

주파수 영역에서의 최적의 워터마크 삽입영역 선정에 대한 연구

오 재 호[†]·김 선 형^{**}·임 해 진^{***}

요 약

본 논문에서는 디지털 콘텐츠 저작권 보호를 위해서 웨이블릿 변환에 기초한 디지털 워터마킹 방법을 제안하였다. 이미지의 중요한 성분인 저주파 성분을 비롯한 각 대역의 가능한 모든 위치에 다양한 가중치와 임계값을 적용하는 워터마크 삽입방법을 통하여 손실압축, 고의적인 영상의 변형 등 각종 공격에 대하여 상반관계에 있는 비가시성과 강인성을 만족하는 워터마크 양에 대한 적정선과 삽입대역을 찾는 방법을 제안하였다. 제안한 방법이 적절한 워터마크 삽입영역과 적절한 워터마크양을 찾을 수 있음을 실험을 통하여 입증하였다.

A Study on the Selection of the Optimal Region for Digital Watermarking in the Frequency Domain

Jae-Ho Oh[†] · Sun-Hyung Kim^{**} · Hae-Jin Lim^{***}

ABSTRACT

In this paper, we propose a private digital watermarking method based on a wavelet transform to protect digital contents copyrights. We find out the optimal watermark insertion region and the optimal amount of watermark in order to satisfy robustness and imperceptibility against various attacks such as noise, compression, collusion, clipping, scaling to transfer the contents safely. Through this experiment, we could find out the adequate location of watermark insertion and proper amount of watermark, and transfer the watermarked image safely.

키워드 : 워터마크(watermark), 웨이블릿 변환(wavelet transform)

1. 서 론

디지털 영상의 빠른 성장과, 디지털 대중매체 그리고 점점 더 강력한 디지털 대중매체 조작도구의 점점 더 쉬운 접근이 대중매체 안전을 매우 중요한 이슈로 만들었다. 디지털 워터마크는 근래에 멀티미디어 데이터의 지적 재산보호를 위한 수단으로 제안되었다. 그것은 디지털 지적 재산 보호를 위한 기술로 원음성과 이미지 영상에 비가시적 신호를 첨가한다. 그것은 포함된 워터마크가 법적인 소유권을 제공하거나 적어도 저작권 위반을 검출할 수 있게 도움이 되길 바란다. 본 논문은 정지영상의 워터마킹에 초점을 두고 논의한다. 많은 워터마킹 기술들이 제안되었다. 그것들은 주로 고의적인 공격과 다양한 신호조작에 대해 워터마킹의 강인성과 비가시성에 초점을 두고 있다.

본 논문은 디지털 콘텐츠 보호를 위해 웨이블릿 변환을 사용해 제안한다. 우리는 고의적인 공격들과 노이즈, 압축,

공모, 클리핑, 스케일링 등 다양한 공격에 안전하고, 강인성과 비가시성에 만족하는 최적의 워터마크 삽입 영역과 최적의 워터마킹 양을 찾아냈다. 워터마크 삽입과정은 중요한 필터 계수 값에 서로 다른 가중치를 더하고 저주파수 영역을 포함하는 모든 고주파수 영역의 중요한 부분에 삽입한다. 원 이미지 픽셀 값에 가중치 0.08~0.09 값을 더하고 필터의 계수에 최적 임계값 170~200을 더한다. 이 결과를 통하여 LL 영역을 포함하는 모든 영역에 PSNR의 값이 40dB이상인 값과 서로 다른 공격 등과 샘플링, 자르기 또는 손실자료 압축에 대해 강인성과 비가시성을 만족하는 최적 워터마크 삽입 영역과 적정 워터마크 양이 존재함을 알았다.

1.1 제안된 워터마킹 방법

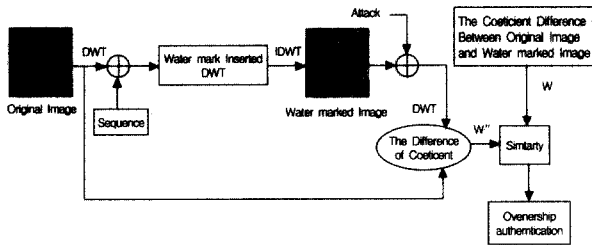
1.1.1 개요

본 논문에서 제안한 워터마킹 시스템의 구조는 (그림 1-1)과 같다. 그림에서 먼저 원 영상을 각각 1 단계, 2 단계, 3 단계 웨이블릿 변환한다.

