

다치 컬러 영상을 위한 비가시적 데이터 은닉

박영란, 박지환
부경대학교 대학원 정보보호학과

Invisible Data Hiding for Few-Color Image

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

요약

스테가노그라피는 송/수신자간에 비밀 통신을 할 때 제3자가 기밀 정보를 인식하지 못하도록 디지털화된 각종 미디어에 몰래 숨겨서 통신을 할 수 있는 데이터 은닉의 한 분야이다. 특히 흑/백으로만 구성된 이진 영상 및 색상의 표현이 제한된 다치 영상 등에서 비시각적으로 기밀 정보를 숨긴다는 것이 일반 컬러 영상에 비해 많은 어려움을 수반한다. 본 제안방식은 시각적인 영향을 작게 주는 패턴에만 기밀 데이터를 삽입하는 방식으로 기밀 데이터를 은닉시킨 후에도 화질의 열화가 거의 발생하지 않아 시각적으로 인지하기 어렵도록 개선한 방식이다.

1. 서론

컴퓨터 산업의 성장과 함께 인터넷의 보급이 급속도로 발달함에 따라 다양한 종류의 디지털 미디어들이 폭넓게 활용되고 있다. 이러한 디지털 미디어들은 쉽게 접근, 복사 및 편집이 가능하고 편리하게 전송을 할 수 있다는 장점을 가지고 있기 때문에 데이터 통신에서 많이 이용되고 있다. 그러나 이러한 편리함에 따르는 보안의 문제도 심각하게 대두되고 있다.

한편, 송신자와 수신자 사이에 비밀 통신을 해야 할 경우, 기밀 정보를 제3자가 인지할 수 없게 어떤 의미 없는 정보에 기밀 데이터를 몰래 숨겨서 통신하는 기술을 steganography라 하며, 이것은 암호의 한 방법이다. 또한, image steganography는 기밀 데이터를 영상 컨텐츠에 은닉하는 것을 의미한다. 즉, 어떤 영상 컨텐츠에 기밀 데이터를 잡음의 형태로 삽입하여 송/수신하는 방법으로써 제3자가 기밀 데이터의 은닉 여부를 인지할 수 없도록 은닉한 영상과 원 영상간의 시각적인 차이를 고려해야 한다.

일반적으로 image steganography는 컬러(color) 영상 또는 그레이(gray scale) 영상에서 많이 응용되어지고 있는 반면, 표현 가능한 컬러의 수가 제한된 스캔된 텍스트 영상, 선화 영상, 만화 영상 등과 같은

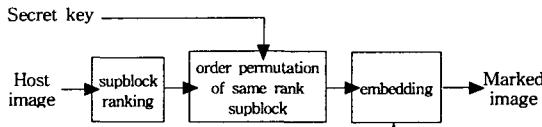
이진 및 다치 컬러 영상들도 인터넷 및 다양한 방법으로 그 활용도가 높아지고 있다. 따라서 이러한 이진 영상 및 다치 컬러 영상에 기밀 데이터를 은닉하는 연구가 최근 활발하게 진행되고 있다[1-5]. 하지만 이러한 다치 및 이진 영상들은 제한된 색상으로 구성되어 있기 때문에 그 특성상 일반 자연 영상과 달리 기밀 데이터를 비시각적으로 은닉시킨다는 것이 쉽지 않다.

본 논문에서는 다치 컬러 영상에 기밀 데이터를 은닉하는 방법인 기존 방식[5]을 시각적인 측면으로 접근하여 보다 화질이 우수한 결과를 얻을 수 있는 데이터 은닉 방법을 제안한다. 본 논문의 구성은 2장에서 기존 방식을 언급하고, 3장에서 기존 방식을 개선한 제안 방식에 대해 기술하며, 4장에서는 실험을 통하여 기존 방식과 제안 방식을 비교를 하며, 마지막 5장에서 결론을 제시한다.

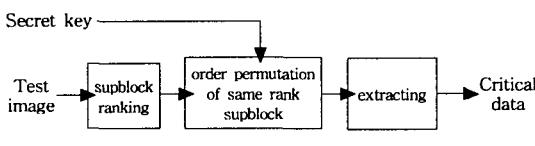
2. 기존 방식

기존의 방식인 PWP 방식[5]의 개념은 영상의 한 픽셀은 그 주변의 픽셀들과 강한 의존성을 가진다는 성질을 이용한 것이다. 그러므로 데이터를 은닉시키기 위해서 어떤 주목 픽셀을 변경해야 한다면 그 주변을

둘러싼 이웃 픽셀들과의 의존 상태를 비교하여 우선 순위를 부여한다. 이 방식의 삽입 및 추출의 전반적인 절차를 그림1과 같이 도시하였다.



