

POCS 이론을 이용한 인간시각시스템 기반 디지털 워터마킹

김희정[†], 서용수^{**}, 김지홍^{***}

요 약

본 논문에서는 영상복원 분야에서 사용되는 POCS 이론과 인간시각시스템의 특성을 이용하여 비가시성과 견고성을 동시에 가진 새로운 워터마킹 기법을 제안한다. 먼저 POCS 이론을 기반으로 하여 공간영역과 변환영역에서의 필수 특성을 갖는 워터마크를 생성한다. 즉 공간영역에서는 영상에서 시각적으로 쉽게 인지되지 않는 에지 또는 강한 무늬영역에 삽입되고, 또한 변환영역에서는 영상압축, 필터링 등의 다양한 공격에 강한 주파수대에 삽입되는 워터마크를 생성한다. 그리고 생성된 워터마크를 입력영상에 삽입할 때 분류된 블록의 특성에 따라 무늬 마스킹 효과를 고려하여 서로 다른 가중치를 적용함으로써 비가시성과 함께 견고성을 함께 증대시킨다. 모의실험을 통해 본 논문에서 제안된 워터마킹 기법이 영상 압축, 저역 및 고역통과 필터링 등의 다양한 공격에 대해 기존 방법들에 비해 매우 우수한 워터마크 검출 특성을 나타내었다

HVS Based Digital Watermarking Using the POCS Theory

Kim Hee-Jung[†], Seo Yong-Su^{**}, Kim Ji-Hong^{***}

ABSTRACT

In this paper, a new watermarking scheme based on the POCS theory and human visual system is proposed. Using the POCS theory, watermarks are embedded into imperceptible image regions such as edge and strong texture area in the spatial domain. Also it is inserted into middle frequency band in the transform domain to achieve the robustness against compression and filtering, etc. In addition, different gain factors are employed into blocks classified by considering texture masking effect. By doing so, the proposed method has a novel property of having both the imperceptibility and the robustness simultaneously. Simulation results show that the proposed method has an excellent performance better than conventional approaches.

Key words: Watermarking(워터마킹), POCS theory, HVS

1. 서 론

최근 인터넷과 디지털 저장 매체 등을 통한 멀티

미디어 정보의 전달이 용이해짐에 따라 정보의 신속한 교환과 더불어 정보 보호의 필요성이 증대되고 있다. 이러한 정보 보호는 영상, 음성, 문자 정보 등에 대한 저작권 또는 지적 소유권을 보호하여 불법적인 복사와 분배를 제한하는 중요한 수단이 된다. 정보 보호를 위한 방법으로는 암호(cryptography)와 심층 암호(steganography), 워터마킹 등 다양한 기법들이 있으며, 최근 영상 정보를 대상으로 하는 워터마킹 기법에 대한 연구가 활발히 이루어지고 있다. 워터마킹 기법은 공간영역 기법과 변환영역 기법으로 분류할 수 있다. 공간영역 기법은 영상에서 선택된 화소

※ 교신저자(Corresponding Author): 김희정, 주소: 부산광역시 남구 우암1동(608-738), 전화: 051)640-3172, FAX: 051)640-3038, E-mail: khj@pufs.ac.kr

접수일: 2004년 8월 18일, 완료일: 2004년 10월 21일

[†] 준회원, 부산외국어대학교 대학원 전자컴퓨터공학과

^{**} 동서대학교 정보시스템공학부 부교수

(E-mail: seoyong@dongseo.ac.kr)

^{***} 정회원, 동의대학교 영화영상·멀티미디어공학부 부교수

(E-mail: arim@deu.ac.kr)

의 밝기나 색상을 직접적으로 수정하는 방식으로 워터마킹이 이루어지며, 변환영역 기법은 DCT, DWT, DFT 등을 이용하여 영상을 변환한 후 변환 계수의 값을 변경하는 방식으로 실행된다[1,2].

본 논문에서는 POCS(Projection Onto Convex Set) 이론과 HVS(Human Visual System)의 특성을 이용한 새로운 변환영역 워터마킹 기법을 제안한다. 특히 영상복원 분야에서 주로 사용되던 POCS 이론을 워터마킹 기법에 도입함으로써 워터마크의 다양한 요구사항들 중 가장 중요하며 또한 교환(trade-off)되는 특성인 비가시성과 견고성을 동시에 향상시킨다. 이러한 장점은 POCS 이론에서 사용되는 컨벡스 집합들을 워터마크의 요구 조건에 맞게 공간영역과 변환영역에서 적절히 설정함으로써 실현된다. 이를 통해 공간영역에서는 영상에서 시각적으로 쉽게 인지되지 않는 에지 또는 강한 무늬(texture) 영역에 위치하며, 또한 변환영역에서는 영상압축, 필터링 등의 다양한 공격에 강인한 주파수대에 분포하는 워터마크를 생성한다. 그리고 HVS의 무늬 마스크 효과(texture masking effect)를 고려하여, 워터마크를 입력영상에 삽입할 때 에지 밀도와 분류된 블록의 특성에 따라 서로 다른 가중치를 적용한다.