이를 가지고 분할된 영역을 워터마크 삽입 대역으로 선정하여 설정된 각 대역 별 가중치와 임계값을 이용하여 워터

† 준 회원 : 순천향대학교 대학원 정보통신공학과
** 정 회원 : 순천향대학교 정보기술공학부 교수
*** 정 회원 : 삼척대학교 전자공학과
논문접수 : 2002년 4월 24일, 심사완료 : 2002년 7월 31일

마크 시퀀스를 DWT 영역에 삽입한 후 이를 다시 IDWT 하면 워터마크가 삽입된 영상을 얻을 수 있다. 워터마크 생성, 삽입, 검출 알고리즘을 제안한다. 그리고 검출단계에서는 원영상과 공격당한 영상을 DWT하여 각 계수들을 구한 후 이들의 차를 가지고 워터 마크를 뽑아낸 후 원래의 워터마크와 비교하여 유사도를 측정한다.



(그림 1-1) 제안된 워터마크 시스템

1.1.2 워터마크 시퀀스

본 논문에서는 워터마크 시퀀스로 DCT 영역에서 강인성이 판명된 카오스 시퀀스를 사용했다[1-3]. 카오스 시퀀스를 수식적으로 가장 간단한 형태의 1차원 맵으로 표현하면 다음과 같다.

$$X_{k+1} = r(X_k) \tag{1}$$

여기서, $X_k = r(x_0) \in R, 0 < X_k < 1$ 이며, $[0,1] \rightarrow [0,1]$ 구간의 값을 갖는 비선형 맵이다. 단순하고 가장 많이 알려진 카오스 맵은 논리적인 식으로 아래와 같이 정의된다.

$$X_{k+1} = uX_k(1 - X_k) \tag{2}$$

위에서 분기 파라미터 μ 는 $0 < \mu < 4$ 사이의 값을 가지며 만약 μ 가 $3.56995 \leq \mu < 4$, 사이에 있으면 논리적인 식이 카오스 상태에 존재한다.

즉 생성된 카오스시퀀스는 주기성을 갖지 않으며 수렴하지도 않는다. 그리고 카오스 시퀀스는 초기값(X_k)과 분기 파라미터에 매우 민감하다.

초기조건을 조금만 바꿔서 카오스 시퀀스를 발생시켰을 경우 이 신호들은 전혀 다른 시퀀스가 되고, 그 신호들의 교차 상관성은 거의 "0"이 된다. 또 다른 맵은 차수 k를 변수로 같은 Chebyshev Map으로 아래와 같이 정의되며,

$$\tau(x_{k+1}) = \cos(n(\cos^{-1} x_k)) \tag{3}$$

여기서 X_k 는 $[-1.1]$ 구간에서 정의된다. 그리고 논리적인 식 역시 변수치환을 하여 Chebyshev Map 구간의 값 $[-1.1]$ 을 갖도록 할 수 있으며 이는 아래와 같은 변환된 논리적인 식으로 표현할 수 있다.

$$X_{k+1} = 1 - \lambda X_k^2 \tag{4}$$

여기서 λ 는 분기파라미터로 $0 < \lambda \leq 2$ 이고, 초기값은 $1 < X_0 < 1$ 이다. λ 가 2일 경우 변환된 논리적인 식과 체비셰프 맵은 위상적인 결합을 이루어 같은 시스템으로 간주할 수 있다. 그리고 이 두 맵의 확률 밀도 함수(PDF) 역시 같으며 아래의 식으로 정의될 수 있다.

$$\rho(x) = \begin{cases} \frac{1}{\pi\sqrt{(1-x^2)}} & -1 < x < 1 \\ 0 & \text{Else} \end{cases} \tag{5}$$

식 (1)의 논리적인 식인 경우, $\mu = 4$ 일 때 아래의 확률 밀도 함수 식을 갖는다.

$$\rho(x) = \begin{cases} \frac{1}{\pi\sqrt{x(1-x)}} & -1 < x < 1 \\ 0 & \text{else} \end{cases} \tag{6}$$

