

# m-sequence 기반 디지털 워터마킹 기법 개선

\*김수지, \*\*김현기, 정제창

\*한양대학교 융합전자공학부, \*\*한양대학교 전자컴퓨터통신공학과  
\*ksjaua8946@naver.com, \*\*hyun-gi@naver.com, jjeong@hanyang.ac.kr

## Improved m-sequence Based Digital Watermarking Technique

\*Suji Kim, \*\*Hyungi Kim, Jechang Jeong

\*Department of Electronic Engineering, Hanyang University

\*\*Department of Electronics and Computer Engineering, Hanyang University

### 요 약

다양한 워터마킹 방식 중 m-sequence 기반 방식은 일반적으로 상관 관계를 이용한 다른 시퀀스 기반 방식에 비해 노이즈에 취약하고, 블러링에 안정성이 떨어진다는 문제점이 있다. 본 논문에서는 이를 해결하기 위해 블러링과 gaussian noise 에 안정성을 가지는 watermark 인코더와 디코더의 알고리즘을 제안한다. 인코더에는 히스토그램 평활화 과정을 추가하고 디코더에는 샤프닝 필터를 추가하여 실험을 진행했고, 결과적으로 워터마크의 복원율이 개선되었다.

## 1. 서론

최근 통신과 디지털의 발달로 무수히 많은 정보를 우리는 손쉽게 다운받을 수 있게 되었다. 또한 네트워크와 모바일 어플리케이션의 발달로 개인 콘텐츠를 쉽게 만들고 유통할 수 있게 되었다. 이러한 변화에 따라 디지털 콘텐츠의 저작권을 침해당하기가 쉬워졌으며 이를 해결하기 위한 대표적인 방법이 디지털 워터마킹이다. 디지털 워터마킹은 사진이나 동영상 같은 각종 디지털 데이터에 저작권 정보와 같은 비밀 정보를 삽입하여 관리하는 디지털 기술을 말한다. 그림이나 문자 등 디지털 데이터에 삽입하며 원본 출처 및 정보를 저장, 추적할 수 있다. 삽입된 워터마크는 타인은 복구하기 어려운 형태가 되어야 하고 특정 검출기 프로그램을 사용해야만 확인이 된다.

그 절차는 다음과 같다. 우선 디지털 콘텐츠에 소유자만 아는 마크를 삽입한다. 이때 삽입되는 마크는 생성자만이 알고 있으며, 원본 없이도 복구가 되도록 하는 마크여야 한다. 그리고 이미지, 소리 등에 삽입되었을 때 비가시성(invisible)의 특성을 가져야한다. 디지털 콘텐츠가 배포되고 압축, 확대, 축소 등 변형이 가해지더라도 삽입한 마크는 남아 있어야한다 [1]. 본 논문에서는 히스토그램 평활화와 샤프닝 필터를 추가하여 기존 m-sequence 를 이용한 워터마킹 기법의 복원율을 개선하고자 한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2 장에서는 m-sequence 를 이용한 워터마크 입력 및 검출 알고리즘을 소개하고, 3 장에서는 기존 알고리즘의 문제점과 함께 본 논문에서 제안하는 기법을 설명한다. 4 장에서는 제안한 기법의 성능을 실험을 통해 확인한다. 마지막으로 5 장에서는 본 논문에서 제안한 알고리즘에 대한 결론을 맺는다.

## 2. 기존의 알고리즘

워터마킹 설계에는 다양한 방법이 있다. 그 중 m-sequence를 이용한 워터마크 설계와 검출 방법은 문자 정보를 워터마크로 만들고, 이를 512 \* 512 크기의 영상에 삽입한다.

### 2.1 인코더 알고리즘

우선 크기가 255인 m-sequence를 설계한다. [0, 1]로 이루어진 시퀀스를 0은 1로 1은 -1로 바꾸어 [1, -1]의 배열로 만든다. 배열의 총 합이 0이 되도록 한 비트를 추가해 256크기의 배열을 완성한다. 그리고 숨기고자 하는 문자의 아스키 코드만큼 쉬프트한 배열을 완성한다. 총 12개의 문자를 숨기고, 마지막에 랜덤한 [1, -1]의 배열을 추가해 4096(=256\*12+1024) 크기 배열을 만든다. 이를 64\*64 블록으로 랜덤 매핑하여 워터마크를 생성한다. 여기서 매핑할 때의 랜덤 코드가 워터마크를 검출할 때 키의 역할을 한다.

