
유사도를 이용한 비트플레인 기반의 스테가노그래피

문일남* · 이신주** · 김장형*** · 이광만****

A Steganography based on Bit Plane using Similarity

Il-Nam Moon* · Sin-Joo Lee** · Jang-Hyung Kim*** · Kwang-Man Lee****

요 약

본 논문은 유사도를 이용한 비트플레인 기반의 스테가노그래피 방법을 제안하였다. 기존의 방법은 모든 비트플레인에 고정 임계값을 적용하므로 정보 삽입시 화질의 열화가 발생한다. 본 연구는 정보 삽입을 위해 커버 영상의 비트플레인에 블록 복잡도와 블록 유사도를 정의하고 가장 적합한 블록에 정보를 삽입하는 방법이다. 실험은 표준 이미지에 동일한 화질과 정보량을 삽입하고 이에 따른 삽입 용량과 화질을 비교하였다. 실험 결과, 제안한 방법이 기존의 방법보다 삽입 용량이 평균 6%의 정도가 증가되었고, 화질면에서는 평균 약 3.3dB이 향상되었다.

ABSTRACT

In this paper, we proposed a new method of the steganography based on bit plane using similarity. Applying a fixed threshold, the insert information into all bit planes showed different image quality. Therefore, we first defined the bit plane of block similarity to solve the fixing threshold problem. We then proposed a new method using the Bit Plane complexity and similarity to insert information into bit planes of block. In the experiment, we inserted information into the standard images with the same image quality and same insertion capacity. Finally analyzed the insertion capacity and image quality. As a result, the proposed method increased the insertion capacity of about 6% and improved the image quality of about 3.3dB than fixing threshold method.

키워드

스테가노그래피, 정보은닉, 비트플레인, 복잡도, 유사도

I. 서 론

최근에는 디지털 콘텐츠의 무단 복제와 사용 허락 없이 사용되고 변환과 조작 방법들이 확산되고 있다. 따라서 디지털 콘텐츠의 저작권 보호와 비밀 통신을 위한 안전한 기술 개발의 필요성이 대두되었다. 이러한 정보 보

안을 위한 비밀 통신에 사용되는 방법으로 암호화(Cryptography) 방법과 스테가노그래피(Steganography) 방법이 나타나게 되었다. 암호화는 정보의 내용에 상관 없이 정보 내용 그 자체를 해독 할 수 없도록 비밀 키를 이용하여 암호화시키는 방법으로 정당한 키를 가진 사용자만이 비밀 정보 내용을 원형대로 해독하여 사용할

* 제주대학교 의공학협동과정

** 국방과학연구소

*** 제주대학교 컴퓨터공학과

**** 제주대학교 전자공학과(교신저자)

수 있다. 그러나 스테가노그래피는 암호화와는 달리 삽입된 비밀 정보의 존재 유무를 판단할 수 없도록 커버 영상(Cover Image)이라는 무의미한 영상에 비밀 정보를 삽입하여 전송하는 정보 은닉에 초점을 맞춘 일종의 정보 은닉(Information Hiding) 기술이다[1,2]. 따라서 스테가노그래피의 가장 중요한 전제 조건은 비인지성(Imperceptibility)이라 할 수 있다. 이 때 비인지성은 삽입되는 비밀 정보량에 크게 좌우되므로 삽입 용량이 증가할수록 화질에 대한 변형도 증가된다. 그러므로 스테가노그래피는 비밀 정보의 존재를 숨겨야 하는 비인지성과 삽입할 데이터량을 결정하는 삽입 용량(Capacity)과는 서로 매우 밀접한 상관관계를 가지게 된다[3].