변환된 논리적인 식에 의해서 생성된 카오스 시퀀스의 평균은 "0"이 되며 아래의 수식을 따른다.

$$x = \lim_{N \rightarrow \infty} \frac{1}{N} \sum_{k=0}^{N-1} x_k = 0 \tag{7}$$

또한 초기 값에 따라 전혀 다른 시퀀스를 만들기 때문에, 생성된 두 개의 시퀀스 x, y 는 서로 독립적이며, 두 시퀀스의 확률밀도 함수는 $\rho(x, y) = \rho(x) * \rho(y)$ 로 표현될 수 있으며 자기 상관 함수는 델타 함수 $\delta(1)$ 가 되고, 두 시퀀스의 교차 상관성은 "0"이 된다.

1.1.3 웨이블릿 알고리즘

웨이블릿 변환은 물리적 상황에서 전체적인 특징뿐만 아니라 지역적인 특징까지도 분석이 가능하다. 또한 웨이블릿 변환은 영상에 대하여 다중해상도 분석이 가능하다. 원형 웨이블릿 함수는 식 (8)으로 나타낼 수 있다. ϕ 는 주기성을 갖고 있고 그 주기성은 시간 축을 따라 이동하면서 영으로 감소하는 성질을 갖고 있어야 한다[15, 16].

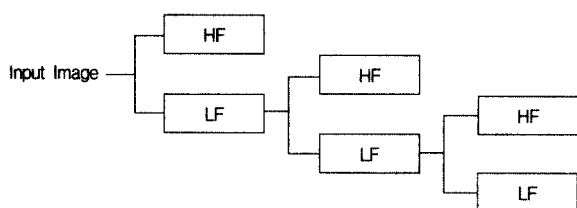
$$\phi^{a,b}(x) = \frac{1}{\sqrt{|a|}} \phi\left(\frac{x-b}{a}\right) \tag{8}$$

- a : 스케일을 조정하는 성분
- b : 시간 축을 따라 이동하는 성분

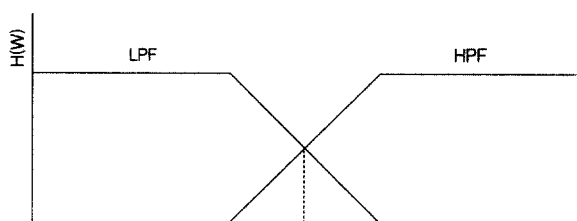
$\frac{1}{\sqrt{|a|}}$: 정규화를 위한 상수

(그림 1-2)은 서브밴드 블록 다이어그램을 나타낸 것이다[17].

서브밴드는 영상을 저주파와 고주파로 분해하는 분해 필터를 사용하여 영상을 계속 저주파와 고주파 대역으로 분해해 나가면 저주파 성분이 어느 한 영역으로 모이게 된다. 이것을 효과적으로 구분해 주기 위한 필터가 필요한 데 이런 필터의 특성을 (그림 1-3)에 나타내었다[18].



(그림 1-2) 서브밴드 블록 다이어그램



(그림 1-3) 필터의 특성

도우비치가 개발한 이산 웨이블릿 필터를 사용한다. <표 1-1>은 도우비치 웨이블릿 필터의 계수를 나타낸 것이다[19].

<표 1-1> 도우비치 웨이블릿 필터의 계수.

N	0	±1	±2	±3	±4
h_n	0.602949	0.266864	-0.078223	-0.016864	0.026749
\tilde{h}_n	0.557543	0.295636	-0.028772	-0.045636	0

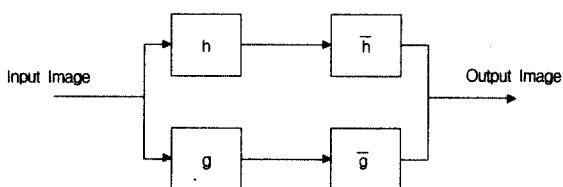
h_n : 분해 필터의 저주파 필터 \tilde{h}_n : 복구 필터의 저주파 필터

분해 필터의 고역 통과필터와 복구 필터의 고역필터는 식 (2)와 식 (3)에 의해서 유도가 가능하고 이 조건을 만족했을 때 대역분할과 복구에 완전복구가 가능하다.

