

논문 2012-49SP-2-12

스테고 잡음 확대를 위한 영상 분해와 동시 발생 확률에 기반한 스테그분석

(Steganalysis Based on Image Decomposition for Stego Noise
Expansion and Co-occurrence Probability)

박 태 희*, 김 재 호**, 엄 일 규**

(Tae Hee Park, Jae Ho Kim, and Il Kyu Eom)

요 약

본 논문은 커버 영상으로부터 스테고 영상의 검출율을 높이기 위한 개선된 스테그분석 기법을 제안한다. 스테그분석에서 스테고 영상의 검출율을 높이려면 데이터 은닉에 의해 야기되는 작은 변화가 증폭되어야 한다. 이를 위해 본 논문에서는 두 단계의 방법을 통해 커버 영상과 스테고 영상의 특징 벡터를 추출한다. 먼저 스테고 잡음을 두배 이상 확대하기 위해 주어진 영상을 상위 4비트와 하위 4비트로 각각 분해한다. 각 분해된 영상에 대하여 3-레벨 Haar 웨이블릿 변환을 통해 총 12개의 부밴드를 생성하고, 생성된 부밴드에 대하여 동일 스케일 상에서 다른 부밴드 계수간의 동시발생 확률을 구한다. 웨이블릿 영역에서 부 밴드간 계수의 동시발생 확률은 데이터 은닉에 의해 상관성에 영향을 받게 되므로 커버 및 스테고 영상을 구분하기 위한 특징으로 사용될 수 있다. 본 논문에서는 동시발생 확률의 특성함수에 대한 모멘트를 구하여 특징 벡터로 사용한다. 추출된 특징 벡터는 신경망회로망 분류기를 사용하여 커버 영상과 스테고 영상을 학습하고 판별한다. 제안 방법의 성능 평가를 위해 S-tool에 의한 LSB 및 COX의 SS, F5 임베딩 방법에 의한 다양한 삽입률의 스테고 영상을 사용하였으며, 실험 결과 제안한 기법은 기존의 기법에 비해 비밀 메시지 삽입 유무의 검출율을 향상시킬 뿐만 아니라 판별의 정확도가 높음을 확인할 수 있었다.

Abstract

This paper proposes an improved image steganalysis scheme to raise the detection rate of stego images out of cover images. To improve the detection rate of stego image in the steganalysis, tiny variation caused by data hiding should be amplified. For this, we extract feature vectors of cover image and stego image by two steps. First, we separate image into upper 4 bit subimage and lower 4 bit subimage. As a result, stego noise is expanded more than two times. We decompose separated subimages into twelve subbands by applying 3-level Haar wavelet transform and calculate co-occurrence probabilities of two different subbands in the same scale. Since co-occurrence probability of the two wavelet subbands is affected by data hiding, it can be used as a feature to differentiate cover images and stego images. The extracted feature vectors are used as the input to the multilayer perceptron(MLP) classifier to distinguish between cover and stego images. We test the performance of the proposed scheme over various embedding rates by the LSB, S-tool, COX's SS, and F5 embedding method. The proposed scheme outperforms the previous schemes in detection rate to existence of hidden message as well as exactness of discrimination.

Keywords : steganalysis, wavelet transform, statistical moment, characteristic function, MLP, co-occurrence matrix

* 정회원, 동명대학교 메카트로닉스공학과
(Dept. Mechatronics Eng., TongMyong University)

** 정회원, 부산대학교 전자전기공학부
(School of Electrical Eng., Pusan National University)

※ 이 논문은 2010년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임
(No. 2010-0011809)

접수일자: 2011년8월26일, 수정완료일: 2011년12월6일

I. 서 론

네트워크 및 멀티미디어 기술이 발달함에 따라 인터넷을 통해 비밀 메시지를 전달하는 사례가 증가하고 있다. 비밀 메시지는 사람의 눈과 귀로는 메시지를 삽입하기 전과 후의 차이를 거의 감지할 수 없도록 다양한 스테가노그래피(steganography) 기술을 사용하여 은닉된다. 은닉 정보는 디지털 커버 매체인 텍스트, 오디오, 영상, 비디오 파일에 숨길 수 있다.^[1~4] 그러나 이것이 정보의 저작권이나 국가의 기밀 정보를 보호하는 등 긍정적인 목적으로 사용되지 않고 테러나 회사의 기밀 정보 유출 등 부정적인 목적으로 사용된다면 그 피해는 매우 심각하다. 따라서 이러한 스테가노그래피의 위험성에 대응하기 위해 비밀 메시지를 판독하거나 비밀 통신 자체를 무산시키는 스테그분석(steganalysis)에 관한 기술이 연구되고 있다.^[5]

