

# 영상의 차분 값을 이용한 대량의 비밀 메시지는 은닉 기법

박영란, 박지환  
부경대학교 대학원 정보보호학과

## The Hiding Scheme of Mass Security Messages Using the Difference Value of Image

Young-Ran Park, Ji-Hwan Park  
Dept. of Information Security, PuKyong Nat'l University

### 요 약

커버 영상에 비밀 메시지를 은닉하기 위한 효과적인 스테가노그래피 기법을 제안한다. 커버 영상을 겹치지 않게 연속된 3개의 픽셀 단위로 블록을 나누어, 가운데 픽셀을 중심으로 좌·우 픽셀과의 차분을 각각 계산하여 비밀 메시지를 은닉한다. 본 논문에서는 영상의 질을 높이면서 대량의 비밀 메시지를 숨길 수 있는 방식을 제안한다. 또한, 비밀 메시지를 은닉시킬 때, 커버 영상의 특성을 고려하여 영상에 적응적으로 데이터를 삽입하였다.

### 1. 서론

인터넷 응용들의 급격한 증가는 사람들을 디지털 세계로 이끌어 가고, 디지털 데이터를 통해 통신이 빈번해졌다. 그러므로 새로운 문제로 떠오르는, 디지털 통신에서의 데이터 보안, 디지털화 된 콘텐츠의 소유권에 관한 저작권 보호, 디지털 콘텐츠를 이용한 비가시적인 통신 등이 활발히 연구되고 있다.

스테가노그래피라는 용어는 그리스어에서 유래되었으며, 덮어 쓴다는 의미이다. 이것은 많은 정보의 존재를 몰래 숨기는 방법으로 통신 채널에서 기밀 정보를 암호화하는 기술이다[1].

컴퓨터 기반의 영상 스테가노그래피는 디지털 영상에서 데이터 보안을 제공하는 데이터 은닉의 한 방법이다. 목적은 제3자가 인지하지 못하도록 디지털 영상에 비밀 메시지를 숨겨서 전달하기 위한 것이다. 주로 비밀 메시지는 자막, 설명문, 또 다른 이미지, 제어신호 또는 비트 스트림 형태로 표현할 수 있는 것들이어야 한다. 비밀 메시지는 은닉 처리를 하기 전에 압축이나 암호화가 될 수도 있다[2].

영상 스테가노그래피에서는 원 영상을 커버 영상, 비밀 메시지가 삽입된 결과 영상을 스테고 영상이라 부른다. 그리고 영상 스테가노그래피에서 중요한 것은

삽입하는 비밀 메시지의 양과 삽입 후 스테고 영상의 화질을 고려해야 한다.

본 논문에서 제안하는 방식은 256 그레이 커버 영상에 비밀 메시지를 삽입하는 방법으로써, 커버 영상의 픽셀 값의 차분을 이용하였으며, 그 결과 기존의 방식과 비교하여 많은 양의 비밀 메시지를 삽입할 수 있었고, 비가시적인 스테고 영상을 실험을 통하여 확인할 수 있었다.

본 논문의 구성은 2장에서 기존의 관련 연구에 대해서 언급하고, 3장에서는 제안 방식을 기술하며, 4장은 기존의 방식과 제안 방식을 이용하여 실험한 결과를 보이고, 마지막 5장에서 결론을 제시한다.

### 2. 기존 연구

그레이 값을 가지는 영상에서의 데이터 은닉은 보통 픽셀 값의 LSB에 데이터를 숨기는 경우가 많다 [3]. 그 이유는 계산이 간단하고, 많은 양의 데이터를 화질의 영향을 주지 않으면서 삽입할 수 있다는 장점을 가지기 때문이다. 이것은 영상의 특징을 고려하지 않고 모든 픽셀에 동일한 양의 데이터를 삽입한다. 하지만, 일반적으로 모든 영상은 윤곽(edge) 영역과 평탄(smooth) 영역으로 구분되어지며, 윤곽 영역의

픽셀 변경은 시각적으로 둔감하지만 평탄 영역은 아주 민감하다. 따라서, 기존의 관련 연구인 WT 방식은 영상의 한 픽셀이 윤곽 또는 평탄 영역인지에 따라 삽입 데이터양을 달리 하는 방법이다.

2.1 범위 간격 분할표 생성

WT 방식[4]은 주어진 커버 영상을 겹치지 않도록 연속된 두 개의 픽셀 단위로 블록을 나누고, 블록내의 두 픽셀의 값  $g_i$ 와  $g_{i+1}$ 을 이용하여 차분 값  $d$ 를 식(1)과 같이 계산한다.

$$d = g_{i+1} - g_i \quad (1)$$

따라서, 차분 값  $d$ 의 범위는 -255에서 +255 사이의 값을 가질 것이며, 차분 값  $d$ 가 0에 근접하면 평탄 영역의 픽셀을 의미하고, -255 또는 +255에 근접한 값이면 윤곽 영역의 픽셀을 의미한다.