생성된 워터마크 블록은 이미지에 추가된다. 이때 복원율을 높이기 위해 특정 값을 곱해준 후 이미지에 더해진다. 디지털 워터마크는 비가시성의 특성이 있어야하기 때문에, 시각적으로 인지되지 않을 정도의 가중치를 주어야한다. 사람 눈은 고주파 성분보다 저주파 성분에 더 민감하고, 어두운 영상보다 밝은 영상에 더 민감하다. 따라서 고주파 성분일수록, 픽셀 값이 클수록 더 큰 가중치를 준다 [2].

## 2.2 디코더 알고리즘

더해지는 워터마크는 본래 이미지 픽셀에 비하면 매우 작은 값이기 때문에 랜덤 노이즈와 비슷한 성질을 가지고, 고주파 성분이다. 따라서 우선 이미지의 고주파 성분만을 얻는 필터(high pass mask filter)를 이용하여 워터마크 성분을 얻는다. 하지만 결과 값에는 워터마크 성분 뿐만 아니라 원본 이미지의 고주파 성분 또한 포함되게 된다. 따라서 전체 에너지 중 워터마크가 차지하는 비중을 크게 하기 위해 인코더 설계 시 고주파 성분의 픽셀에 큰 가중치를 주고, 3\*3 블록에서 구한 분산 값으로 값을 할당한다 [3].

이미지를 64\*64 크기의 블록으로 나누어 각 블록의 값을 더해 하나의 블록으로 만든다. 각각의 블록에 모두 같은 정보의 워터마크가 숨어있는데, 이로 인해 한 블록에서 정보가 손상되었더라도 다른 블록에 의해 상쇄되어 정보의 안정성을 높인다. 워터마크의 1과 -1의 개수가 같다는 성질을 이용해 블록의 중앙값 보다 큰 값은 1로 작은 값은 -1로 대응시키며 인코더에서 이용한 랜덤 매핑 키로 배열을 구한다. 이를 쉬프트시커 m-sequence와의 상관관계가 최대가 될 때 워터마크에 숨긴 문자가 된다.

## 3. 제안하는 알고리즘

디코딩 과정에서 워터마크는 고주파 성분으로 취급되기 때문에 고주파 성분에 손상을 주는 블러링에 취약할 것이라고 판단했다. 따라서 edge 부분을 강조하여 블러링 효과를 개선할 수 있는 '샤프닝 필터'를 디코더에 삽입한다면, 복원율이 상승할 것이라 예상했다.

인코딩 과정에서는 고주파가 되는 픽셀에 가중치를 더 크게 두기 때문에 저주파가 되는 픽셀에서 복원이 더 어려울 것이라고 예상했다. 이 문제를 해결하기 위해 이미지의 성질 중 '히스토그램 분포'에 주목했다. 저주파 성분이 큰 이미지는 픽셀 값에 변화가 적다는 것을 의미하기 때문에, 이를 히스토그램으로 나타냈을 때 한쪽으로 치우쳐진 분포가 나올 것이다. 일반적으로 값이 균일하게 분포하지 않아 시각적으로 불편한 이미지는 히스토그램 평활화를 이용해 개선할 수 있다. 따라서 인코딩 시 히스토그램 평활화를 추가한다면 이미지의 변형에 더 강한 알고리즘이 될 것이다.

## 4. 실험 결과 및 분석

### 4.1 기존 알고리즘에 의한 복원율

실험한 이미지 변형의 종류는 크게 압축, salt & pepper noise, gaussian noise, 블러링 처리이다. 압축은 JPEG 과 GIF 두가지로 하였고, 노이즈와 블러링의 경우 각각 강도를 다르게 하여 총 12 가지 변형을 주어 실험했다. 11 개의 이미지에 대해 각각 실험하여 평균 복원율을 구하였고, 그 결과는 표 1 과 같다.