(a) 삽입 절차



(b) 추출 절차

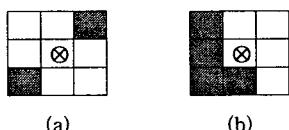
그림 1. PWP 방식의 삽입 및 추출 절차

그림1에서 비밀키를 이용하여 permutation을 시키는 것은 기밀 데이터의 보안을 고려한 것이다.

2.1 서브블록(subblock)의 우선 순위

서브블록의 등급은 어떤 한 픽셀을 변경했을 때 그 주위를 둘러싼 이웃 픽셀들과 얼마나 많은 의존성을 갖는지 평가를 하여 우선 순위를 부여한다.

예를 들어, 그림2(a)와 그림2(b)의 패턴을 가진 두 블록 대해서 가운데 픽셀을 변경시킨다고 가정하면 그림2(a) 보다 그림2(b)의 변화가 시작적으로 덜 민감하므로 그림2(b)의 패턴이 그림2(a) 보다 더 높은 우선 순위를 가지게 된다. 따라서 시작적인 영향을 주는 패턴들의 등급 n 까지 집합인 Ω_n 을 정할 수 있다. 그러나 어떤 패턴들은 Ω_n 에서 중복될 수 있기 때문에 명확하게 하기 위해 높은 순위에서 삽입된 블록은 식(1)과 같이 집합 Ω_n 에서 제외를 시켜 한 블록에 중복해서 기밀 데이터가 삽입되지 않도록 한다.



(a)

(b)

그림 2. 다른 순위를 가지는 3x3 블록의 두 패턴

$$\widetilde{\Omega}_n = \Omega_n - \sum_{i > n} \Omega_i \quad (1)$$

이러한 개념을 다차 영상에 대해서 적용을 하면 그림3과 같이 나타낸다. 그림3(a)에서 e 는 동일한 픽셀 값을 의미하며, 그림3(b)의 블록 내에 표기된 숫자는 컬러 인덱스를 의미한다. 그림3(a)와 부합이 되는 패턴이 그림3(b)와 그림3(c)이다.

e	e	e
	e	
		e

3	3	3
6	9	3
7	5	2

7	7	7
4	7	7
2	1	6

(a)

(b)

(c)

그림 3. 우선순위 패턴(a)과 부합되는 서브블록(b)(c)

여기서 삽입할 비트 값이 0 또는 1에 따라 가운데 픽셀의 값이 패턴 컬러와 동일한 값으로 변경할 것인지 아닌지를 판단한다.

2.2 슈퍼블록(supblock)

PWP 방식에서는 보다 많은 양의 기밀 데이터를 삽입하기 위하여 슈퍼블록의 개념을 도입하였다. 이것은 단순히 영상을 3×3 서브 블록으로 분할하면 삽입 불가능한 패턴이지만, 픽셀들을 어떻게 조합시켜 블록으로 분할하는가에 따라 삽입 가능한 블록이 달라질 수 있기 때문이다. 그러므로 그림4와 같이 4×4 크기의 슈퍼블록 S 에서 크기가 3×3 인 4개의 서브블록 $B_i(S)$ ($i=1, 2, 3, 4$)로 결합시켜 볼 수 있다.

1	2	2	3
1	2	1	1
5	5	6	7
7	7	7	7

(a) 4×4 슈퍼 블록 S

1	2	2	2
1	2	1	1
5	5	6	7
5	6	7	7

 $B_1(S)$ $B_2(S)$ $B_3(S)$ $B_4(S)$ (b) 3×3 서브 블록 B

그림 4. 슈퍼 블록 방식

하나의 슈퍼블록 내에서 우선 순위에 포함되는 서브블록이 여러 개 존재할 경우에는 그 중에서 가장 높은 순위를 가지는 서브블록의 가운데 픽셀을 변경

시키는 방법이다. 즉, 그림4(b)에서는 $B_4(S)$ 인 서브블록의 가운데 픽셀을 변경시킨다.

추출은 송/수신자가 공유하고 있는 비밀키와 우선순위를 이용하여 삽입 과정을 역으로 수행하여 기밀데이터를 추출하면 된다.

