

Noise Visibility Function(NVF)를 이용한 비자연 영상에서의 스테가노그래피

홍지희, *권오진

세종대학교 전자공학과

전화 : 02-3408-3828 / 핸드폰 : 018-326-4503

Non-natural Image Steganography Based on Noise Visibility Function(NVF)

Abstract

Steganography based on Just Noticeable Difference(JND) has been used for natural images. However, it has been recognized to have defects for the non-natural images such as scanned text images, cartoons, etc. In this paper, an alternative method is proposed to improve this problem.

A new scheme is designed specially for the non-natural images. Instead of JND, Noise Visibility Function(NVF) is used. NVF value and edge strength value of each pixel are combined to decide the embedding data capacity and the visibility of data embedded images have been improved specially for the non-natural images.

I. 서론

스테가노그래피(Steganography)는 원본 영상 파일의 크기 변화 및 손상이 비가시적인 상태에서 다른 형태의 데이터를 삽입하여 제 3자가 알 수 없도록 숨기는 기술이다. 최근 디지털 기술의 발달과 인터넷 보급의 확산에 따라 다양한 목적으로 디지털 영상에 다른 형태의 데이터를 삽입하는 방법으로 스테가노그래피에 관한 연구가 활발히 진행되고 있다.

본 논문은 스테가노그래피의 목표인 데이터의 최대 적재와 최대 비가시성을 보장하는 방법으로 Noise Visibility Function(NVF)을 이용한 비자연 영상에서의 스테가노그래피 방법을 제시하고자 한다. 기존의 Just Noticeable Difference(JND)를 이용한 방법은 카툰 영상이나, 문서 영상과 같은 비자연 영상에 사용할 경우 원 영상에 심한 손상을 주게 되는 단점이 있다. 비가시성을 측정기준으로 비교했을 때, 본 논문에서 제시한 NVF를 이용한 알고리즘은 JND방법에 비해 비자연 영상에 대해 훨씬 우수한 성능을 가질 뿐 아니라, 자연 영상에 대해 비교했을 때에도 비슷한 성능을 유지한다.

본 논문의 II장에서는 기존의 JND를 이용한 방법과 그 외의 다른 방법들에 대해 간략하게 알아보고, III장에서는 NVF에 대해 알아보고, NVF를 이용한 데이터의 삽입·추출의 과정을 서술하고, IV장에서는 실험 결과를 기존의 JND방법과 비교하여 분석하고, 결론은 V장에서 서술한다.

II. 기존의 스테가노그래피 방법

2.1 기존에 제시된 방법들

스테가노그래피의 가장 일반적이고 방법은 원 영상의 LSB(Least Significant Bit)에 데이터를 삽입하는 방법이다[1][2]. 이때, 메시지는 바로 삽입될 수도 있고, 어떤 약속된 연산을 통해 나온 결과를 삽입할 수도 있다. 이 방법은 원 영상의 손실은 비교적 적으나, 삽입

되는 데이터량이 충분하지 못하고, 너무 간단하기 때문에 허가되지 않은 사용자에게 쉽게 데이터 유출이 될 수 있다는 문제점이 있다.

영상 전체에 3*3블록을 정해놓고 블록안의 주변 픽셀 값의 크기에 따라 데이터의 삽입량을 결정하여 순차적으로 message를 삽입하는 방법도 있다[3]. 이 방법은 원 영상 픽셀에 대해 최대 5비트만큼 삽입하게 되어 삽입되는 데이터량은 크지만, 원 영상의 손상이 매우 크다는 단점이 있다.

JND를 이용해 삽입량을 결정하여 데이터를 삽입하는 방법도 있다[4][5]. 이 방법은 영상의 비가시성을 유지하며, 충분한 데이터 삽입량을 보장하는 방법으로 현재까지 제안된 방법 중에서 가장 효과적이다. 본 논문에서 제안하는 NVF를 이용한 방법과 성능을 비교하므로 2.2에서 간략하게 소개하겠다.

2.2 Just Noticeable Difference(JND)

JND는 인간이 감각에 의해 어떠한 변화의 차이를 느끼게 되는 순간의 값을 나타낸 것이다. 영상에서의 JND는 웨버의 법칙에 의해 얻어지는 값으로 각 픽셀에 대하여 시각적으로 차이를 인지할 수 없는 범위 내에서 데이터를 삽입하는 방법으로 스테가노그래피에 이용된다.