본 논문의 2장에서는 제안된 워터마킹 방법에 대해 기술하며, 3장에서는 제안된 방법을 적용한 모의 실험을 수행하고, 기존 방법들과의 성능을 비교 분석한다. 4장의 결론으로 논문을 맺는다.

2. POCS 이론을 이용한 변환영역 워터마킹

2.1 POCS 이론

POCS 이론은 두 컨벡스 집합의 교점은 초기 추정치로부터 두 집합 중의 한 집합으로 투영을 한 후, 이어서 다른 집합으로의 투영을 반복하면 구할 수 있음을 나타낸다[3].

먼저 $N^2 \times 1$ 크기의 벡터로 표기되는 모든 영상 \mathbf{f} 가 힐버트 공간(Hilbert Space) H 의 원소라고 가정한다. 그러면 임의의 벡터 $\mathbf{f} \in H$ 에 대한 닫힌 컨벡스 집합(closed convex set) $C \subset H$ 으로의 투영 $P\mathbf{f}$ 는 C 의 원소 중 \mathbf{f} 에 가장 가까운 원소로 정의된다. 즉

$$\|\mathbf{f} - P\mathbf{f}\| = \min_{\mathbf{g} \in C} \|\mathbf{f} - \mathbf{g}\| \quad (1)$$

그리고 $P\mathbf{f}$ 는 \mathbf{f} 와 C 에 의해 유일하게 정의된다.

힐버트 공간 H 에 m 개의 닫힌 컨벡스 공간 $C_i, i = 1, 2, \dots, m$ 가 존재하고 P_i 를 C_i 에 대한 투영이라고 가정한다. 그러면 임의의 초기 벡터 \mathbf{f}_0 에 대해

$$\mathbf{f}_{k+1} = P_m P_{m-1} \dots P_1 \mathbf{f}_k \quad (2)$$

과 같은 반복에 의해 생성된 벡터 열(sequence) $\{\mathbf{f}\}$ 는

$$\mathbf{f}^* \in C_0 \triangleq \bigcap_{i=1}^m C_i \quad (3)$$

로 나타내어지는 하나의 벡터로 수렴한다.

POCS 이론을 워터마킹 기법에 적용하기 위한 핵심 아이디어는 입력 영상이 갖는 각각의 특성을 하나의 컨벡스 집합으로 나타낼 수 있다는 것이다. 따라서 m 개의 특성에 대해서는 m 개의 닫힌 컨벡스 집합 C_i 가 있을 수 있다. 그러면 모든 컨벡스 집합 $C_i, i = 1, 2, \dots, m$ 에 공통적으로 포함되는 벡터 \mathbf{f}^* 는 초기 벡터로부터 시작하여 각 컨벡스 집합으로의 반복적인 투영을 통해 계산될 수 있다. 그리고 벡터 \mathbf{f}^* 는 입력 영상이 가진 m 개의 원하는 특성을 가진다. 2개의 컨벡스 집합 $C_i, i = 1, 2$ 에 대한 예를 그림 1에 나타내었다.[4]

2개의 컨벡스 집합 C_1 과 C_2 를 사용한 경우의 POCS 알고리즘 적용 과정은 다음과 같다.

- 1) 초기 추정값으로서 $\mathbf{f}_0 = \mathbf{f}_{ini}$ 를 설정한다.
- 2) $i = 1, 2, \dots$ 에 대해 $\mathbf{f}_k = P_2 P_1 \mathbf{f}_{k-1}$ 을 계산한다.

여기서 P_1 과 P_2 는 각각 컨벡스 집합 C_1 과 C_2 에 대한 투영을 의미한다.

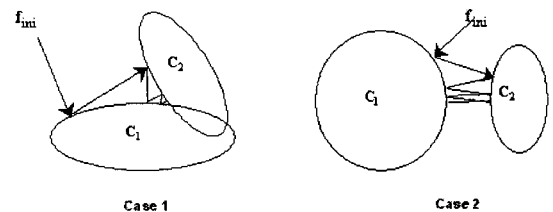


그림 1. POCS 이론의 개념

3) $\|f_k - f_{k-1}\|$ 가 설정된 문턱치보다 적을 때까지 과정 2)를 반복한다.

2.2 POCS 이론을 이용한 워터마크의 생성

본 논문에서는 POCS 이론을 워터마킹 분야에 적용하기 위해 공간영역과 변환영역에서 각각 정의되는 2개의 컨벡스 집합을 사용한다.