영상을 이용한 스테가노그래피 방법은 공간 영역인 LSB(Least Significant Bit)[4]에 대부분 정보를 삽입하고 있다. 이 방법은 인간 시각 시스템(Human Visual System)의 특성을 기반으로 인간의 시각은 잡음(Noise)과 같은 복잡한 영역에서는 영상의 변화를 쉽게 인지하지 못하는 특성을 이용한 방법이다. 이 방법은 삽입은 쉽지만 스테고 영상(Stego Image)에 여러 영상 변환 처리를 가했을 때 쉽게 변형될 수 있는 약점을 가지고 있다. 주파수 변환 스테가노그래피 방법은 커버 이미지를 DCT(Discrete Cosine Transform)[5]로 변환하여 주파수 성분에 비밀 정보를 삽입하는 방법이다. 이 방법은 영상 변환 처리에는 강인한(Robustness) 방법이지만 변환 처리 속도가 느리고 삽입되는 비밀 정보 용량이 매우 적다는 단점이 있다.

따라서 최근에는 삽입 용량의 증가와 비인지성을 만족하기 위한 정보은닉 방법으로 공간 영역에서 정보 삽입 연구가 많이 이루어지고 있다. M. Niimi and E. Kawaguchi[6]의 경우 비트플레인(Bit plane)에 고정 임계값을 이용하여 모든 비트플레인에 일괄적으로 정보를 삽입하였다. 이 방법은 비밀 정보의 용량이 증가할수록 상위 비트플레인에 정보가 삽입되어 화질 열화와 삽입된 정보량이 노출되는 문제점이 발생하게 된다.

따라서 본 연구에서는 비트플레인의 블록 유사도(Similarity)를 이용한 새로운 비트플레인 기반의 스테가노그래피 삽입 방법을 제안한다. 제안한 방법은 커버 영상의 특징에 상관없이 정보 삽입을 위한 고정 임계값을 사용하지 않고도, 각 블록별로 복잡도를 산출하고 정보 블록과 유사도를 측정하여 가장 유사한 위치에 정보를 삽입한다. 따라서 고정 임계값방법보다 정보 삽입량 증가와 화질이 개선됨을 알 수 있었다.

II. 스테가노그래피

1. 비트플레인

비트플레인 기반의 삽입 방법은 각 화소값에서 동일한 이진 비트 위치에 있는 비트들을 모아놓고 비트플레인을 만든 다음 잡음과 같은 특징을 가진 하위 비트플레인에 정보를 삽입한다.

그림 1은 Lena 영상을 각 비트플레인으로 분할한 것으로, 최상위 비트(MSB: Most Significant bit)은 형태 정보를 가지고 있으며, 최하위 비트플레인(LSB)으로 갈수록 잡음과 같은 정보를 갖는다.

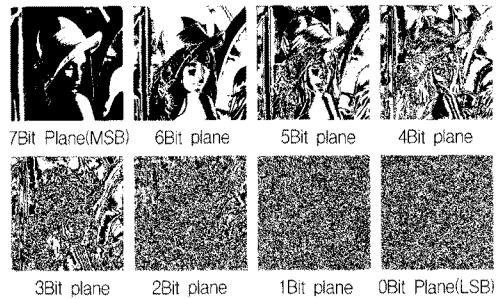


그림 1. Lena 영상에 대한 비트플레인
Fig. 1 Bit plane of the Lena image

2. 블록 복잡도(Complexity) 측정 방법

본 연구에서는 비밀 정보를 삽입할 블록을 선택하기 위해 블록 복잡도를 이용한다. 블록 복잡도는 M. Niimi and E. Kawaguchi가 제안한 방법으로 이진화된 각 비트플레인에 해당하는 모든 픽셀 값을 구하고 흑백 경계 길이(Border length)를 이용하는 방법이다[6,7].