스테그분석은 주어진 정보로부터 비밀 메시지의 존재를 감지하는 것이 목적이다. 이는 숨겨진 비밀 메시지가 사람의 눈이나 귀에는 쉽게 감지되지 않을지라도 인접 화소와 블록 간의 상관도나 히스토그램의 분포 등 통계적인 분포에는 차이가 있다는 원리를 이용한 것이다.^[6~7] 따라서 그림 1과 같이 커버 및 스테고 영상으로부터 이들의 차이를 구분할 수 있는 통계적인 특징(feature)을 추출하고 스테고 영상의 검출율을 높일 수 있는 분류기(classifier)를 선택하고 설계하기 위한 다양한 연구가 계속되고 있다.

스테그분석에 관한 연구로서 Avcibas 등은 평균자승에러, 상관관계적도 등 10가지 영상 품질 척도(IQM: Image Quality Measure)를 이용하여 통계적인 특징을 추출하고 다변수 회귀분석을 사용하여 커버 영상과 비밀 메시지가 포함된 스테고 영상을 구분하였다.^[8] Farid 등은 영상을 다해상도로 분해했을 때 비밀 메시지를 삽입함으로써 부대역 계수의 확률밀도함수(PDF: Probability Density Function)가 영향을 받는다는 사실을 이용하여 3-레벨의 QMF(Quadrature Mirror Filters)를 사용하여 영상을 분해하고, 부밴드의 히스토그램으로부터 39차의 통계적인 특징을 추출하였다. 또한 검출의 정확도를 높이기 위해 최적화된 선형 예측기로부터 각 부밴드의 추정된 계수값과 계수의 로그값들의 오차에 대해 39차 PDF 모멘트를 추가적으로 계산하였다.^[9]

반면 Xuan 등은 데이터 은닉은 웨이블릿 부밴드의

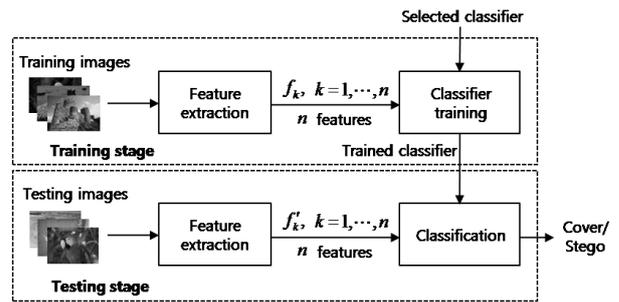


그림 1. 스테그분석의 전형적인 모델
Fig. 1. Typical model of Steganalysis.

확률밀도함수에 비해 히스토그램 특성함수(HCF: Histogram Characteristic Function)에 더 민감하다는 사실을 증명하고 CF(Characteristic Function) 모멘트에 기반한 스테그분석 방법을 제안하였다. 이들은 3-레벨 Haar 웨이블릿 변환을 사용하여 영상을 분해하고 원 영상 및 각 부밴드의 계수에 대해 총 39차 CF 모멘트를 계산하였다.^[10~11] 그리고 커버 영상으로부터 테고 영상을 구분하기 위해 베이시안(Bayesian) 분류기를 사용하였다.

최근 Mehrabi 등은 시각적인 차이를 감지할 수 없도록 비밀 메시지가 주로 영상의 하위 비트에 추가된다는 사실에 기반하여 영상의 MSB를 제거한 후 Xuan의 방법을 사용하여 39차 CF 모멘트를 추출하고 SVM(Support Vector Machine) 분류기를 사용하였다.^[12]

본 논문에서는 커버 영상으로부터 스테고 영상의 검출 성능을 높이기 위해 데이터 은닉에 의해 야기되는 작은 변화를 확대하는 스테그분석 방법을 제안한다. 먼저 스테고 잡음을 2배 이상 확대하기 위해 주어진 8비트 영상을 상위 4비트와 하위 4비트로 분해한다. 그리고 스테고 잡음이 확대된 각 4비트의 부영상을 웨이블릿 변환하고 동시발생 확률을 이용하여 동일 스케일 상에서 서로 다른 웨이블릿 부밴드간의 관계를 살펴본다. 그리고 이의 특성함수로부터 총 108차 CF 모멘트를 추출한다. 추출된 특징 벡터는 다층 퍼셉트론 신경망(MLP: Multilayer Perceptron) 분류기에 입력되어 커버 영상과 스테고 영상을 분류하기 위해 학습된다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. II장에서는 스테고 잡음 확대 방법에 관해 살펴보고, 웨이블릿 영역에서 동일 스케일의 부밴드 계수간 동시발생 확률의 성질에 대해 살펴본 후 본 논문에서 제안한 스테고분석 방법을 설명한다. III장에서는 실험을 통해 제안 기법의 성능을 확인하고, IV장에서는 결론을 맺는다.

