

저작권 보호를 위한 임계값과 PN-Code를 이용한 웨이블릿 영역에서의 워터마킹 (Wavelet-Based Watermarking using Threshold Values and PN-Code for Copyright Protection)

정 옹 훈(Yong-Hoon Jung)¹⁾ 오 휘 빈(Whi-Vin Oh)²⁾ 최 영 규(Young-Kyoo Choi)³⁾
이 준 환(June-Hwan Lee)⁴⁾ 이 상 범(Sang-Burm Rhee)⁵⁾

요 약

본 논문에서는 저작권 보호를 위하여 임계값과 PN코드를 이용한 워터마킹 기법을 제안한다. 저작권을 보호하기 위하여 원 영상을 웨이블릿 변환하여 얻어진 웨이블릿(wavelet) 계수의 LSB(least significant bit)와 워터마크 영상을 동적 임계값을 적용하여 생성한 6장의 이진영상을 각 주파수 영역 HL1, LH1, HL2, LH2, HL3, LH3에 PN코드를 이용하여 좌표를 결정하고 XOR 연산을 하여 워터마크를 삽입한다. 화질 열화가 많은 저주파 영역과 손실압축에 약한 고주파 영역을 제외한 영역에 워터마크를 삽입하였다. 실험결과로써, 화질의 열화가 적은 워터마크 삽입영상을 얻을 수 있었으며, 강인하게 워터마크가 추출이 되었다.

ABSTRACT

This paper suggests that watermarking technique make use of Threshold Values and PN code for preservation of copyright. To protect copyright, six binary images that are generated by a Dynamic Threshold Value to LSB(least significant bit) of wavelet coefficient through wavelet conversion and watermark image use PN code to each frequency sphere-HL1, LH1, HL2, LH2, HL3, LH3, decide coordinates, operate XOR, and insert watermark. They put the sphere except from low frequency which has much image deterioration and high frequency which has weak loss compression in watermark. As an experimental result, we acquired watermark inserting image that has little image deterioration and extract watermark strongly.

1) 정회원 : 단국대학교 대학원 전자컴퓨터공학과 박사과정
2) 정회원 : 단국대학교 전기전자컴퓨터공학부 정보처리 석사과정
3) 정회원 : 극동대학교 정보통신학부 초빙교수
4) 정회원 : 극동대학교 정보통신학부 교수
5) 총신회원 : 단국대학교 전기전자컴퓨터공학부 교수

논문심사 : 2003. 7. 1.
심사완료 : 2003. 7. 16.

※ 본 연구는 2003학년도 단국대학교 대학연구비의 지원으로 연구되었음.

1. 서론

최근 인터넷 통신으로 인한 전자상거래의 폭이 확대되고 TV방송의 디지털화로 인하여 이미지, 비디오 및 음악 등 다양한 아날로그 콘텐츠들이 디지털 데이터의 형태로 바뀌고 있다. 이러한 디지털 데이터는 네트워크를 통한 분배나 편집 및 수정이 용이할 뿐만 아니라 데이터가 항구적이며 값싸고, 검색에 있어 편리한 장점들을 가지고 있다. 그러나, 디지털 데이터의 전송 및 처리는 많은 장점들을 가진 반면 동시에 심각한 문제점을 내포하고 있다. 저작권 침해 문제나 불법복제 및 배포, 원본 데이터의 위조나 변형 등이 바로 그러한 문제점들이다.

이러한 문제점들을 극복하기 위한 방안으로써 디지털 데이터의 저작권 보호와 인증에 대한 해결책이 연구 개발되고 있으며 최근 디지털 워터마킹 기법이 활발히 연구되고 있다.

디지털 워터마킹은 각종 멀티미디어 콘텐츠의 불법복제 및 배포, 위조 등 상업적 도용을 근절시키기 위한 목적으로, 저작권자의 고유정보를 콘텐츠에 삽입하고 차후 저작권 분쟁이 발생할 경우 삽입된 정보를 추출함으로써 저작권자의 소유권을 입증할 수 있는 방법인 디지털 콘텐츠 저작권 보호기술이다. 이 때 삽입된 저작권자의 고유정보를 워터마크(watermark)라고 한다.

이러한 워터마킹 기법은 워터마크를 삽입하는 과정에서 원본 데이터를 변형하게 되는데, 원본 데이터와 워터마킹된 데이터는 인간의 인지능력으로는 구분이 어려워야 하며, 삽입된 워터마크는 견고성이 유지되어야 한다.

