

# 무손실 데이터 삽입 알고리즘을 위한 새로운 키 파라미터 유도 방법

강지홍\*, 김홍림\*\*, 최윤식\*\*\*

연세대학교 전기전자공학부

\*chipchoc@yonsei.ac.kr; \*\*hljin@yonsei.ac.kr; \*\*\*yschoe@yonsei.ac.kr

## New key parameter deriving method for lossless data embedding algorithm

Kang Ji Hong, Jin Hong Lim, Choe Yoon Sik

Department of Electrical and Electronics Engineering, Yonsei University

### 요약

이 논문은 공간 영역에서 하나의 키 파라미터로 영상에 데이터를 삽입하고 추출해 내는 무손실 데이터 삽입 알고리즘에 기반하여, 키 파라미터의 유도 및 데이터 삽입 방법을 개선한 알고리즘을 제안한다. 제안한 알고리즘은 기존의 방법에 비해 삽입 가능한 데이터 용량의 효율이 크게 증가하였다.

### 1. 서론

무손실 데이터 삽입 알고리즘은 영상에 임의의 데이터를 삽입 하고, 해당 영상으로부터 삽입된 데이터를 추출한 이후에 원본 영상이 완전히 복원되는 방법으로서, 영상에 대한 약간의 왜곡도 허용되지 않는 의료 및 군용 영상에 사용된다. 일반적으로 무손실 데이터 삽입 방법은 손실 데이터 방법에 비해서 훨씬 작은 용량의 정보만을 영상에 삽입 할 수 있다.

본 연구에서는 기존의 공간 영역에서의 무손실 데이터 삽입 방법 중에서 영상에 삽입 가능한 데이터 용량이 하나의 키 파라미터에 의해 조절되는 알고리즘에 대해 새로운 키 파라미터 유도 방법을 제안한다.

### 2. 기존 알고리즘 및 문제점

[1]에서 제안한 무손실 데이터 삽입 알고리즘은 영상을  $3 \times 3$  크기의 오버랩된 블록 단위로 나누고, 각 블록 내의 통계적인 특성을 이용하여 블록의 가운데 화소에 한 비트의 데이터를 삽입하는 방법이다. 이 방법의 특징은 하나의 광역 파라미터 's'를 원본 영상으로부터 유도하여, 해당 파라미터의 값에 의해 대상 영상 내에 데이터가 삽입 또는 추출 될 위치를 찾아낼 수 있다는 점이다.

[2]에서는 위의 방법에서 데이터를 삽입하는 블록의 모양을 변형시켰다. 영상을 사각형 블록으로 나누는 대신에 '工' 또는 'ㄱ' 형태로 나누어, 데이터가 삽입 될 수 있는 대상 화소의 수를 늘림으로써 [1]의 방법보다 더 높은 데이터 삽입 효율을 낼 수 있는 방법을 제안하였다.

[3]의 논문은 [1]의 알고리즘에서 데이터 삽입이 된 화소가 오버플로우 또는 언더플로우가 발생할 확률이 더 낮은 새로운 데이터 삽입 방법을 제안하였다. 이 알고리즘은 일반적인 영상뿐만 아니라, 기존에는 데이터 삽입

이 전혀 안되거나 수십 비트 내외의 데이터만이 삽입 가능했던 영상에서도 데이터 삽입 용량을 크게 증가시켰다.

하지만, 위 세 가지 방법은 블록 단위로 데이터를 삽입하는 방법으로서 블록의 가운데 화소를 제외한 주변 화소의 값이 보존되어야만 삽입된 데이터의 추출과 원본 영상의 복원이 가능하다. 따라서, 영상 내 절반 이상의 화소를 데이터 삽입에 활용하지 못하여 화소당 데이터 삽입 용량의 효율이 매우 낮다. 실제로, [1], [3]의 방법보다 데이터 삽입의 대상이 되는 화소 수를 늘린 [2]의 방법에서도  $M \times N$  크기의 영상에 대한 최대 데이터 삽입 용량이

$$\left\lfloor \frac{M-1}{2} \right\rfloor (N-1) \quad [\text{bits}]$$

로 제한되었다.

본 연구에서는 파라미터 s를 유도하는 새로운 방법을 제시하여 화소당 데이터 삽입 용량의 효율을 크게 증가시켰다. 다음 장에서는 본 연구에서 제안하는 알고리즘에 대해 설명하겠다.

