

# 비트 플레인별 적응적 임계값을 이용한 대용량 스테가노그래피

이 신 주\* · 정 성 환\*\*

## 요 약

본 논문은 비트 플레인별 적응적 임계값을 이용한 대용량 스테가노그래피 방법을 제안하였다. 모든 비트 플레인에 고정적인 임계값을 적용하여 정보를 삽입하면, 비트 플레인에 따라 화질의 열화가 생긴다. 따라서 본 논문에서는 고정 임계값의 문제점을 해결하기 위하여 비트 플레인별 가중치를 정의하였다. 그리고 비트 플레인의 삽입 용량을 적응적으로 증가시키기 위하여, 비트 플레인별 평균 복잡도와 가중치를 이용하여 새로운 적응적 임계값 설정 방법을 제안하였다. 실험에서는 각 표준 이미지에 동일한 화질과 정보량을 삽입하고, 이에 따른 삽입 용량과 화질을 비교하였다. 그 결과, 제안한 방법이 기존의 방법보다 삽입 용량면에서 평균 약 6%의 정도 증가되었고, 화질면에서도 평균 약 2.4dB 향상되었다.

## The Large Capacity Steganography Using Adaptive Threshold on Bit Planes

Sin-Joo Lee\* · Sung-Hwan Jung\*\*

## ABSTRACT

In this paper, we proposed a new method of the large capacity steganography using adaptive threshold on bit planes. Applying fixing threshold, if we insert information into all bit planes, all bit planes showed different image quality. Therefore, we first defined the bit plane weight to solve the fixing threshold problem. We then proposed a new adaptive threshold method using the bit plane weight and the average complexity to increase insertion capacity adaptively. In the experiment, we inserted information into the standard images with the same image quality and same insertion capacity, and we 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 2.4dB than fixed threshold method.

**키워드 :** 대용량 스테가노그래피(High Capacity Steganography), 적응적 임계값(Adaptive Threshold), 정보 은닉(Information Hiding)

### 1. 서 론

오늘날 인터넷의 발달로 멀티미디어 데이터를 이용한 디지털 통신이 광범위하게 사용되고 있으며, 이로 인해 전자상거래 등 다양한 응용 분야에서는 정보 보호를 위한 비밀 통신의 필요성이 대두되었다. 이러한 비밀 통신 방법에는 크게 암호화(Cryptography)와 스테가노그래피(Steganography) 방법이 있다. 암호화는 메시지의 내용에 상관없이 비밀키를 이용하여 비밀 메시지 그 자체를 해독할 수 없도록, 구조를 의미 없는 형태로 변화시켜 전달한다. 그러나 부호화된 메시지 자체를 숨기지는 못한다. 그러나 스테가노그래피는 정보를 숨기기 위하여 사용되는 커버(cover)보다 숨겨진 비밀 메시지에 중점을 두는 방법이다. 이는 비밀 메시지 구조를

변경하지 않고, 커버라 불리는 의미없는 미디어에 비밀 메시지를 숨겨서 전송하는 일종의 정보 은닉 기술이다[1]. 따라서 스테가노그래피에서는 비밀 메시지의 존재를 숨겨야 하는 비인지성(Imperceptibility)과 전송 데이터량을 결정하는 삽입용량(Capacity)은 매우 밀접한 상관관계를 가진다[2, 3].

이미지 스테가노그래피(Image Steganography)는 커버 이미지에 직접적으로 정보를 삽입하는 공간적인 변환 방법과 변환 계수에 삽입하는 주파수 변환 방법이 있다. 공간적 변환 방법은 LSB(Least Significant Bit) 변경이나 패치워크(Patchwork) 방법 등으로 인간시각 시스템의 가장 변화가 작은 부분을 이용하여 삽입하는 방법이다[4, 5]. 이 방법은 메시지를 쉽게 삽입할 수 있지만 이미지 처리나 변환에 약하다는 단점이 있다. 그러나 주파수변환 방법은 Spread spectrum, 웨이블릿, DCT 방법 등으로 삽입 메시지에 대한 강인성은 증가하지만 삽입용량이 5~15% 정도로 작은 단점

\* 준 회원 : 창원대학교 대학원 컴퓨터공학과

\*\* 종신회원 : 국립장원대학교 컴퓨터공학과 교수

논문접수 : 2004년 4월 16일, 심사완료 : 2004년 7월 12일

이 있다[6]. 이것은 비밀 정보를 삽입하는 용량 측면에서는 부적합하므로, 최근에는 삽입 용량을 증가시키기 위한 스테가노그래피 방법에 많은 연구가 이루어지고 있다.

일반적으로 비인지성과 삽입량의 증가를 위한 기존의 방법인 4비트 고정 LSB 방법은 커버의 50% 정도 용량을 일정하게 삽입하지만, 이미지의 부드러운 부분에 거칠 윤곽선이 나타난다. 이러한 단점을 보완하기 위하여 가변크기 방법을 사용하는 Y. K. Lee[7]의 경우 커버 이미지에 따라 최하위 비트 플레인(bit plane)에서 4혹은 5비트 플레인까지 정보가 삽입되므로 삽입량은 증가된다. 그러나 전체 이미지에 노이즈와 같은 화질의 열화 현상과 삽입된 정보량이 노출되는 문제점이 있다. 그러나 M. Niimi and E. Kawaguchi [8,9]의 경우 비트 플레인의 중요도와 관계없이 고정 임계값을 사용하여 LSB에서 MSB(Most Significant Bit)까지 모든 비트 플레인에 일괄적으로 정보를 삽입하였다. 그러나 고정적 임계값을 이용하여 삽입량을 증가하면, 상위 비트 플레인에 정보가 삽입되어 심각한 화질의 열화 현상이 발생하는 문제점이 있다.