첫번째 컨벡스 집합 TDS(Transform Domain Set)는

$$TDS = \{w \mid W(u, v) = N(0, 1), \forall (u, v) \in R_M\} \quad (4)$$

로 정의한다. 여기서 W 는 변환영역에서의 워터마크 신호를 나타내며, $N(0, 1)$ 은 평균 0과 분산 1의 정규분포를 갖는 랜덤 신호를 의미한다. 그리고 $R_M = \{(u, v) \mid 2 \leq u + v \leq 3, u, v = 0, 1, 2, \Lambda, 7\}$

을 나타낸다. 컨벡스 집합을 이와 같이 설정한 이유는 변환영역의 중간 주파수영역에 워터마크로 사용될 랜덤신호를 삽입함으로써 워터마크된 영상의 화질이 크게 훼손되지는 않으며, 동시에 JPEG 등의 손실압축에 대해 워터마크가 견고하도록 하기 위함이다.

두번째 컨벡스 집합 SDS(Spatial Domain Set)는

$$SDS = \{w \mid w(i, j) = 0, \forall (i, j) \in R_S\} \quad (5)$$

이며, 여기서 R_S 는 입력영상에서 평탄 영역 등 시각적으로 인지가 쉬운 부분을 의미하며, w 는 변환영역 워터마크 신호 W 의 역변환을 나타낸다. SDS는 HVS의 특성상 입력 영상에서 인지가 용이한 영역에는 워터마크가 삽입되지 않도록 함으로써 워터마크된 영상에서 워터마크가 쉽게 노출되지 않도록 하기 위해서이다. 따라서 두개의 컨벡스 집합 TDS와 SDS를 반복적으로 투영할 경우, 공간영역에서는 에지 또는 무늬영역 등 워터마크의 삽입으로 인한 시각적 왜곡효과가 적은 부분에 위치하며, 변환영역에서는 중간 주파수 영역에 분포함으로써 다양한 손실압축 및 저역·고역 필터링 등의 공격에 대해 견고성을 갖는 워터마크를 생성할 수 있다.

이상에서 정의된 컨벡스 집합들을 이용하여 워터마크를 생성하는 과정은 다음과 같다. 먼저 초기의 워터마크로 사용하기 위해 평균이 0이고 분산이 1인

랜덤신호 $N(0, 1)$ 을 생성한 후 이를 변환 블록 중간 주파수영역 R_M 의 변환계수로 설정한다. 그리고 그 외의 영역에 대한 변환 계수는 0으로 설정한다. 이와 같이 설정된 초기 워터마크 블록을 역방향 DCT변환한 후, 입력 영상의 R_S 영역에 위치한 복원된 워터마크 신호는 제거한다. 즉 에지 또는 무늬 등 잡음으로 인한 시각적 왜곡 효과가 작은 부분에 위치하는 값은 그대로 둔 채, 평탄 영역 등 잡음에 민감한 부분에 위치한 값은 0으로 삭제한다. 이와 같은 과정은 SDS에 대한 투영을 의미하며, 본 논문에서는 영역 제로화(region zeroing) 과정이라고 한다. 이어서 순방향 DCT를 수행하여 결과로 주어진 워터마크의 변환 계수 블록에서 중간 주파수 영역은 초기에 사용된 워터마크 신호를 재 입력하며 그 외의 주파수 영역에 위치한 변환계수는 그대로 둔다. 이러한 과정을 본 논문에서는 워터마크 재입력(watermark reinsertion) 과정이라고 한다. 영역 제로화 과정과 워터마크 재입력 과정을 추출된 워터마크가 수렴할 때까지 반복한다. 워터마크의 수렴을 결정하는 방법으로는 워터마크 재입력 과정에서 변화하는 워터마크 신호의 평균값이 일정한 기준 이하면 수렴하는 것으로 판단한다. 이러한 과정을 그림 2에 나타내었다.

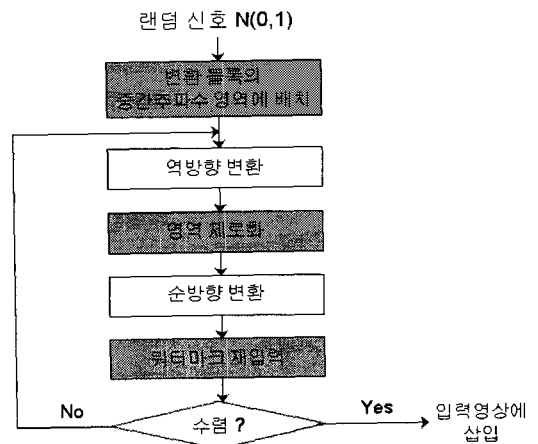


그림 2. POCS 기반 워터마크 생성 과정

2.3 워터마크의 삽입 및 추출

입력 영상을 8x8 크기의 블록으로 분할하여 DCT 변환한 후 위의 과정에서 생성된 변환영역 워터마크를 삽입하며, 삽입된 계수 $F_w(u, v)$ 는

$$F_w(u, v) = F(u, v) \{1 + \alpha_k \cdot W(u, v)\}, \quad k = 0, 1, 2 \quad (6)$$

와 같다. 식 (6)에서 $F(u, v)$ 와 $W(u, v)$ 는 각각 입력 영상의 변환 계수와 변환영역 워터마크를 의미하며, α_k 는 워터마크 신호에 대한 가중치를 나타낸다.