2. 워터마킹의 방법

2.1 공간 영역에서의 워터마킹

영상 데이터의 워터마킹 방법은 크게 공간 영역과 주파수 영역에서 연구되어져 왔다. 공간영역

에서의 워터마킹 기법은 영상 이미지와 같은 데이터를 공간적 측면으로 분석하여 삽입하려는 정보를 공간상에 흩어 버려서 쉽게 구별을 할 수 없도록 하는 방법으로, 일반적으로 화면 화소 값(YIQ)에 미세한 변화를 워터마크로 사용하는 방법이다. 이 방법은 워터마크의 삽입은 쉽지만, 손실압축(loss compression)이나 필터링과 같은 일반적인 신호처리나 이미지 처리에서 워터마크의 견고성이 약해진다는 단점이 있다[1][2].

2.2 주파수 영역에서의 워터마킹

공간영역에 워터마킹을 하는 방법에 비해 많은 장점을 지닌 이 방법은 영상 데이터를 이산코사인 변환이나 이산웨이블릿 변환, 고속푸리에 변환등을 사용하여 주파수 공간으로 변환한 후 그 주파수 영역에 워터마크를 삽입하는 방법이다[1][2][3].

워터마크가 각종왜곡과 변형에 강인한 특성을 가지기 위해서는 시각적으로 중요한 주파수 대역인 저주파 대역에 워터마크를 삽입하여야 한다. 그러나 워터마크의 강인성만을 고려하여 저주파 성분에만 워터마크를 많이 삽입할 경우 영상의 화질이 급격히 저하될 우려가 있다. 반면 영상의 고주파 영역에 삽입된 워터마크의 경우 영상의 화질에는 별다른 피해를 주지는 않지만, 저주파 통과 필터나 손실압축을 할 경우 쉽게 제거될 수 있다는 문제점을 안고 있다[4][5].

Ingemar, J. Cox[4]가 제안한 대역확산을 이용한 워터마크 방법이 대표적인 주파수 영역에 워터마크를 삽입하는 방법이다. Cox는 원 영상 전체를 DCT/FFT 변환한 후 변환 계수 중 가장 큰 n 개의 계수에, 함수에 의한 순열을 삽입하는 방법을 제안하였다. Cox는 다음 식(1)을 사용하여 워터마크를 삽입하였다.

$$\begin{aligned} v'_k &= v_k + aw_k \\ v'_k &= v_k(1+aw_k) \\ v'_k &= vk(e^{awi}) \end{aligned} \quad \text{식(1)}$$

3. 웨이블릿 변환

인간의 시각구조는 다중해상도 특성을 지니고 있으며 영상처리에서 이와 유사한 특성을 지니고 있는 것이 바로 이산 웨이블릿 변환이다.

웨이블릿 변환 방법의 기본 개념은 임의의 함수를 시간-주파수 영역에서 동시에 국부성(locality)을 갖는 웨이블릿 기저 함수의 선형 결합으로 표현하는 것이다. 이산 웨이블릿 변환은 푸리에 변환과 같이 기저함수들의 집합에 의한 신호 분해로써 이해될 수 있다. 이 때 웨이블릿 변환에서 하나의 기저함수를 웨이블릿이라 부르며 웨이블릿은 하나의 대역통과필터이다. 푸리에 변환의 기저함수들과는 다르게 웨이블릿은 유한의 길이를 가지는 기저함수이므로 웨이블릿 변환은 모 함수(Mother Wavelet)라 불리는 원형의 웨이블릿의 수축과 팽창에 의해 얻어지는 웨이블릿들의 집합에 의해 구성된다. 그리고 웨이블릿 변환에서는 주파수라는 용어 대신 스케일(scale)이라는 용어를 사용하며, 하나의 웨이블릿을 통과한 신호를 스케일의 상세 신호(detail signal)라 한다[6].