수식 (1)은 비트플레인 영상에서 블록 경계 길이(Block border length)를 구하는 수식이다. 먼저 흑백 경계 길이를 산출하기 위해 8×8 블록으로 나눈다. 각 블록에서 255(백)와 0(흑) 픽셀이 교차되는 변화수를 가지고 측정한다. 즉, 비트플레인으로 변환된 커버 영상의 픽셀은 255(백), 0(흑) 픽셀값을 가지고, 이때 255에서 0으로 변환된 픽셀수와 0에서 255로 변환된 픽셀수의 합이 비트플레인의 블록 복잡도가 된다. 이때 B 는 블록 비트플레인(Block bit plane) 영상이며 $x(i, j)$ 는 i, j 위치에 있는 픽셀들의 값을 각각 나타낸다.

$$B(i, j) = \sum_{i=0}^{w-1} \sum_{j=0}^{w-1} |x(i, j) - x(i+1, j+1)| \quad (1)$$

만약 블록의 가로와 세로 크기가 $w \times w$ 인 경우엔 블록 $B(i, j)$ 의 최대, 최소 경계 길이는 아래 수식 (2) 처럼 표현할 수 있다.

$$\begin{aligned} B(i, j)_{\max} &= 2 \times w \times (w - 1) \\ B(i, j)_{\min} &= 0 \end{aligned} \quad (2)$$

위 수식 (1)과 수식 (2)를 이용한 실제 비트플레인 블록의 복잡도 $B(c)$ 는 수식 (3)과 같다.

$$B(c) = \frac{B(i, j)}{B(i, j)_{\max}} \quad (0 \leq B(c) \leq 1) \quad (3)$$

M. Niimi 등은 비트플레인의 복잡도를 구한 다음 복잡도가 특정 임계값보다 큰 블록에 대해서 비밀 정보를 삽입한다. 하지만 이 방법은 복잡도와 비교하는 임계값이 고정 임계값으로 주어지기 때문에 이 고정 임계값을 낮추면 화질 열화가 발생하고 반대로 높이면 삽입 용량이 줄어드는 문제점이 발생한다. 따라서 기존 방법은 다양한 커버 영상에 따라 고정 임계값을 어떻게 설정하는지가 중요한 요소가 된다.

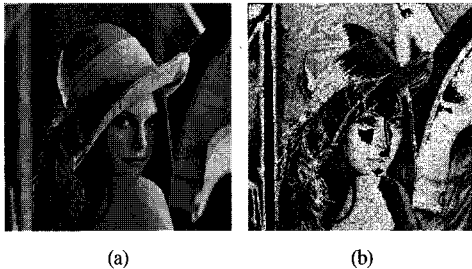


그림 2. 고정 임계값과 삽입 용량을 적용한 비트플레인 삽입 결과

- (a) 최하위 플레인(LSB) 삽입한 경우(51.4dB)
- (b) 최상위 플레인(MSB) 삽입한 경우(9.3dB)

Fig. 2 Insertion result of bit plane applying insertion capacity and fixed threshold

- (a) Insertion result image applied to LSB(51.4dB)
- (b) Insertion result image applied to MSB(9.3dB)

그림 2는 고정 임계값을 이용하여 비트플레인에 정보를 삽입하고 비트플레인의 위치에 따른 화질의 변화를 보여준다. LSB와 MSB에 고정 임계값($\alpha=0.05$)을 이용하여 같은 용량(64Kbyte)을 삽입한 이미지이다. 그림 2(a)는 최하위 비트플레인(LSB)에 삽입한 결과로 PSNR

이 51.4dB로 화질이 원영상에 거의 차이가 없었다. 그림 2(b)는 최상위 비트플레인(MSB)에 삽입한 결과로 PSNR은 9.3dB로 화질의 열화가 매우 심하였다.

이처럼 모든 비트플레인에 고정 임계값을 적용하여 정보를 삽입할 경우, 삽입되는 정보 블록의 복잡도가 커버 블록의 복잡도와 다르므로 화질 열화가 발생하는 원인이 됨을 알 수 있었다. 따라서 정보 블록 삽입시 전환될 복잡도가 높은 커버 블록 위치 선택이 중요하다.

III. 유사도를 이용한 제안하는 스테가노그래피

본 연구에서는 각 블록별 복잡도를 이용하여 유사도를 측정하고 커버 영상과 비밀 영상 삽입을 위한 최적의 위치를 산출하기 위한 방법을 제안한다.