II. 제안 방법

커버 영상에 비밀 메시지를 삽입하면 커버 영상의 통계적인 특성이 변하게 된다. 이때 메시지 삽입에 따른 작은 변화에도 민감한 특징을 추출할수록 스테고 영상에 검출율은 높아지게 된다. 본 논문에서는 커버 영상의 작은 통계적 변화를 확대하기 위해 8비트 영상을 상위 4비트 부영상과 하위 4비트 부영상으로 분해한다. 또한 동시발생 확률을 이용하여 동일 스케일 상에서 웨이블릿 부대역간의 변화를 관찰하고 이의 특성함수로부터 특징 벡터로 추출하여 분류기의 입력으로 하는 스테그분석 방법을 제안한다.

2.1 스테고 잡음의 확대를 위한 영상의 분해

그림 2는 CorelDraw 데이터베이스^[13] 중 한 개의 커버 영상과 이에 대해 S-tool 스테가노그래피 방법에 의해 0.3bpp의 비트율을 갖도록 비밀 메시지를 삽입한 LSB 스테고 영상을 보인 것이다. 두 영상을 비교해 볼 때 커버 영상과 스테고 영상을 시각적으로 구분하는 것은 쉽지 않다. 그러나 자연 영상은 일반적으로 인접 화소 또는 화소 내 인접 비트간 높은 상관도를 가진다. 데이터 은닉은 이러한 상관도를 감소시킬 수 있으며, 일반적으로 은닉되는 비밀 메시지는 영상의 내용에 독립이므로 데이터 은닉에 따른 작은 변화를 크게 확대함으로써 스테고 분석의 성능을 향상시킬 수 있다.

이를 위해 본 논문에서는 커버 영상으로부터 스테고 영상을 구분하기 위한 특징 벡터를 구하는 전단계로서 그림 3과 같이 8비트 영상을 상위 4비트 및 하위 4비트 부영상으로 분해한다. 커버 영상에 삽입되는 비밀 메시지는 가산 잡음으로 모델링할 수 있다^[14]. 따라서 8비트 커버 영상을 I_c , 삽입된 비밀 메시지의 가산 잡음 신호를 N 이라 하면 스테고 영상 I_s 는 다음과 같이 표현



(a) cover image (b) stego image

그림 2. 커버 영상 및 0.3bpp의 LSB 스테고 영상
Fig. 2. cover and LSB stego image of 0.3bpp.

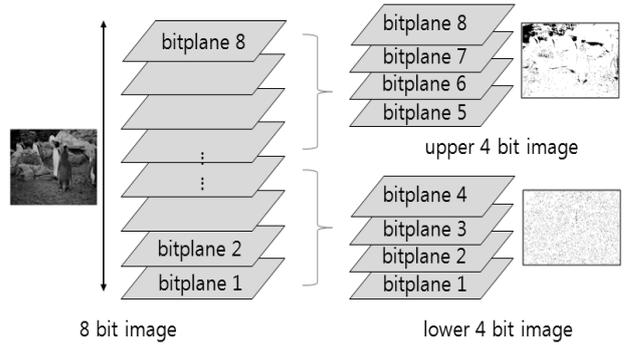


그림 3. 8비트 영상의 비트 분해
Fig. 3. The bit separation of 8 bit image.

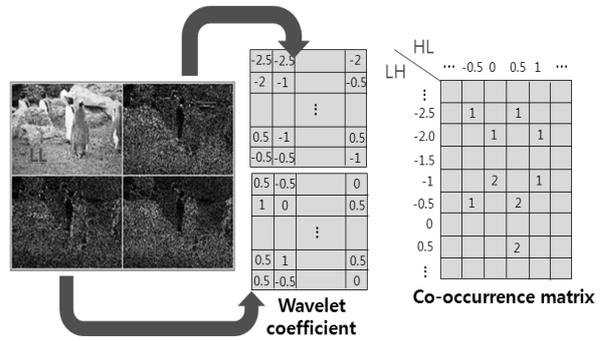


그림 4. 웨이블릿 부밴드(LH-HL)간 동시 발생 확률
Fig. 4. Cooccurrence matrix between wavelet subbands (LH-HL).