3. 제안 방식

제안 방식은 기밀 데이터를 삽입한 영상과 원 영상과의 차이를 시작적으로 거의 인지할 수 없도록 화질을 개선한 방식이다.

PWP 방식을 다치 컬러 영상에서 적용시키기 위하여, 먼저 우선 순위에 포함되는 어떤 패턴과 원 영상의 서브블록의 패턴과 같을 경우를 검색한다. 그런 다음 만족하는 서브블록의 가운데 픽셀을 기밀 데이터비트에 따라 변경을 한다. 이때 삽입 비트 값이 0 또는 1에 따라 가운데 픽셀의 값을 패턴 컬러와 동일한 컬러로 변경시키거나, 아니면 변경시키지 않고 그대로 두는 방식이다. 따라서 PWP 방식은 원 영상의 가운데 픽셀 값과 변경할 패턴의 컬러 값과의 차이를 전혀 고려하지 않았으므로 다소 시작적으로 자연스럽지 못함을 느낄 수 있었다. 그러므로 제안 방식에서는 가운데 픽셀 값을 변경시킬 경우에 원 영상의 가운데 픽셀 값을 최대한 고려하여 원 영상의 픽셀 값과 근접한 값으로 변경하기 위해 픽셀 값을 2개의 그룹으로 분류하여 변경을 하였다. 예를 들어 다치 컬러 $C = \{0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9\}$ 라 가정했을 때 다치 컬러 C 를 C_0 그룹과 C_1 그룹으로 분류를 시킨다. 즉, 그룹 $C_0 = \{0, 2, 4, 6, 8\}$ 로 구성될 것이고, 그룹 $C_1 = \{1, 3, 5, 7, 9\}$ 로 구성될 것이다. 이때 우선 순위 등급의 패턴들이 그림5와 같다고 가정했을 때 제안 방식의 삽입 방법은 그림6과 같이 수행된다.

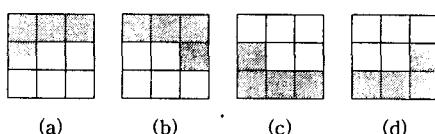


그림 5. 우선 순위를 가진 등급 패턴들

그림6에서 알 수 있듯이 원 영상의 블록이 (a)와 같은 픽셀 값들로 구성되어 있다고 가정하면, 이것은 우선 순위 패턴에 해당되는지 확인을 한다. 그러면 그림 6(a)의 패턴은 그림5(c)와 같은 패턴 컬러를 발견하게 될 것이다. 따라서 그림6(a)의 블록은 기밀 데이터를

삽입할 수 있는 블록이며, 삽입 비트가 0 또는 1에 따라 가운데 픽셀 값을 변경시킨다. 만약 삽입 비트가 0이면, 그룹 C_0 의 값들 중 원래의 가운데 픽셀 값과 오차가 제일 작은 컬러 값으로 변경하고, 삽입 비트가 1이면, 그룹 C_1 의 값들 중 오차가 제일 작은 컬러 값으로 변경을 한다.

(a) 원 영상의 블록

1	7	3
3	7	4
3	3	3

$$C_0 = \{0, 2, 4, 6, 8\}$$

$$C_1 = \{1, 3, 5, 7, 9\}$$

1	7	3
3	8	4
3	8	3

1	7	3
3	7	4
3	3	3

(b) 삽입 후 변경 블록

그림 6. 제안 방식의 삽입 방법

추출 방법은 전송 받은 영상에 대해서 우선 순위 패턴들을 참조하여 기밀 데이터가 삽입된 블록인지 아닌지를 먼저 판단하고, 만약 기밀 데이터가 삽입된 블록이라면, 그 블록의 가운데 픽셀 값이 C_0 과 C_1 중 어느 그룹에 해당되는지를 확인해서 0 또는 1을 추출한다.

제안 방식은 가운데 픽셀 값을 변경하되 원 영상의 픽셀 값과 거의 유사한 값들로 대체를 하기 때문에 기밀 데이터를 삽입한 후에도 영상의 열화가 거의 인지하기 힘들며 수치적인 평가 또한 우수함을 알 수 있었다.

4. 실험 및 고찰

본 장에서는 기존의 PWP 방식과 제안 방식을 실험을 통하여 식(2)의 PSNR을 이용한 수치적인 평가와 시각적인 평가로 그 유효성을 확인하였다.

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

여기서 $M \times N$ 은 영상의 가로와 세로의 크기를 의미하며, $f(i,j)$ 는 원 영상, $f'(i,j)$ 는 기밀 데이터를 삽입한 영상을 의미한다.