실험 결과 압축(JPEG, GIF)과 salt & pepper noise 에 대해서는 모두 100%의 복원율을 확인하였다. 블러링과 gaussian noise 변형의 경우 낮은 강도에서 높은 복원율을 보였지만, 높은 강도에서는 복원율이 낮았다.

표 1. 기존 알고리즘의 변형에 따른 워터마크 복원율

변형		복원율(%)
압축	JPEG	100.00
	GIF	100.00
블러링 (표준편차)	0.5	100.00
	1.0	62.88
	1.5	9.85
	2.0	3.79
Gaussian Noise (분산)	0.01	100.00
	0.09	89.39
	0.25	55.30
	0.49	20.45
S&P Noise (밀도)	0.05	100.00
	0.10	100.00

### 4.2 샤프닝 필터를 통한 디코더 개선

블러링 효과에 의해 변형된 이미지를 샤프닝 필터가 추가된 디코더를 이용해 워터마크를 복구해 보았다. 그 결과는 표 2 와 같다. 표준편차에 따라 각각 평균 0.32%, 47.16%, 77.46%, 28.09% 상승된 복원율을 얻었다.

표 2. 표준편차에 따른 제안한 디코더 알고리즘의 복원율

블러링 (표준편차)	기존(%)	제안(%)	상승률(%)
0.5	100.00	100.00	-
1.0	62.88	100.00	37.12
1.5	9.85	98.48	88.63
2.0	3.79	46.97	43.18

### 4.3 히스토그램 평활화를 통한 인코더 개선

제안한 알고리즘을 인코더에 적용시키기 전, 실제 히스토그램 분포와 복원율 사이의 상관 관계를 확인해 보았다. 실험한 11 개의 이미지 중 복원율이 가장 좋았던 이미지('best.bmp')와 가장 나빴던 이미지('worst.bmp')의 복원율은 표 3 와 같고, 그림 1 은 두 이미지에 대한 히스토그램이다. 복원율이 더 좋은 이미지의 히스토그램이 더 골고루 분포하는 것을 확인하였다.

표 3. Gaussian noise 에 따른 ‘best.bmp’ 와 ‘worst.bmp’ 의 복원율

Gaussian noise (분산)	best.bmp (%)	worst.bmp (%)
0.01	100	100
0.09	100	75
0.25	100	25
0.49	58.33	8.33

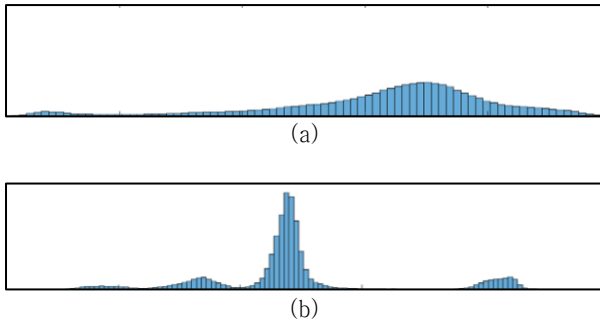


그림 1. (a) ‘best.bmp’의 히스토그램 (b) ‘worst.bmp’의 히스토그램.

이전 실험 결과를 토대로 인코더를 수정하여 실험을 진행했다. 그림 2의 (c), (d)와 같이 어둡거나 밝은 부분으로 히스토그램이 치우쳐진 이미지까지 추가로 실험해 보았으며 워터마크가 삽입된 각 이미지에 gaussian noise 를 삽입해 노이즈에 대한 워터마크의 복원율을 비교해보았다.