본 논문에서는 HVS의 무늬 마스킹 효과를 고려하여 가중치 α_k 를 설정한다. 즉 입력 영상의 각 블록을 에지 밀도에 따라 3 종류로 분류한 후, 에지 밀도가 높을수록 큰 값의 가중치를 적용하여 워터마크 신호를 삽입한다. 그리고 워터마크가 삽입된 변환 계수 $F_w(u, v)$ 를 역방향 DCT 변환함으로써 워터마크된 영상을 생성한다.

워터마크의 추출 과정에서는 입력 영상이 사용되며, 삽입 과정의 역순과 유사하게 진행된다. 먼저 시험 영상과 입력 영상을 각각 역변환하여 시험 영상에 포함되어 있는 훼손된 워터마크를 추출한다. 그리고 워터마크를 생성하기 위해 사용되었던 랜덤 신호와 추출된 워터마크의 상관성을 검사한다. 즉 시험 영상의 변환 계수를 $F_w^*(u, v)$ 로 나타낼 때, 추출된 워터마크 $W^*(u, v)$ 는

$$W^*(u, v) = \frac{F_w^*(u, v) - F(u, v)}{\alpha_k \cdot F(u, v)}, \quad (u, v) \in \mathbf{R}_M \quad (7)$$

이다. 그리고 추출된 워터마크와 초기 워터마크의 상관성을 검사하기 위해 정규화된 상관함수(normalized cross correlation)를 사용하며, 만일 추출된 상관함수의 값이 설정된 임계치보다 크면 시험 영상에 워터마크가 존재하는 것으로 판단한다.

3. 모의 실험

모의 실험에는 256×256크기에 화소당 8비트의 해상도를 갖는 Lena, Pepper 등의 다양한 영상이 사용되었다. 그리고 정규 분포 $N(0,1)$ 을 갖는 2,000개의 랜덤 신호 열을 생성하여 이 중 1,000번째 열을 워터

마크로 사용하였다. POCS 이론을 이용한 워터마크 신호의 생성 과정에서는 반복에 따른 워터마크 신호의 평균 변화량이 0.02 이하인 경우를 수렴하는 것으로 판단하였다. 또한 워터마크 신호에 대한 가중치 α_k 설정 시 블록 당 에지 화소의 수가 20개 이하인 블록에 대해서는 0.008, 그리고 21~50개의 에지 화소를 갖는 블록과 나머지 블록에 대해 각각 0.024, 0.040의 가중치를 적용하였다.

3.1 워터마크된 영상의 화질 평가

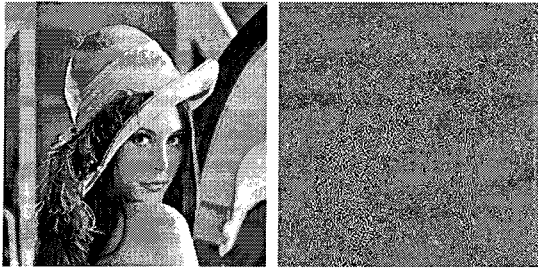
제안된 워터마크 기법의 화질 평가를 위해 I. J. Cox 등이 제안한 기법(이하 Cox 기법)[5]과 J. Huang 등이 제안한 기법(이하 Huang 기법)[6]과의 성능을 비교하였다. 먼저 워터마크된 영상의 화질에 대한 정량적 평가를 위한 척도로서 워터마크된 영상의 PSNR(Peak Signal to Noise Ratio)과 NMSE(Normalized Mean Squared Error)를 사용하였으며, 그 결과는 표 1과 같다.

표 1에서 볼 때 제안된 기법을 이용하여 생성된 워터마크된 영상의 화질이 기존 기법들에 비해 PSNR 값이 약 1~2 dB 정도 높으며 또한 NMSE가 약 0.005 정도 낮은 것으로 나타나며 우수한 화질을 가지는 것을 알 수 있다.

