

# 비밀 양자화 범위를 이용한 비가시적 영상 스테가노그래피

박영란, 박지환  
부경대학교 대학원 정보보호학과

## Invisible Image Steganography Using Security Quantization Ranges

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

### 요 약

의미 없는 커버 영상에 비밀 메시지를 몰래 숨겨 송/수신자간에 서로 비밀 통신을 할 수 있는 기술인 스테가노그래피 기법을 제안한다. 제안 방식은 커버 영상을 연속 두 픽셀 단위의 블록으로 나누고, 블록내 두 픽셀간의 차분 값과 양자화 범위를 이용하여 비밀 메시지를 은닉시킨다. 특히, 비밀 양자화 범위를 사용하기 때문에 제 3자에 의해 비밀 메시지가 해독되는 것을 방지할 수 있다. 또한 제안 방식은 비밀 메시지가 삽입된 스테고 영상의 화질이 비가시적임을 다양한 영상을 이용하여 실험해 본 결과 그 유효성을 확인할 수 있었다.

### 1. 서론

컴퓨터 네트워크 기술의 발전과 인터넷의 활용 분야가 다양해지면서 데이터 통신을 이용한 디지털 정보의 교환이 활발해졌다. 이러한 디지털 통신에서 데이터 보안은 매우 중요한 부분이며, 비밀 통신을 원하는 사용자들에게는 배제할 수 없는 문제이다. 그러므로 이러한 문제를 해결하기 위한 방법으로써 디지털 콘텐츠에 비밀 메시지를 몰래 숨겨 송/수신자간의 비밀 통신을 할 수 있는 방법인 스테가노그래피에 관한 연구가 활발히 진행되고 있다[1].

영상 스테가노그래피는 아무런 의미를 가지지 않은 커버 영상에 송신자가 비가시적으로 비밀 메시지를 은닉시킨 스테고 영상을 수신자에게 전달하면, 이것을 전달받은 수신자는 스테고 영상에서 비밀 메시지를 추출하여 내용을 확인할 수 있다. 특히, 제 3자가 비밀 메시지의 은닉을 의심하지 않도록 하기 위해 스테고 영상은 비가시적이어야 하며, 보다 더 많은 정보 전달을 위해 많은 데이터를 콘텐츠에 삽입할 수 있어야 한다. 또한 제 3자가 스테고 영상에 대해서 의심의 가지고 해독을 시도하더라도 쉽게 비밀 메시지의 내용을 확인할 수 없도록 해야 한다.

한편, 영상을 이용하여 비밀 메시지를 삽입할 경우,

공간 영역을 이용하여 삽입하거나 또는 주파수 영역으로 변환하여 삽입하는 경우로 크게 구별이 된다. 특히, 공간 영역을 이용하여 비밀 메시지를 삽입할 때는 화질의 열화를 줄이고, 알고리즘이 간단하다는 이유로 대부분 LSB를 치환하여 은닉시키는 경우가 많다[2,3].

제안 방식은 256 그레이 커버 영상에 비밀 메시지를 은닉시키는 방법으로, 커버 영상의 연속 두 픽셀간의 차분 값을 이용하였으며, 기존의 방식과 비교해서 보다 더 비시각적인 스테고 영상을 제공하기 위하여 픽셀 값들의 오차를 줄일 수 있는 방식을 제안하고, 실험을 통하여 제안 방식의 유효성을 확인한다.

본 논문의 구성은 2장에서 기존의 관련 연구를 언급하고, 3장에서는 제안 방식에 대해서 자세히 설명하며, 4장은 기존 방식 및 제안 방식의 실험 결과를 보이고, 마지막 5장에서 결론을 제시한다.

### 2. 관련 연구

대부분 영상들의 구성은 크게 전경(fores ground)인 윤곽영역(edge area)과 배경(back ground)인 평탄영역(smoothness area)으로 이루어져 있다. 따라서 윤곽 영역의 해당하는 픽셀 값은 그 주변의 픽셀 값들과 차이가 크지만, 평탄영역의 픽셀 값은 대체로 그 이웃

픽셀들과 유사한 값을 가진다.