따라서 본 연구에서는 Niimi and Kawaguchi의 고정 임계값에 따른 문제를 해결하기 위하여 비트 플레인별 가중치를 이용한 적응적 삽입 방법을 제안하였다. 이는 커버 이미지의 특징을 반영하는 적응적 임계값을 산출하여 삽입 용량을 증가시키고, 기존의 Niimi and Kawaguchi 방법보다 정보 삽입 및 추출이 간단하고 복잡도에 따른 계산량이 줄어드는 새로운 비트 플레인기반의 스테가노그래피 방법이다.

2. 비트 플레인 기반의 스테가노그래피

비트 플레인 이미지에서는 하위 비트들이 상위 비트보다 값의 변화폭이 작기 때문에, 인간 시각으로는 그 차이를 감지하기 힘들다. 일반적으로 비트 플레인 기반의 스테가노그래피는 하위 비트 플레인을 이용하여 정보를 삽입한다.

본 논문에서는 정보를 삽입할 영역을 선택하기 위하여 블록 복잡도(complexity)를 이용한다. 복잡도의 측도는 잡음과 같은 복잡한 영역인지 아닌지를 판별하는 기준으로 사용된다. 일반적으로 이진 이미지에 대한 복잡도 산출 방법은 표준으로 정의되어 있지 않다. 따라서 본 연구에서는 이진 이미지의 흑백 경계 길이(boarder length)를 이용한 Niimi and Kawaguchi의 복잡도를 사용한다[8,9].

Niimi and Kawaguchi는 비인지성과 삽입 용량을 증가하기 위하여, 비트 플레인에 복잡도를 적용하여 전체 비트 플레인에 정보를 삽입하였다. 그러나 고정 임계값을 사용하기 때문에, 삽입량을 증가하기 위하여 임계값을 낮추면, 임계값이 상위 비트 플레인까지 고정적으로 적용되어 화질의 열

화가 발생한다.

2.1 복잡도 측정 방법

일반적인 이진 이미지의 복잡도를 측정하는 방법은 표준으로 정의되어 있지 않으며 시스템에 따라 다르게 적용된다. 복잡도는 이진 패턴의 경계 길이(boarder length)를 이용하여 복잡도를 측정하며, 경계 길이는 4-이웃화소의 컬러 변화의 수를 나타낸다.

그러므로, 이진 이미지에서는 0에서 1로 변화된 갯수와 1에서 0으로 변화된 갯수의 합을 의미한다. 크기가  $w \times w$ 인 이진 블록 이미지를  $I$ 라 정의할 때,  $I$ 의 가로 방향과 세로 방향에 대한 경계 길이  $B(I)$ 는 다음 식 (1)과 같이 나타낼 수 있다.

$$B(I) = \sum_{(i,j) \in I} |x(i,j) - x(i,j+1)| + \sum_{(i,j) \in I} |x(i,j) - x(i+1,j)| \quad (1)$$

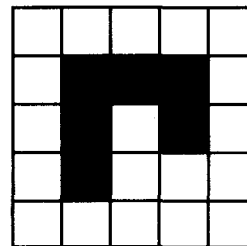
여기서  $x(i,j)$ 는 이진 블록 이미지  $I$ 의 좌표  $(i,j)$ 의 픽셀 값이며, 이진 블록 이미지  $I$ 가 가질 수 있는 최대 경계 길이  $B(I)_{max}$ 는 식 (2)와 같다.

$$B(I)_{max} = 2 \times w \times (w-1) \quad (2)$$

이를 이용하여 이진 블록 이미지  $I$ 의 복잡도( $\alpha$ )는 식 (3)과 같이 구할 수 있다.

$$\alpha = \frac{B(I)}{B(I)_{max}}, \quad 0 \leq \alpha \leq 1 \quad (3)$$

경계길이와 복잡도 계산의 예를 들어본다면, 흰색 또는 검은색 이미지의 경계길이는 0이며 복잡도 또한 0이다. 그리고 (그림 1)과 같이 5x5 크기의 이진 이미지의 경우, 경계 길이는 [0, 40]까지 값을 가질 수 있다. 가로 방향으로 8번과 세로 방향으로 6번의 컬러 변화가 있으므로 경계 길이  $B(I)$ 는 14이며, 복잡도( $\alpha$ )는 0.35(=14/40)의 값을 가진다.