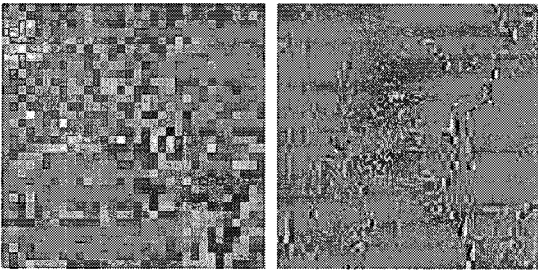
그리고 시험영상들에 대해 제안된 방법과 기존 방법을 각각 적용하여 생성된 워터마크된 영상과 차영상을 그림 3~4에 나타내었다. 이 그림에서 볼 때 제안된 POCS 방법은 워터마크된 영상에서 삽입된 워터마크가 시각적으로 잘 나타나지 않으며, 특히 차영상을 통해 이러한 점을 확인할 수 있다. 즉 인간시각시스템의 특성을 고려하여 무늬영역, 에지 영역 등에 워터마크를 삽입하였기 때문에 워터마크의 삽입으로 인한 시각적인 화질 저하는 매우 적은 편이다. 그러나 Huang 방법에서는 변환계수의 DC 성분들 워터마크를 삽입하였기 때문에 워터마크로 인한 오차가 영상 전체에 영향을 미치는 것을 알 수 있다. 그리고 Cox 방법의 경우 변환계수의 AC 성분들 중 가장 큰 값을 갖는 계수에 대해 워터마크를 삽입하기 때문

표 1. 워터마크된 시험영상의 정량적 비교

시험영상	POCS 방법		Huang 방법		Cox 방법	
	PSNR	NMSE	PSNR	NMSE	PSNR	NMSE
Lena	45.999	0.009	44.592	0.016	44.100	0.014
Pepper	44.937	0.012	43.602	0.016	43.176	0.018

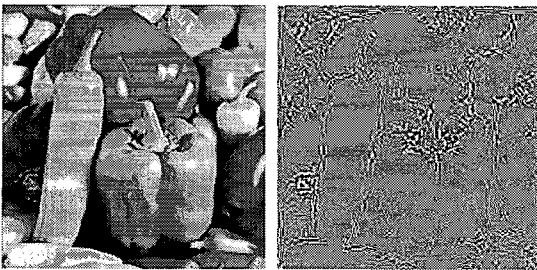


(a) Lena 영상 (b) POCS 방법

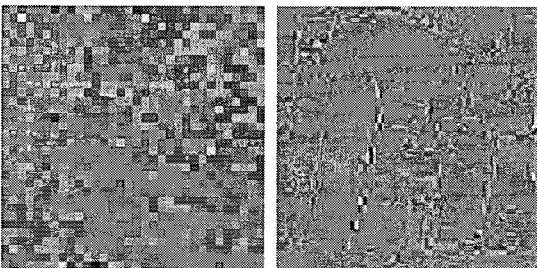


(c) Haung방법 (d) Cox 방법

그림 3. Lena 영상에 대한 워터마킹된 영상 및 차영상



(a) Pepper영상 (b) POCS 방법



(c) Haung방법 (d) Cox 방법

그림 4. Pepper 영상에 대한 워터마킹된 영상 및 차영상

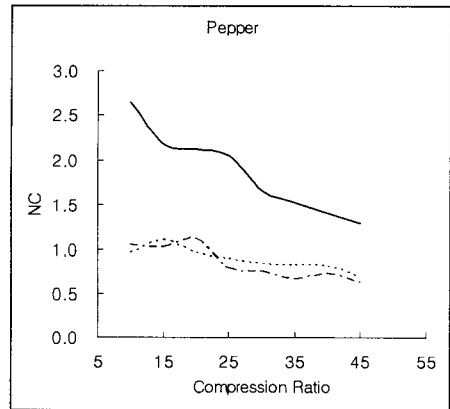
에 Huang 기법과는 달리 전체 영상에서 오차를 나타내지는 않지만, 워터마크의 생성과정에서 인간시각 시스템의 특성을 전혀 고려하지 않았기 때문에 모자이크 형태의 왜곡을 가진 블록들이 일부 분포하고

있음을 볼 수 있다. 따라서 워터마킹된 영상의 화질을 두고 볼 때 제안된 방법이 기존 방법들에 비해 매우 우수한 성능을 가지고 있는 것을 알 수 있다.

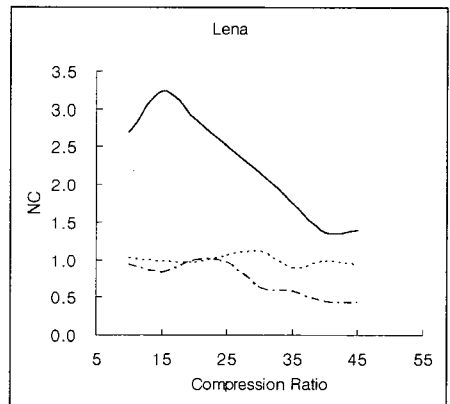
3.2 다양한 영상처리에 대한 성능 평가

3.2.1 JPEG을 이용한 영상 압축

워터마킹된 시험영상에 대해 5~45의 압축률에서의 JPEG 처리의 결과는 그림 5와 같다. 이 그림에서 볼 때 기존 Huang 방법과 Cox 방법은 영상 압축에 대한 강인성이 서로 유사하지만, 본 논문에서 제안된 워터마킹 기법은 기존 방법들에 비해 훨씬 우수한 성능을 가짐을 알 수 있다. 특히 기존 방법들이 압축



(a)



(b)

그림 5. JPEG 압축에 따른 압축률 대비 NC(Normalized Crosscorrelation) 값 (a) Lena (b) Pepper (—: POCS 방법, - - - : Huang 방법, - . - . : Cox 방법)

를에 큰 관계없이 대체로 약 1.0 정도의 NC 값을 가지는데 비해 제안된 방법은 압축률이 약 30:1 이하일 경우 1.5 이상의 값을 가지는 것을 볼 수 있다.

