

# 가중치 행렬을 이용한 다치 컬러 영상의 데이터 은닉 기법

하 순 혜\*, 박 영 란\*\*, 박 지 환\*\*\*  
\*부경대학교 교육대학원 전산교육전공,  
\*\*부경대학교 일반대학원 정보보호학과  
\*\*\*부경대학교 전자컴퓨터정보통신공학부  
e-mail:fbhome@empal.com

## Data Hiding Scheme for Few-Color Image Using Weight Matrix

Soon-Hye Ha\*, Young-Ran Park\*\*, Ji-Hwan Park\*\*\*  
\*Dept. of Computer Science Education, Pukyong Nat'l Univ.  
\*\*Dept. of Information Security, Pukyong Nat'l Univ.  
\*\*\*Div. of Electronic, Computer & Telecom. Eng., Pukyong  
Nat'l Univ.

### 요 약

스태가노그라피는 비밀 정보를 이미지나 오디오, 비디오 또는 텍스트 등 커버(cover) 라고 불리는 다른 미디어에 숨겨서 전송하는 방법으로 제 3자는 정보가 숨겨져 있다는 사실 자체를 알지 못하도록 하는 것이다. 대부분 영상 데이터를 이용하고 있으나, 제한된 색으로만 구성된 이진 영상 및 다치 영상의 경우 비시각적으로 비밀 정보를 숨기는 것이 일반 컬러 또는 그레이 영상에 비해 어려움이 있다. 본 논문에서는 가중치 테이블을 사용하여 영상의 한 블록에 최대 2비트만을 변경시키면서 많은 양의 정보를 숨기는 방법을 제안한다.

### 1. 서론

컴퓨터 기술의 발달과 인터넷의 급속한 보급으로 정보 전달 효과가 뛰어난 멀티미디어 정보 교환이 활발하게 이루어지고 있다. 이에 따라 통신망에서 개방되어 있는 디지털 미디어들을 보호하고 전송 중 정보의 보호 및 은닉에 대한 필요성이 요구된다[1,2]. 이러한 보안의 문제를 해결하기 위해 많은 정보보호 기술이 연구되고 있으며, 대표적인 예로 디지털 워터마킹(watermarking)과 스태가노그라피(steganography)를 들 수 있다.

워터마킹은 디지털 매체의 저작권 인증을 위한 기술로 워터마크의 삽입량은 중요하지 않으며, 추출 역시 완전하게 추출되지 않고 특정 기준 값 이상이면 저작권을 인정하기도 한다.

한편, 스태가노그라피는 송신자와 수신자간 비밀 정보 전달을 목적으로 제 3자에게는 비밀 정보의 유무를 알지 못하도록 통신하는 기술이다. 스태가노그라피는 삽입 용량(capacity), 숨겨진 정보의 비인지성(imperceptibility) 등을 만족하여야 하며, 일반적으로 컬러 또는 그레이 영상에서 많이 응용되어지고 있다. 반면, 표현 가능한 컬러 수가 제한된 이진 영상 및 다치 컬러 영상들도 그 활용도가 여전히 높음에도 불구하고 그 특성상 비밀 정보를 비가시적으로 숨기는 것이 쉽지 않다.

본 논문에서는 다치 컬러 영상에서 비밀 정보를 은닉하는 방법으로 가중치 테이블을 사용하여 정보의 삽입량을 증가시키는 방법을 제안한다. 본 논문의 구성은 2장에서는 기존 방식에 대해 언급하고,

3장에서는 새로운 제안 방식을 기술하며, 4장에서는 실험을 통하여 기존 방식과 제안 방식을 비교, 분석한다. 그리고 마지막 5장에서 결론을 제시한다.

## 2. 기존 방식

이진 및 다치 컬러 영상에서 비밀 정보를 삽입하는 방식 중 PWP 방식[3]은 한 픽셀과 그 이웃 픽셀과의 의존성에 따라 우선순위를 부여하는 방식으로 화질과 삽입량 모두 우수하다.

### 2.1 서브블록(subblock)의 우선순위

서브블록의 등급은 한 픽셀을 변경할 때 그 이웃 픽셀들과 얼마만큼의 의존성을 갖는지 평가하여 우선순위를 부여한다.

그림1(a)의 패턴은 중앙 픽셀을 변경 시, 시각적인 영향이 적으므로 높은 우선순위 등급을 부여한다. 여기서  $e$ 는 동일한 픽셀 값을, (b)의 숫자는 컬러 인덱스를 의미하며, (b)는 (a)와 부합하는 패턴을 가진다.

