.5245 | 21.9735 | 21.7599 |
| despeckle | 33.9833 | 30.1721 | 26.9435 |
| mosaic | 27.0537 | 25.2367 | 21.7168 |
| brightness | 13.9719 | 21.4477 | 21.2582 |
| soften | 30.2052 | 31.2715 | 26.2840 |
| contrast | 24.3945 | 24.2247 | 25.1283 |
| gamma correlation | 13.4202 | 13.2081 | 13.1040 |

(그림 13)은 <표 2>를 수행한 PSNR의 코드를 나타내고 있다.

$$MSE = \frac{1}{N^2} \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N (x_{ij} - x'_{ij})^2 \quad (9)$$

$$PSNR = 10 \log_{10} \frac{255^2}{MSE} \quad (10)$$

5. 결 론

본 논문은 비소유권자의 불법적인 조작을 방지하고 변형이 가해진 정보에 대해서 자신의 소유권을 인증하는 방법을 제안한다. 그리고 장치의 성능과 사용자들의 요구 사항에 콘텐츠를 적절하게 맞추기 위해서 전송될 콘텐츠를 계층적으로 선택함으로써 네트워크 상에서 최적의 분산 콘텐츠의 효율적인 제공이 가능하다.

또한 다중 계층 디지털 워터마킹 기법을 제안하고, 디코딩할 계층의 단계를 선택함에 따라 계산량을 적절히 조절할 수 있으며, 직교 웨이브릿 변환에 기반한 시각적으로 인식할 수 없는 강인한 워터마크 알고리즘에 중점을 두고 있다. 따라서 실험 결과와 같이 고의적인 영상의 변형에서 내장된 워터마크를 추출할 수 있는 워터마크 내장 방법과 워터마크 키를 생성하였다.

그리고 영상의 부분적인 영역에서 워터마크 정보 추출을 보장하고, 워터마크가 내장된 영상의 정보를 더 많이 전송 받을수록 워터마크 영상에 나타나는 BER(Bit Error Rate)이 줄어드는 것을 보장한다. 기대 효과로는 인터넷 상에서 멀티미디어 콘텐츠에 대한 지적 소유권 분쟁 야기를 최소화하는데 기여할 수 있다.

참 고 문 헌

- [1] M.K. Uz, M. Vetterli, and D.J. LeGall, "Interpolative multiresolution coding of advanced television with compatible subchannels," IEEE Trans. on Circuits and Systems for Video Technology, Mar., 1991.
- [2] Jian Zhao, "A WWW Service to Embed and Prove Digital Copyright Watermarks," Proc. of the European Conference on Multimedia Applications, May, 1996.
- [3] M. D. Swanson, Bin zhu, A.H.Tewfik, "Transparent robust image watermarking," Proceeding of the IEEE International Conference on Image Processing, vol.3, pp.211-214, 1996.
- [4] D. Kundur, D. Hatzinakos, "A robust digital image watermarking method using wavelet-based fusion," IEEE, pp.544-547, 1997.
- [5] X. Xia, C. G. Boncelet, G. R. Arce, "A multiresolution watermark for digital image," Proceedings of the IEEE International Conference Image Processing, Vol.3, pp.548-551, 1997.
- [6] U. Horn and B. Girod, "Scalable video transmission for the internet," Computer Network and ISDN Systems, Nov. 1997.
- [7] B. Girod, F. Hartung and U. Horn, "Multiresolution Coding of Image and Video Signals," Proceedings European Signal Processing Conference (EUSIPCO 98), Sept., 1998.
- [8] I. J. Cox, F. T. Leighton and T. Shamon, "Secure spread spectrum watermarking for multimedia," IEEE Trans. Image processing, 1997.
- [9] T. P-C. Chen and T. Chen, "Progressive Image Watermarking," Proc. of IEEE Intel. Conf. on Multimedia and Expo. July, 2000.
- [10] Sebastien Wong, "Image security," <http://www.ece.edu.au/~wongsc/digital.html>, 1997.
- [11] Peng Yin, "Video Recoding for multimedia Communication," A dissertation presented to the faculty of princeton university, June, 2002.
- [12] A. Piper, R. Safavi-Naini, and A. Mertins, "Coefficient Selection methods for Scalable Spread Spectrum Watermarking," IWDW 2003, pp.235-246, 2004.
- [13] Jian Zhao, "Applying Digital Watermarking Techniques to Online Multimedia Commerce," Proc. of International Conference on Imaging Sciences, Systems and Applications (CISSA97), June 30, 1997.

서 정 희



e-mail : jhseo88@hotmail.com
1994년 신라대학교 자연과학대학 전자계산학과(이학사)
1997년 경성대학교 대학원 전산통계학과(이학석사)
2005년 부경대학교 대학원 전자상거래협동과정(박사수료)

관심분야: 원격교육, 멀티미디어, 영상처리, 정보보안

박 흥 복



e-mail : git@pknu.ac.kr
1982년 경북대학교 공과대학 컴퓨터공학과(공학사)
1984년 경북대학교 대학원 컴퓨터공학과(공학석사)
1995년 인하대학교 대학원 전자계산학전공(이학박사)

1984년~1995년 동명대학 전자계산과 부교수
2001년~2002년 The University of Arizona 객원교수
1996년~현재 부경대학교 전자컴퓨터정보통신공학부 교수
관심분야: 실시간 시스템, 멀티미디어 응용, 산업자동화, 원격교육, 프로그래밍 언어 및 컴파일러