$$\overline{g}_n = (-1)^n h_{-n+1} \tag{9}$$

$$g_n = (-1)^n \overline{h}_{-n+1} \tag{10}$$

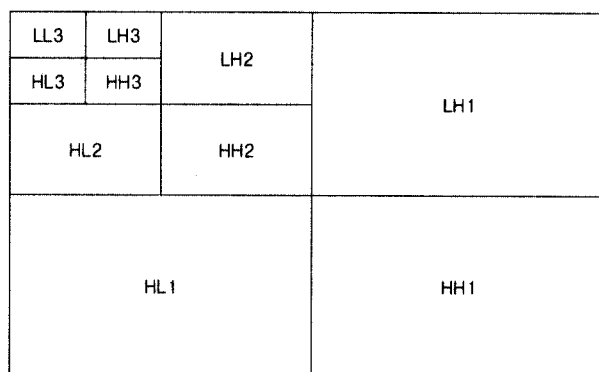
앞에서 설명한 방법을 통하여 영상을 대역분할하고 복구하는 과정을 나타내면 (그림 1-5)와 같다.



(그림 1-4) 대역분할과 복구과정.

1.1.4 워터마킹 기법

본 논문에서 제안하는 워터마크 삽입 알고리즘은 원영상을 이용하여 각각 1 단계, 2 단계, 3 단계 웨이블릿 변환 후 이를 가지고 분할된 다양한 영역을 워터마크 삽입대역으로 선정하여 설정된 각 대역 별 가중치와 임계값을 적용하여 워터마크 시퀀스를 DWT영역에 워터마크로 삽입한다.

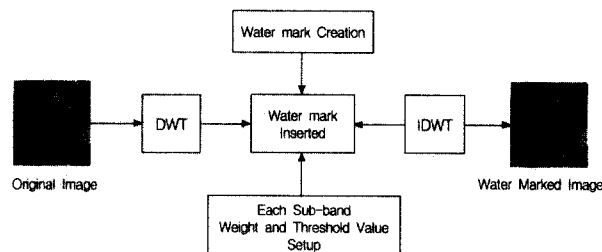


(그림 1-5) 워터마크 삽입을 위한 대역분할

DWT후의 주파수 영역에서 계수 값에 워터마크를 삽입하는 방법은 식 (11)에 의하여 이루어진다[5].

$$v'_i = v_i(1 + a_i w_i) \tag{11}$$

여기서 a는 스케일변수 즉, 가중치며 워터마크 W를 주파수 계수값 V에 삽입함으로써 V'를 얻을 수 있다. 주파수영역에서의 영상을 공간영역으로 웨이블릿역변환(IDWT)을 수행하며 워터마크가 삽입된 영상을 생성시키며 (그림 1-6)에 이 과정을 나타내었다.



(그림 1-6) 제안한 워터마크 삽입과정

워터마크 삽입과정을 통하여 강인성과 비가시성 간의 워터마크 양에 의한 상관관계에 대한 최적의 적정점과 삽입대역을 찾고자 하며 각 대역별 가중치와 임계값을 적절히 설정함으로써 더욱 정교하게 워터마크가 삽입될 수 있도록 한다. 워터마크 추출 알고리즘은 손실 압축과 잡음 등의 변형된 영상에서 워터마크를 효율적으로 추출하는 과정이다. 추출 후 인증과정으로 원 영상과 워터마크가 삽입된 영상에 대하여, 각각 웨이블릿 변환을 한 후 공격당한 영상의 계수 값 V''를 추출한 후 원 영상의 계수 값인 V와 비교하여 그 차이 추출된 워터마크(W'')를 구한다. 그리고 원래의 워터마크 W와 W''의 유사도를 구함으로써 워터마크의 유효성을 특징한다.