웨이블릿의 기저 함수는 다음 식(2)와 같고, 식(3)은 직교 웨이블릿 변환 함수로 분석 필터 뱅크와 합성 필터 뱅크가 똑같은 웨이블릿 함수로부터 유도된다.

$$\Psi_{(s,t)}(x) = 2^{-s/2} \Psi(2^{-s}x-t) \quad \text{식(2)}$$

여기서 s는 웨이블릿 기저의 크기이고, t는 웨이블릿 기저의 위치이다.

$$WT = \int_{-\infty}^{\infty} f(x) \Psi_{(s,t)}(x) dx \quad \text{식(3)}$$

웨이블릿 변환은 기본함수로서 사인, 코사인 함수뿐만 아니라 좀 더 복잡한 웨이블릿 모 함수를 사용할 수 있고, 푸리에 변환에는 없는 공간에 대한 지역적인 특성을 가지고 있어서 물리적 상황에서 전체적인 특징뿐만 아니라 지역적인 특징까

지도 분석이 가능하다. 또한, 이미지에 대하여 다중해상도 분석이 가능하다. 즉, 웨이블릿 변환으로 나온 계수들은 이미지의 본래 해상도에 대하여 독립적인 정보를 제공한다.

| | | | |
|-----|-----|-----|-----|
| LL3 | HL3 | HL2 | HL1 |
| LH3 | HH3 | | |
| LH2 | | HH2 | |
| LH1 | | | HH1 |

[그림 1] 3-단계 웨이블릿 변환 구조
[Fig. 1] Structure of 3D-wavelet Transform

웨이블릿 변환을 2차원 영상에 적용하면 4개의 서로 다른 주파수 성분(LL,LH,HL,HH)으로 나누어진다. LL 대역의 영상은 원 영상에 비해 해상도가 반으로 줄어든 저주파 성분이고 LH, HL, HH는 각각 수평, 수직, 대각 성분에 대한 에지 성분을 가지고 있는 고주파 성분이다.

영상의 다중해상도 분해는 먼저 1-단계 웨이블릿 변환을 거친 LL대역을 다시 웨이블릿 변환함으로써 이루어진다. 이런 과정을 거쳐 다른 단계의 다중해상도 부 대역을 얻을 수 있다.

영상을 웨이블릿 변환을 하여 다중해상도로 분해하게 되면 입력신호는 서로 다른 해상도의 부 신호들과 부 신호의 에지(edge)정보를 갖는 세부 신호로 나누어진다. 이렇게 나누어진 신호는 서로 다른 주파수 특성을 갖고 이들 간에는 상관관계가 존재한다. 이러한 상관관계는 물체의 윤곽과 같은 영상의 특성을 결정짓는 정보에 해당되므로 압축에 의한 변형에 대해 영향이 적다. 또한 저대역 부밴드에서 생성된 웨이블릿 변환 영상은 원 영상보다 크기는 작지만 원영상이 가지는 대부분의 정보를 유지하고 있다.

4. 키 생성 방법

본 논문에서는 워터마크가 원본 영상에 삽입되는 위치를 정하기 위해 PN-Code(Pseudo Random Noise Code)를 사용하였다.

의사 잡음 코드는 난수를 발생시켜 임의의 값을 얻어내는 방식으로써 0과 1사이의 값을 발생시켜 워터마크가 삽입될 좌표를 만들기 위해 0에서 (N/2)-1 사이의 값으로 식(4)를 이용하여 정규화하였다.

$$P_n = (\frac{N}{2} - 1) \times N_u / MN_u \quad \text{식(4)}$$

여기서 P_n는 워터마크가 삽입될 좌표이고 N은 워터마크가 삽입될 원본 영상 N by N에서 N이고 N_u는 발생된 난수 값이며 MN_u는 발생된 난수 값중 가장 큰 값을 말한다. 식 (4)를 두 번 반복 적용하면 식 (5)와 같이 I_p(x,y) 좌표를 구할 수 있다.

$$I_p(x) = I_p(x') (0 \leq x, x' < \frac{N}{2})$$

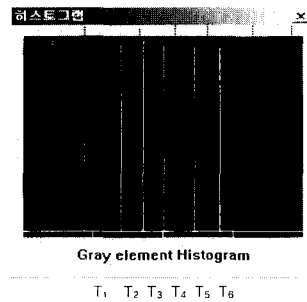
$$I_p(y) = I_p(y') (0 \leq y, y' < \frac{N}{2}) \quad \text{식(5)}$$

본 논문에서는 X좌표를 구할 때 발생시킨 난수 값(seed)으로 k를 사용하였으며 y좌표를 구할 때 발생시킨 난수 값은 seed에 n을 더해준 k+n을 사용하였다. 워터마크 추출시 워터마크 된 영상에서 워터마크가 삽입된 좌표는 앞에서 사용한 seed값을 이용하여 쉽게 구할 수 있다.