영상에서 어떤 픽셀이 윤곽영역에 포함되는 픽셀인지, 평탄영역인지를 구분하는 영상처리 기법들이 많지만, 아주 간단한 방법은 특정 픽셀을 중심으로 그 이웃 픽셀들과의 차분 값을 계산해서 윤곽영역 또는 평탄영역으로 판단할 수도 있다. WT[4] 방식은 연속된 두 픽셀간의 차분 값을 이용하여 비밀 메시지를 삽입하는 방법이다.

2.1 차분 값에 따라 양자화 범위 선택

커버 영상을 겹치지 않도록 연속된 두 개의 픽셀 단위로 블록을 나눈다. 두 픽셀 값  $g_i$ 와  $g_{i+1}$ 에 대하여 차분  $d$ 를 식(1)과 같이 계산한다.

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

그레이 영상에서의 차분  $d$ 의 범위는 -255에서 +255 사이의 값을 가질 것이며, 차분  $d$ 가 0에 가까운 값이면 두 픽셀은 평탄 영역의 픽셀을 의미하고, -255 또는 +255에 가까운 값이라면 윤곽 영역의 픽셀임을 의미한다.

$d$ 의 절대 값(0~255)을 이용하여 연속된 양자화 범위  $R_k(k=1, 2, \dots, n)$ 로 분할을 한다. 양자화 범위  $R_k$ 는 1에서  $n$ 까지의 인덱스로 할당되며,  $R_k$ 의 상한과 하한 경계 값을 각각  $u_k$ 와  $l_k$ 로 표기한다. 첫 번째 인덱스의 하한값  $l_1$ 는 0이 되고, 마지막 인덱스의 상한값  $u_n$ 은 255가 될 것이다.

	$l_1$	$u_1$	$l_2$	$u_2$	.....	$l_n$	$u_n$
절대값 범위	0	3	4	11	.....	192	255
간격	← 4 →		← 8 →		.....	← 64 →	

그림1. 양자화 범위 분할 예

$R_k$ 의 양자화 범위는  $u_k - l_k + 1$  이 되며, 각 범위는 2의 누승을 취한다. 그림1은 양자화 범위의 예를 표현하였다.

2.2 비밀 메시지 삽입 및 추출

비밀 메시지를 삽입하기 위하여 앞 절에서 서술한 차분  $d$ 의 절대 값이 양자화 범위의 어느 영역에 포함되는지를 선택한다. 그리고 비밀 메시지 비트 열

$S$  중에서  $m$ 개의 비트를 선택하여 십진수  $b$ 로 변환한 값과 선택된 영역의 하한값을 더한다. 즉, 새로운 차분  $d'$ 을 식(3)과 같이 계산한다.

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

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

삽입 처리는 식(3)에서 계산한  $d'$ 과 원래의 차분 값  $d$ 를 이용하여 식(4)와 같이 계산한 후, 새로운 픽셀 값  $g'_i$ 와  $g'_{i+1}$ 을 생성한다. 식(4)에서,  $w = d' - d$  이다.

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

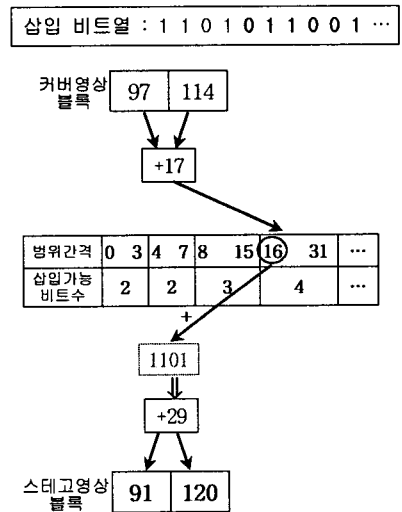


그림2. WT 방식의 삽입 과정

추출 방법은 스테고 영상의 한 블록에서 두 픽셀  $g'_i$ 와  $g'_{i+1}$ 를 선택하여 차분 값  $d^*$ 를 계산한 후,

양자화 범위를 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. 비밀 메시지 은닉 방식의 제안

본 장에서는 기존의 WT 방식과 동일한 삽입량을 은닉시키면서 스테고 영상의 화질이 보다 더 우수한 결과를 얻을 수 있는 방법을 제안한다.