Kundu[4]는 명암(I)에 대한 JND(ΔI_T)를 다음과 같이 나타내었다.

$$\Delta I_T = \begin{cases} \sqrt{x_1 x_2} \cdot \beta \cdot \left(\frac{\Delta I}{I}\right)_{\max}, & 0 \leq I < x_1 \\ \sqrt{I} \cdot \beta \cdot \left(\frac{\Delta I}{I}\right)_{\max}, & \sqrt{x_2}, x_1 \leq I < x_2 \\ I \cdot \beta \cdot \left(\frac{\Delta I}{I}\right)_{\max}, & x_2 \leq I < x_3 \\ I^2 \cdot \beta \cdot \left(\frac{\Delta I}{I}\right)_{\max} \cdot \frac{1}{x_3}, & x_3 \leq I < 256 \end{cases} \quad - (1)$$

위 식에서 β 는 웨버 상수, $\left(\frac{\Delta I}{I}\right)_{\max}$ 는 영상의 최대 콘트라스트 값, x_i 는 영상의 명암 값이다. 위 JND 식에 의해 인간이 명암에 대한 시각적 변화를 감지할 수 있는 경계 값이 모두 4 단계로 나뉘어 질 수 있는데, 각 단계에 따라 삽입할 수 있는 비트 수를 1~4로 결정하고 데이터를 삽입한다.

보다 개선된 방법으로는 Kundu[4]의 방법과 동일하게 JND에 의한 삽입량을 결정하되, 영상의 분산을 이용하여 데이터의 삽입순서를 결정하여 데이터를 삽입하는 방법도 있다[5]. 그러므로 JND를 이용한 방법은 영상의 명도가 높을수록 데이터 삽입량이 커진다. 따

라서 명암이 고르게 분포하는 자연 영상에 대해서는 삽입량과 비가시성을 최적으로 제공할 수 있는 좋은 방법이다. 그러나 문서나 카툰 영상과 같이 명암 분포가 양극적인 비자연 영상에 대해서는 원 영상의 손상이 커지는 단점이 있다.

III. NVF를 이용한 스테가노그래피

3.1 Noise Visibility Function(NVF)

Voloshynovskiy[6]가 정의한 NVF는 영상의 공간적 특성을 기술한 것으로, 영상의 변화량을 구분하여 값으로 표현한 정보이다. 본 논문에서는 이를 이용하여 변화량이 큰 부분과 작은 부분으로 나누고 삽입할 데이터의 양을 결정한다. 대체적으로 edge영역이 변화량이 큰 부분으로, texture 영역이 변화량이 작은 부분으로 구분된다.

NVF는 non-stationary Gaussian NVF와 Stationary Gaussian generation NVF의 두 가지를 구할 수 있는데, 본 논문에서는 데이터가 삽입될 양을 확실하게 구분하기 위해 edge와 texture영역의 NVF값의 차이를 분명하게 갖는 non-stationary Gaussian NVF를 구하여 이용하였다. 각 영상에 대한 NVF 식은 다음과 같다.

$$NVF(i, j) = \frac{1}{1 + \sigma_x^2(i, j) \times \theta} \quad - (2)$$

$$\sigma_x^2(i, j) = A \sum_{k=-L}^L \sum_{l=-L}^L (x(i+k, j+l) - \bar{x}(i, j))^2 \quad - (3)$$

$$\theta = \frac{100}{\max_{x < \sigma_x^2(i, j)} x} \quad - (4)$$

$$\bar{x}(i, j) = A \sum_{k=-L}^L \sum_{l=-L}^L x(i+k, j+l) \quad - (5)$$

$$A = \frac{1}{(2L+1)^2} \quad - (6)$$

이때, (i, j) 는 픽셀이고, $(2L+1)^2$ 은 분산을 구하는 블록의 면적이다. NVF값의 분포는 0.009901~1 까지 되는데 1에 가까울수록 영상 데이터의 변화량이 적은 부분을 의미하고 0.009901에 가까울수록 변화량이 큰 부분을 의미한다.

3.2 NVF를 이용한 데이터 은닉

(1) NVF를 이용한 데이터 삽입량 결정

5비트 이상 데이터의 값을 변환하면 원 영상의 심각

한 손상이 있으므로, 데이터가 삽입될 수 있는 최대 비트는 하위 4비트로 제한하고 원 영상의 상위 4비트를 이용해 NVF를 구한다.

