

컬러 이미지의 복잡도를 이용한 적응적 스테가노그래피

The Adaptive Steganography Using Color Image of Complexity

고봉수, 김장형, 양동호
제주대학교

Ko Bong-Soo, Kim Jang-Hyung, Yang Dong-Ho
Cheju Univ.

요약

본 논문은 컬러 이미지에서 비트플레인의 복잡도를 이용한 적응적 스테가노그래피 방법을 제안하였다. 기존에 비트플레인을 이용한 스테가노그래피 방법들은 대용량의 데이터를 삽입하기 위해 고정 임계값과 가중치를 사용하거나 비트플레인에 따라 가변 크기를 구하여 정보를 삽입하는 반면에 본 논문에서는 컬러 이미지에서, 각 커버 이미지의 비트플레인의 블록별 복잡도와 삽입할 데이터의 복잡도, 유사도를 측정하고, 비교 분석 하여 가장 적합한 비트플레인 블록에 정보를 삽입하는 방법을 제안하였다. 실험 결과 제안 방법은 기존의 방법보다 화질과 삽입 용량면에서 보다 향상된 결과를 얻을 수 있었다.

Abstract

In this paper, we proposed a new method of the Adaptive steganography using complexity on bit planes of color image. Applying fixing threshold and variable length, if insert information into all bit plans, all bit plans showed different image quality. Therefore, we first defined the complexity on bit plane and data complexity, similarity insert information into bit plans. As a result, the proposed method increased the insertion capacity and improved the image quality than fixing threshold and variable length method.

I. 서론

인터넷이 발달로 인해 현재 다양한 멀티미디어 콘텐츠들이 유통되고, 사용되어 지고 있다. 특히 이러한 멀티미디어 콘텐츠 사용이 급속도로 확산되면서, 수집된 콘텐츠 데이터들을 쉽게 변환하고, 조작할 수 있는 방법들도 확산되고 있다. 이러한 이유로 현재 확산되는 멀티미디어 콘텐츠들이 데이터 저작권 보호 필요성이 되두되게 되었고, 워터마킹(watermarking)이나 암호화(Cryptography) 등이 비밀 메시지를 삽입하는 보안 방법이 나타나게 되었다.

스테가노그래피(Steganography)는 정보 보호를 위한 비밀통신에 사용되는 방법으로, 기존에 암호화와는 달리 삽입된 메시지의 유무를 판단할 수 없도록 커버 메시지에 비밀 메시지를 삽입하여 전송하는, 메시지 은닉에 초점을 맞춘 일종의 정보 은닉 기술이다. 따라서 스테가노그래피 시스템이 가장 중요한 전제 조건은 비인지성이다. 이때 비인지성은 삽입되는 비밀 메시지 정보량에 크게 좌우되므로, 삽입용량이 많을 수록 커버 메시지에 대한 변형도 증가된다. 따라서 스테가노그래피는 비밀메세지를 숨겨야 하는 비인지성(Imperceptibility)과, 데이터량을 결정하는 삽입용량(Capacity)과는 서로 매우 밀접한 상관 관계를 가지게 된다.

이미지를 이용한 스테가노그래피는 크게 커버 이미지의 공간상에 직접 비밀 메시지를 삽입하는 공간적 스테가노그래피

와 커버 이미지를 주파수 공간으로 변환하여 비밀 메시지를 삽입하는 주파수 변환 스테가노그래피로 나눌 수 있다. 이때 공간적 스테가노그래피는 다시 LSB(Least Significant Bit) 방법과 비트플레인(Bit plane) 삽입 방법으로 나눌 수 있으며, 이러한 방법은 인간이 시각은 복잡한 영상에서는 영상의 변화를 쉽게 인지 하지 못하는 특성을 이용한 방법으로써, 즉 시각적 마스킹(masking)을 이용하므로, 비밀 메시지를 쉽게 삽입할 수 있는 장점이 있지만, 이미지 변환 처리에 약하다는 단점이 있다. 공간적 방법과는 달리 주파수 변환 스테가노그래피 방법은 DCT, FFT, 웨이블릿 등의 주파수 변환 알고리즘을 이용하여 커버 이미지를 주파수 영역으로 변환 후 비밀 메시지를 삽입하는 방법으로, 이미지 변환 처리에는 강인한 방법이지만, 처리속도가 느리고, 삽입되는 비밀 메시지 용량이 적다는 단점이 있다. 따라서 최근에는 워터마킹(Watermarking) 분야에서는, 영상 화질 열화에 강건한 주파수 변환 방법쪽에 많은 연구가 되고 있고, 스테가노그래피 분야에서는 삽입하는 비밀 메시지 용량을 높이고, 비인지성을 강인하게 하는 공간적 스테가노그래피에 대한 연구가 이루어 지고 있다.

