

스테고 영상 화질 개선을 위한 가역 변형의 검토

정다정, * 김홍림, °최윤식
연세대학교 전기전자공학과
{dajung, * hljin, °yschoe}@yonsei.ac.kr

Reversible Modification for Improve Quality of Stego Image

Dahjung Chung, * Honglin Jin, °Yoonsik Choe
School of Electrical and Electronic Engineering, Yonsei University

요 약

본 논문에서는 스테고 영상의 화질을 개선하기 위해 픽셀 값의 주변 통계적 특성을 고려한 보다 정확한 계수 값을 사용한 픽셀 변형 방법을 제안한다. 이와 같은 방법을 사용함으로써 기존 방법의 삽입 용량을 유지하면서도 스테고 영상의 왜곡 정도가 줄어 PSNR 수치가 기존 방법보다 높아지게 된다.

1. 서론

데이터 삽입 방법은 신원 확인, 저작권 보호 등을 목적으로 영상에 원하는 데이터를 삽입하는 기술이다. 여기서 데이터가 삽입된 영상을 스테고 영상이라 정의한다. 가역성 데이터 삽입 방법은 목적 영상에 데이터를 삽입하고, 삽입된 데이터를 추출한 이후에 원본 영상이 완벽히 복원되는 방법이다. 이와 같은 특성 때문에 가역성 데이터 삽입 방법은 약간의 왜곡도 허용되지 않는 의료 영상 또는 군용 영상에서 주로 사용된다.

본 논문에서는 가역성 데이터 삽입의 기존 방법과 같은 데이터 삽입 용량을 유지하면서도 스테고 영상의 화질을 개선하는 방법을 제안한다. 적용함으로써 데이터 삽입 용량을 기존 방법과 같이 유지하면서 스테고 영상의 화질 개선을 얻을 수 있었다.

2. 기존 방법 및 문제점

최근 공간 영역에서의 가역성 데이터 삽입 방법들이 제안되어 왔다[1],[2]. [1]에서는 하나의 전역 파라미터를 이용한 데이터 삽입 기술이 제안되었다. [1]의 방법에서는 영상을 3x3 블록으로 나눈 후 블록의 중앙 픽셀에 데이터를 삽입한다. 이 방법은 픽셀들의 통계적 특성을 이용해 하나의 전역 키 파라미터 s 를 구한 후 파라미터에 근거해 현재 위치가 삽입이 가능한지 확인 한 후 삽입 과정이 진행된다. [1]의 방법은 가역성을 보장하기 위해 삽입 후 픽셀 값이 오버플로우 또는 언더플로우가 나지 않는 위치에서만 데이터를 삽입하게 된다.

하지만 이러한 특성들 때문에 데이터 삽입 용량 증가에 한계를 가지게 된다. 이와 같은 한계점을 극복하기 위해, [2]은

주변 픽셀들의 통계적 특성에 근거한 픽셀 변형 방법을 제안하였다. [2]의 방법에서는 데이터 삽입 과정에서 픽셀의 값과 픽셀의 다이내믹 레인지의 중간 값과의 거리에 근거해 픽셀 값을 변형한다. 이러한 픽셀 값 변형은 오버플로우 또는 언더플로우가 나는 경우를 줄여주기 때문에 방법 [2]에 비해 상당한 삽입 용량 증가를 얻었다. 하지만 너무 많은 삽입 용량 증가와 픽셀 값의 변형으로 인해 스테고 영상의 왜곡 정도가 심해져 PSNR 수치가 방법 [1]에 비해 심각하게 떨어지게 된다. 데이터 삽입 방법은 기본적으로 데이터를 은닉하는 것이므로 스테고 영상의 왜곡 정도가 심해져 큰 문제가 된다.

본 논문에서는 스테고 영상의 화질을 개선하기 위해 픽셀에 적응적 변형을 가할 때 왜곡의 정도를 줄이기 위하여 보다 정확한 계수 값을 이용하는 방법을 제안한다.