WT 방식에서는 삽입 데이터의 값을 해당 범위 영역의 하한값  $l_k$ 에 더하여 새로운 차분  $d'$ 을 구하고, 커버 영상의 두 픽셀 간의 차분  $d$ 를 새로운 차분  $d'$ 가 되도록 두 픽셀 값을 조정한다. 즉,  $d$ 와  $d'$  간의 차이만큼을 두 픽셀의 값에 가감함으로써 분배한다. 그러므로 WT 방식은 커버 영상의 픽셀 값과 스테고 영상의 픽셀 값과의 최대 오차가  $(u_k - l_k + 1)/2$ 가 된다. 따라서 범위의 간격이 좁은 경우에는 큰 문제가 되지 않지만, 범위 간격이 넓은 경우에는 최대 오차도 커지므로 화질의 열화가 발생한다.

제안 방식은 커버 영상의 픽셀 값과 스테고 영상의 픽셀 값과의 최대 오차를 WT 방식의 절반밖에 되지 않는  $(u_k - l_k + 1)/4$ 로 감소시킴으로써 보다 더 우수한 화질을 획득할 수 있는 방법이다.

#### 3.1 삽입 방법

제안 방식의 삽입 처리는 WT 방식처럼 두 픽셀  $g_i$ 와  $g_{i+1}$ 에 대해서 차분 값  $d$ 을 계산하고, 차분의 절대값으로 양자화 범위의 영역을 선택한다. 해당 범위의 삽입 비트 수  $m$ 개만큼의 비밀 메시지 서브 비트 열을 십진 데이터 값  $b$ 로 변경한 후, 식(6) 및 식(7)에 의해서  $d_{low}$ 와  $d_{upper}$ 를 계산한다.

$$d_{low} = \begin{cases} l_k + b & \text{for } d \geq 0 \\ -(l_k + b) & \text{for } d < 0 \end{cases} \quad (6)$$

$$d_{upper} = \begin{cases} u_k - b & \text{for } d \geq 0 \\ -(u_k - b) & \text{for } d < 0 \end{cases} \quad (7)$$

$d_{low}$ 와  $d_{upper}$ 의 값을  $d$ 의 절대 값인  $d_\alpha$ 와 그 차이를 식(8)과 같이 계산한 후 새로운 차분 값  $d'$ 을 구한다.

$$d' = \text{Min}(|d_\alpha - d_{low}|, |d_\alpha - d_{upper}|) \quad (8)$$

이렇게 얻어진  $d'$ 을 이용하여 새로운 픽셀 값  $g'_i$ 와  $g'_{i+1}$ 을 식(4)에 의해 계산되며, 이러한 과정을 전체 커버 영상에 대해 주사선 방향으로 실행을 하면 스테고 영상이 생성된다. 또한 스테고 영상을 이용하여 수신자가 비밀 메시지를 복원시 오류를 없애기 위해  $d'$ 가  $d_{low}$ 와  $d_{upper}$  중 어느 값을 선택했는지 구분하기 위해  $d_{low}$ 를 선택했을 경우  $g'_i$ 의 값을 짝수로,  $d_{upper}$ 를 선택했을 경우는 홀수가 되도록 처리를 해준다.

다시 말해, 제안방식은 차분 값에 의해 범위영역을 선택하고 삽입비트열의 값에 대해서 범위영역의 하한값  $l_k$ 와 상한값  $u_k$ 를 기반으로 각각 계산, 비교한 후 커버영상의 픽셀 값과 오차가 작은 것을 선택해서 스테고 영상의 픽셀 값을 결정하므로 화질의 열화를 줄일 수 있다. 삽입 방법의 예를 그림3에 표현하였다.

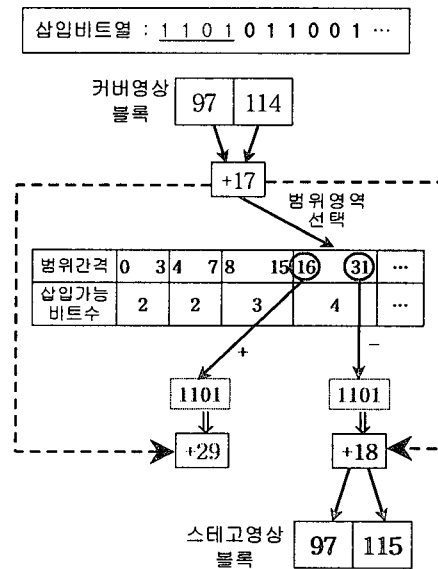


그림3. 제안 방식의 삽입 과정

#### 3.2 추출 방법

비밀 메시지를 추출하는 방법은 우선, 비밀 키의 역할을 하는 양자화 범위는 송신자와 수신자가 서로 공유를 전제 조건으로 한다.