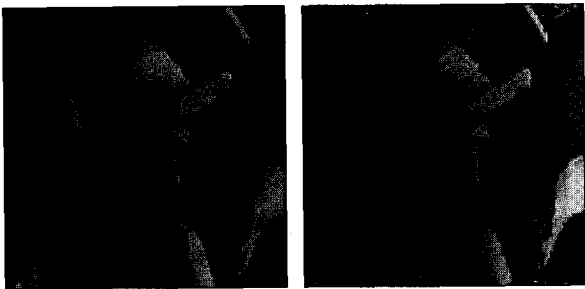


(그림 1) 5x5 크기의 이진 이미지

2.2 비트 플레인별 가중치

다음은 고정적인 임계값을 이용하여 비트 플레인에 정보

를 삽입하고 비트 플레인의 위치에 따른 화질의 변화를 알아보았다. (그림 2)는 LSB와 MSB에 고정적인 임계값( $\alpha = 0.05$ )을 이용하여 같은 용량(9,400byte)을 삽입한 이미지이다. (그림 2)(a)는 최하위 비트 플레인(LSB)에 삽입한 결과, PSNR이 51.14dB로 화질이 있어 원영상과 거의 차이가 없었다. (그림 2)(b)의 경우는 최상위 비트 플레인(MSB)에 삽입한 결과, PSNR은 9.0dB로 화질의 열화가 매우 심하였다 [10].

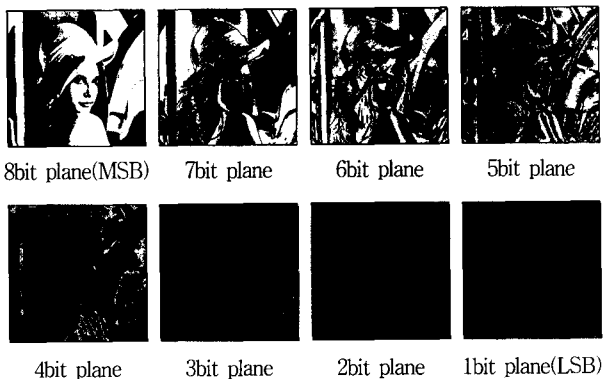


(a) 최하위 플레인(LSB)에 삽입한 경우(51.14dB)      (b) 최상위플레인(MSB)에 삽입한 경우(9.0dB)

(그림 2) 동일한 임계값과 삽입 용량을 적용한 비트 플레인 삽입 결과

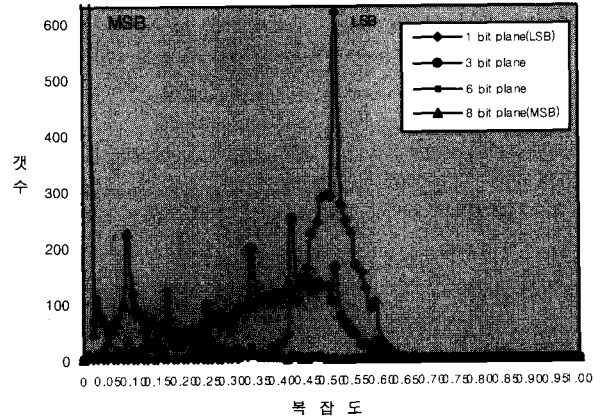
따라서 모든 비트 플레인에 고정 임계값을 적용하여 정보를 삽입할 경우, 비트 플레인에 따라 화질의 변화가 다를 수 있었다.

(그림 3)은 Lena 이미지를 각 비트 플레인으로 분할한 것이다. MSB 플레인로 갈수록 어떤 패턴을 포함하는 복잡도가 낮은 형태 정보(informative) 영역을 가지며, LSB 플레인으로 갈수록 복잡도가 높은 잡음과 같은(noise-like) 영역이 있음을 알 수 있다.

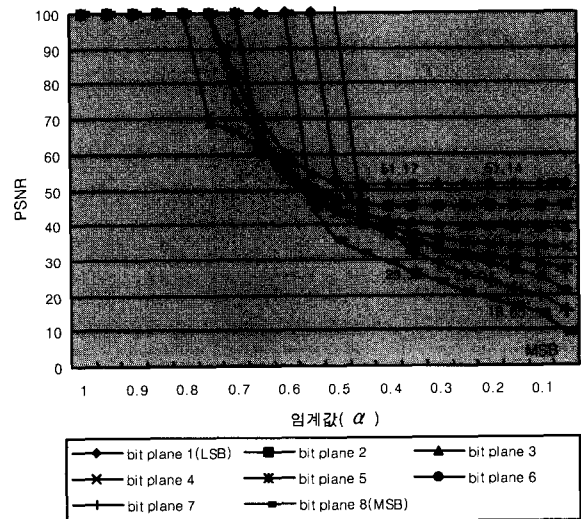


(그림 3) Lena 이미지에 대한 비트 플레인

본 연구에서는 적응적 삽입 방법을 개발하기 위하여, 비트 플레인별 복잡도와 각 비트 플레인에 다양한 임계값( $\alpha$ )을 적용하여 이에 대한 화질 변화를 살펴보았다.