### 3. 제안 알고리즘

본 연구에서 제안하는 알고리즘은 기존 알고리즘에서 파라미터 s를 유도하는 과정과 데이터를 삽입하는 과정을 분리하여 순차적으로 수행하던 것과는 달리 두 과정을 동시에 수행한다. 이 때, 파라미터 s의 역할은 데이터를 삽입한 화소  $s_b$ 가 식 (1)의 조건을 만족 시키는 경우에만 해당 위치에 데이터 삽입을 하도록 제어하는 것이다.

$$0 \leq s_b \leq 2^K - 1 \quad (1)$$

여기서 K는 영상의 화소당 비트 수를 가리킨다.

영상에 대한 키 파라미터 유도 및 데이터 삽입 과정은 3x3 크기의 윈도우를 기본 단위로 한다. 3x3 윈도우는 그림1와 같은 방식으로 영상 위에서 한 화소 단위로 이동하면서, 윈도우 내 화소들의 통계적 특성을 이용하여 가운데 화소에 데이터를 삽입한다. 이 때, 윈도우 내의 가운데 화소를 제외한 8개의 화소들을 주변 화소라 한다. 제안한 방법에서 MxN 크기의 영상에 삽입 가능한 데이터의 이상적인 최대 비트 수는 영상의 테두리를 제외한

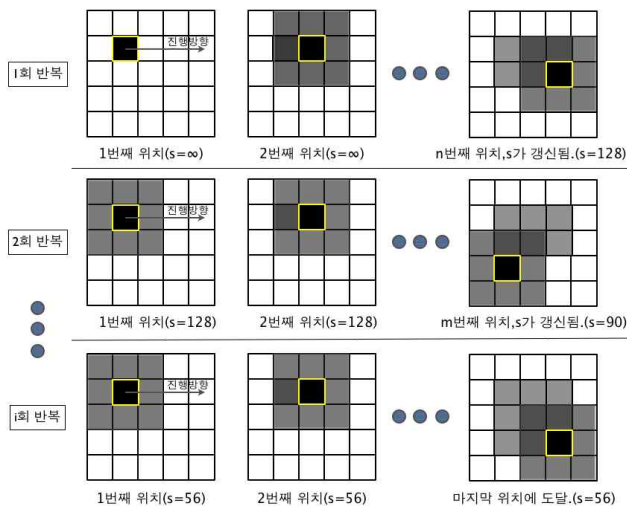
$$B = (M - 2)(N - 2) \text{ [bits]} \quad (2)$$

가 된다.

기존의 파라미터 s 유도 과정[3]과는 달리 본 연구에서 제안하는 알고리즘은 윈도우가 한 화소 단위로 이동하므로 윈도우 범위 안에 이미 데이터 삽입이 된 화소들을 포함하게 된다. 따라서, 윈도우 범위 안에 포함된 모든 주변 화소들의 값은 확정적이어야 하며, 주변 화소들 중 이전에 데이터 삽입이 된 화소들에 대한 파라미터 s와 비교 및 데이터 삽입 과정은 미리 완료되어 있어야 한다. 그러므로, 윈도우 내의 주변 화소가 파라미터 s와의 비교에 의해 데이터 삽입 가능 화소로 판별이 된 경우, 가운데 화소에 데이터 비트를 즉시 삽입한다.

또한, 파라미터 s 값이 새롭게 갱신 될 때마다, 이전 위치까지 삽입한 화소들에 갱신된 파라미터 s를 적용시키기 위해 원본 영상의 처음 위치부터 갱신된 s값을 기준으로 데이터 삽입과 파라미터 s의 유도 과정을 반복하여 수행한다.

데이터 추출 과정의 경우, 데이터가 삽입된 영상인 스테고(stego) 영상으로부터 숨겨진 데이터와 원래 영상을 그대로 복원하기 위해서는 복원 윈도우의 주변 화소 값이 데이터를 삽입 할 때의 주변 화소 값과 완전히 동일해야 한다. 만일 기존의 방법[3]와 같이 데이터 추출을 데이터 삽입 순서와 동일하게 진행된다면 복원 윈도우