$d$ 의 절대 값(0~255)을 이용하여 여러 개의 연속된 범위  $R_k(k=1, 2, \dots, n)$ 로 분할을 한다. 이러한 범위는 인덱스 1에서  $n$ 까지 할당되며, 어떤 범위  $R_k$ 의 하한값과 상한값을  $l_k$ 와  $u_k$ 로 각각 표기한다. 따라서,  $l_1$ 는 0이고,  $u_n$ 은 255가 되며,  $R_k$ 의 범위 간격은  $u_k - l_k + 1$  이 된다. 범위의 간격은 0에 근접할수록 간격을 보다 작게 분할하고, 255에 근접할수록 간격을 크게 분할을 한다. 범위 간격의 분할 예를 그림1에서 표시한다.

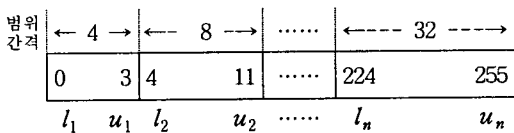


그림1. 범위 간격 분할 표

2.2 비밀 메시지 삽입 방법

영상의 블록에서 두 픽셀 간의 차분 값에 따라 블록내의 삽입되는 데이터의 양은 각각 다르다. 즉, 두 픽셀간의 차분 값이 어느 범위에 해당하느냐에 따라 삽입 비트 수는 달라진다는 것이다. 한 블록의 삽입 비트 수  $m$ 은 범위 간격의 하한값과 상한값에 의해 식(2)와 같이 계산된다.

$$m = \log_2(u_k - l_k + 1) \quad (2)$$

식(2)에서 계산된  $m$ 은 비밀 메시지 비트열인  $S$  중 에서 특정 블록에 삽입할 서브 비트열의 비트 수를 의미한다. 차분 값을 조절하기 위해 새로운 차분 값  $d'$ 를 식(3)과 같이 계산한다.

$$d' = \begin{cases} l_k + b & \text{for } d \geq 0 \\ -(l_k + b) & \text{for } d < 0 \end{cases} \quad (3)$$

여기서  $d$ 는 앞에서 언급한 블록내의 두 픽셀간의 차분 값을,  $b$ 는 비밀 메시지 비트 열  $S$  중에서  $m$ 개의 비트 수를 10진수로 변환한 값을 의미한다.

삽입 방법은 원래의 차분 값  $d$ 를 새로운 차분 값  $d'$ 로 변경하기 위해 두 픽셀 값을 조절하여 새로운 픽셀 값  $g'_i$ 와  $g'_{i+1}$ 을 식(4)에 의하여 생성한다. 식(4)에서  $w$ 는  $d' - d$ 를 의미한다.

$$(g'_i, g'_{i+1}) = \begin{cases} (g_i - \frac{w+1}{2}, g_{i+1} + \frac{w-1}{2}), & d = \text{odd}, w = \text{odd} \\ (g_i - \frac{w-1}{2}, g_{i+1} + \frac{w+1}{2}), & d = \text{even}, w = \text{odd} \\ (g_i - \frac{w}{2}, g_{i+1} + \frac{w}{2}), & w = \text{even} \end{cases} \quad (4)$$

2.3 비밀 메시지 추출 방법

추출 방법은 커버 영상에 비밀 메시지를 삽입한 영상인 스테고 영상으로부터 블록의 두 픽셀  $g'_i$ 와  $g'_{i+1}$ 에 대해서 차분 값  $d^*$ 를 계산한다. 범위 간격 분할 표를 참조하여 식(5)에 의해  $b$ 를 복원하고 이것을  $m$ 개의 비트 열로 변환하면 된다.

$$b = \begin{cases} d^* - l_k & \text{for } d^* \geq 0 \\ -d^* - l_k & \text{for } d^* < 0 \end{cases} \quad (5)$$

3. 제안 방식

다양한 종류의 그레이 영상들을 대상으로 연속된 두 픽셀간의 차분 값을 분석한 결과 차분 값의 범위는 0에서 50 사이의 값들이 대부분을 차지하고 있다는 것을 실험으로 알 수 있었다. 따라서 제안 방식에서는 범위 간격 분할할 때, 이러한 점을 참조하여 설정하였다.

또한, WT 방식에서는 두 픽셀을 하나의 블록으로 분할하여 비트 열을 삽입하였지만, 제안 방식은 비밀

메시지의 삽입 양을 증가시키기 위하여 세 개의 픽셀 단위로 블록을 분할 한 후, 가운데 픽셀을 기준으로 좌·우의 픽셀 간의 차분 값을 계산하여 삽입 처리를 수행한다. 따라서 WT 방식은 6개의 픽셀로 세 번의 삽입 처리가 수행되지만, 제안 방식은 네 번의 삽입 처리를 수행하므로 삽입 데이터의 양이 WT 방식에 비해 1/4만큼 더 증가하게 된다.