(a) 비트 플레인별 복잡도 히스토그램



(b) 임계값에 따른 비트플레인별 화질 변화

(그림 4) Lena 이미지에 대한 복잡도 히스토그램과 복잡도별 화질 변화의 예

(그림 4)은 Lena 이미지에 대한 각 비트 플레인별 복잡도 분포와 임계값에 따른 비트 플레인별 화질 변화에 대한 예이다. (그림 4)(a)는 각 비트 플레인을  $2^3 \times 2^3$  블록으로 나누고, 비트 플레인에 대한 블록 복잡도 분포를 나타내었다. LSB 플레인에서는 복잡도 0.5를 중심으로 집중된 형태를 나타낸다. 그리고 상위 비트 플레인으로 갈수록 상대적으로 낮은 복잡도를 가지며, 복잡도 분포가 상대적으로 퍼져 있음을 알 수 있다. (그림 4)(b)는 각 비트 플레인에 다양한 임계값( $0.1 \leq \alpha \leq 1$ )을 적용하고, 해당 임계값 이상인 블록에 대해서만 정보를 삽입한 후, 이에 대한 화질을 측정하였다. LSB 플레인에서는 비트 플레인 자체의 복잡도가 (그림 4)(a)

와 같이 MSB 플레인에 비하여 상대적으로 높다. 따라서 낮은 임계값을 사용하여도 상대적으로 화질의 열화가 적었다. 즉, (그림 4)(b)과 같이  $\alpha = 0.4$  혹은  $\alpha = 0.2$ 에서도 약 51dB로 시각적으로 원영상과 거의 화질의 차이가 없었다. 그러나 MSB 플레인에서는 상대적으로 복잡도가 낮으므로, 낮은 임계값을 사용하면 화질의 열화가 심하다. 예로서,  $\alpha = 0.4$ 에서는 약 29dB이지만  $\alpha = 0.2$ 에서는 약 19dB로 급격하게 변화됨을 알 수 있다.

이처럼 비트 플레인의 복잡도와 화질 변화에서 보듯이, 각 비트 플레인들의 상대적인 위치가 중요하다. 따라서 비트 플레인의 가중치가 위치에 따라 최대  $2^{i-1}$ 배 만큼 생기기므로, 정보 은닉을 위한 임계값도 비트 플레인에 따라 적응적으로 변화되어야 한다.

식 (4)는 비트 플레인별 가중치( $w(B_i)$ )를 정의한 것이다.

$$w(B_i) = k \times \log_2^i, i \geq 1 \quad (4)$$

여기서  $k$ 는 가중치의 크기를 조절하는 상수이며,  $i$ 는 해당 비트 플레인의 위치를 나타낸다. 따라서 잡음과 같은 하위 비트 플레인( $i=1$ )들은 작은 가중치를 가지며, 형태 정보 영역이 많은 상위 비트 플레인( $i=8$ )은 큰 값을 갖는다.

따라서 본 연구에서는 정보 삽입량을 적응적으로 증가하기 위하여, 비트 플레인 가중치를 이용하여 새로운 적응적 임계값을 제안하고자 한다.

### 2.3 적응적 임계값

기존의 Niimi and Kawaguchi의 고정 임계값( $\alpha$ ) 대신에, 비트 플레인별 적응적 임계값( $\alpha(B_i)$ )의 한 방법으로 식 (5)와 같이 비트 플레인 가중치를 이용하였다.

$$\alpha(B_i) = w(B_i) \quad (5)$$

그러나 커버 이미지의 특징을 고려하여 삽입 용량을 증가시키기 위해서 식 (5)를 개선한 새로운 적응적 임계값을 산출한다. 이를 위하여, 먼저 식 (6)과 같이 차분값( $\Delta x_i$ )를 정의한다.

$$\Delta x_i = w(B_i) \cdot \overline{c(B_i)} \quad (6)$$

차분값은 비트 플레인별 가중치( $w(B_i)$ )에 비트 플레인의 평균 블록 복잡도( $\overline{c(B_i)}$ )를 반영한다. 이 평균 블록 복잡도( $\overline{c(B_i)}$ )는 해당 비트 플레인( $i$ )에 있는 블록의 복잡도를 평균낸 것으로 비트 플레인의 노이즈 혹은 형태정보와 같은 특징을 나타낸다. 따라서 차분값은 비트 플레인

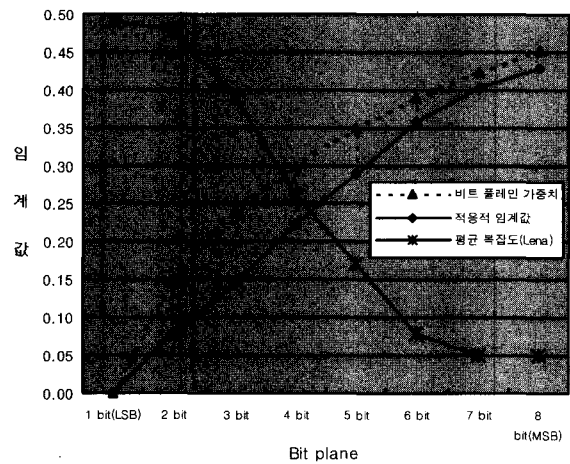
별 가중치 이하에서 추가로 삽입할 수 있는 적응적 임계값을 산출하기 위해 사용된다.

식 (7)은 차분값을 이용하여 개선된 적응적 임계값( $\alpha'(B_i)$ )을 나타낸다.

$$\begin{aligned} \alpha'(B_i) &= w(B_i) - \Delta x_i \\ &= w(B_i) \cdot (1 - \overline{c(B_i)}) \end{aligned} \quad (7)$$

따라서 개선된 적응적 임계값( $\alpha'(B_i)$ )은 가중치를 바로 임계값으로 사용하는 것 보다 삽입량을 증가할 수 있으며, 또한 임계값은 커버 이미지에 따라 적응적으로 변화된다.