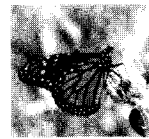
5. 제안한 워터마크 삽입 알고리즘

본 논문에서는 워터마크로 사용될 이미지를 동적 양자화 방법을 적용하여 이진화 시킨다. 기존의 이진영상을 얻는 방법은 히스토그램 정보를 사용하여 하는 방법이었지만, 워터마크로 사용될 이미지의 가시성 향상을 위하여 본 논문에서는 동적 양자화 방법을 사용하였다. 동적 양자화 방법은 이미지 밝기에 따라서 양자화 계수를 사용하여 양자화 시키기 때문에 워터마크 추출시 이미지의 가시성이 높아진다.

워터마크로 사용될 이미지는 64*64의 해상도를 갖으며, 본 논문에서 사용되는 영상은 256(0-255)의 명암값 분포를 갖는 Gray영상이다.



[그림 2] 히스토그램 정보
[Fig. 2] Histogram Information



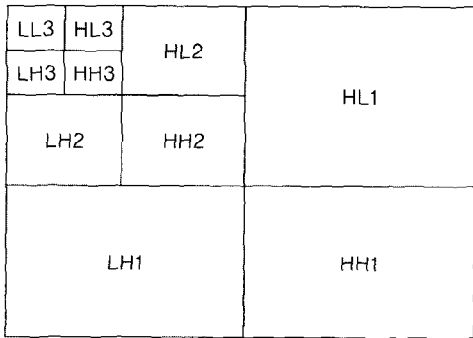
[그림 2-1] 워터마크로 사용될 이미지
[Fig. 2-1] Watermarking Image

[그림 2]에서와 같이 6개의 임계값 정보를 이용하여 0과 1의 값을 갖는 6장의 이진 영상을 생성한다.

각 임계값 T₁, T₂, T₃, T₄, T₅, T₆를 구간으로 하여 6장의 영상 V₁, V₂, V₃, V₄, V₅, V₆를 생성한다.

워터마크 영상의 명암값이 T_1 보다 크면 '1', 작으면 '0' 을 적용하여 첫 번째 영상 V_1 을 생성한다. 두 번째 이진영상은 워터마크의 영상이 T_2 보다 크면 '1', 작으면 '0' 을 적용하여 생성한다. 세 번째 영상은 T_3 보다 크면 '1', 작으면 '0' 을 적용하여 생성한다. 네 번째, 다섯 번째, 여섯 번째 영상도 똑같이 적용하여 생성한다.

웨이블릿 영역에서 저주파 영역(LL3)의 워터마크 삽입은 화질의 열화가 심하다. 또한 고주파 영역(HH1, HH2, HH3)의 삽입은 워터마크가 손실압축과 이미지 처리 과정에서 파괴되기 쉽다. 따라서 본 논문에서는 저주파 영역인 LL3와 HH1, HH2, HH3를 제외한 HL1, LH1, LH2, LH3, HL3영역에 웨이블릿 변환하여 얻어진 계수의 LSB(least Significant Bit)와 위의 이진영상을 PN-Code를 적용하여 좌표를 결정한 후 이진영상들과 XOR 하여 삽입한다.



[그림 3] 워터마크 삽입영역
[Fig. 3] Watermarking Sphere

[그림 3]처럼 원영상을 웨이블릿 변환을 한 후, 각 영역에 워터마킹을 삽입한다.

6장의 이진영상 중 V_1 을 LH1영역에 삽입하고, V_2 를 HL1영역에 삽입하며, V_3 를 LH2영역에 삽입, V_4 를 HL2에 삽입한다. 또한, V_5 를 LH3에 삽입, V_6 를 HL3에 삽입한다.

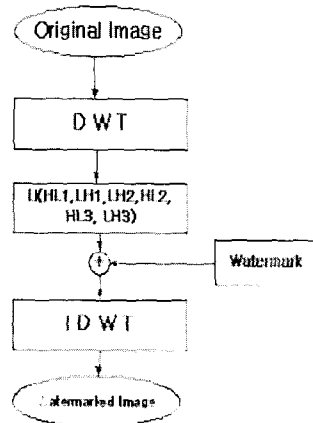
$$W_k(i,j) = U_k(i,j) \oplus V_k(i,j) \quad \text{식(6)}$$

식(6)과 같이 원영상을 웨이블릿 변환하여 얻은 계수 $U(i,j)$ 와 워터마크 $V(i,j)$ 를 XOR하여 워터마크가 삽입된 영상 $W(i,j)$ 를 생성한다.