일반적으로 비인지성과 삽입용량을 높이기 위한 방법으로는 비트플레인 변환 방법으로 기본적으로 3~4비트 플레인에 고정적으로 비밀 메시지를 삽입하는 고정 임계값 및 가중치

방법이 주로 많이 사용되고 있으나, 이러한 방법은 커버 이미지에 40~50%정도에 많은 비밀 메시지를 삽입할 수 있으나, 커버 이미지의 화질 열화가 많이 발생하는 단점이 있다. 따라서 이러한 단점을 보강하기 위해 최근에는 가변 임계값을 이용한 적응적 스테가노그래피 방법에 대한 연구가 나오고 있는데, 이 방법은 비트플레인에 복잡도를 구하고, 적응적으로 삽입할 비트플레인수를 지정하여 비밀 메시지를 삽입하는 방법으로, 이전 고정비트플레인을 이용하는 방법보다는 일반적으로 이미지 화질 열화가 감소하지만, 비트플레인의 복잡도가 낮은 경우에는 이 방법 역시 화질 열화가 많이 발생한다.

따라서 본 연구에서는 위 고정적인 방법과 가변적인 방법에서 발생하는 이미지 화질 열화를 최소화 하고, 대용량이 비밀 메시지를 삽입할 수 있는 방법을 제안한다. 이러한 제안 방법은 각 커버 이미지의 비트플레인과 삽입할 비밀 이미지를 블록화 하고, 각 블록간 복잡도와 유사도를 측정하여 비밀 이미지를 삽입하는 방법으로, 기존에 방법보다 화질이나 용량측면에서 향상된 결과를 얻을 수 있었다.

II. 비트 플레인(Bit plane) 삽입 방법

비트플레인 삽입 방법은 커버 이미지를 각 화소값에서 동일한 이진 비트 위치에 있는 비트들을 모아놓고, 비트 플레인 영상을 만들고, 이때 일반적으로 복잡도가 높은 하위 비트플레인에 비밀 이미지나 메시지를 삽입하는 방법이다.

여기서 사용하는 복잡도(complexity)는 고주파 영역 에너지의 분포로 파악하게 되는데, 복잡도가 높을 수록 고주파 영역 에너지가 많고, 이러한 영역에 비밀 메시지를 삽입하더라도, 인간 시각으로는 쉽게 이미지 변화를 인지하지 못한다. 이때 각 비트플레인의 복잡도를 측정하는 방법은 일반적인 표준으로 정의되어 있지는 않지만, 일반적으로 기존 연구에서와 마찬가지로, 본 연구에서는 이진화된 비트플레인의 픽셀값을 구하고, 흑백 경계 길이(boarder length)를 이용한 Niimi and Kawaguchi의 복잡도를 이용한다.

이때 Niimi and Kawaguchi 방법은 삽입용량을 증가시키기 위해, 비트플레인의 복잡도를 구하고, 복잡도가 특정 임계값보다 큰경우에 해당되는 비트플레인에 비밀 메시지를 삽입하였다. 하지만 위 방법은 임계값이 고정이기 때문에, 임계값을 낮추면 화질 열화가 발생하고, 높이면 삽입용량이 줄어드는 문제점이 발생한다.

1. 블록 복잡도 측정 방법

일반적으로 복잡도를 측정하는 방법은 표준화되어 있지 않고, 적용 분야 및 시스템에 따라 조금씩 다른 방법을 적용하

여 사용하게 된다. 본 연구에서는 기존 알고리즘에서 사용하던 흑백 경계길이(boarder length)를 8×8 블록으로 나누고, 각 블록에서 흑,백 픽셀이 교차되는 이웃화소의 픽셀 변화수를 가지고 측정한다.

즉 비트플레인으로 변환된 커버 이미지의 픽셀은 각각 255(백), 0(흑) 픽셀값을 가지고, 이때 255에서 0으로 변환된 픽셀수와 0에서 255로 변환된 픽셀수의 합이 비트플레인의 블록 복잡도가 된다.