1. MAD를 이용한 유사도 측정 방법

커버 영상의 비트플레인에 정보 삽입 위치를 결정하기 위해 각 블록의 평균 절대차(Mean Absolute Difference: MAD)를 이용한다.

그림 3는 커버 영상과 비밀 정보 간의 블록 유사도를 측정하는 방법이다. 비트플레인 블록 $B(i, j)$ 와 비밀 정보의 블록 $S(i, j)$ 을 서로 순차적으로 블록 정합(Block Matching)시켜 두 개의 신호의 차이가 얼마나 큰지를 계산하고 이 오차 값에 따라 블록별 유사도를 측정한다.

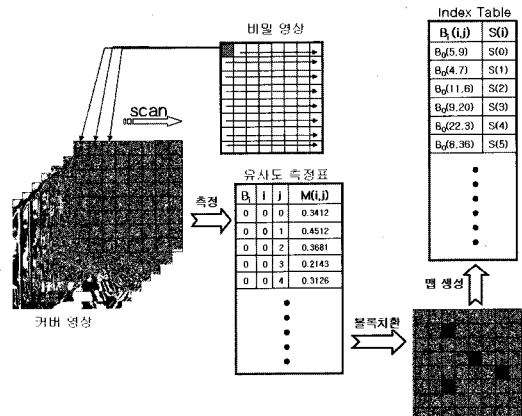


그림 3. 블록 유사도 측정 방법
Fig. 3 A block of diagram of block similarity measurement

다음 수식 (4)는 두 영상을 $w \times w$ 블록 크기로 나눈 후 두 블록간 MAD값을 구하는 수식을 보여주고 있다.

$$M(i, j) = \frac{1}{w^2} \sum_{i=0}^{w-1} \sum_{j=0}^{w-1} |B(i, j) - S(i, j)| \quad (4)$$

여기서 $M(i, j)$ 는 MAD값을 나타내고 $B(i, j)$ 는 커버 영상의 비트플레인을 $w \times w$ 크기로 나눈 블록 영상이며 $S(i, j)$ 는 비밀 정보를 $w \times w$ 크기로 나눈 블록 영상이다. 이렇게 커버 영상과 비밀 정보 사이에 $M(i, j)$ 을 모두 구하고 나면 실제 각 비밀 정보 블록을 MAD값이 0에 가까운 값의 블록 즉, 유사도가 큰 커버 영상의 비트플레인 블록에 삽입하는 것이다. 이때 랜덤하게 삽입된 블록의 위치에 대한 인덱스 테이블을 구성하여 차례대로 비밀 정보가 삽입된 순서를 기록해 스테고 키의 정보로 사용한다.

2. 삽입 임계값

본 연구에서 비트플레인의 특성은 그림 2에서 보는 바와 같이 각 비트플레인의 상대적인 위치가 중요하다. 따라서 비트플레인은 위치에 따라 최대 2i-1 배 만큼 가중치가 발생하므로, 정보 은닉을 위한 임계값도 비트플레인의 특징에 따라 삽입 임계값의 크기가 달라야 함을 알 수 있다.

수식 (5)는 비트플레인별 가중치 $w(B_i)$ 를 정의한 것이다. 여기서 i 는 해당 비트플레인의 위치를 나타내며, k 는 가중치의 크기를 조절하는 상수이다.

$$w(B_i) = k \times \log_2 i, \quad i \geq 1 \quad (5)$$

위 수식에서 k 는 가중치를 조절하는 파라미터이며, i 는 해당 비트플레인의 위치 $i = (1, 2, \dots, 8)$ 를 나타낸다. 따라서 잡음과 같은 하위 비트플레인($i=1$)은 낮은 가중치를 갖으며, 상위 비트플레인($i=8$)은 높은 가중치가 삽입시 이용된다. 따라서 비트플레인별 삽입 임계값 $\alpha(B_i)$ 는 수식(6)과 같다.