스테고 영상의 한 블록의 두 픽셀 값  $g'_i$ 와  $g'_{i+1}$

을 이용하여 차분  $d^*$  을 구하고, 그 차분의 절대 값을 이용하여 양자화 범위 영역을 선택한 후, 식(9)에 의해 비밀 메시지를 추출한다.

$$b = \begin{cases} d^* - l_k & \text{if } g_i = \text{even}, d^* \geq 0 \\ -d^* - l_k & \text{if } g_i = \text{even}, d^* < 0 \\ u_k - d^* & \text{if } g_i = \text{odd}, d^* \geq 0 \\ -u_k - d^* & \text{if } g_i = \text{odd}, d^* < 0 \end{cases} \quad (9)$$

#### 4. 실험 및 고찰

앞에서 기술한 WT 방식과 제안 방식에 대하여 각각 실험한 결과를 보인다. 실험 영상은 모두 256 그레이 영상이며, 크기는 256×256, 양자화 범위 분할 레벨은 6(8, 8, 16, 32, 64, 128) 및 레벨 13(2, 2, 4, 4, 4, 8, 8, 16, 16, 32, 32, 64, 64)으로 나누어 각각 실험한 결과를 그림 4와 그림 5에 나타내었다.



그림4. 실험 영상(lena image, 6-level)



그림5. 실험 영상(airplane image, 13-level)

또한, 표1은 WT 방식과 제안 방식의 실험 결과에 대해서 수치적인 비교를 수행한 것이다.

$$PSNR(dB) = 10 \log_{10} \left\{ \frac{M \times N \max_{i,j} f^2(i,j)}{\sum_{i,j} [f(i,j) - f'(i,j)]^2} \right\} \quad (10)$$

표1. WT 방식과 제안 방식의 비교 분석

구분	분할 단계	삽입량 (byte)	PSNR(db)		최대오차	
			WT	제안	WT	제안
lena	6	13,274	38.29	43.93	56	22
sailboat		13,294	38.39	44.32	31	16
lena	13	7,198	45.50	48.16	26	15
airplane		6,711	44.50	47.78	28	16

표1을 살펴보면, WT 방식과 제안 방식의 비밀 메시지 삽입량은 동일하지만, PSNR과 최대 오차를 측정한 결과 본 제안 방식이 우수하다는 것을 확인할 수 있다.

#### 5. 결론

본 논문에서는 256 그레이 영상을 이용한 영상 스테가노그래피의 한 방법을 제시하였다. 제안 방식은 이웃 픽셀간의 차분 값을 계산한 후, 그 차분 값을 비밀 키의 역할을 하는 양자화 범위를 참조로 하여 데이터를 은닉시키는 방식이다.

또한, 비밀 메시지가 삽입된 스테고 영상의 화질을 고려하여 기존의 WT 방식에 비해 오차를 절반으로 줄일 수 있는 방법을 제안하였으며, 실험을 통하여 제안 방식의 유효성을 확인할 수 있었다.

#### [참고문헌]

- [1] E. Kawaguchi, H. Noda, M. Niimi, "Image Data Based Steganography", 情報處理學會誌(IPSJ MAGAZINE) 44-3, p.236-241, 2003
- [2] W.N. Lie, L.C. Chang, "Data Hiding in Image with Adaptive Numbers of Least Significant Bit Based on the Human Visual System", International Conference on Image Processing, IEEE, Vol. 1, Kobe, Japan, p. 286-290, 1999
- [3] C.C Thien, J.C Lin, "A Simple and High-Hiding Capacity Method for Hiding Digit-by-Digit Data in Images Based on Modulus Function", The Journal of The Pattern Recognition Society 36(2003), p.2875-2881, 2003
- [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