할 수 있다. 즉,

$$I_s = I_c + N. \tag{1}$$

이때 스테고 영상 I_s 를 상위 4비트 및 하위 4비트로 분해하고 분해된 각 부영상을 $I_{s_{upper}}$, $I_{s_{lower}}$ 라 하면 각각의 분산은 각각 다음과 같다.

$$var(I_{s_{upper}}) \approx 2var(N), \tag{2}$$

$$var(I_{s_{lower}}) \approx 2var(N). \tag{3}$$

이로부터 비트 분해된 영상은 분해되기 전의 스테고 잡음에 비해 약 두 배가 크며, 이는 비트 분해로 인해 커버 영상과 스테고 영상을 구분할 수 있는 통계적인 특징의 차가 더 뚜렷해짐을 의미한다. 따라서 커버와 스테고 영상을 구분하기 위한 첫 단계로서 비트 분해는 스테그분석의 성능을 높히는데 효과적임을 알 수 있다.

2.2 웨이블릿 부밴드 계수의 동시발생 확률

웨이블릿 계수는 스케일과 통계적으로는 의존성을

가지나 비밀 메시지를 삽입함으로써 이러한 의존성은 감소된다.^[16] 웨이블릿 영역에서 부밴드간 동시발생 확률(co-occurrence)은 부밴드간의 특정 공간에서 웨이블릿 계수의 천이 확률(transition probability)을 나타내며 2차 통계적 특성으로 간주할 수 있다. 스테가노그래피는 주로 1차 통계적 특성이 유지되도록 메시지를 삽입하므로 동시발생 확률에 의한 천이 확률은 비밀 메시지의 삽입에 민감하다^[17].

따라서 본 논문에서는 스테고 잡음이 확대된 비트 분해된 각 부영상에 대해 웨이블릿 변환을 수행하고, 동일 스케일 상의 부밴드 계수간의 동시 발생 확률을 구한다. 그림 4는 1-레벨 웨이블릿 변환시 부밴드 LH와 HL의 동시 발생 확률의 예를 보인 것이다.

'본 논문에서 제안한 특징 추출의 성능을 살펴보기 위하여 임의의 커버 영상과 스테고 영상에 대해 1-레벨 웨이블릿 변환 후 LH와 HL 부밴드간의 동시발생 확률에 대하여 2차원 이산 푸리에 변환을 수행한 후 특성 함수를 관찰하면 그림 5와 같다. 그림 5에서 왼쪽과 오른쪽은 각각 상위 4비트 영상과 하위 4비트 영상의 동시발생 확률에 대한 특성 함수를 나타낸다.

그림 5에서 알 수 있는 바와 같이 상위 4비트 부영상과 하위 4비트 부영상 모두에 있어서 커버 영상과 스테고 영상의 특성 함수는 뚜렷한 차이를 보임을 확인할 수 있다. 즉 커버 영상의 경우 특성 함수의 값은 저주파에 집중되어 있는 반면, 스테고 영상의 경우 고주파 부

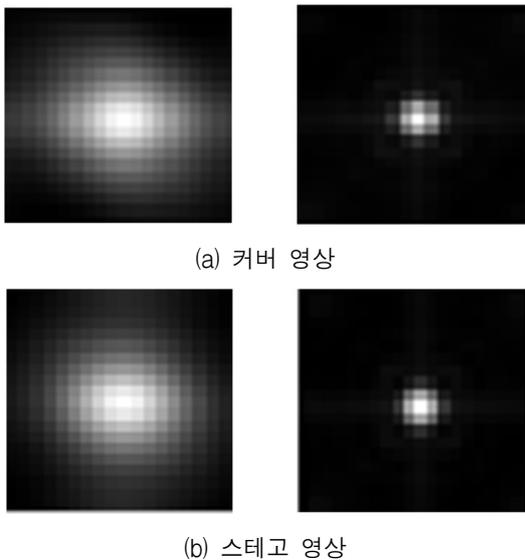


그림 5. LH-HL 부밴드간 동시발생 확률의 특성함수
Fig. 5. Characteristic Function of co-occurrence matrix between LH and HL wavelet subband.

분으로 퍼져 있음을 알 수 있다. 이는 커버 영상에 비밀 메시지를 삽입함으로써 부밴드간의 상관관계가 상당히 감소되었음을 의미한다.

본 논문에서는 이러한 특성 함수의 통계적 특징을 계산하기 위해 동시 발생확률의 특성 함수에 대한 1~3차 특징 모멘트를 다음과 같이 추출하였다.

$$M_n^A = \sum_{k,l=0}^{L_C-1} (k+l)^n |C(k,l)| / \sum_{k,l=0}^{L_C-1} |C(k,l)|, \quad (4)$$

여기서 n 은 모멘트의 차수이며, $C(k,l)$ 는 부밴드간 동시발생 확률의 특성 함수, L_C 는 동시발생 확률의 길이를 의미한다.