6. 워터마크 추출

워터마크 추출은 식(7)과 같이 워터마크가 삽입된 영상의 웨이블릿 변환 계수값 $W_k(i,j)$ 과 원영상의 계수값 $U_k(i,j)$ 을 XOR하여 추출한다.

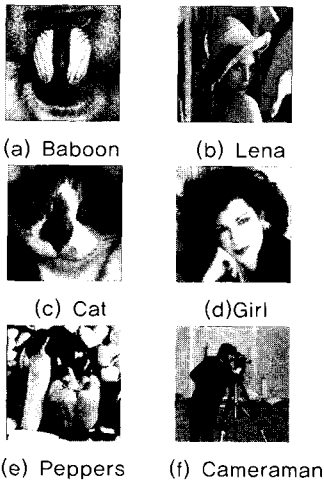
$$V'_k = W_k(i,j) \oplus U_k(i,j) \quad \text{식(7)}$$



[그림 4] 워터마크 알고리즘
[Fig. 4] Watermarking Algorithm

7. 실험결과

워터마크를 삽입할 원 영상으로써 512*512의 해상도를 갖는 영상을 사용하였다.



워터마크 삽입에 의한 화질 저하를 비교하기 위해 PSNR(Peak Signal to Noise Ratio)을 사용하였다. 식은 다음과 같다.

$$MSE = \frac{\sum [f(i, j) - F(i, j)]^2}{N^2} \quad \text{식(8)}$$

$$PSNR = 20 \log_{10} \left(\frac{255}{MSE} \right) \quad \text{식(9)}$$

〈표 1〉 PSNR 실험결과값
〈Table 1〉 PSNR Result Values

| Image | PSNR(dB) |
|-----------|----------|
| CAT | 44.15 |
| LENA | 46.45 |
| GIRL | 43.34 |
| BABOON | 45.89 |
| Peppers | 44.56 |
| Cameraman | 46.98 |

실험 결과로 보아 영상들의 PSNR의 수치가 40 이상으로써 화질이 양호한 것으로 나타났다.

또한, 원 워터마크와 추출된 워터마크 사이의 객관적인 유사성 측정을 위하여 정규화된 상관계수(normalized correlation)를 사용하여 나타내었다.

W'는 원영상에서 추출한 워터마크를 W는 원래 삽입된 워터마크이다. 식은 다음과 같다.

$$correlation = \frac{\sum (W * W_i)}{\sum (W_i * W_i)} \quad \text{식(10)}$$

여러 이미지 처리 기법에 의한 공격에 대한 워터마크의 강인성 실험을 위해서 상관계수를 사용하였다.



(a) 워터마크 삽입영상 (b) 추출된 워터마크

실험결과로써 〈표 2〉와 같은 결과값이 나왔다.

〈표 2〉 실험결과값
〈Table 2〉 Result Values

| 강인성 실험 | JPEG 압축 | 밝게 처리 | 어둡게 처리 | Blur | 히스토그램 평활화 |
|------------|---------|-------|--------|-------|-----------|
| CAT | 69.05 | 87.42 | 87.13 | 86.52 | 71.66 |
| LENA | 70.89 | 88.23 | 88.55 | 87.01 | 72.71 |
| GIRL | 68.56 | 88.09 | 88.22 | 85.63 | 69.58 |
| BABOON | 65.45 | 87.25 | 87.72 | 86.25 | 68.22 |
| Peppers | 64.23 | 86.12 | 86.57 | 84.96 | 67.46 |
| Camera man | 66.98 | 88.19 | 87.76 | 85.36 | 68.25 |

8. 결론

본 논문에서는 디지털 영상의 저작권 보호를 위해 워터마크로 사용할 Gray영상을 이진영상으로 바꾸어, PN-Code를 이용하여 각 영역에 삽입하였다. 기존의 방법과는 달리 화질의 열화가 심한 저주파 영역과 압축 영역에 약한 고주파 영역을 제외한 영역에 삽입하였으며, PN-Code를 사용하였으므로, 제 3자가 워터마크를 쉽게 추출할 수 없도록 하였다.