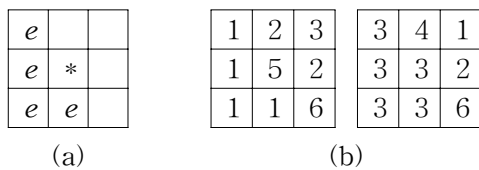


그림1. 서브블록의 패턴(a)와 부합되는 서브블록(b)

여기서, 삽입할 비트 값에 따라 중앙 픽셀의 값을 패턴 컬러와 동일한 값으로 변경할 것인지 아닌지를 판단한다.

### 2.2 슈퍼블록(supblock)

PWP 방식에서는 보다 많은 양의 비밀 정보를 삽입하기 위해 슈퍼블록의 개념을 도입하였다. 우선순위가 부여된 서브블록의 패턴은 주변의 서브블록의 픽셀 변경에 영향을 받는다. 따라서 픽셀들을 어떻게 조합시켜 블록으로 분할하는가에 따라 삽입 가능한 블록이 달라질 수 있다. 그러므로 그림2와 같이 4x4 크기의 슈퍼블록  $S$ 은 크기가 3x3 인 4개의 서브블록  $B_i(S)$  ( $i=1,2,3,4$ )으로 분할할 수 있다. 만일, 하나의 슈퍼블록 내에서 우선순위에 포함되는 서브블록이 여러 개 존재할 경우, 그 중 가장 높은 순위를 가지는 서브블록의 중앙 픽셀을 변경시킨다. 그림2에서는 4개의 서브블록 중  $B_4(S)$ 인 서브블록

의 중앙 픽셀의 값을 변경한다.

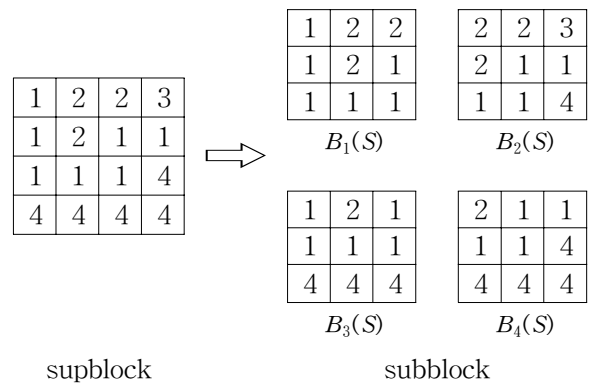


그림2. 4x4 슈퍼블록과 4개의 서브블록

## 3. 제안 방식

이진 영상에서 비밀 정보를 삽입하는 방식 중 CPT 방식[4] 및 TP 방식[5]은 가중치 테이블을 사용하여 적은 수의 픽셀 변경만으로도 많은 비밀 정보를 은닉할 수 있다. 본 논문에서는 이들 방식을 다치 컬러 영상에 적용하여 기존의 PWP 방식에 비해 화질과 삽입량이 우수한 방식을 제안한다.

변경 가능한 픽셀은 한 픽셀의 값을 조사하여 이웃한 8개의 픽셀의 값 중 4개 이상이 그 값과 다를 경우 선택한다. 예를 들면 그림3(a)의 중앙 픽셀 값 4와 다른 값이 이웃한 8개의 픽셀 중 3개만 있으므로 중앙 픽셀을 변경할 수 없다. 반면 그림3(b)는 중앙 픽셀과 다른 값이 이웃에 6개 있으므로 변경이 가능하다.

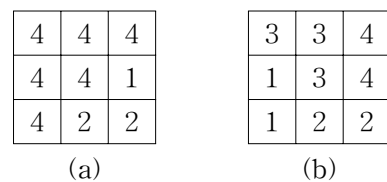


그림3. (a) 변경 불가능한 패턴, (b) 변경 가능한 패턴

또한 PWP 방식은 원 영상의 중앙 픽셀과 변경할 패턴과의 컬러 값 차이를 전혀 고려하지 않으므로 시각적으로 다소 자연스럽지 못함을 느낄 수 있다. 따라서, 중앙 픽셀 값을 변경시킬 경우 원 영상의 중앙 픽셀 값을 최대한 고려하여 원 영상의 픽셀 값과 근접한 값으로 변경하기 위해 픽셀 값들을 2개의 그룹으로 분류하는 방식을 사용한다[2].

예를 들어 다치 컬러  $G=\{0,1,2,3,4\}$ 라 가정했

을 때,  $G$  를 그룹  $G_0 = \{0, 2, 4\}$ 과 그룹  $G_1 = \{1, 3\}$ 으로 분류한다. 그리고 그림3(b)의 중앙 픽셀의 값이 변경된다고 가정하면, 변경되는 값은  $G_0$ 의 값 중 원래의 값과 오차가 가장 작은 2 또는 4로 변경된다.