### 3.1 차분 값의 범위 조사

커버 영상에 대하여 연속된 두 픽셀간의 차분 값을 계산하여 그 값의 범위를 히스토그램으로 확인한 후, 이를 참조하여 양자화 범위를 나눈다. 범위 간격 분할표는 수신자가 비밀 메시지를 복원할 때 key로 이용된다. 즉, 범위 분할의 간격을 알아야만 비밀 메시지를 복원할 수 있다. 그러므로 범위 간격 분할표는 비밀키로 취급될 수 있다.

범위 간격 분할은 차분 값의 출현 빈도가 높은 것에 대해서는 간격을 좁도록 분할하고, 빈도가 낮은 것은 간격을 넓도록 분할한다. 그렇게 함으로써 비밀 메시지 삽입 후 스테고 영상의 화질이 보다 더 양호하다는 것을 알 수 있었다.

### 3.2 세 개의 픽셀을 이용한 삽입 및 추출 방법

제안 방식은 삽입 데이터 양을 보다 더 증가시킬 수 있도록 개선하였으며, 그 결과 WT 방식보다 1/4 정도 더 삽입할 수 있었다.

처리 과정을 살펴보면, 먼저 커버 영상을 겹치지 않게 연속된 세 개의 픽셀을 하나의 블록으로 하여 전체 영상을 분할한다. 처리 순서는 주사선 방향으로 한 블록씩 수행한다.

한 블록내의 연속된 세 개의 픽셀 값을 각각  $v_i$ ,  $v_{i+1}$ ,  $v_{i+2}$  라고 가정하면, 식(6)과 식(7)에 의해서 차분 값  $d_L$ 과  $d_R$ 를 각각 계산하고, 식(8)과 식(9)에 의해  $d'_L$  과  $d'_R$  를 구한다.

$$d_L = v_{i+1} - v_i \quad (6)$$

$$d_R = v_{i+1} - v_{i+2} \quad (7)$$

$$d'_L = \begin{cases} l_k + b_j & \text{if } d_L \geq 0 \\ -(l_k + b_j) & \text{if } d_R < 0 \end{cases} \quad (8)$$

$$d'_R = \begin{cases} l_k + b_{j+1} & \text{if } d_L \geq 0 \\ -(l_k + b_{j+1}) & \text{if } d_R < 0 \end{cases} \quad (9)$$

식(8)과 식(9)에서  $b_j$ 와  $b_{j+1}$ 은 식(2)의 계산에서 얻어진  $m$ 개의 서브 비트 열을 십진수로 변환한 값이다. 즉, 비밀 메시지  $S$  중에서 해당 블록에 삽입시키고자 하는 서브 비트 열의 두 값을 각각 의미한다.

원래의 차분 값  $d_L$ 과  $d_R$ , 그리고 새로운 차분 값  $d'_L$ 과  $d'_R$ 을 이용하여 식(10)과 식(11)에서처럼 각각의 차이인  $w_L$ 과  $w_R$ 를 계산한다. 결과적으로 스테고 영상의 픽셀 값들의 차분 값이  $d'_L$ ,  $d'_R$ 가 되도록 하기 위해서 식(12) 및 식(13)을 이용하여  $r_1$ ,  $r_2$ ,  $r_3$ ,  $r_4$ 을 계산한다.

$$w_L = d'_L - d_L \quad (10)$$

$$w_R = d'_R - d_R \quad (11)$$

$$(r_1, r_2) = \begin{cases} v_i - \frac{w_L+1}{2}, v_{i+1} + \frac{w_L-1}{2}, & \text{if } w_L = \text{홀수}, d_L = \text{홀수} \\ v_i - \frac{w_L-1}{2}, v_{i+1} + \frac{w_L+1}{2}, & \text{if } w_L = \text{홀수}, d_L = \text{짝수} \\ v_i - \frac{w_L}{2}, v_{i+1} + \frac{w_L}{2}, & \text{if } w_L = \text{짝수} \end{cases} \quad (12)$$

$$(r_4, r_3) = \begin{cases} v_{i+2} - \frac{w_R+1}{2}, v_{i+1} + \frac{w_R-1}{2}, & \text{if } w_R = \text{홀수}, d_R = \text{홀수} \\ v_{i+2} - \frac{w_R-1}{2}, v_{i+1} + \frac{w_R+1}{2}, & \text{if } w_R = \text{홀수}, d_R = \text{짝수} \\ v_{i+2} - \frac{w_R}{2}, v_{i+1} + \frac{w_R}{2}, & \text{if } w_R = \text{짝수} \end{cases} \quad (13)$$