실험 결과 JPEG압축이나 여러 이미지 처리 기법에 의한 공격에도 강인하게 워터마크가 추출되었다. 향후 연구과제는 여러 웨이블릿 방법을 사용하여 워터마크에 가장 적합한 웨이블릿을 연구하는 것과 정지영상뿐만 아니라 압축 동영상에서도 적용할 수 있는 방법에 대한 연구가 필요하다.

※ 참고문헌

- [1] 민준영, "적응형 영상 워터마킹 알고리즘 개발", 한국정보처리학회 논문지, 제 6권, 제 4호, 1999.
- [2] 조정석, 최종욱, "전자상거래에서 디지털 콘텐츠 저작권 보호를 위한 데이터 은닉과 디지털 워터마킹 기술", 정보처리학회지, Vol.6, No.6, 1999.
- [3] X. G. Xia, C. G. Boncelet, G. R. Arce, "A Multiresolution Watermark for Digital Images, " IEEE Int. Conf. on Image Processing , Vol.1, pp.548-551, 1997.
- [4] I.J.Cox J.Kilian, T.Leighto and T. Shammoon, "Secure Spread Spectrum Watermarking for Multimedia," IEEE Trans. on Image Processing, vol. 6, no. 12, pp. 1673-1687, December 1997.
- [5] 원치선, "디지털 영상의 저작권 보호," 정보과학회지 제 15권 제 12호, pp.22-27 1997.
- [6] 박정빈, 정성환, "이산 웨이블릿 변환을 이용한 칼라 영상 정보 보호 시스템 구현," 한국 정보처리학회, 춘계학술발표논문집, 제 6권, 제1호, pp.1336-1339, 1999.
- [7] H.Berghel, "Protection Owner Ship Rights through Digital Watermarking," IEEE Computer Magazine, pp. 101-103, July 1996.
- [8] M.Kutter, F.Jordan and F.Bosson, "Digital Signature of Color Images using Amplitude Modulation," Proc. of SPIE, vol. 3022, pp. 518-526, 1997.
- [9] I.J.Cox, and M.L.Miller, "A Review of Watermarking and the Impotance of Perceptual Modeling," Proc. of SPIE Conf. on Human Vision and Electronic Imaging II, vol. 3016, pp. 92-99, February 1997.
- [10] M.Barni, "Image Watermarking of Secure Transmission over Public Networks," Proc. of COST 254 Workshop on Emerging Techniques for Communication Terminals, Toulouse, France, pp. 290-294, July 1997.

정 용 훈



1989.3 : 대신고등학교 입학
 1992.2 : 대신고등학교 졸업
 1994.3 : 수원대학교 전자계산
 학과 입학
 1998.2 : 수원대학교 전자계산
 학과 졸업
 1998.8 : 아주대학교 산업대학
 원 컴퓨터공학과 입학
 2000.8 : 아주대학교 산업대학
 원 컴퓨터공학과 졸업
 2000.8 : 단국대학교 일반대학
 원 전자컴퓨터공학과
 박사과정 입학
 2003.8 : 단국대학교 일반대학
 원 전자컴퓨터 공학과
 박사수료예정

이 준 환



2001년 08월 단국대학교 대
 학원 전자공학과(공
 학박사)
 2001년 03월 ~ 현재 극동대학
 교 정보통신학부 교수
 2002년 02월 ~ 현재 극동대학
 교 정보통신학부 전자
 계산소장
 2003년 02월 ~ 현재 극동대
 학교 정보통신학부
 학부장
 주관심 분야 : 음성처리, 영상
 처리, 디지털 신호처리,
 디지털회로설계

오 휘 빈



98년도 : 광문고교 졸업
 2003년도 : 단국대학교 전자
 컴퓨터 공학부 졸업(공
 학사)
 2003년 ~ 단국대학교 전자컴퓨
 터 공학부 정보처리 석
 사과정
 현재 단국대학교 대학원 전자컴
 퓨터공학부
 연구분야 : 워터마킹, 영상처리

이 상 범



현재 : 단국대학교 전기전자컴
 퓨터 공학부 교수
 연구분야 : 음성 및 영상처리

최 영 규



현재 : 극동대학교 정보통신학
 부 초빙 교수
 연구분야 : 패턴인식, 인공지
 능, 멀티미디어 응용