결론적으로 본 논문에서는 주어진 영상에 대해 상위 4비트와 하위 4비트 부영상으로 분해하고, 각 부영상에 대해 3-레벨 웨이블릿 변환을 한 후 동일 스케일 상의 6개의 서로 다른 웨이블릿 부밴드의 계수간 동시 발생 확률을 계산한다. 그리고 각 동시 발생 확률의 특성 함수

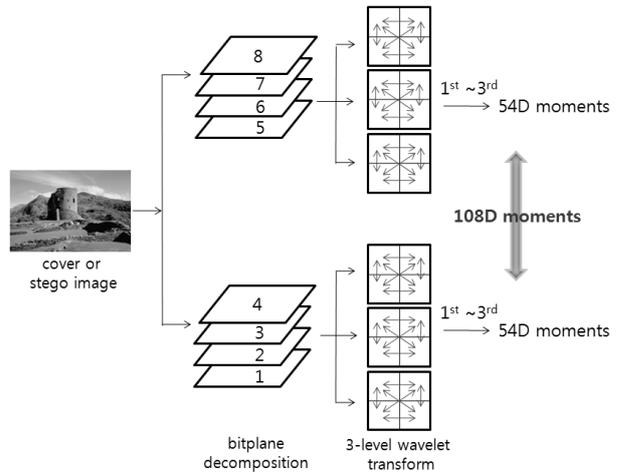


그림 6. 본 논문에서 제안한 스테그분석의 흐름도
Fig. 6. Flowchart of proposed steganalysis scheme.



그림 7. CorelDraw 데이터베이스 영상 표본
Fig. 7. Sample images from the CorelDraw Database.

표 1. 기존의 스테그분석 방법과의 성능 비교(단위 : %)

Table 1. Detection rate comparison of previous works and proposed method.

삽입 방법	steganalysis 방법 비트율	Xuan's method			Farid's method			Mehrabi's method			Proposed method		
		TP	TN	T	TP	TN	T	TP	TN	T	TP	TN	T
LSB	0.1	17.0	87.5	52.3	61.0	78.0	69.5	38	87	62.5	74.5	86.0	80.5
	0.3	34.5	84.0	59.3	62.5	95.5	79.0	62.0	78.5	70.3	92.5	92.0	92.3
	0.5	50.5	76.0	63.3	77.5	92.5	85.0	62.5	88.0	75.3	94.5	96.5	95.5
SS	0.1	85.0	84.0	84.5	72.5	80.0	76.3	73.5	82.5	78.0	92.5	90.0	91.3
	0.3	82.5	94.0	88.3	73.0	77.5	75.3	70.5	79.0	74.8	96.0	94.0	95.0
	0.5	88.5	82.0	85.3	74.5	82.5	78.5	71.0	83.0	77.0	95.0	96.0	95.5
F5	80×80	98.0	98.0	98.0	99.0	100	99.8	97.0	95.5	96.3	90.5	97.0	93.8

수로부터 첫 3차 조인트 모멘트, 즉 M_1^A , M_2^A , M_3^A 를 계산하여 총 108차 특징 벡터를 추출한다. 그림 7은 본 논문에서 제안한 스테그분석 기법의 흐름도를 보인 것이다.

III. 실험 및 결과

본 논문에서는 제안한 스테그분석 기법의 성능을 평가하기 위해 그림 7과 같이 일반적으로 많이 사용되고 있는 CorelDraw 데이터베이스를 이용하였다. 데이터베이스 영상은 인물, 동식물, 풍경, 건물 등 1096개의 512×768과 768×512의 다양한 영상으로 구성된다.

본 논문에서는 이 중 1000개의 데이터베이스 영상에 대해 S-tool을 이용한 LSB 방법^[18]과 COX의 SS 임베딩 방법^[19]을 사용하여 0.1bpp, 0.3bpp, 그리고 0.5bpp의 삽입률을 갖는 bmp 포맷의 스테고 영상을 만들었다 [16-18]. 또한 Westgeld의 F5 임베딩 방법^[20]을 사용하여 80×80 영상을 커버 영상에 삽입함으로써 삽입률 0.13bpp의 jpg 포맷 영상을 생성하였다. 이 중 800개의 커버 및 스테고 영상으로부터 각각 추출된 특징 벡터는 MLP 분류기의 학습을 위해 사용하며, 200개는 테스트를 위해 사용하였다. 신경망은 웨카툴을 이용하여 실험하였다.^[21]

또한 제안한 기법의 성능 비교를 위해 기존의 스테그분석 방법 중 원 영상과 3-레벨 Haar 웨이블릿 부대역의 히스토그램 특성 함수로부터 총 39차의 특징 벡터를 추출한 Xuan의 방법과 웨이블릿 부대역 및 선형 예측기를 통해 추정된 오차 영상으로부터 총 72차의 통계적

표 2. 스테그분석 방법의 에러율 비교(단위 : %)

Table 2. Error rate comparison of steganalysis methods.