위의 식에서 계산된 값들 중  $r_2$ 와  $r_3$ 는 동일한 가운데 픽셀을 의미한다. 그러므로 새로운 가운데 픽셀 값을 얻기 위하여 먼저  $r_2$ 와  $r_3$ 의 평균을 계산하여 새로운 가운데 픽셀의 값  $v'_{i+1}$ 을 먼저 결정하고, 나머지 왼쪽과 오른쪽 픽셀 값은  $v'_{i+1}$ 을 기준으로 각각의 차분 값이  $d'_L$ 과  $d'_R$ 가 되도록  $v'_i$ 와  $v'_{i+2}$ 의 값을 조절하면 된다. 삽입 처리의 예를 그림2에 나타내었다.

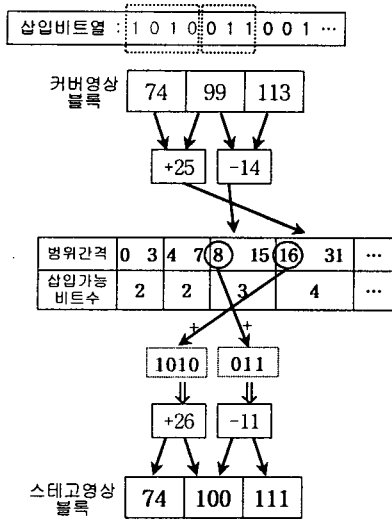


그림2. 제안 방식의 삽입 과정 예

추출 방법은 삽입과정을 역으로, 범위 간격 분할표를 비밀 키로 하여 스테고 영상에서 블록의 픽셀 값에 대해 가운데 픽셀을 중심으로 좌·우 픽셀간의 차분 값  $d^*_L$  와  $d^*_R$  을 각각 계산하여 식(5)를 이용하여 추출을 하면 된다.

#### 4. 실험 결과 및 비교

앞에서 기술한 WT 방식과 제안 방식에 대하여 각각 실험한 결과를 보인다. 실험 영상은 모두 256 그레이 영상이며, 크기는 270×270, 범위 분할은 22개와 13개로 나누어 각각 실험을 하였다. 그 결과 화질은 WT 방식과 제안 방식 모두 우수한 결과를 얻을 수 있었다. 그 측정은 PSNR로 하였으며, 모두 40db 이상이므로 화질이 우수함을 알 수 있다.

삽입 비트 양은 제안 방식이 WT 방식보다 훨씬 많은 비트들이 삽입되었음을 확인할 수 있다.



(a) 커버 영상 (b) 스테고 영상 (WT 방식) (c) 스테고 영상 (제안 방식)

그림3. 실험 영상(lena image, 22개 분할)



(a) 커버 영상 (b) 스테고 영상 (WT 방식) (c) 스테고 영상 (제안 방식)

그림4. 실험 영상(sailboat image, 13 분할)

표1. WT 방식과 제안 방식의 비교

구분	분할 단계	삽입 비트 수		PSNR	
		WT	제안	WT	제안
lena	22	46,816	62,357	50.43	48.19
sailboat		46,707	62,096	50.87	48.70
lena	13	62,952	83,750	45.91	43.42
sailboat		61,616	81,954	46.54	44.15

#### 5. 결론

본 논문에서는 영상 스테가노그래피의 한 방법을 제시하였다.

제안 방식은 이웃 픽셀간의 차분 값을 계산한 다음, 그 차분 값에 대해서 범위 간격 분할표의 참조와 삽입 비트열의 관계를 계산하여 새로운 차분 값을 생성하고, 스테고 영상의 이웃 픽셀 값들이 새로운 차분 값이 되도록 조절하는 방식으로써, 알고리즘이 복잡하지 않으면서 많은 양의 비밀 메시지를 은닉시킬 수 있으며, 은닉 후 스테고 영상의 화질 또한 비가시적임을 확인할 수 있었다.

#### [참고문헌]

- [1] Neil F. Johnson, Zoran Duric, Sushil Jajodia, "Information Hiding", Kluwer Academic Publishers, 2001
- [2] E. Kawaguchi, H. Noda, M. Niimi, "Image Data Based Steganography", 情報處理學會誌(IPSJ M AGAZINE) 44-3, p.236-241, 2003
- [3] Ran-Zan Wang, Chi-Fang Lin, "Image Hiding by Optimal LSB Substitution and Genetic Algorithm", Pattern Recognition 34(2001) p.671-883, 2001
- [4] Da-Chun Wu, Wen-Hsiang Tsai, "A Steganographic Method for Images by Pixel-value Differencing", ELSEVIER Pattern Recognition Letters 24(2003), p.1613-1626, 2003