데이터 삽입량은 NVF의 평균값과 edge를 이용해 결정한다. 우선 NVF의 평균값을 기준으로 결정한 것은 다음과 같다.

$$\begin{cases} \frac{1}{101} \leq NVF(i, j) < mean : 3bits \\ mean \leq NVF(i, j) \leq 1 : 2bits \end{cases} \quad (7)$$

이때, 평균값을 기준으로 삼는 것은 결정하는 삽입량을 원 영상에 적응적으로 하기 위함이다. baboon과 같이 전반적으로 복잡도가 큰 영상과 카툰 영상과 같이 복잡도가 작은 영상에 대해 동일한 기준을 적용하면 상대적으로 복잡한 영상의 손상이 커지기 때문이다.

NVF가 평균값 이하로 낮은 부분은 영상 전체에 대한 변화량이 큰 것을 의미하고, 이것은 영상의 edge부분과 유사하다. 따라서 edge를 이용하여 데이터의 삽입량을 결정하는 과정은 다음과 같다.

$$\left(\frac{1}{101} \leq NVF(i, j) < mean\right) \cap (edge \text{ region}) \quad (8)$$

의 조건을 만족하는 경우에는 데이터 삽입량을 4비트로 결정한다. Edge 영역을 찾을 때에도 NVF와 마찬가지로 영상의 상위 4비트를 이용하여 구한다.

(2) 데이터 삽입 순서

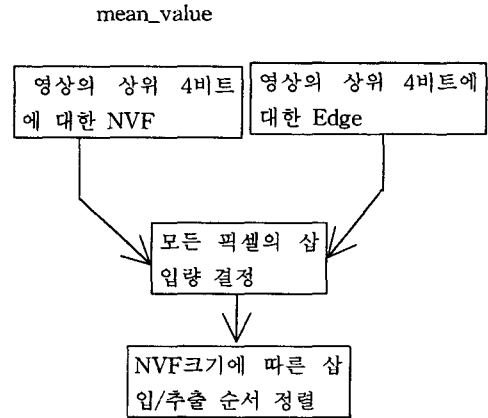
데이터 삽입 순서는 NVF값이 적은 픽셀부터 순차적으로 한다. 이때, NVF값이 적은 픽셀의 하위 1비트에 데이터를 삽입하고, 다음 순위의 NVF값 픽셀의 하위 1비트에 데이터를 삽입한다. 영상 전체 픽셀의 하위 1비트에 데이터가 다 채워지고, 삽입할 데이터가 없으면 과정이 종료된다. 그러나 삽입할 데이터가 남아있으면 다시 NVF값의 최우선 순위부터 차례대로 데이터가 삽입되는데 이번에는 하위 2번째 비트에 대해 차례대로 데이터가 삽입된다.

3.3 NVF를 이용한 데이터의 추출

데이터의 추출과정은 삽입 과정과 유사하다. 결과 영상의 상위 4비트를 이용하여 NVF와 edge를 구하고 그 값을 이용해 삽입과정과 동일하게 각 픽셀에 대해 삽입 가능한 비트수를 찾아내고, NVF값의 크기를 비교해 값이 작은 순서대로 데이터를 추출한다.

3.4 데이터의 삽입과 추출과정의 흐름도

데이터의 삽입과 추출의 흐름도는 다음과 같다.



위와 같이 데이터의 삽입과 추출과정은 동일하다. 또한, 사용되는 영상은 원 영상과 결과 영상의 상위 4비트는 데이터의 손상이 전혀 없으므로 삽입과 추출 과정에서 동일한 NVF, edge를 구할 수 있다.

IV. 실험 결과 및 분석

본 논문에서 제시한 스테가노그래피 방법을 실험하기 위해 lena, f16, baboon 등의 자연 영상과 문서나 카툰과 같은 비자연 영상을 원 영상으로 하여 데이터를 삽입하고, 결과 영상의 비가시성은 Peak Signal Noise Ratio(PSNR)을 통해 비교하였다. 삽입되는 데이터는 임의의 영상데이터로 하였고, edge는 Prewitt의 마스크를 사용하여 Compass 기울기 연산을 통해 구한 값을 이용하였다. 표 1과 표 2는 비자연 영상과 자연 영상에 대해 JND와 분산을 이용한 방법[5]과 본 논문에서 제시한 방법과의 비가시성을 측정된 결과이다.