이렇게 변경된 한 비트는 가중치 테이블을 사용함으로써 여러 비트를 삽입한 효과를 가져올 수 있다. 이를 위해 그룹  $G_0$ 에 속한 픽셀 값은 “0”으로,  $G_1$ 에 속한 픽셀 값은 “1”로 분류하여 원 영상을 이진 영상으로 간주한 후, TP 방식[5]의 삽입 과정을 적용한다.

이 방식은 원 영상  $F$ 을  $m \times n$  블록으로 분할했을 때, 한 블록에 최대 2개의 픽셀만을 변경하여 삽입할 수 있는 비트 수는  $r = \lfloor \log_2(mn+1) - 1 \rfloor$ 이며, 비밀키는 다음 두 가지로 구성된다.

- $K$  : 랜덤한  $m \times n$  크기의 이진 행렬
- $W$  :  $m \times n$  크기의 가중치 정수 행렬

$W$ 의 각  $2 \times 2$  서브 블록에는 적어도 하나의 홀수가 존재하도록 구성하며 다음 조건을 만족한다.

$$\{[W]_{i,j} | i=1 \dots m, j=1 \dots n\} = \{1, 2, \dots, 2^{r+1} - 1\}$$

삽입 과정을 예를 들어 살펴보면 다음과 같다. 원 영상(5치 컬러 영상)  $F$ , 비밀키 행렬  $K$ , 가중치 행렬  $W$ 가 주어지고, 삽입할 비밀 데이터가 ‘1 0 1’ 일 때의 삽입 과정이다.

0	2	3	3
1	1	2	3
1	2	3	4
3	3	4	5

1	0	0	0
0	1	1	0
0	0	0	0
1	1	0	1

1	2	3	4
5	6	7	8
9	10	11	12
13	14	15	1

영상  $F$ 의 컬러 그룹을  $G = \{0, 1, 2, 3, 4\}$ 라 할 때,  $G_0 = \{0, 2, 4\}$ ,  $G_1 = \{1, 3\}$ 로 분류하고, 그룹  $G_0$ 을 “0”,  $G_1$ 을 “1”로 두면,  $F$ 를 아래와 같이 이진화된  $GF$ 로 표시할 수 있다. 여기서, 음영으로 표시된 부분은 변경할 수 있는 픽셀을 의미한다.

0	0	1	1
1	1	0	1
1	0	1	0
1	1	0	1

1	0	1	1
1	0	1	1
1	0	1	0
0	0	0	0

$$r=3, \text{SUM}((GF \oplus K) \otimes W) = 48,$$

$d \equiv [(1010)_2 - 48] \pmod{2^{r+1}} = -38 \pmod{2^{3+1}} = 10,$   
 $d=0$ 이 되려면,  $GF$ 의 (3, 2)를 변경해야 하므로, 원 영상  $F$ 의 (3, 2)의 값을  $G_1$ 의 값 중 1 또는 3으로 변경한다. 따라서 변경된 영상  $F'$ 는 다음과 같다.

$$F'$$

0	2	3	3
1	1	2	3
1	<b>1</b>	3	4
3	3	4	5

비밀 데이터의 추출 시,  $F'$ 을 이진화된  $GF'$ 로 변환한 후,  $[\text{SUM}((GF' \oplus K) \otimes W) \pmod{2^{r+1}}] / 2$ 를 계산하여 삽입된 데이터를 얻을 수 있다.

$$[\text{SUM}((GF' \oplus K) \otimes W) \pmod{2^{r+1}}] / 2 = 58 \pmod{2^{3+1}} / 2 = 10/2 = 5 = (101)_2$$

제안 방식은 가중치 테이블을 사용하여 한 픽셀의 변경으로 여러 비트를 삽입한 효과를 가져 올 수 있으며, 변경되는 픽셀은 원래의 값과 유사한 값으로 대체되어 화질의 열화를 감소시킬 수 있다.

#### 4. 실험 및 결과

실험에서는 기존의 PWP 방식과 제안 방식을 다치 컬러 영상에 적용하여 데이터의 삽입량을 비교하고, PSNR을 이용하여 화질을 평가하였다. 표1은 각 영상에 삽입된 데이터의 비트수를 비교한 것이다. 기존 방식에 비해 제안 방식은 훨씬 많은 양의 데이터를 삽입할 수 있다.