유사도는 다음 식 (12)에 의하여 구하며 이 두 값들 간에 유사성 $Sim_s(W, W'')$ 을 측정함으로써 소유권 인증의 가부를 결정할 수 있다[5].

$$Sim(W, W'') = \frac{\sum_{i=1}^n (W \times W'')}{\sum_{i=1}^n \sqrt{W \times W''}} \quad (12)$$

검출된 워터마크가 원래의 워터마크와 정확히 일치한다면 유사성 $Sim_s(W, W'')$ 는 $n^{1/2}$ 의 값을 갖고 원래의 워터마크와 일치하지 않으면 $N(0, 1)$ 인 정규분포를 갖는 작은 값을 갖는다. 여기서 n 은 워터마크의 개수이다[5]. Cox의 논문에서는 $Sim_s(W, W'')$ 의 값이 일정한 값 $\delta(\delta=6)$ 보다 크게 되면 두 워터마크가 동일한 것으로 인정이 되어 영상의 소유권이 입증되고 만약 일정한 값 보다 작게 되면 소유권을 인정할 수 없다. 여기서, 일정한 값 $\delta=6$ 에서 원래의 워터마크와 검출된 워터마크의 유사성 측정의 오차 확률은 식 (12)으로 매우 낮은 값을 갖는다. 그리고 워터마크 유효성의 예리 확률은 <표 1-2>와 같다.

$$P_{error} = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_0^\infty e^{-\frac{t^2}{2}} dt = 9.82 \times 10^{-10} \quad (13)$$

<표 1-2> 워터마크 유효성의 예리 확률

δ	$P_{error}(Sim_s(W, W'') > \delta)$
3	0.0013
5	2.82×10^{-7}
6	9.82×10^{-10}
8	6.22×10^{-16}
10	7.62×10^{-24}
12	1.77×10^{-33}

2. 실험과 분석

2.1 실험

실험을 위한 환경으로는 펜티엄 III 933MHz 상에서 비주얼 C++로 구현하여 시뮬레이션 하였다. 웨이블릿 필터는 도우비치 필터를 사용하였으며 영상은 256×256 크기의 8비트 그레이 레벨을 갖는 Lena 영상과 Camera man 영상 그리고 고주파 성분이 많은 Baboon 영상, Bridge 영상, Peppers 영상을 사용하여 실험하였다. 실험은 3 단계 웨이블릿 변환 후 워터마크 삽입대역으로 레벨 1 대역에서는 전체대역과 LL1을 제외한 전체대역 그리고 저주파대역인 LL1 대역을 선정하고, 레벨 2대역에서는 전체대역과 LL2를 제외한 전체대역, 중간대역 그리고 LL2 대역을 선정하고, 레벨 3대역에서도 전체대역과 중간대역 그리고 LL3 대역을 비롯한 다양한 대역을 선정하여 각 대역의 계수에 스케일 변수를 0.1에서 0.01 사이의 값을 주고 임계값은 -10에서 200까지의 값을 주어 각각의 대역에 첨가시키는 방법으로 워터마크를 삽입하였고, 다양한 공격과 노이즈, 재크기, 절단, 공모, 압축에도 살아남는 지의 강인성 실험과 비가시성을 동시에

만족하는 적정 점과 워터마크 삽입대역을 찾는 실험을 하였다.

2.2 실험결과

실험 결과 다양한 가중치와 임계 값을 토대로 실험영상에서 다양한 결과를 나타내었다. 표에서 나타내는 화소수는 해당 임계치 이상의 중요한 계수의 갯수를 나타낸다. 영상의 객관적인 비교를 위하여 PSNR(Peak Signal-to-Noise Ratio)의 측정은 아래의 식 (15)으로 주어지는 최대신호대 잡음비(PSNR)를 사용하였다.

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{N^2} \sum_{i=0}^{N-1} \sum_{j=0}^{N-1} [f(i, j) - \hat{f}(i, j)]^2} \quad (14)$$

$$PSNR = 20 \log\left(\frac{255}{RMSE}\right) [dB] \quad (15)$$

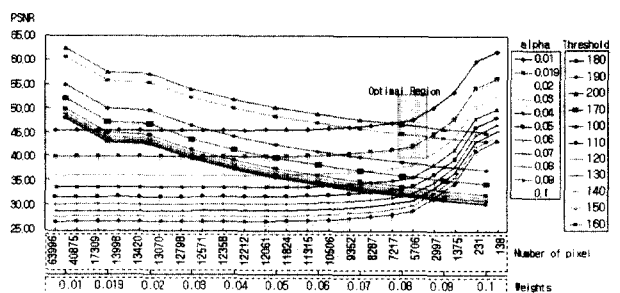
여기에서 $f(i, j)$ 및 $\hat{f}(i, j)$ 는 원 영상 및 워터마크가 삽입된 영상의 pixel 값을 나타내고, N은 영상의 크기를 나타낸다.