삽입 방법	스테고분석 방법 비트율	Xuan's	Farid's	Mehrabi's	Proposed
		LSB	0.1	47.8	30.5
	0.3	40.8	21.0	29.8	7.8
	0.5	36.8	15.0	24.3	4.5
SS	0.1	15.5	23.8	22.0	8.8
	0.3	23.5	24.8	25.3	5.0
	0.5	14.8	21.5	23.0	4.5
F5	80×80	2.0	0.5	3.7	6.3

모멘트를 추출한 Farid의 방법, 그리고 상위 3비트를 제거한 영상에 대해 Xuan의 방법을 적용하여 39차 특징 벡터를 추출한 Mehrabi 방법을 사용하였다.

성능 비교를 위한 척도로는 TP(True Positive)와 TN(True Negative), 정확도(True)를 이용하였다. TP는 실제 커버 영상을 정확하게 커버 영상으로 예측할 확률이며, TN은 실제 스테고 영상을 스테고 영상으로 예측할 확률을 의미한다. 또한 정확도는 커버 영상과 스테고 영상을 정확하게 판단할 확률을 의미하는 것으로서 TP와 TN의 평균값으로부터 계산된다^[22].

표 1은 각 비트율의 LSB와 SS, F5의 스테고 영상에 대해 기존의 스테그분석 방법과 본 논문에서 제안한 기법의 검출율을 비교 실험한 결과를 보인 것이다.

실험 결과로부터 LSB와 SS, 그리고 F5 스테고 영상

에 대해 제안 방법은 기존의 방법에 비해 다양한 삽입률에 대해 평균 90% 이상의 높은 검출율을 보임을 알 수 있다. 특히 LSB의 경우 Xuan의 방법에 비해 최대 27%의 검출율 향상이 있으며, SS의 경우에도 최대 10% 정도의 성능 개선을 확인할 수 있다. 반면 F5의 경우에는 Xuan과 Farid의 방법에 비해 최대 4~5% 정도의 성능이 저하되나 여전히 94% 정도의 높은 검출율을 보이고 있다.

스테그분석에서 커버 영상을 커버 영상으로 판단하는 TP도 중요하지만 스테고 영상을 커버 영상으로 판별하는 경우 심각한 보안 문제가 발생할 수 있다. 따라서 스테고 영상을 정확히 스테고 영상으로 판별하는 TN의 평가가 더욱더 중요하다. 이러한 점에서 볼 때 제안 방법은 다른 방법에 비해 높은 TN을 보일 뿐만 아니라 F5의 경우에도 여전히 97%의 높은값을 가짐을 확인할 수 있다. 마찬가지로 표 2와 같이 기존의 스테그분석 방법들과의 에러율을 비교해보면 F5 스테고 영상을 제외하면 제안 방법의 에러율이 상당히 감소함을 알 수 있다.

성능평가의 두 번째 척도로 AUC(Area under ROC curve)를 이용하였다. ROC(Receiver Operating Curve) 곡선은 분류기의 검출 임계치가 변화할 때 오탐지율(FAP: False Alarm Probability)에 따라 검출율(DP: Detection Probability)이 어떻게 변하는가를 보여주는

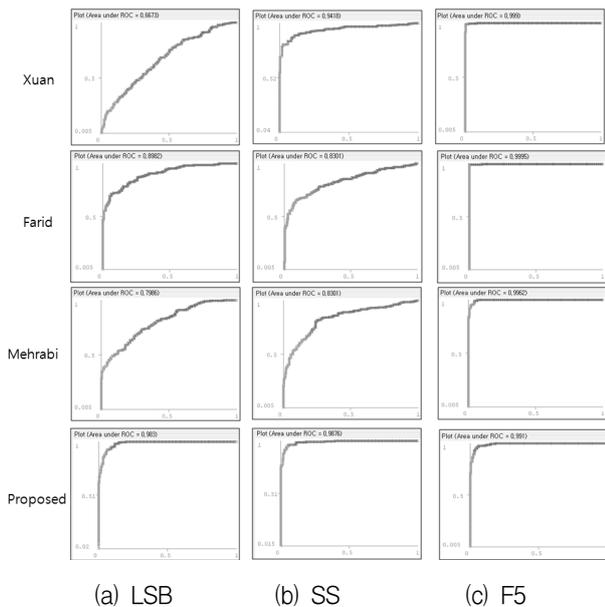


그림 8. ROC 곡선의 비교(x축 : 오탐지율, y축 : 검출율)
 Fig. 8. Comparison of ROC curve.
 (x axis: FAP,y axis: DP)

표 3. 기존의 방법과의 ROC 면적 비교

Table 3. ROC area of previous and proposed methods.