$$\alpha(B_i) = w(B_i) \quad (6)$$

삽입 임계값 $\alpha(B_i)$ 는 비밀 정보의 삽입 용량을 조절할 수 있는데 $\alpha(B_i)$ 의 값이 작으면 정보의 삽입 용량이

증가하지만 비가시성이 감소하게 되고, 반대로 $\alpha(B_i)$ 의 값이 커지면 정보의 삽입 용량이 감소하지만 비가시성은 증가하게 된다. 따라서 정보의 삽입 용량과 비가시성을 모두 만족시킬 수 있도록 적절한 $\alpha(B_i)$ 의 값을 결정해야 한다.

3. 삽입과 추출 알고리즘

그림 4는 제안한 유사도를 이용한 비트플레인에 정보 삽입과 추출 알고리즘에 대한 구성도이다.

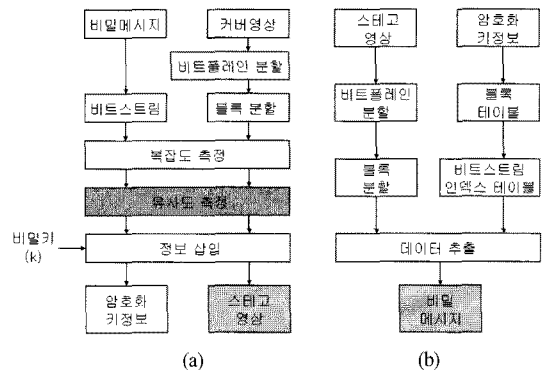


그림 4. 삽입/추출 알고리즘의 구성도

(a)삽입 과정 (b)추출 과정

Fig. 4 A block diagram of insertion and extracting algorithm (a) Insertion procedure (b) Extraction procedure

다음은 삽입 과정에 대한 설명이다.

- 1) 전처리 과정으로 비트플레인으로 분할하여 수식 (1)~(3)을 이용하여 블록 복잡도 $B(c)$ 를 산출한다.
- 2) 수식(5)를 이용하여 비트플레인별 삽입 임계값 $\alpha(B_i)$ 을 산출한다.
- 3) 비밀 정보 삽입을 위해 수식(4)의 유사도 측정 방법을 이용한다. 먼저 해당 비트플레인의 전체 블록 복잡도의 $B_i(i, j)$ 와 비밀 정보 블록의 $S(i)$ 을 매칭시킨다. 이때 블록 매칭 계수 $M(i, j)$ 가 가장 낮은 값의 위치가 삽입 위치가 된다. 이 때, 블록 매칭 계수(Block Matching Counter) 테이블은 원본 커버 영상 크기에 따라 달라지며 수식(9)처럼 나타낸다.

$$BC(x, y) = (x/8) \times (y/8) \quad (9)$$

이 때, $BC(x, y)$ 는 커버 영상의 가로가 x 이고 세로가

y 인 경우의 블록 매칭 계수를 나타내고 있다.

4) 정보 삽입은 매칭 테이블에 의해 가장 낮은 계수를 가지는 블록 위치에 정보를 삽입한다. 이 때, 각 정보 블록별 위치와 각 비트플레인별 삽입 임계값이 추출시 사용되는 비밀키가 된다.

다음은 그림 4(b)와 같이 추출 과정이다.

먼저 비밀 정보를 추출하기 위해서는 정보 삽입시 사용한 비밀키 정보를 이용한다. 비밀 정보의 추출을 위한 전처리 과정으로 스테고 영상을 비트플레인으로 분할하고 각 비트플레인에 대한 8×8 픽셀 크기의 블록화 $B_i(i, j)$ 을 한다. 이 때 정보가 삽입된 위치와 비트플레인별 임계값인 비밀키 정보를 이용하여 해당 블록에서 정보 블록으로 추출한다.