이러한 블록 복잡도를 구하는 식은 다음과 같다. 이때 B는 블록 비트플레인 이미지이며, $x(i, j)$ 는 i, j 위치에 있는 픽셀들의 값을 나타낸다.

$$B(i, j) = \sum_{i=0}^{i=8j=8} \sum_{j=0}^{j=8} |x(i, j) - x(i+1, j+1)| / 255 \quad (1)$$

이때 블록이 크기가 가로, 세로 크기가 $w \times w$ 인 경우, $B(i, j)$ 의 최대, 최소 복잡도의 경계는 다음과 같다.

$$B(i, j)_{\max} = 2 \times w \times (w - 1)$$

$$B(i, j)_{\min} = 0 \quad (2)$$

2. 블록 유사도 측정 방법

각 비트플레인이 복잡도를 구하면, 가장 복잡도가 큰 비트플레인을 선정하고, 이 비트플레인과 삽입하고자 하는 비밀 메시지를 8×8블록으로 나눈 후, 비트플레인의 블록과 비밀 메시지의 블록 블록 정합시켜 평균절대 오차값을 계산하고, 유사도를 측정한다.

이때 평균절대 오차값이 크면 두 영상간에 유사도가 적다고 하고, 값이 작으면, 유사도가 크다고 할 수 있다. 다음 식은 두 블록간 평균절대오차값을 구하는 수식을 보여주고 있다.

$$M(i, j) = \frac{1}{w^2} \sum_{i=0}^{i=wj=w} \sum_{j=0}^{j=w} |B(i, j) - S(i, j)| \quad (3)$$

여기서 $B(i, j)$ 는 비트플레인의 블록 이미지이며, $S(i, j)$ 는 비밀 이미지의 블록이미지이고, W 는 블록이 가로,세로 크기를 나타내고 있다.

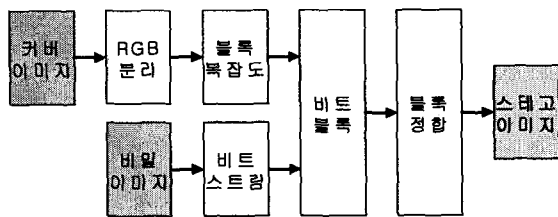
이렇게 평균 절대 오차값을 구하면 실제 각 비밀 메시지 블록을 가장 오차값이 작은 블록, 즉 유사도가 큰 커버 이미지의 비트플레인 블록에 삽입하게 된다.

3. 제안하는 알고리즘

본 연구에서는 컬러이미지를 커버 이미지로 사용하므로 전 처리 과정으로 컬러이미지를 R,G,B 로 분리한다. 그리고 각 분리된 R,G,B 프레임은 각각 비트프레임 시키고, 이때 각 비트프레임의 복잡도를 구한다.

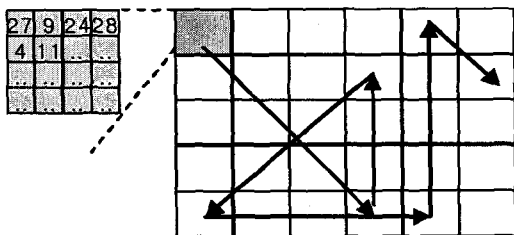
각 비트프레임의 복잡도를 구하면, 가장 복잡도가 높은 상위 4개의 비트프레임을 선정하고, 이때 각 비트프레임을 8X8 블록화 시킨 후 삽입할 비밀 이미지의 블록과 유사도를 측정하기 위해 블록 정합 시킨다.

그림 1은 본 논문에서 제안한 알고리즘의 전체 구성도이다.



▶▶ 그림 1. 삽입 알고리즘의 블록도

본 논문에서 RGB로 분리하는 과정은 입력받은 24bit RGB 컬러이미지를 가지고 R,G,B 프레임으로 분리한후 비밀 이미지를 각각 3개의 프레임에 차례로 삽입하게 되는데, 이는 향후, 명암도나 색상과 같은 이미지 변형 처리가 있을때 강건하게 검출될 수 있도록 하기 위해 똑같은 비밀 메시지를 3개의 프레임에 각각 삽입한다. 또한 블록 정합 후 비밀 이미지 블록을 삽입하기 위해, 랜덤 블록 선택 방법을 이용하는데, 랜덤 블록 선택 방법을 위해서는 블록 삽입 순서를 다음과 같이 첫 번째 커버 이미지 블록 순서를 지정한다.



▶▶ 그림 2. 랜덤 블록 선택 방법

III. 실험 결과

본 논문에서는 컬러이미지 비트프레임의 복잡도와 평균 절대 오차값을 이용한 유사도 측정을 이용하여 삽입 용량과 커버 이미지 화질을 측정, 실험 하였다.

실험 데이터중 커버이미지는 320X240 해상도를 갖는 RGB 24bit 컬러이미지를 이용하였고, 삽입되는 비밀 이미지

는 2bit 서로 용량이 다른 이미지를 이용하였다.

<표1>은 동일한 커버 이미지에 서로 다른 비밀 이미지를 삽입한 후 화질을 다른 알고리즘과 비교한 결과를 보여 주고 있다.