3.2.2 저역통과 필터링

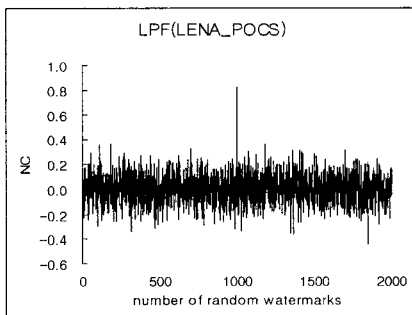
제안된 방법과 기존 방법들을 이용하여 생성한 워터마킹된 시험 영상에 대해 3×3 크기의 저역통과 필터를 적용한 결과는 그림 6, 7과 같다. 이 그림에서 볼 때 제안된 POCS 기법은 모든 시험영상에 대해서 워터마크를 완전하게 추출할 수 있음을 볼 수 있다. 그러나 기존 Huang 방법은 모든 시험영상에 대해 워터마크를 검출할 수 없음을 볼 수 있으며, 그 이유는 Huang 방법이 변환계수의 DC 값에 대해 대해 워터마크 신호를 삽입하였기 때문에 저역통과 필터링으로 인한 영향이 변환계수의 DC 값에 많은 영향을 미치기 때문인 것으로 추정된다. 그리고 Cox 방법은 Pepper 영상에 대해서는 워터마크를 추출할 수 있으나, Lena 영상에 대해서는 워터마크를 추출할 수 없음을 볼 수 있다. 특히 워터마크를 추출할 수 있는 경우에도 워터마크로 사용된 1,000번째 랜덤 신호의

의 다른 랜덤 신호에 대한 NC 값이 비교적 크기 때문에 워터마크를 안정하게 찾기는 쉽지 않으며 워터마킹된 영상에 대한 다중 공격에 취약할 것으로 예상할 수 있다.

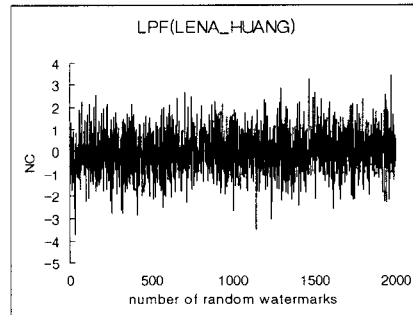
3.2.3 고역통과 필터링

3×3 크기의 고역통과 필터를 제안된 방법과 기존 방법들에 의해 생성한 워터마킹된 시험 영상에 대해 적용한 결과는 그림 8, 9와 같다.

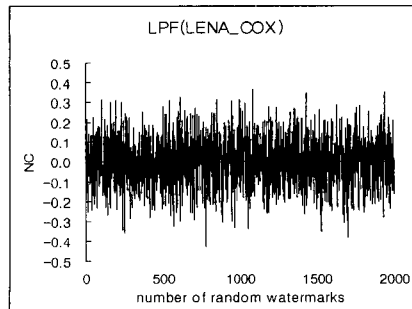
이 그림으로부터 제안된 POCS 방법은 모든 시험 영상에 대해 특히 고역통과 필터링에 대해 매우 우수한 견고성을 가지는 것을 볼 수 있다. 그러나 기존 Huang 방법은 모든 시험영상에 대해 고역통과 필터링에 대한 견고성이 매우 낮은 것을 알 수 있다. Cox 방법은 저역통과 필터링에서와는 달리 고역통과 필터링에 대해서는 비교적 높은 견고성을 가진다. 그러나 제안된 POCS 방법이 고역통과 필터링에 대해 약 10 정도의 NC 값을 가지는 것에 비해 기존 Cox 기법의 NC 값은 약 2.5로서, 저역통과 필터링에서와 마찬가지로 고역통과 필터링에 대해서도 제안된 POCS