IV. 실험 결과

본 연구에서는 비트플레인의 복잡도와 유사도를 이용하여 삽입 용량과 화질을 실험하였다. 제안한 알고리즘의 성능 평가를 위해 영상 화질과 정보 용량을 기존의 고정 임계값 방법과 비교 측정하여 실험하였다. 그림 5는 실험을 위하여 원영상 56K-70 영상(336×268)과 삽입 정보인 Mandrill, Mirri3, Lena 영상으로 이진 영상을 이용하였다.

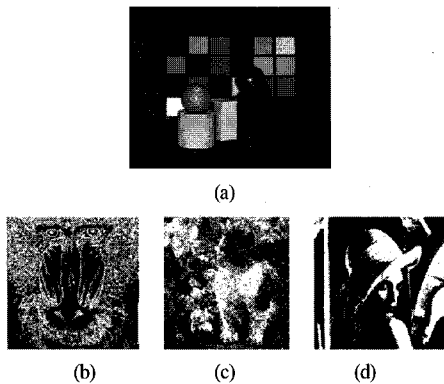


그림 5. 실험에 사용한 원영상과 비밀 영상
(a) 원영상 (b) Mandrill (c) Mirri3 (d) Lena

Fig. 5 Experiment using the original and secret image
(a) Cover image (b) Mandrill (c) Mirri3 (d) Lena

표 1은 기존 방법과 제안한 방법을 이용하여 동일한 용량을 삽입하고 화질을 평가하였다. 그 결과 제안한 방법이 고정 임계값을 사용한 기존 방법보다 전체적으로 평균 약 3.39dB 정도 화질이 향상되었다.

표 1. 동일 용량 삽입 후 화질 비교

Table. 1 Comparison of image quality after inserting the same embedding and capacity

비밀 이미지	용량 (Byte)	고정 임계값 방법	제안 방법	차
		PSNR(dB)		
(a) Mandrill	103.200	33.25	35.64	2.39
(b) Mirri3	115.062	29.94	33.89	3.95
(c) Lena	119.121	29.89	33.70	3.81
평균		31.03	34.41	3.39

표 2는 동일한 화질에 대해 삽입 용량을 비교한 결과이다. 실험은 스테고 영상의 화질이 평균 약 34dB가 되도록 실험하였다. 실험 결과 제안한 방법이 평균 약 6% 정도 삽입 용량이 증가되었다.

표 2. 동일 화질에 대한 삽입 용량 비교

Table. 2 Comparison of insertion capacity on same image quality

	고정 임계값 방법		제안 방법	
	삽입용량(Byte)	PSNR (dB)	삽입용량(Byte)	PSNR (dB)
(a) Mandrill	88,116	34.13	99,986	34.53
(b) Mirri3	102,649	34.75	118,203	34.82
(c) Lena	96,700	34.21	115,368	33.98
평균	95,821(35%)	34.36	111,185(41%)	34.37

그림 6은 정보가 삽입되지 않은 원 영상과 히스토그램이다. 다음은 고정 임계값을 이용한 기존 방법과 유사도를 이용한 제안한 방법을 이용하여 정보 삽입(115,062 Byte)한 스테고 영상과 히스토그램이다.

그림 7(a)은 복잡도를 이용한 고정 임계값 방법의 결과 영상이며 그림 7(b)는 700% 확대를 했을 때 빨간 공의 바깥쪽으로 화질의 열화가 발생하였다. 그림 7(c)는 히스토그램의 분석 결과, Avg 90과 Max 3675(6%)로 칼라 채널별 히스토그램의 밝기 분포가 다를 수 있다.