먼저 기존의 방식과 제안 방식에 대해 각각 PSNR을 계산한 결과를 표1과 같이 얻을 수 있었다.

표 1. 기존 방식과 제안 방식의 비교(PSNR)

방식 \ 영상	데이터(5치)	데이터(9치)	도날드(9치)
기존	30.71	33.74	32.79
제안	33.97	40.29	41.21

그림7(a)의 영상은 174×270 크기로 5가지 컬러로 구성된 원 영상이고 그림7(b)와 (c)는 기존의 방식과 제안 방식을 이용하여 기밀 데이터 790비트가 삽입된 결과 영상들이다.

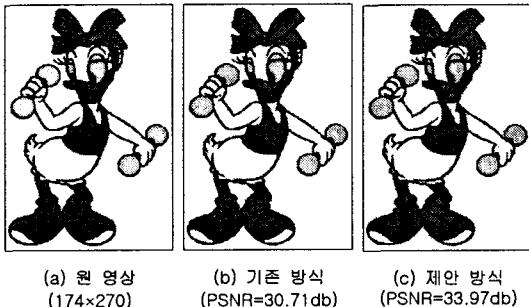


그림 7. 원 영상과 결과 영상(5치 컬러, 데이터)

그림8(a)의 크기 174×270인 데이터와 그림9(a)의 크기 153×279인 도날드 영상은 9가지 컬러로 구성된 영상들이다. 그림8의 데이터 영상에는 733비트의 기밀 데이터가 삽입되었고, 그림9의 도날드 영상에는 594비트가 삽입되었다.

제안 방식은 기존 방식과 삽입되는 기밀 데이터 양은 동일하지만 시각적인 측면과 수치적인 측면 모두 우수함을 확인할 수 있었다.

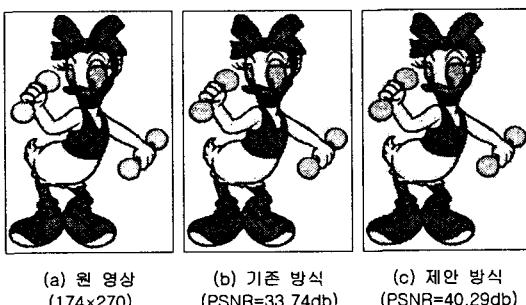


그림 8. 원 영상과 결과 영상(9치 컬러, 데이터)

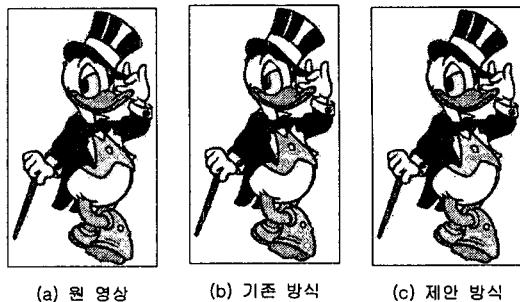


그림 9. 원 영상과 결과 영상(9치 컬러, 도날드)

5. 결론

본 논문에서는 다치 컬러 영상을 이용하여 기밀 데이터를 삽입하는 스테가노그래피의 한 방법에 대해 화질의 열화를 감소시킬 수 있는 개선 방법을 제안하였다. 제안 방식은 기밀 데이터의 삽입으로 인해 어떤 픽셀 값을 변경해야 할 경우 원 영상의 픽셀 값을 고려하여 오차가 작은 값으로 변경을 시켜 기밀 데이터의 존재를 시각적으로 인지하기 어렵도록 그 방안을 제시하였다. 또한, 실험을 통하여 시각적인 평가와 수치적인 평가에서 우수함을 확인할 수 있었다.

[참고문헌]

- [1] 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
- [2] Yasushi Abe Koichi Inoue, Koichi EjiriI "Digital Watermarking for Bi-Level Image", Proc. of Symposium on Cryptography and Information Security 2000, C05, 2000. 1
- [3] Hsiang-Kuang Pan, Yu-Yuan Chen, Yu-Chee Tseng, "A Secure Data Hiding Scheme for Two-Color Image", Proc. IEEE Symposium on Computer and Communication(ISCC 2000), p.750-755, July 3-6 2000
- [4] Gang Pan, Yijun Wu, Zhaojun Wu "A Novel Data Hiding Method for Two-Color Image", ICICS 2001, LNCS 2229, p.261-270, 2001
- [5] Gang Pan, Zhaojun 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