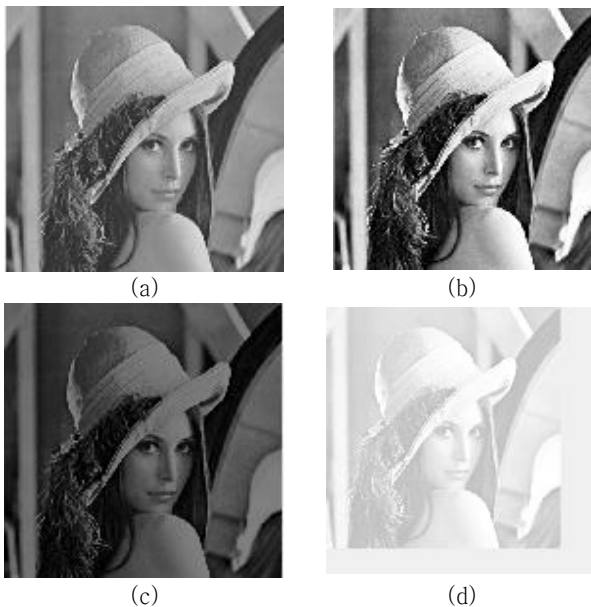


그림 2. (a) 원본 이미지 (b) 히스토그램 평활화 후의 이미지 (c) 어두운 이미지(픽셀 값 0~127) (d) 밝은 이미지(픽셀 값 128~255).

실험 전에는 히스토그램 평활화 시 복원율이 상승되고 어둡거나 밝은 이미지에 대해서는 복원율이 떨어지는 결과를 예상했다. 실험 결과 표 4와 같이 히스토그램 평활화한 이미지에 대해서는 원본에서 복원율이 100이었던 경우를 제외하고, 노이즈 분산 값에 따라 복원율이 평균 10.61%, 28.96%, 24.92% 상승한 결과를 얻었지만 예상과 다르게 어두운 이미지는 히스토그램 평활화한 경우와 같았고, 밝은 이미지는 복원율이 조금 더 작았다.

어둡고 밝은 이미지의 경우 픽셀 값이 한쪽으로 치우쳐 있긴 하지만 그 범위 내에서는 평활화 된 분포를 가지기 때문에 이러한 결과가 나왔다고 판단된다. 또한 인코딩 시 밝은 이미지에서 더 적은 값의 워터마크가 삽입되어 복원율이 더 떨어지는 결과가 나왔다고 판단된다.

표 4. 분산에 따른 제안한 인코더 알고리즘의 복원율

Gaussian noise (분산)	원본 (%)	히스토그램 평활화 (%)	어두운 이미지 (%)	밝은 이미지 (%)
0.01	100.00	100.00	100.00	100.00
0.09	89.39	100.00	100.00	96.30
0.25	55.30	84.26	84.26	69.44
0.49	20.45	45.37	45.37	25.00

## 5. 결론

본 논문에서는 m-sequence를 이용한 기존의 디지털 워터마킹 인코더 및 디코더를 개선하기 위한 방안을 찾아내는 실험을 해보았다. 그 결과 인코더에 히스토그램 평활화 과정을 추가하여 gaussian noise에 대한 워터마크의 안정성을 높였고 디코더에는 샤프닝 필터를 추가하여 블러링 처리에 대한 워터마크의 안정성을 높일 수 있었다. 또한 시각적으로 영향이 큰 분산 0.09의 노이즈를 가지는 이미지의 복원율을 100%까지 올렸다는 점에서도 의미 있는 인코더 개선이라 할 수 있다.

## 참고문헌

- [1] Potdar, V. M., Han, S., and Chang, E., “A survey of digital image watermarking techniques,” *IEEE International Conference on Industrial Informatics*, pp. 709–716, 2005.
- [2] Yeh, Chia, H., and Kuo, C.J., “Digital watermarking through quasi m-arrays,” *1999 IEEE Workshop on Signal Processing Systems*, pp. 456–461, Oct. 1999.
- [3] Sun, T., Jiang, X., Shi, S., Lin, Z., and Fu, G., “A Novel Differential Energy Video Watermarking Based on Watson Visual Model” *2009 Second International Symposium on Electronic Commerce and Security, IEEE*

Vol. 1, pp. 179–183, 2009.

- [4] Garg, S., and Singh, R., “An efficient method for digital watermarking based on PN Sequences,” *International Journal on Computer Science and Engineering*, vol. 4, no. 9, Sep. 2012.
- [5] Ahmad, A., Al-Mashari, A., and Al-Lawati, A.M.J., “On locking conditions in m-sequence generators for the use in digital watermarking,” *International Conference on Methods and Models in Computer Science (ICM2CS)*, pp. 1–5, Dec. 2009.