삽입 방법		Xuan's	Farid's	Mehrabi's	Proposed method
LSB	0.1	0.58	0.78	0.70	0.90
	0.3	0.67	0.89	0.79	0.98
	0.5	0.72	0.93	0.86	0.99
SS	0.1	0.92	0.84	0.86	0.97
	0.3	0.94	0.83	0.83	0.99
	0.5	0.93	0.85	0.84	0.99
F5	80*80	0.99	0.99	0.99	0.99

그래프이다^[23]. 검출율은 스테고 영상을 정확히 스테고 영상으로 분류할 확률을 말하며, 오탐지율은 커버 영상이 스테고 영상으로 잘못 분류되는 확률을 나타낸다. 따라서 우수한 분류기는 오탐지율이 작을 때 높은 검출율을 보이는 것이며, 따라서 ROC 곡선이 상단 좌측에 위치할수록 유용한 분류기이다.

그림 8은 0.3bpp의 삽입률을 갖는 LSB, SS, F5 스테고 영상에 대한 ROC 곡선을 보여준다. 이때 x축은 오탐지율, y축은 검출율을 나타낸다. 그림 8로부터 제안 방법은 모든 스테고 영상에서 ROC 곡선이 좌측 상단에 위치함을 알 수 있으며, 특히 LSB와 SS 스테고 영상의 경우 기존의 방법에 비해 상당히 향상됨을 알 수 있다.

스테그분석 방법의 성능을 평가하기 위한 것으로 ROC 곡선 아래의 면적을 이용할 수 있다. ROC 면적은 스테고 영상의 판별에 대한 정확도를 나타내는 수치로서 1에 가까운 값일수록 분류 성능이 좋으며, 0.5의 이하의 값을 가질 때 스테고 영상을 정확히 판별할 수 없다. 본 논문에서는 웨카틀을 이용하여 ROC 면적을 계산하였으며, 표 3은 기존의 방법과의 ROC 면적을 비교한 것이다. 표 3의 결과로부터 알 수 있듯이 본 논문에서 제안한 기법은 모든 비트율의 스테고 영상에서 0.9 이상의 높은 ROC 값을 가진다. 이는 기존의 방법에 비해 제안한 방법에서 검출 결과의 신뢰도가 보다 더 높음을 의미한다.

IV. 결 론

본 논문에서는 커버 영상과 스테고 영상을 판별할 수 있는 통계적인 특징 벡터를 구하기 위해 영상을 분해하고, 웨이블릿 영역에서 이에 대한 동시발생 확률에 기

반한 스테그분석 기법을 제안하였다. 제안 방법은 스테고 잡음의 분산을 2배 이상 확대함으로써 커버와 스테고 영상을 더욱더 명확히 구별할 수 있는 장점이 있다.

분해된 각 부영상에 대해 동일 스케일 상의 서로 다른 부밴드간의 동시발생 확률을 구하고 이의 특성함수로부터 108차의 통계적 모멘트를 추출하였다. 추출된 특징 벡터는 MLP 분류기에 입력되어 커버 영상과 스테고 영상을 구분하기 위해 학습되었다. 다양한 삽입률의 LSB, SS, F5 스테고 영상에 대해 제안된 기법을 실험한 결과 제안 기법은 기존의 기법에 비해 높은 검출율 및 정확도를 가짐을 확인할 수 있었다. 특히 LSB의 스테고 영상의 경우 기존의 방법에 비해 평균 27% 이상의 높은 검출율을 보였다.