3. 제안하는 기법

먼저 제안하는 기법에서 사용될 기호들에 대해 정의한다. f 는 K 비트로 표현되는 $X \times Y$ 크기의 그레이 스케일영상을 의미한다. w 는 원본 영상에 삽입할 데이터 열을 의미하고 데이터 열에서 w_n 은 1 비트의 데이터를 의미한다. 원본 영상 f 는 3x3 블록으로 분할 된 후 블록의 중앙 픽셀에 주변 픽셀의 통계적 특성을 이용해 유도된 키 파라미터 s 에 근거해 1 비트의 데이터가 삽입된다.

제안하는 방법은 주변 픽셀들의 통계적 특성을 이용한 픽셀 변형 과정에서 오버플로우나 언더플로우가 발생할 확률이 적은 픽셀의 경우 왜곡의 최소화 하기 위해 작은 계수 값을 적용하기 위해 수식(3), (4)을 이용한다. 제안하는 방법은 크게 키 파라미터 유도 과정, 임베딩 과정, 데이터 추출 및 원본 영상 복원 과정으로 이루어진다.

표 1. 기존 방법[2]와 제안하는 방법의 성능 비교

영상 이름	기존 방법[2]			제안하는 방법		
	N [bits]	N/B [%]	PSNR [dB]	N [bits]	N/B [%]	PSNR [dB]
Aerial6	21860	33.6178	39.8163	21860	33.6178	40.4296
Airplane	65025	100	37.7394	65025	100	38.5672
Baboon	44162	67.9154	34.5129	44162	67.9154	34.8933
Sailboat	64524	99.2295	33.9253	64524	99.2295	34.6929
Tiffany	64985	99.9358	35.2852	64985	99.9358	36.2454
Mrchest001	16129	100	33.0407	16129	100	33.7367
Kodak20	81814	83.77	31.8084	81814	83.77	31.9188
Ruler.512	39289	60.4214	45.4061	39289	60.4214	45.4069
Texmos3b.p512	1496	2.3007	47.2818	1496	2.3007	47.743

3.1 키 파라미터 유도

- 1) $b = 0$
- 2) $X \times Y$ 크기의 영상의 이상적 삽입 용량 B 를 수식 (1)을 이용해 계산한다.

$$B = \left\lfloor \frac{X-1}{2} \right\rfloor \left\lfloor \frac{Y-1}{2} \right\rfloor \quad (1)$$

- 3) 3×3 블록 내 주변 픽셀들의 평균 \bar{g}_b , 표준 편차 δ_b , 평균과 중앙 픽셀과의 차이 d_b , 주변 픽셀들 중 최대 값과 최소 값의 차이 u_b 를 계산한다.
- 4) 각 블록에서 유도된 parameter s_b 를 수식 (2)을 이용해 구한다.

$$s_b = \begin{cases} u_b, \bar{g}_b + 2d_b < 0 \text{ or } 2^{K-1} - 2 < \bar{g}_b + 2d_b \\ \infty, \text{otherwise} \end{cases} \quad (2)$$

$$\tilde{g}_b = \bar{g}_b + 2 * \text{round}((2 + \delta_b) \tan(-g'_b)) \quad (3)$$

$$g'_b = \frac{\pi}{4} * \frac{\bar{g}_b}{2^{K-1}} - \frac{\pi}{4} \quad (4)$$

- 5) $b = b+1$. b 가 B 보다 작으면 과정 3)으로 돌아가 반복 수행한다.
- 6) 각 블록 별로 구한 s_b 값들 중 최소값을 키 파라미터 s 로 정의한다.

3.2 임베딩 과정

- 1) $b = 0, n = 0$
- 2) 데이터를 임베딩 한 픽셀 값 \hat{g}_b 을 수식 (5)를 이용해 구한다.

$$\hat{g}_b = \begin{cases} \tilde{g}_b + 2d_b + w_n, u_b < s \\ g_b, \text{otherwise} \end{cases} \quad (5)$$

\tilde{g}_b 는 수식 (3)을 이용해 계산할 수 있다.