(그림 5)는 Lena 이미지의 각 비트 플레인 평균 복잡도( $\overline{c(B_i)}$ )와 비트 플레인별 가중치( $w(B_i)$ )를 이용하여 적응적 임계값( $\alpha'(B_i)$ )을 구한 예이다. 적응적 임계값의 특성을 살펴보면, LSB 플레인의 경우는 복잡도가 높으므로 임계값이 상대적으로 낮아져 정보가 삽입된다. 그러므로 LSB 플레인에서는 거의 모든 블록에 정보를 삽입할 수 있다. 그리고 MSB플레인의 경우는 복잡도가 상대적으로 낮으므로 임계값을 높혀 정보를 삽입한다. 이 경우에는 정보 삽입이 잘 일어나지 않아서 화질의 열화를 방지할 수 있다.



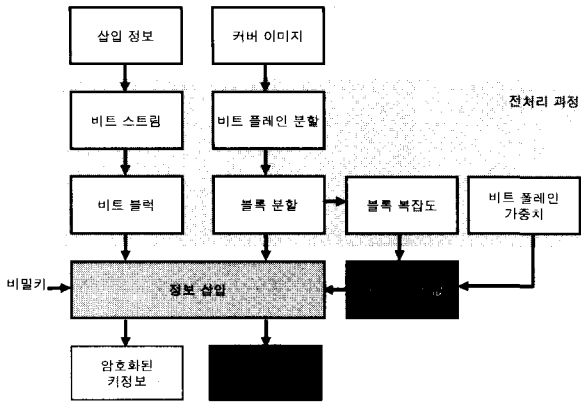
(그림 5) 복잡도와 가중치를 이용한 적응적 임계값 (Lena, block size =  $2^3 \times 2^3$ ,  $k = 0.15$ )

### 3. 적응적 임계값을 이용한 스테가노그래피

다음은 제안한 적응적 임계값을 이용한 스테가노그래피 모델의 삽입 및 추출 알고리즘에 대한 설명이다.

#### 3.1 삽입 알고리즘

(그림 6)은 제안한 적응적 임계값을 이용한 삽입 알고리즘에 대한 블록도이다.

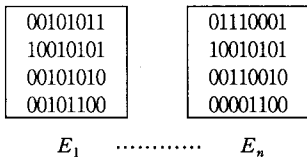


(그림 6) 삽입 알고리즘의 블록도

다음은  $2^m \times 2^m$  크기를 가진 커버 이미지에 적응적 임계값을 이용하여 정보를 삽입하는 방법이다.

- ① 다음은 삽입 정보에 관한 전처리 과정이다. (그림 7)(a)와 같이 삽입 정보( $E$ )는 비트 스트림 형태로 표현한다. 정보를 삽입하기 위하여 (그림 7)(b)와 같이  $2^m \times 2^m$  길이의 비트 블록( $E_n$ )으로 나눈다.

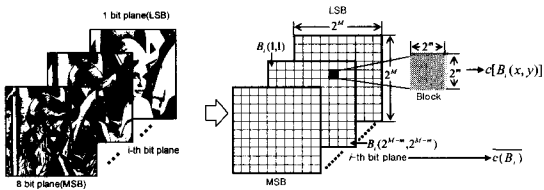
01001000 01100101 01101100 01101100 ..... 1010  
1000 1011 101  
(a) 비트 스트림



(b) 비트 블록

(그림 7) 삽입정보의 블록화(8×8)

- ② 다음은 커버 이미지의 전처리 과정이다. 입력시 발생되는 오류 정정을 위하여 먼저 커버 이미지를 그레이 코드로 바꾼 후, (그림 8)과 같이  $i$ 개의 비트 플레인으로 나눈다. 각 비트 플레인을  $2^m \times 2^m$  크기의 블록( $B_i(x, y)$ )으로 분할한다.



(그림 8) 비트 플레인과  $2^m \times 2^m$  크기의 블록

- ③ 분할된 블록은 식 (1), 식 (2), 식 (3)에 의해 블록 복잡

도 ( $c[B_i(x, y)]$ )를 계산하고, 각 비트 플레인의 블록 복잡도를 이용하여 비트 플레인별 평균 복잡도( $\overline{c(B_i)}$ )를 계산한다.