(a) 제안된 방법

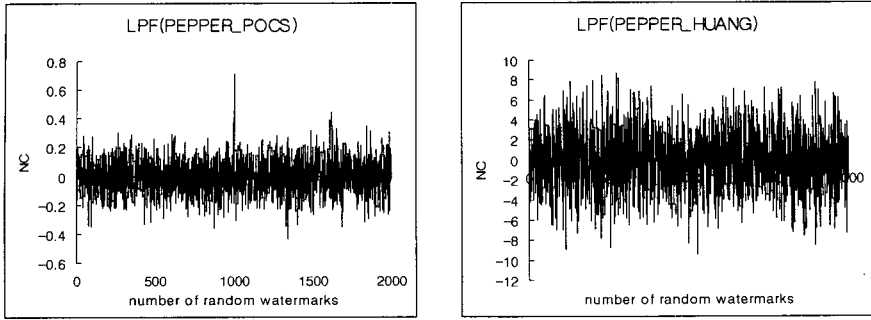


(b) Huang 방법



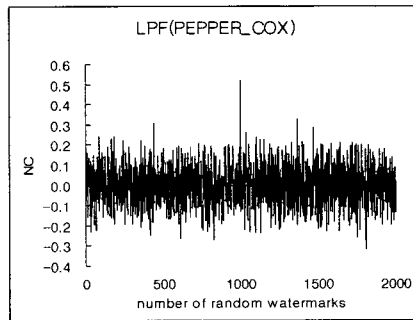
(c) Cox 방법

그림 6. 워터마킹된 Lena 영상에 대한 저역통과 필터 적용 결과



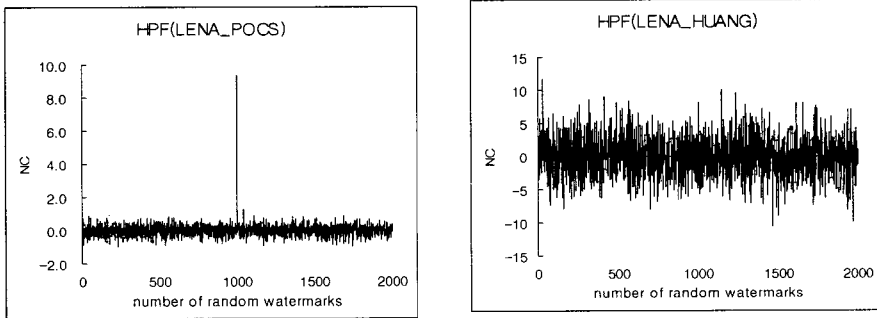
(a) 제안된 방법

(b) Huang 방법



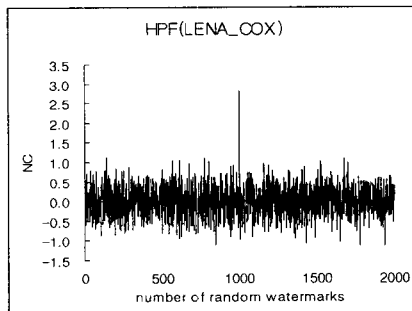
(c) Cox 방법

그림 7. 워터마킹된 Pepper 영상에 대한 저역통과 필터 적용 결과



(a) 제안된 방법

(b) Huang 방법



(c) Cox 방법

그림 8. 워터마킹된 Lena 영상에 대한 고역통과 필터 적용 결과

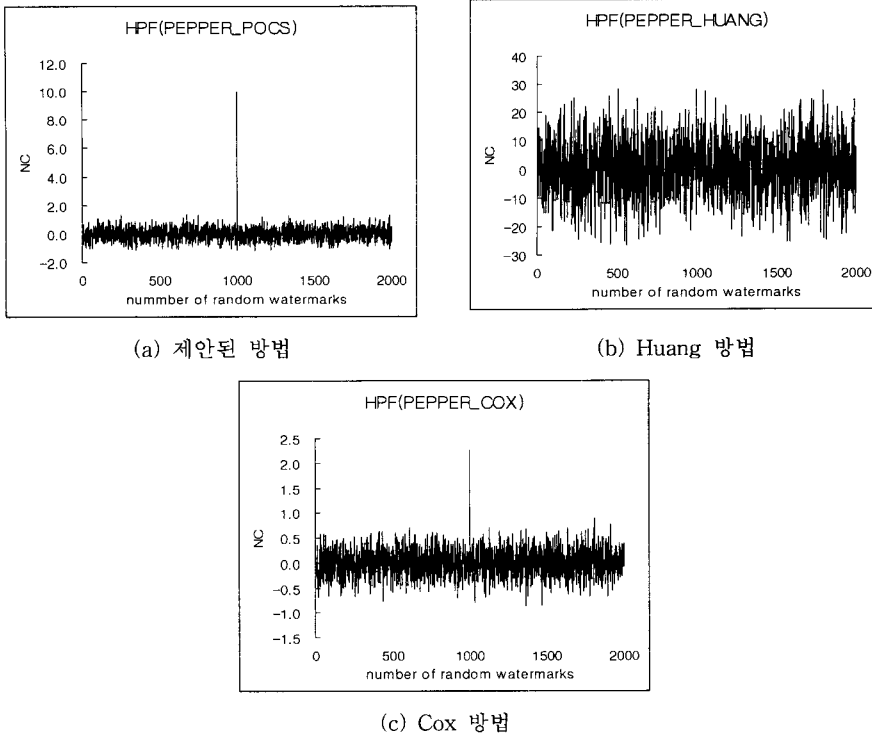


그림 9. 워터마킹된 Pepper 영상에 대한 고역통과 필터 적용 결과

방법은 기존 방법들에 비해 매우 우수함을 알 수 있다.