- 3) u_b 가 s 보다 작을 경우, n 과 b 를 1 씩 증가시킨다. b 가 B 보다 작으면 과정 2)로 돌아가 반복 수행한다.
- 4) 모든 과정이 끝나면 스테고 영상 \hat{f} 이 얻어진다.

3.3 데이터 추출 및 원본 영상 복원 과정

- 1) $b = 0, n = 0$
- 2) u_b 가 s 보다 작을 경우 삽입된 데이터 w_n 은 수식 (6)을 통해 추출된다.

$$w_n = (\hat{g}_b - \tilde{g}_b) \text{ mod } 2 \quad (6)$$

- 3) 원본 영상은 수식 (7)을 이용해 복원될 수 있다.

$$g_b = \begin{cases} \bar{g}_b + \frac{\hat{g}_b - \tilde{g}_b - w_n}{2}, u_b < s \\ \hat{g}_b, \text{otherwise} \end{cases} \quad (7)$$

- 4) u_b 가 s 보다 작을 경우, n 과 b 를 1 씩 증가시킨다. B 가 B 보다 작으면 과정 2)로 돌아가 반복 수행한다.
- 5) 모든 과정이 끝나면 원본 영상 f 와 삽입되었던 데이터 열 w 가 완벽히 복원된다.

4. 실험 결과 및 토의

제안하는 방법을 검증하기 위한 실험은 [3],[4]에서 제공되는 8 비트 그레이 스케일 영상에 수행되었다. 실험 영상은 Mrchest001(크기: 256x256, $B = 16129$)을 제외하고 모두 512x512 크기이고 이상적 삽입 용량 B 는 65025 이다. 실험에서 삽입되는 데이터 w_n 는 0 과 1 중 랜덤 하게 선택된다.

표 1 의 실험 결과는 기존 방법과 제안하는 방법의 데이터 삽입 비율과 스테고 영상의 PSNR 비교를 보여준다. N 은 실제

삽입된 데이터의 비트 수를 의미하고 N/B 는 이상적 삽입 용량과 실제 삽입용량의 비율이다. PSNR 은 원본 영상과 스테고 영상 간의 왜곡 정도를 보여주는 수치이다. 표 1 에서 볼 수 있듯이 제안하는 방법은 모든 실험 영상에서 같은 삽입 비율을 유지하면서도 스테고 영상의 PSNR 은 높아진 것을 볼 수 있다. PSNR 수치가 높다는 것은 객관적 화질이 개선되었다는 의미이다.

5. 결론

본 논문은 스테고 영상의 화질 개선을 위해 픽셀 변형 방법을 제안하였다. 픽셀 변형 시 주변 픽셀의 통계적 특성을 고려하여 보다 정확한 계수 값을 적용함으로써 왜곡을 줄인다. 이와 같은 방법을 통해 제안하는 방법이 기존 방법의 삽입 용량을 유지하면서도 PSNR 이 증가한 것을 통해 스테고 영상의 화질을 개선하였음을 검증하였다.

6. 참고문헌

- [1] H.L. Jin, Y.S Choe, and H. Kiya, "Lossless data hiding in saptial domain for high quality images", IEICE Trans.Fundamentals, vol.E93-A, no.2, pp.565-569, February 2010.
- [2] H.L. Jin, M. Fujiyoshi, and H. Kiya, "Reversible Data Hiding Based on Adaptive Modulation of Statistics Invertibility", IEICE Trans.Fundamentals, vol.E90-A, no.4, pp.771-777, April 2007.
- [3] "Still images and sequences", Center for Image Processing, Rensselaer Polytechnic Institute, <http://www.cipr.rpi.edu/>
- [4] Signal and Image Processing Institute, University of Southern California, <http://sipi.usc.edu/services/database/>

7. 감사의 글

"본 연구는 지식경제부 및 정보통신산업진흥원의 "대학 IT 연구센터 육성지원사업" 의 연구결과로 수행되었음" (NIPA-2011-C1090-1101-0006)