- ④ 전처리 과정에서 식 (4)에 의해 계산된 비트 플레인 가중치( $w(B_i)$ )와 비트 플레인별 평균 복잡도( $\overline{c(B_i)}$ )를 이용하여, 식 (6), 식 (7)에 의해 새로운 적응적 임계값( $\alpha'(B_i)$ )을 계산한다. 산출된 적응적 임계값은 커버 이미지에 따라 변화됨을 알 수 있다.
- ⑤ 각 비트 플레인에 정보가 삽입될 블록( $B_i(x, y)$ )은 시드값을 이용한 난수생성기에 의해 중복없이 랜덤하게 선택한다. 아래의 의사 코드와 같이 선택된 블록의 복잡도( $c[B_i(x, y)]$ )가 적응적 임계값( $\alpha'(B_i)$ ) 이상이면, 정보 블록( $E_k$ )으로 치환하고 해당 위치맵( $L_k$ )에 1로 표시한다. 만일, 블록의 복잡도가 임계값이하이면 정보를 치환하지 않고, 해당 위치맵에 0으로 표시한다. 생성된 비트 스트림 위치맵(location map)은 정보 추출시 사용되는 키정보로서, 정보블록의 삽입여부를 나타낸다.

```

input: num = image_size/block_size
      Ei = E1||E2||E3...
for i = LSB to MSB
  for j = 0 to num
    block_num = rand(seed) mod num
    x = block_num / column_block_num
    y = block_num mod column_block_num
    k = i * block_num
    if c[Bi(x, y)] ≥ α'(Bi)
      Bi(x, y) = Ei; Lk = 1
    else
      Lk = 0
  next //End_block
next //End_bitplane
    
```

- ⑥ 비트 플레인을 취합하고 전처리과정에서 사용한 그레이 코드를 적용하면 정보가 삽입된 스테고 이미지가 생성된다. 그리고 생성된 위치맵은 정보 추출시에 사용되는 키정보로 무손실 압축방식으로 압축한 뒤, SHA256 방법으로 암호화하여 전송한다.

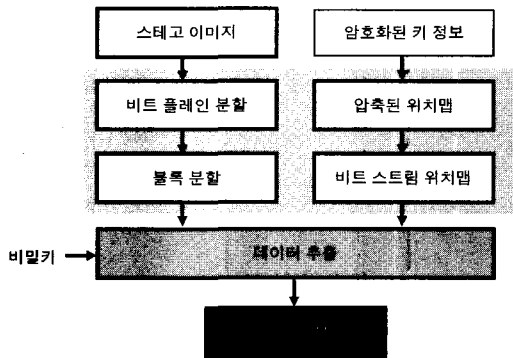
3.2 추출 알고리즘

(그림 9)은 추출 알고리즘의 블록도이다. 비밀 정보를 추출하기 위해서는 정보 삽입시 사용한 암호화된 키정보가 필요하다.

- ① 다음은 정보 추출을 위한 전처리 과정이다. 스테고 이미지를  $i$ 개의 비트 플레인으로 나눈다. 각 비트 플레인을  $2^m \times 2^m$  크기의 블록( $B_i(x, y)$ )으로 분할한다.
- ② 암호화된 키정보를 복호화하면 압축된 위치맵이 생성되며, 이를 다시 압축 해제하면 삽입시 사용한 비트 스트

림형태의 위치맵(L)을 얻는다.

- ③ 비트 플레인 블록 선택을 위하여 정보 삽입에 사용한 비밀키를 이용하여 블록 인덱스를 생성한다. 아래의 의사 코드와 같이 선택된 블록( $B_i(x, y)$ )과 해당 블록의 위치맵( $L_k$ )을 비교하여 위치맵이 1이면, 그 블록은 정보 블록으로 추출한다.



(그림 9) 추출 알고리즘의 블록도

```

input : num = image_size/block_size
for i = LSB to MSB
  for j = 0 to num
    block_num = rand(seed) mod num
    x = block_num / column_block_num
    y = block_num mod column_block_num
    k = i * block_num
    if Lk = 1
      Ei = Bi(x, y)
    next //End_block
  next //End_bitplane
output : Ei = E1 || E2 || E3 ...
    
```

#### 4. 실험 결과

본 연구에서는 비트 플레인별 적응적 임계값을 이용하여 삽입 용량과 화질을 실험하였다. 실험을 위하여 8bit/pixel 의 512×512 크기의 Baboon, Lena 그리고 Girl 등의 표준 그레이 이미지들을 사용하였고, 삽입 정보는 텍스트나 다양한 이미지로 실험하였다.

<표 1>은 기존 방법과 제안한 방법을 이용하여 동일한 용량을 삽입하고 이에 대한 화질을 평가하였다. 대표적인 예로, 복잡한 이미지인 Baboon에서는 제안한 방법이 약 2dB 정도 화질이 개선되었다. 복잡하고 평탄한 부분이 혼합된 Lena에서도 동일한 용량을 삽입했을 때 약 3dB 정도 화질이 개선되었다. 그리고 대체적으로 평탄한 이미지인 Peppers나 F16에서도 제안한 방법이 약 1.7~2.7dB 정도 향상되었다. 실험 결과, 적응적 임계값을 사용한 제안한 방법이 Kawaguchi 방법보다 전체적으로 약 2.4dB 정도 화질이 향상되었다.