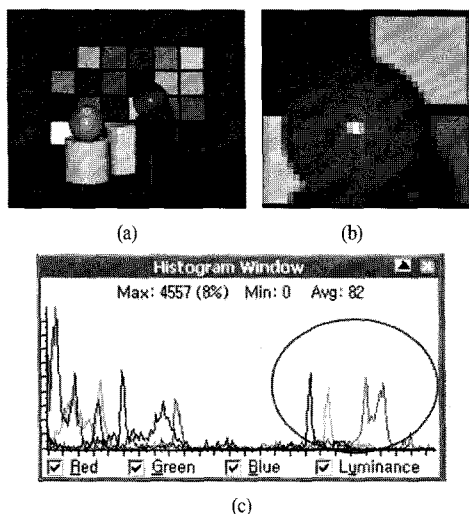


그림 6. 원영상과 히스토그램
 (a) 원영상 (b) 확대 영상(700%) (c) 히스토그램(RGB)
 Fig. 6 Original image and histogram
 (a) The cover image (b) Extended image of 700%
 (c) Histogram of RGB

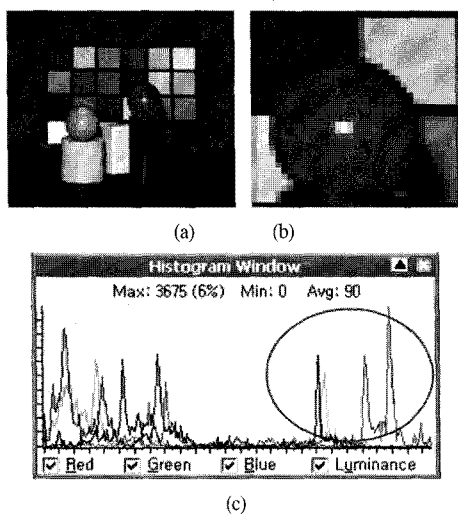


그림 7. 복잡도를 이용한 고정 임계값 삽입 방법
 (a) 스테고 영상 (b) 확대 영상(700%)
 (c) 히스토그램(RGB)
 Fig. 7 Fixed threshold method using image and Histogram
 (a) Stego image (b) Extended image of 700%
 (c) Histogram of RGB

그림 8은 제안한 방법으로 유사도를 이용한 삽입 결과 영상으로 그림 8(b)와 같이 확대하여도 화질 열화가

발생하지 않았다. 그림 8(c)는 히스토그램 분석 결과인 Avg 82와 Max 4599(7%)로 원본 영상과 제안한 스테고 영상의 밝기 분포가 거의 동일함을 보여주었다.

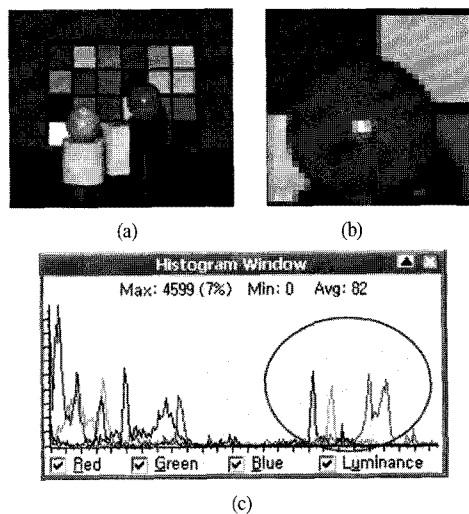


그림 8. 제안한 유사도를 이용한 삽입 방법
 (a) 스테고 영상 (b) 확대 영상(700%)
 (c) 히스토그램(RGB)
 Fig. 8 Proposed method using image and histogram
 (a) Stego image (b) Extended image of 700%
 (c) Histogram of RGB

V. 결 론

본 연구에서는 비트플레인의 복잡도와 유사도를 이용한 비트플레인 기반의 스테가노그래피를 제안하였다. 복잡도를 이용한 기존 방법은 정보 삽입을 위해 고정 임계값을 적용하여 정보 블록을 치환하는 방법이며, 그 결과 상위 비트플레인에 정보가 삽입되면 화질 열화가 발생함을 알 수 있었다. 따라서 본 제안한 방법은 비트플레인의 특징에 따라 가중치가 적용된 비트플레인 임계값을 이용하여 블록 유사도를 정의하였다. 유사도를 이용하여 정보 블록과 가장 유사한 위치에 정보가 삽입된다. 본 실험에서는 기존 방법과 제안한 방법이 있어 동일한 화질 대비 삽입량과 동일한 정보량을 삽입하고 화질을 비교하였다. 실험 결과, 제안한 방법이 기존의 방법보다 화질 면에서는 약 평균 3.3dB 정도 향상되었고, 삽입 용량 면에서는 약 평균 6%의 증가되었다. 또한 원본

영상과 동일한 히스토그램 분포를 가지므로써 화질 열화가 발생하지 않음을 알 수 있었다.