**그림 1.** 파라미터 s의 유도 과정 및 데이터 삽입 순서의 예. 최종적인 s의 값은 윈도우가 s의 값이 도중에 갱신되지 않고 영상의 마지막 위치에 도달했을 때의 값으로 정해진다.

내의 주변 화소의 일부 또는 전부의 값이 데이터 삽입에 의해 바뀐 상태에서 추출을 해야 하므로 정상적인 추출이 불가능하다. 대신, 제안 알고리즘에서는 영상 및 데이터의 복원 시 데이터 삽입의 역순으로 윈도우를 이동시키면서 복원 과정을 수행한다. 예를 들면, 데이터 삽입 시 영상의 좌측 상단에서부터 래스터(raster) 스캔 순서로 윈도우를 이동시키면서 데이터 삽입을 했다면, 복원 시에는 스테고 영상의 우측하단부터 래스터 스캔 순서의 역순으로 복원한다. 이와 같은 방법을 적용하면, 복원 윈도우가 추출을 할 화소의 위에 위치했을 때 주변 화소들의 값이 해당 화소에 데이터 삽입을 할 때의 주변 화소들 값과 완전히 동일하게 된다.

#### 4. 실험 결과

제안 알고리즘은 영상 데이터베이스 [4],[5]에서 제공하는 8비트 흑백 영상을 대상으로 실험하였다. 영상에 삽입된 데이터는 0과 1이 동일한 확률로 생성된 임의의 메시지를 사용하였다. 제안 알고리즘의 실험 결과에서, 실제 용량(N)은 임의로 생성되는 삽입 데이터의 내용에 따라 수십 비트 이내의 간소한 차이가 날 수도 있다.

표1의 실험결과를 보면 제안 알고리즘은 영상에 삽입할 수 있는 최대 용량(B)이 4배 증가된다. 그 결과, 실제 용량도 대부분의 영상에서 매우 크게 증가한 것을 확인할 수 있다. 새롭게 제안된 파라미터 s의 유도 방법은 기존 방법보다 파라미터 s의 값이 더 작은 값이 유도된다. 이에 따라, 최대 용량 대비 실제 용량의 비는 더 낮아지는 경향이 있지만, 최대 용량의 큰 증가로 실제 용량의 절대적인 비트 수는 Aerial6 영상을 제외하고 모두 증가하였다.

이미지	기존 알고리즘[3]			제안 알고리즘		
	B [bits]	N [bits]	s	B [bits]	N [bits]	s
<b>Aerial6</b>	65025	21860	32	260100	5945	5
<b>Airplane</b>	65025	65025	256	260100	258655	129
<b>Baboon</b>	65025	44162	57	260100	100153	35
<b>Barbara</b>	65025	52870	67	260100	174582	47
<b>Lena</b>	65025	65025	256	260100	251337	86
<b>Peppers</b>	65025	64842	135	260100	251248	73
<b>Sailboat</b>	65025	64524	116	260100	201907	45
<b>Tiffany</b>	65025	64985	105	260100	98421	10

**표 1.** 기존 알고리즘과 제안 알고리즘의 최대 용량(B), 실제 용량(N), 파라미터 s 값의 비교.

#### 5. 결론

본 논문은 무손실 데이터 삽입 알고리즘에 대한 새로운 키 파라미터 유도 방법을 제안하였다. 제안 알고리즘은 기존 방법에 비해 데이터 삽입이 가능한 화소수가 약 4배 증가하였고, 실험에 의해 실제 데이터 삽입 용량도 대부분의 영상에서 크게 증가함을 검증하였다.

## **감사의 글**

본 연구는 한국 기술 표준원의 지원 사업 B0011443의 지원을 통해 수행되었음.

## **참고 문헌**

- [1] Hong Lin JIN, Masaaki FUJIYOSHI, Hitoshi KIYA, “Lossless data hiding in the spatial domain for high quality images”, IEICE TRANS. on Fundamentals of Electronics, Communications and Computer Sciences Vol.E90-A No.4 pp.771-777.
- [2] Arjun, S., Rao, N., “An approach to reversible information hiding for images”, TENCON - 2008 IEEE Region 10 Conference Digital Object Identifier: 10.1109/TENCON.2008.4766672.
- [3] Hong Lin JIN, Yoonsik CHOE, Hitoshi KIYA, “Reversible data hiding based on adaptive modulation of statistics invertibility”, IEICE TRANS. on Fundamentals of Electronics, Communications and Computer Sciences Vol.E93-A No.2 pp.565-569.
- [4] “Still images and sequences”, Center for Image Processing, Rensselaer Polytechnic Institute, <http://www.cipr.rpi.edu/>.
- [5] Signal & Image Processing Institute, University of Southern California, <http://sipi.usc.edu/services/database/>.