2.2.1 각 실험 영상의 대역 별 PSNR 및 각종 공격에 대한 유사도 비교.

워터마크 기법들이 가져야 하는 기본적인 요구 조건 중 비가시성을 만족하여야 하기에 영상에서 워터마크가 삽입되어도 육안으로 확인할 수 없어야 하며 영상의 질 또한 감퇴되지 않아야 하기에 비가시성을 측정하는 PSNR값이 40dB 이상으로 영상의 비가시성을 충분히 만족시키고 있음을 볼 수 있다.

2.2.2 Lena 영상의 실험 결과

(그림 2-1)은 실험결과를 보여준다. 첫 번째 왼쪽 상단 부분에서 오른쪽 아래로 그려진 선은 임계값을 나타내고, 오른쪽 상단 부분에서 왼쪽 하단 부분으로 그려진 선은 가중치를 나타낸다.



(그림 2-1) Lena 영상의 실험결과

본 논문에서 우리는 최적 워터마크 삽입영역을 PSNR값이 40dB를 넘고 두 선들이 만나는 지점으로 설정하였다. 이 실험을 통하여 최적 워터마크 삽입영역과 적정워터마크 삽입 양을 찾았으며 선들은 각각 다르게 표현되었다.

Lena영상 실험을 통하여 서로 다른 공격들에 PSNR과 비교적 높은 유사도의 만족할 만한 값들이 영역에 존재하고 표준 값보다 더 좋다.

저주파가 포함된 영역에서 가중치와 더 많은 임계값을 준 결과 PSNR과 유사도는 Trad off의 결과를 갖는다. 실험을 통해 PSNR값은 감소하고 유사도 값은 증가하는 가중치에 따라 증가한다. Pixel의 값은 임계값에 의해 결정된다.

PSNR값이 크면 유사도의 값은 작고 PSNR값이 작으면 유사도의 값이 크다는 것을 확인했다.

앞에서 그림의 결과를 통하여 볼 때 그것들은 강인성과 비가시성 사이에 관계가 있다. 다만, 이 결과를 통하여 PSNR과 유사도는 LL1 영역, LL2 영역, LL3 영역과 모든 영역의 임계 값은 170~200 사이와 0.08~0.09 사이의 가중치 사용이 이전 논문들의 사용치 보다 더 좋다. (그림 2-1)는 실험에 사용된 Lena 이미지를 보여준다.

이 실험에서 레벨 1의 모든 레벨과, 레벨 2의 모든 레벨, LL2밴드와 레벨 3의 LL3을 포함하는 모든 밴드, LL영역을 포함하지 않는 모든 워터마크 삽입영역에서 서로 다른 공격들에 대해 유사도는 이전 논문들의 사용치 보다 더 좋았다. 그 결과 LL영역은 저주파수대를 포함하고, 최적워터마크 삽입영역을 찾아냈다. 다른 모든 이미지들의 실험을 통해 모두 같은 결과를 갖는 것을 확인했다.

3. 결 론

본 논문에서는 디지털 영상의 소유권을 보호하기 위해 영상을 웨이블릿 변환을 이용하여 레벨 1, 레벨 2, 레벨 3로 대역분할 하고 이미지 의 중요한 성분인 저주파 성분을 비롯한 각 대역의 모든 가능한 위치에 다양한 가중치와 임계 값을 적용하는 워터마크 삽입방법을 통하여 손실압축, 고의적인 영상의 변형 등 각종 공격에 대하여 상반관계에 있는 비가시성과 강인성을 만족하는 워터마크 양에 대한 적정선과 삽입 대역을 찾는 방법을 제안하였다. 원 영상과 워터마크된 영상의 다른 수치로 통계적 방법을 사용하여 저작권 보호를 위해 기대하고 만족할만함을 입증했다.

참 고 문 헌

[1] Hui Xiang, Lindong Wang, Hai Lin, Jiaoying Shi, "Digital Watermarking Systems with Chaotic Sequences".
 [2] R. M. May, "Simple mathematical model with very complicated dynamics," Nature, 261, pp.459-281.
 [3] Chiou-Ting Hsu & Ja-Ling Wu, "Digital watermarking for video".
 [4] Tohrn Kohda, Akio Tsuneda "statistics of chaotic binary sequences," IEEE Transactions on information theory, Vol. 43, No.1, January, 1997.