표1. 기존 방식과 제안 방식의 삽입 비트 수 비교

영상 방식 \	페이지(5치)	페이지(9치)	도널드(9치)
기존 방식	790 bit	733 bit	587 bit
제안 방식	1,716 bit	2,140 bit	1,900 bit

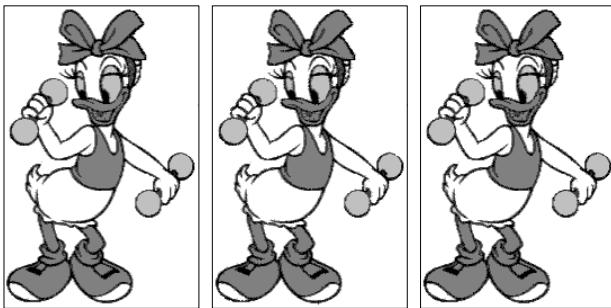
기존 방식과 제안 방식에 대해 각각 PSNR을 계산한 결과를 표2와 같이 얻을 수 있다. 5치 컬러 영상에서는 기존의 방식과 제안 방식의 화질이 거의 차이가 없으나, 9치 컬러 영상에서는 제안 방식의

화질이 매우 우수함을 알 수 있다.

표2. 기존 방식과 제안 방식의 화질 비교(PSNR)

영상 방식	페이지(5치)	페이지(9치)	도날드(9치)
기존 방식	30.36 db	34.12 db	32.80 db
제안 방식	30.57 db	35.75 db	35.89 db

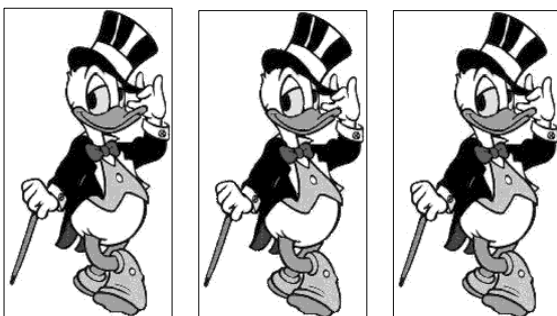
그림4(a)는 174×270 크기의 5치 컬러로 구성된 원 영상이고, 그림4(b)는 기존 방식, (c)는 제안 방식을 이용하여 데이터가 삽입된 영상이다. 제안 방식을 통해 삽입된 영상은 많은 양의 데이터가 삽입되었음에도 화질이 우수하다.



(a) 원 영상 (174×270)  
(b) PWP 790 bit 삽입 PSNR=30.36 db  
(c) 제안 방식 1,716 bit 삽입 PSNR=30.57 db

그림4. 원 영상과 삽입 영상(5치 컬러, 페이지)

그림5는 150×276 크기의 9치 컬러로 구성된 도날드 영상을 실험한 결과이다.



(a) 원 영상 (150×276)  
(b) PWP 587 bit 삽입 PSNR=32.80 db  
(c) 제안 방식 1,900 bit 삽입 PSNR=35.89 db

그림5. 원 영상과 삽입 영상(9치 컬러, 도날드)

## 5. 결론

본 논문에서는 다치 컬러 영상을 이용하여 기밀 데이터를 삽입하는 스테가노그래피의 한 방식을 제안하였다.

기존의 PWP 방식은 한 블록에 한 비트를 삽입하는데 비해, 제안 방식은 가중치 테이블을 사용함으로써 1 픽셀의 변경으로 여러 비트를 삽입할 수 있었다. 또한 제안 방식에서 변경될 픽셀은 원 영상의 픽셀과 오차가 적은 값으로 대체 되도록 하여 화질 또한 우수하다.

실험을 통한 시각적인 평가 및 수치적인 평가에서 제안 방식은 PWP 방식과 비교해서 두 배 이상의 기밀 데이터가 삽입되었음에도 불구하고 화질이 더욱 우수함을 확인할 수 있었다.

## 참고문헌

- [1] 박영란, 이해주, 박지환 “오차 확산법을 이용한 기밀 데이터 합성법”, 한국멀티미디어학회 논문지, 제2권 2호 p.155-165, 1999. 6
- [2] S. Koide, T. Ogihara, Y. Kaneda, "A Data Embedding Method for Bilevel Images Based on the Error Diffusion Method and the Mean Density Approximation Method", Technical Report of IEICE, IE95-122, p.7-14, 1996. 2
- [3] Gang Pan, Zhaohui Wu, Yunhe Pan "A Data Hiding Method for Few-Color Image", IEEE International Conference on Acoustics, Speech, and Signal Processing(ICASSP'02), vol.4, May 2002
- [4] Yu-Yuan Chen, Hsiang-Kuang Pan and Yu-Chee Tseng "A Secure Data Hiding Scheme for Two-Color Images," in IEEE Sym. on Comp. and Commu. 2000.
- [5] Yu-Chee Tseng and Hsiang-Kuang Pan "Secure and Invisible data Hiding in 2-Color Images", Proc. of IEEE INFOCOM 2001.