참 고 문 헌

- [1] <http://en.wikipedia.org/wiki/Steganography>.
- [2] N. Johnson and S. Jajodia, "Exploring steganography: Seeing the unseen", IEEE Computer, vol. 31, no. 2, pp. 26-34, 1998.
- [3] X.Y. Luo, D.S. Wang, P. Wang and F.L. Liu, "A review on blind detection for image steganography", Signal Processing, vol. 88, no. 9, pp. 2138-2157, 2008.
- [4] C. Abbas, C. Joan, C. Kevin and M. Paul, "Digital image steganography : Survey and analysis of current methods", Signal Processing 90, pp. 727-752, 2010.
- [5] <http://en.wikipedia.org/wiki/Steganalysis>.
- [6] J. Fridrich, M. Goljan, "Practical steganalysis state of the art", Proceedings of SPIE, vol. 4675, pp. 1-13, 2002.
- [7] R. Chandramouli, K.P. Subbalakshmi, "Current trends in steganalysis: a critical survey", 8th international Conference on Control, Automation, Robotics and Vision, Kunming, China, pp. 964-967, 2004.
- [8] I. Avcibas, N. Memon, and B. sankur, "Image steganalysis with binary similarity measures", inIEEE International Conference on Image Processing, September 2002.
- [9] H. Farid, S. Lyu, "Detecting hidden messages using higher order statistics and support vector machines", Proceedings of 5th International Information Hiding Workshop, Lecture Notes in Computer Science, vol. 2578, Springer, Berlin, pp. 340-354, 2002.
- [10] G. Xuan, Y. Q. Shi, J. Gao, D. Zou, C. Yang, Z. Zhang, P. Chai, C. Chen, and W. Chen, "Steganalysis Based on Multiple Features Formed by Statistical Moments of Wavelet Characteristic Functions", in Proceedings of Information Hiding Workshop, Barcelona, Spain, pp. 262-277, Jun. 2005.
- [11] Y. Shi, G. Xuan, C. Yang, J. Gao, Z. Zhang, P. Chai, D. Zou, C. Chen, W. Chen, "Effective Steganalysis Based on Statistical Moments of Wavelet Characteristic Functions", Int'l. Conf. on Infor.Tech., Las Vegas, USA, April 4-6, 2005.
- [12] M.A. Mehrabi, H. Aghaeinia, M. Abolghasemi, "Image Steganalysis Based on Statistical Moments of Wavelet Subband Histogram of Images with Least Significant Bit Planes", Congress on Images and Signal Processing, IEEE, 2008.
- [13] CorelDraw Software, www.CorelDraw.com.
- [14] J.J. Harmsen, W.A. Pearlman, "Steganalysis of additive noise modelable information hiding", Proceedings of the SPIE, Security, Steganography and Watermarking of Multimedia Contents V, vol. 5020, pp. 131-142, 2003.
- [15] 박태희, "분산 확대에 기반한 LSB Steganalysis에 관한 기술 연구", 한국지식정보기술학회 논문지, 제5권, 제 5호, pp. 86-92, 2010
- [16] R.W. Buccigrossi, E.P. Simoncelli, "Image Compression via Joint Statistical Characterization in the Wavelet Domain", IEEE Trans Image Proc, vol. 8(12), pp. 1688-1701, Dec 1999.
- [17] Y. Sun, F. Liu, B. Liu, P. Wang, "Steganalysis Based on Difference Image", IWDW, pp. 184-198, 2008.
- [18] T. Zhang, X. Ping, "A new approach to reliable detection of LSB steganography in natural images", Signal Processing, vol. 83, no. 10, pp. 2085-2093, 2003.
- [19] I.J. Cox, J. Kilian, T. Leighton and T. Shamon, "Secure Spread Spectrum Watermarking for Multimedia," IEEE Trans. On Image Processing, Vol. 6, pp. 1673-1687, 1997.
- [20] A. Westfeld, "High capacity despite better steganalysis (F5-A steganographic algorithm)," Processings of third International Information Hiding Workshop, Lecture Notes in Computer Science, vol. 2137, Springer, Berlin, pp. 289-32, 2001.
- [21] WEKA tool.
<http://www.cs.waikato.ac.nz/ml/weka/>
- [22] I.H. WITTEN, E. Frank Data Mining, Elsevier,

2005.

[23] A. Westfeld, "ROC curves for steganalysis", Proceedings of the third WAVILA Challenge, pp. 39-45, 2007.

저 자 소 개



박 태 희(정회원)
1993년 부경대학교 정보통신 공학과 학사 졸업.
1996년 부경대학교 전자공학과 석사 졸업.
1999년 부산대학교 전자공학과 박사과정 수료.

현재 동명대학교 메카트로닉스공학과 전임강사
<주관심분야 : 영상처리, 영상압축, 스테그분석>



엄 일 규(정회원)-교신저자
1990년 부산대학교 전자공학과 학사 졸업.
1992년 부산대학교 전자공학과 석사 졸업.
1998년 부산대학교 전자공학과 박사 졸업.

현재 부산대학교 전자공학과 교수
<주관심분야 : 통계신호처리, 영상처리, 웨이블릿 변환 신호처리, 신경회로망, 스테그분석>



김 재 호(정회원)
1980년 부산대학교 전기기계 공학과 학사 졸업.
1982년 한국과학기술원 산업 전자공학과 석사 졸업.
1990년 한국과학기술원 전기및 전자공학과 박사 졸업.

현재 부산대학교 전자공학과 교수
<주관심분야 : 영상처리, 영상압축, VLSI, SOC 설계>