[표 1] 비밀 이미지 삽입후 화질 비교

비밀메시지 용량(byte)	고정 임계값 방법	적응적 방법	제안 방법
	PSNR(dB)		
103,200	33.25	34.64	35.52
115,062	29.94	33.60	33.89
119,121	29.89	33.08	33.70
125,120	29.52	31.21	32.50
127,374	29.43	31.05	32.65
130,144	28.29	29.89	32.53
130,540	27.45	29.60	32.55
135,021	25.01	27.00	32.12
140,081	22.36	25.90	32.09
평균	28.34	30.66	33.06

실험 결과 본 논문에서 제안한 방법은 기존에 고정 임계값을 이용한 방법이나 가변 임계값을 이용한 적응적 방법과는 달리 비밀 메시지 용량이 커지더라도 큰 화질 변화를 보이지 않는다.

이는 기존에 공간적 비트프레임 삽입방법에서는 고정적인 비트프레임을 이용하거나, 비트프레임이 복잡도만을 가지고 영상을 삽입함으로써, 실제 영상 화질은 삽입되는 비밀 데이터 용량이 커질수록 화질 열화가 심하게 발생하지만, 본 논문에서 제안한 방법은 기존 알고리즘 방법에 각 블록별 유사도를 추가적으로 측정하여, 커버 이미지와 비밀 이미지간 블록들이 가장 유사한 위치에 1:1 삽입되므로 인해 큰 화질 열화를 보이지 않으며, 오히려 두 이미지간 유사도가 전체적으로 큰 커버 이미지 비트 프레임과 비밀 이미지일 수록 화질 열화가 덜 심한 것을 볼 수 있었다.

IV. 결론

본 논문에서는 컬러이미지에서 비트프레임의 복잡도와 블록별 유사도를 구하여 비밀 메시지를 삽입하는 대응량 스테가노그래피 방법을 연구하였다. 기존에 스테가노그래피 방법은 고정 임계값을 이용하거나, 커버이미지에 따라 가변 임계값을 이용하는 방법을 이용하여 비밀 메시지를 삽입하는데, 일반적으로 삽입되는 비밀 메시지가 용량이 커질수록 화질 열화가 많다.

하지만 비밀 메시지를 삽입할때 본 논문에서 제안한 방법

처럼 비트 플레인과 비밀 메시지의 블록 정합을 이용한 유사도를 측정하고, 가장 유사한 블록에 삽입할 경우, 화질 열화가 가장 적게 발생하는 것을 볼 수 있었다. 이는 스테가노그래피에서 커버 이미지 및 비밀 메시지 용량 보다는, 비트플레인에 삽입되는 비밀 메시지의 위치가 중요하다는 사실을 알 수 있다.

따라서 본 실험 결과 기존에 고정 임계값을 이용한 스테가노그래피 방법이나 가변적인 임계값을 이용한 적응적 스테가노그래피 방법들보다는 화질 면에서 약 평균 5~7dB 정도 향상되는 것을 볼 수 있었다.

■ 참고 문헌 ■

- [1] J.Fridrich, "A New Steganographic Method for Palette Based Images," Proc. of the IS&T PICS conference, pp.285-289, 1988.
- [2] 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.
- [3] M.Niimi, H. Noda, E. kAWAGUCHI, "An Image Embedding in Image Complexity Based Region Segmentation Method", Proc. of ICIP, Vol.3, pp.77-77, 1977.
- [4] Neil F. Johnson, Zoran Duric. Sushil Jajodia, "Information Hiding-Steganography and Watermarking Attacks and Countermeasures." Kluwer Academic Publishers, pp.18-44, 2001.
- [5] A. Westfeld, and A. Pfitzmann, Attacks on steganographic systems," Lecture Notes in Computer Science, Vol.1768, Springer-Verlag, pp.61-75, 2000.
- [6] 김형중, 여인권. "블라인드 워터마킹 : 투토리얼", 방송공학회 논문지, Vol.6, No.3, pp.270-282, 2001.
- [7] Sin-Joo Lee, Jae-Min Bae, Sung-Hwan Jung, "High Capacity Image Steganography Using Complexity Measure," Proc. of EALPIIT 2002, pp.349-352, 2002.
- [8] 최순영, 서영호, 유지상, 김대경, 김동욱, "DWT 기반 영상 압축기의 다해상도의 통계적 특성을 이용한 실시간 워터마킹 알고리즘", 한국정보보호학회 논문지 제13권 제6호 pp.33-43, 2003.
- [9] 이규대, 박세준, 반만규, "킬러영상 데이터의 소유권 보호를 위한 다중 워터마킹 알고리즘" 멀티미디어 학회 추계학술 발표 논문집, Vol.2, No.2, pp.22-25,1999.