4. 결 론

본 논문에서는 POCS 이론을 이용한 새로운 워터마킹 방법을 제안하였다. 제안된 방법에서는 POCS 이론을 적용하여 변환 블록의 중간 주파수 영역에 워터마크를 삽입함으로써 다양한 영상 훼손에 대해 견고성을 갖도록 하였으며, 동시에 공간영역에서는 에지 또는 무늬 부분에 워터마크가 집중되도록 함으로써 워터마크의 인지가 거의 불가능하도록 하였다. 일반적으로 워터마크에 대한 가장 중요한 요구 조건인 비가시성과 견고성이 서로 상반되는 관계임을 고려할 때, 제안된 방법이 갖는 이러한 특징은 매우 큰 장점이라고 할 수 있다.

모의실험에서는 다양한 시험 영상들을 대상으로 JPEG, 저역통과 필터링, 고역통과 필터링 등 가장 일반적인 영상 훼손에 대한 제안된 방법의 효율성을 실험하였다. 그 결과 제안된 방법은 기존 방법들에

비해 워터마킹된 영상의 화질이 우수하였으며, 특히 JPEG 압축에 대해 월등히 뛰어난 견고성을 나타내었다. 그리고 필터링에 대해서도 제안된 방법은 기존 방법들에 비해 매우 우수한 워터마크 검출 특성을 나타내었다.

참 고 문 헌

- [1] G.C. Langelaar, I.Setyawan and R.L. Lagendijk, "Watermarking digital image and video data : A state-of-the-art overview," *IEEE Signal Processing Magazine*, Vol. 17, Issue.5, Sept. 2000.
- [2] M.D. Swanson, M. Kobayashi, and A.H. Tewfik, "Multimedia data-embedding and watermarking technologies," *Proc. of IEEE*, Vol.86, June 1998.
- [3] Yongyi Yang, Nikolas P. Galatsans and Aggelos k. katsaggelos, "Regularized Reconstruction to Reduce Blocking Artifacts of

Block Discrete Cosine Transform Compressed Images," *IEEE Trans. on Circuits and Systems for Video Technology*, Vol.3, No.6, Dec. 1993.

- [4] Homer H. Chen, M. R. Civanlar, and B. G. Haskell, "A Block Transform Coder For Arbitrarily Shaped image Segments", *Proc. of IEEE*, 1994
- [5] I.J. Cox, F.T. Leighton, and T. Shamoon, "Secure spread spectrum watermarking for multimedia," *IEEE Trans. on Image Processing*, Vol. 6, Dec. 1997.
- [6] J. Haung, Y.Q. Shi, and Y. Shi, "Embedding image watermarks in DC components," *IEEE Trans. on CSVT*, Vol.10, No.6, Dec. 2000.
- [7] P.H.W Wong, O.C. Au, and Y.M. Yeung, "Novel blind multiple watermarking technique for images," *IEEE Trans. On Circuits and Systems for Video Technology*, Vol. 13, No.6, Aug. 2003.
- [8] Gregory k. Wallace, "The JPEG Still Picture Compression Standard," *IEEE Trans. on Consumer Electronics*, Dec. 1991.



김희정

1996년 2월 부산외국어대학교 컴퓨터공학과(공학사)
 1999년 8월 부산외국어대학교 교육대학원 전산교육전공(교육학 석사)
 2004년 8월 부산외국어대학교 대학원 전자컴퓨터공학

과(공학박사)

관심분야: 영상 처리, 컴퓨터 애니메이션, 컴퓨터 그래픽



서용수

1975년 2월 경북대학교 전자공학과 졸업(공학사)
 1982년 2월 동아대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학석사)
 1992년 2월 경북대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학박사)
 1990년 3월~1991년 2월 일본 군마대학 전자공학과(외국인 연구자)

1994년 3월~현재 동서대학교 정보시스템공학부 부교수
 관심 분야: 영상처리, 패턴인식, Remote Sensing 등임.



김지홍

1986년 2월 경북대학교 전자공학과(공학사)
 1988년 2월 경북대학교 대학원 전자공학과(공학석사)
 1996년 8월 포항공과대학교 대학원 전자전기공학과(공학박사)

1988년 2월~1997년 2월 한국전자통신연구원 선임연구원
 1997년 3월~2002년 2월 부산외국어대학교 컴퓨터공학부 조교수
 2002년 3월~현재 동의대학교 영화영상·멀티미디어공학부 부교수
 관심분야: 영상통신, 컴퓨터그래픽스, 컴퓨터비전