[5] I. J. Cox, J. Kilian, T. Leighton and T. Shamoan, "Secure Spread Spectrum Watermarking for Multimedia," NEC Research Institute, Technical Report, pp.95-10, 1995.
 [6] Hartung, F and M. Kutter, "Multimedia Watermarking Techniques," Proc. of the IEEE, Vol.87, No.7, July, 1999.
 [7] Lin, E. T and E. J. Delp, "A Review of Fragile Image Watermarks," Proc. of the Multimedia and Security Workshop (ACM Multimedia '99) Multimedia Contents, pp.25-29, October, 1999.
 [8] Tirkel et al, A., "Electronic WaterMark," in Proc. DICTA 1993, pp.666-672, Dec., 1993.
 [9] Voyatzis, G., N. Nikolaidis and I. Pitas, "Digital Watermarking : An Overview," Proc, of EUSIPCO'98, Rhodes, Greece, pp.8-11, Sep., 1998.
 [10] Langelaar, G. C., I. Setyawan, and R. L. Lagendijk, "Watermarking Digital Image and Video Data," IEEE SP Mag., Vol.17, No.5, pp.20-46, Sep., 2000.
 [11] Pereira, S., Joseph J. K. O Ruannidh, F. Deguillaume, G. Csurka and T. Pun, "Template Based Recovery of Fourier-Based Watermarks Using Log-Polar and Log-log Maps," IEEE Int. Conf on Multimedia Computing and System (ICMCS'99), Florence, Italy, Jun., 1999.
 [12] Petitcolas, F. A. P., Ross J. Anderson and Markus G. Kuhn, "Information Hiding-A Survey," Proceedings of the IEEE, special issue on protection of multimedia content, Invited paper, May, 1999.
 [13] Schneier, B., Applied Cryptography, New York, USA : John Wiley & Sons, 2nd ed., 1996.
 [14] Kutter, M., and F. A. P. Petitcolas, "Fair Benchmarking for Image Watermarking Systems," in Proceedings of the SPIE 3657, Security and Watermarking of Multimedia Contents, pp.226-239, 1999.
 [15] J. Benedetto and M. Frazier, Wavelets : athematics and Applications, CRC Press, Boca Raton, 1994.
 [16] O. Rioul and M. Vetterli, "Wavelets and Signal Processing," IEEE Signal Processing Magazine, pp.14-38, 1991.
 [17] M. Vetterli and J. Kovacevic, Wavelets and Subband Coding, Prentice Hall, Englewood Cliffs, 1995.
 [18] P. P. Validianathan, "Quadrature Mirror Filter Banks, M-band Extensions and Perfect-reconstruction Techiques," IEEE ASSP Magazine, 4(3), pp.4-20, 1987.
 [19] M. Antonini, M. Barlaud, P. Mathieu, and I. Daubechies.



오 재 호

e-mail : property@netsgo.com
 2002년 순천향대학교 정보기술공학부
 컴퓨터공학전공 졸업
 2002년~현재 순천향대학교 정보통신공학과
 대학원석사 과정중
 2000년~현재 (주)눈소프트 개발팀장

관심분야 : DRM, 전자상거래



김 선 형

e-mail : shkim@sch.ac.kr

1979년 성균관대학교 전자공학과 졸업
(학사)

1981년 성균관대학교 대학원 전자공학과
졸업(공학석사)

1987년 성균관대학교 대학원 전자공학과
졸업(공학박사)

1989년~현재 순천향대학교 정보기술학부 교수

관심분야 : 통신, 멀티미디어 정보보호 등



임 해 진

e-mail : lhjin@samchok.ac.kr

1977년 성균관대학교 물리학과 졸업(학사)

1979년 성균관대학교 대학원 전자공학과
졸업(공학석사)

1993년 성균관대학교 대학원 전자공학과
졸업(공학박사)

1983년~현재 삼척대학교 전자공학과 교수

관심분야 : 데이터통신, 컴퓨터 네트워크, 멀티미디어 응용,
B-ISDN 응용, TMN