결론적으로 스테가노그래피는 비밀 정보 전달을 위한 방법으로 많은 정보를 삽입하는 것이 매우 중요하며 향후 연구로는 제안된 알고리즘에서 공격에 대한 강인성을 갖는 스테가노그래피 방법의 연구가 진행되어야 한다. 또한 다른 적용 분야의 의료영상에 적용하여 스테가노그래피 모델을 비교하고자 한다.

참고문헌

- [1] Fabien A. P. Petitcolas, Ross J. Anderson and Markus G. Kuhn, "Information Hiding-A Survey," Proceedings of the IEEE, special issue on protection of multimedia content, vol. 87, no. 7, pp. 1062~1078, 1999.
- [2] C. S. Lu, Multimedia Security: Steganography and Digital Watermarking Techniques, IDEA group, 2004
- [3] 이신주, 정성환, "비트플레인 및 다중채널 특성을 이용한 칼라 영상의 적용 스테가노그래피," 한국멀티미디어학회 논문지, vol.8, no 7, pp. 961~973, 2005
- [4] H.C. Wu, N.I. Wu, C.S. Tasi, and M.s. Hwang, "Image Steganographic Scheme Based on Pixel-value Differencing and LSB Replacement Methods," IEE Proc. of Vision, Image, and Signal Processing, vol. 152, no. 5, pp. 611~615, Oct. 2005
- [5] H. Noda, M. Niimi, and E. Kawaguchi, "High-performance JPEG Steganography Using Quantization Index Modulation in DCT Domain," Patten Recognit. Lett., vol. 27, no. 5, pp. 455~461, April 2006
- [6] E. Kawaguchi, H Noda, and M. Niimi, "Image Data Based Steganography," Informaion Processing Society of Japan (IPJSJ MAGAZINE), vol. 44, no. 3, pp. 236~241, 2003
- [7] H. Noda, J. Spaulding, M.N. Shirazi, M. Niimi, and E. Kawaguchi, "BPCS Steganography Combined with JPEG2000 Compression," Proc. of Pacific Rim Workshop on Digital Steganography, STEG 2002, pp. 98~107, 2002

저자소개

문일남(II-Nam Moon)



1997년 광주대 전자계산학 공학사
2004년 제주대 대학원 공학석사
2006년 제주대 대학원 박사수료

※관심분야: 의료영상처리, 멀티미디어 정보보호

이신주(Sin-Joo Lee)



1991년 경남대 전산통계학과 공학사
2000년 창원대 대학원 공학석사
2005년 창원대 대학원 공학박사

2006년~현재 국방과학연구소 7기술본부 3부

※관심분야: 멀티미디어 정보보호, 영상처리, 인지과학

김장형(Jang-Hyung Kim)

한국해양정보통신학회 논문지
제10권 11호 참조
1984년~현재 제주대학교 컴퓨터공학과교수

이광만(Kwang-Man Lee)



1978년 경북대 전자공학과 공학사
1980년 경북대 대학원 공학석사
1987년 경북대 대학원 공학박사
1987년~현재 제주대학교
전자공학과 교수

2009년 3월~현재 제주대학교 공과대학 학장

1991년 9월~1993년 1월 케이스웨스턴리저브대학
객원교수

2000년 2월~2001년 1월 노스캐롤라이나주립대학
객원교수

※관심분야: 반도체 소자, 반도체 센서 및 시스템