표. 1 비자연 영상에 대한 데이터 삽입 결과

파일명(size : KB)	삽입량(KB)	PSNR(dB)	
		NVF	JND
cartoon1(313)	87	40.8	32.7
cartoon2(300)	91.9	38.2	32.9
cartoon3(279)	76	39.2	31.7

표. 2 자연 영상에 대한 데이터 삽입 결과

파일명(size : KB)	삽입량(KB)	PSNR(dB)	
		NVF	JND
lena(256)	80.5	39.9	40.4
baboon(256)	80.5	38.9	40
f16(256)	79.8	39.7	39.3

실험 결과를 통해 NVF를 이용한 방법이 비자연 영

상에 대해 비가시성을 높이는 성질이 우수함을 확인할 수 있고, 또한 자연 영상에 대해서도 JND와 유사한 성능을 보이는 것을 알 수 있다.

그림 1은 표1의 결과 중에서 cartoon2 영상에 91.9KB의 영상 데이터를 삽입하고 추출한 것을 보인 것이다.

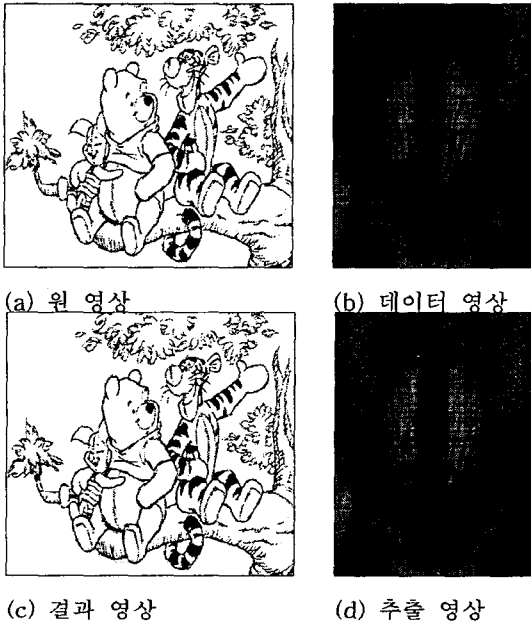


그림 1. cartoon2에 데이터의 은닉과 추출

그림에서 확인할 수 있듯이 원 영상과 결과 영상의 차이를 시각으로 확인하기 어려우며, 추출한 데이터도 원래의 정보 데이터를 100% 정확하게 손실 없이 추출할 수 있다. (a)와 (c) 영상의 차이를 차분영상으로 보면 그림 2와 같다. 영상의 변화가 있는 부분에 데이터가 삽입된 것을 알 수 있다.



그림 2. 원 영상과 결과 영상의 차분

V. 결론

본 논문에서는 NVF를 이용하여 영상의 변화량에 따

라 데이터의 삽입량과 삽입순서를 결정하였다. 그 결과 비자연 영상에서 비가시적으로 우수한 성능을 가진다는 것을 확인하였다. 향후에는 원 영상에 더 적응적이며, 더 큰 최대 삽입량과 보다 더 높은 비가시성을 갖는 방법에 대한 연구가 필요하다.

참고문헌(또는 Reference)

- [1] R. Van Schyndel, A. Tirkel, and C. Osborne. "A digital watermark," *Proc of the IEEE ICIP* vol. 2, pp. 86-90, 1994
- [2] R. B. Wolfgang and E. J Delp. "A watermark for digital images," *Proc of the IEEE ICIP*, Lausanne, Switzerland, vol.3, pp. 219-222, September, 1996
- [3] Y. K. Lee and L. H. Chen, "High capacity image steganographic model," *IEE Proceedings - Vision, Image Signal Processing(UK)* Vol.147, No.3, pp. 288-293, June, 2000
- [4] M. K. Kundu, S. K. Pal, "Thresholding for edge detection using human psychovisual phenomena," *Pattern Recognition Letters* 4, pp. 433-441, 1986
- [5] K. Y. Kim and O. J. Kown, "Information Hiding Based on Human Visual System of Image," *Proceeding of IEEK Fall Conference* vol.25, No.2, pp. 845-848, November, 2002
- [6] S. Voloshynovskiy, A. Herrigel, N. Baumgaertner, and T. Pun, "A stochastic approach to content adaptive digital image watermarking," In *Lecture Notes in Computer Science: Third International Workshop on Information Hiding*, vol. 1768, pp. 211-236, Dresden, Germany, September/October 1999. Springer.