<표 1> 동일한 정보량을 삽입한 후의 화질 비교

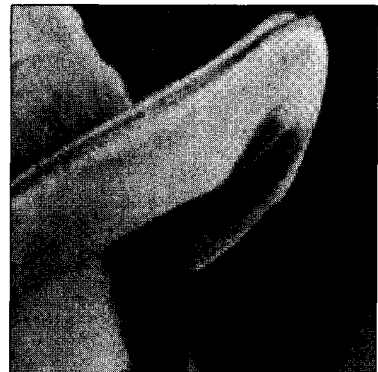
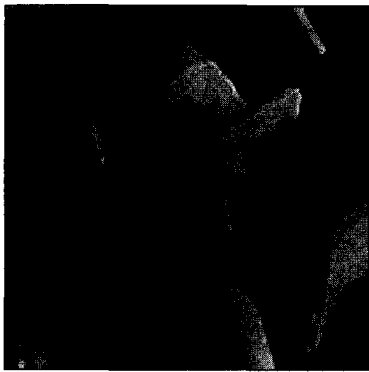
	삽입용량 (byte)	Kawaguchi		Proposed method		Diff.
		PSNR(dB)	RMS	PSNR(dB)	RMS	PSNR(dB)
Baboon	130,144	29.27	8.76	31.25	6.98	1.98
Fishboat	130,382	28.74	9.30	31.20	7.03	2.46
Couple	130,270	27.93	10.23	31.09	7.11	3.16
Lena	117,000	29.98	8.08	33.08	5.66	3.10
Girl	103,200	33.25	5.50	34.64	4.73	1.39
Peppers	130,203	29.28	8.70	31.01	7.18	1.73
F16	116,072	29.96	8.09	32.65	5.95	2.69
평균	107,159	29.77	8.38	32.13	6.38	2.36

<표 2>는 동일한 화질에 대하여 삽입용량을 비교한 결과이다. 실험은 커버의 용량이 262,144byte인 표준 이미지에 대하여 평균 약 32dB의 화질을 기준으로 실험하였다. 고정 임계값을 이용한 Kawaguchi의 방법은 평균 약41%의 정보가 삽입되었고, 적응적 임계값을 이용한 제안한 방법은 평균 약 47%의 정보가 삽입되었다. 따라서 제안한 방법이 Kawaguchi 방법보다 삽입용량면에서 평균 약 6% 정도 증가되었다.

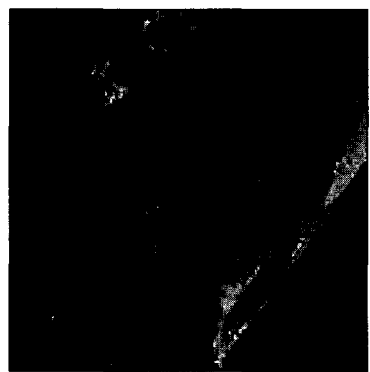
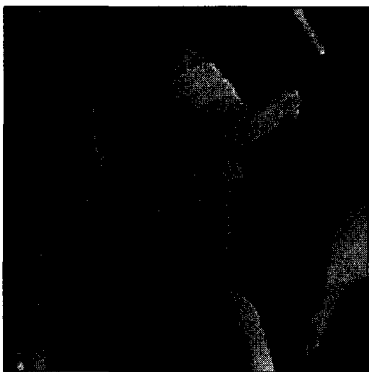
<표 2> 동일한 화질에 대하여 삽입용량 비교

	Kawaguchi		Proposed method	
	삽입용량(byte)	PSNR(dB)	삽입용량(byte)	PSNR(dB)
Baboon	123,256	29.70	130,144	31.25
Lena	96,296	33.90	117,000	33.08
Girl	84,352	35.50	103,200	34.64
Peppers	115,560	32.11	130,203	31.01
Fishboat	124,152	29.16	130,382	31.20
F16	86,512	33.70	116,072	32.65
Couple	114,840	30.57	130,270	31.09
평균	106,424(41%)	32.09	122,467(47%)	32.13

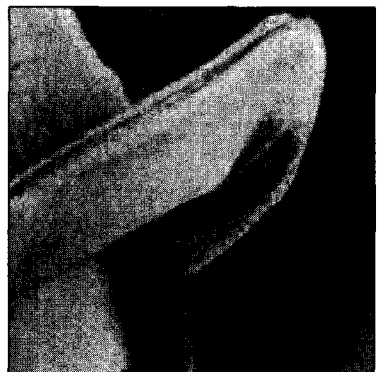
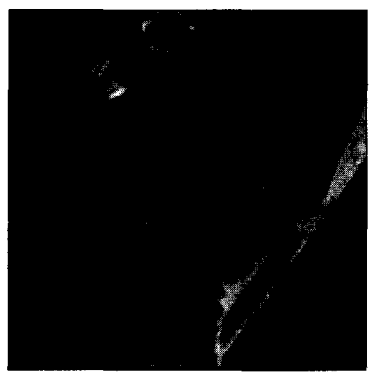
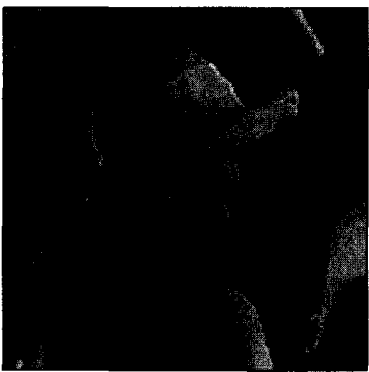
(그림 10)는 기존 방법과 제안한 방법을 이용하여 117,000 byte의 용량을 삽입한 스테고 이미지이다. (그림 10)(a)는 정보가 삽입되지 않은 커버 이미지이다. (그림 10)(b)는 Kawaguchi 방법인 고정적인 임계값을 이용하여 정보를 삽입한 결과이다. 결과 이미지에서 보는 것과 같이 모자의 깃털이나 모자 테두리 및 머리카락 등의 영역에서 화질의 열화가 매우 심하였다. (그림 10)(c)는 제안한 방법인 적응적 임계값을 이용하여 정보를 삽입한 결과이다. 삽입 결과, 기존 방법과 같은 심각한 화질 열화는 발생하지 않았다.



(a) 정보가 삽입되지 않은 커버 이미지



(b) E. Kawaguchi 방법으로 삽입한 결과



(c) 제안한 방법으로 삽입한 결과

(그림 10) Lena 이미지에 동일한 삽입량(117,000 byte)을 적용한 스테고 이미지

### 5. 결 론

본 연구에서는 비트 플레인별 적응적 임계값을 이용한 대용량 스테가노그래피 방법을 연구하였다. 모든 비트 플레인에 고정 임계값을 적용하여 정보를 삽입한 결과, 비트 플레인에 따라 화질의 변화가 다름을 알 수 있었다. 이것은 MSB와 LSB의 비트 플레인 자체의 위치가 중요하기 때문이다.

제안한 적응적 스테가노그래피 방법은 Niimi and Kawaguchi의 고정 임계값 문제를 해결하고 정보 삽입량을 적응적으

로 증가하였다. 이를 위하여 비트 플레인의 특성을 고려하여 비트 플레인별 위치 가중치를 정의하였다. 그리고 비트 플레인의 평균 복잡도와 가중치를 이용하여 새로운 적응적 임계값을 제안하였다.

Baboon, Lena 등의 표준 이미지들을 이용하여 제안한 방법과 기존의 Niimi and Kawaguchi 방법을 이용한 방법에 대하여, 동일한 화질과 동일한 정보량을 삽입하고 이에 따른 삽입 용량과 화질을 비교하였다. 그 결과, 제안한 방법이 기존의 방법보다 삽입 용량면에서 평균 약 6%의 정도 증가

되었고, 화질면에서도 평균 약 2.4dB 향상되었다.

### 참 고 문 헌

[1] F. A. P. Petitcolas, R. J. Anderson and M. G. Kuhn, "Information Hiding-A Survey," Proc. of the IEEE, special issue on protection of multimedia content, Vol.87, No.7, pp.1062-1078, 1999.

[2] N. F. Johnson, Z. Duric, S. Jajodia, Information Hiding : Steganography and Watermarking - Attacks and Countermeasures, Kluwer Academic Pub, 2000.

[3] Ross J. Anderson and Fabien A. P. Petitcolas, "On the limits of steganography," IEEE. Journal of Selected Areas in Comm., Vol.16, No.4, pp.474-481, 1998.

[4] D. C Wu and W. H. Tsai, "Spatial-domain image hiding using image differencing," IEE Proc.-Vis. Image Signal Process., Vol.147, No.1, pp.29-37, 2000.

[5] J. Fridrich, "A New Steganographic Method for Palette-Based Images," Proc. of the IS&T PICS conference, pp. 285-289, 1998.

[6] Lisa M. Marvel, Charles G. Boncelet, Jr. and Charles T. Retter, "Spread Spectrum Image Steganography," IEEE Transactions on image processing, Vol.8, No.8, pp.1075-1083, 1999.

[7] Y. K. Lee, L. H. Chen, "High Capacity Image Steganographic Model," IEEE Processings-Vision, Images & Signal Processing, Vol.147, No.3, pp.288-294, 2000.

[8] M. Niimi, H. Noda, E. Kawaguchi, "An Image Embedding in Image Complexity Based Region Segmentation Method," Proc. of ICIP, Vol.3, pp.74-77, 1997.

[9] E. Kawaguchi, "A Research on Bit-Plane Complexity Segmentation Based Steganography," IPSJ JOURNAL, Vol.43, No.05, 1999.

[10] Sin-Joo Lee, Jae-Min Bae, Sung-Hwan Jung, "High Capacity Image Steganography Using Complexity Measure," Proc. of EALPIIT 2002, pp.349-352, 2002.



### 이 신 주

e-mail : sinjoo@sarim.changwon.ac.kr  
 1991년 경남대학교 전산통계학과(학사)  
 2000년 창원대학교 대학원 전자계산학과  
 (석사)  
 2000년~현재 창원대학교 대학원 컴퓨터  
 공학과 박사과정

관심분야 : 멀티미디어 정보보호, 영상처리, 프로그램 시각화 등



### 정 성 환

e-mail : sjung@sarim.changwon.ac.kr  
 1979년 경북대학교 전자공학과(공학사)  
 1983년 경북대학교 대학원 정보통신전공  
 (공학석사)  
 1988년 경북대학교 대학원 영상처리전공  
 (공학박사)

1986년 전자계산기 기술  
 1992년 정보처리 기술사  
 1983년~1985년 한국전자통신연구원 연구원  
 1992년~1994년 미국 캘리포니아 주립대학(UCSB) Post-Doc.  
 1999년~2000년 미국 콜로라도 CSM주립대학 객원교수  
 1988년~현재 국립창원대학교 컴퓨터공학과 교수  
 관심분야 : 영상정보처리, 멀티미디어 정보보호, 내용기반 영상  
 검색 등