방향성 예측과 양선형 보간을 이용한 향상된 워터마크 삽입 방법

Improved Watermark Embedding Algorithm Using Directional Prediction and Bilinear Interpolation

신수연, 서재원
충북대학교

Soo-Yeon Shin(ssy8992@cbnu.ac.kr), Jae-Won Suh(sjwon@cbnu.ac.kr)

요약

본 논문에서는 예측영상을 생성하고 예측영상과 원본영상 사이의 차분영상의 히스토그램을 이용하여 워터마크를 삽입하는 알고리즘을 제안한다. 제안하는 알고리즘은 예측영상의 예측성능을 향상시키기 위해 적응적으로 참조 픽셀을 선택하였다. 선택된 참조픽셀은 양선형 보간과 방향성 예측을 통해 나머지 픽셀들을 예측하는데 이용된다. 실험결과 PSNR의 증가와 많은 워터마크 삽입량을 확인할 수 있었다.

■ 중심어 : | 워터마크 | 데이터 숨김 | 히스토그램 수정 |

Abstract

The proposed watermark embedding algorithm uses histogram of difference image between a modified original image and predicted image. To increase the prediction performance of the predicted image, the reference pixels for prediction are adaptively selected and the other pixels are directionally interpolated with the reference pixels. The simulation result shows that the proposed algorithm gives good performances in the embedding capacity and the PSNR values.

■ keyword : | Watermark | Data Hiding | Histogram Shift |

1. 서 론

최근 인터넷을 통한 멀티미디어 전송 사례가 늘어나면서 각종 저작권침해에 대한 분쟁이 일어나고 있다. 문제는 디지털 데이터는 제한없이 복제가 가능하고 인터넷 상에서 퍼지게 되면 출처를 찾기가 힘들다는 것이다. 그러므로 원본데이터의 제작자 또는 소유주들은 디지털 데이터에 소유권을 증명할 수 있는 워터마크를 삽입하여 저작권 침해를 방지한다.

워터마크 삽입 방법은 워터마크를 삽입하는 영역에 따라 공간영역 삽입방법[1-6]과 주파수 영역 삽입방법[7] 등으로 나눌 수 있다. 일반적으로 공간영역 삽입 방

법은 픽셀값을 직접적으로 수정하는 간단한 연산을 통해 구현할 수 있다. 하지만 워터마크가 삽입된 영상이 공격당할 경우 워터마크 데이터가 손실될 가능성이 크다는 단점이 있다. 주파수 영역 삽입방법은 원본 영상을 주파수 영역의 신호로 변환한 후 워터마크를 삽입하는 방법으로 압축이나 노이즈 등의 간섭에 강인한 특성을 지니지만 삽입과 추출과정이 비교적 복잡한 것이 단점이다.

이외에도 워터마킹 기법은 그 쓰임에 따라 강성 워터마킹, 연성 워터마킹, 가역 워터마킹 크게 세 가지로 나눌 수 있다. 워터마크를 삽입했을 때 원본영상의 왜곡이 발생할 수 있는 강성 워터마킹이나 연성 워터마킹과

는 달리 가역 워터마킹 기법은 완벽한 원본데이터의 복원을 가능하게 하도록 워터마크를 삽입하는 방법이다. 이러한 가역워터마킹 기법은 다방면으로 연구가 진행되어왔다. Tian[1]은 추정 오차 확장을 통해 영상 내 픽셀들의 정수값을 변환하는 방법을 제안하였고 Ni[2]는 원본 영상의 히스토그램을 쉬프팅하여 워터마크를 삽입하는 방법을 제안하였다. Luo[3]는 선형 보간을 통해 예측된 픽셀값과 동일한 위치에 존재하는 원본픽셀간의 차이값을 구하고, 이러한 차이값의 히스토그램을 이용하여 워터마크를 삽입하는 방법을 제안하였다. 또한 Hong[4]은 예측에 사용되는 참조픽셀의 수를 적응적으로 줄이는 방법을 통해 워터마크 삽입량을 늘리는 방법을 제안하였다.

본 논문은 Ni[2]와 Luo[3]의 방법보다 적은 참조영역을 사용함으로써 워터마크의 삽입공간을 증가시켰다. 또한 Hong[4]의 방법은 선형보간법을 통해 예측을 수행했으나 제안하는 방법은 방향성 예측과 양선형 보간법을 사용하여 예측성능을 향상시켰다. 논문의 기술 구조는 다음과 같다. 우선 2장에서는 히스토그램을 이용한 워터마크 삽입 방법에 대해 소개하고, 3장에서 제안한 알고리즘의 삽입과 추출 방법을 설명한다. 4장에서는 제안한 알고리즘에 대한 실험 결과를 분석한다. 마지막으로 5장에서 결론을 도출한다.

II. 히스토그램을 이용한 워터마크 삽입

가역 워터마크 삽입 방법 중 영상의 히스토그램을 이용하는 방법은 단순한 알고리즘으로 구현이 가능하고 높은 성능을 만족시키기 때문에 많이 연구되는 분야이다. 이 장에서는 히스토그램을 이용한 워터마크 삽입 기법의 기존 연구들을 소개한다.

1. 원본영상의 히스토그램을 이용한 워터마크 삽입

Ni[2]는 영상의 명암값 히스토그램을 이용한 워터마크 삽입 알고리즘의 시초가 되는 방법을 제안하였다. Ni[2]가 제안한 방법은 다음과 같다. 우선 원본영상을 스캔하여 영상의 명암값 히스토그램을 구한다. 그 후

영상 내에서 가장 많은 빈도로 나타나는 명암값(peak point)을 찾아낸다. 마지막으로 원본영상의 픽셀을 스캔하여 최대값보다 큰 픽셀값들에 대해서 +1연산을 하여 오른쪽으로 시프트시키고 최대값을 가지는 픽셀에 대해서는 워터마크 데이터를 더해줌으로서 워터마크를 삽입한다. 이러한 알고리즘은 간단한 과정을 통해 워터마크를 삽입 할 수 있지만 최대값을 가지는 픽셀의 빈도 수 만큼만 워터마크를 삽입할 수밖에 없다. [그림 1]은 Ni가 제안한 워터마크 삽입 알고리즘에서의 히스토그램 변화를 보여준다.

그림 1. Ni[2]가 제안한 삽입알고리즘의 히스토그램

2. 차분영상의 히스토그램을 이용한 워터마크 삽입

원본 영상의 히스토그램을 이용한 워터마크 삽입 방법은 워터마크 삽입량에 제한이 있고 반복적으로 삽입했을 경우 같은 구역에 워터마크가 계속적으로 삽입되기 때문에 화질의 열화가 심하게 나타난다. 이러한 단점을 보완하기 위해 제안된 것이 픽셀간의 차분값을 이용한 삽입 알고리즘이다[5][6].

픽셀간의 차분값을 이용하는 방법 중 하나는 원본픽셀과 그 주변에 존재하는 픽셀간의 차이값을 구하는 방법이다. 대표적으로 Lin[6]은 각 원본 픽셀과 그 오른쪽에 위치한 픽셀간의 차이값을 구한 다음 이를 픽셀값으로 가지는 차분영상을 생성하는 방법을 제안하였다. 이

때 근접한 픽셀들은 높은 확률로 같은 값을 가지고 있을 가능성이 높기 때문에 이들의 차이값으로 생성된 차분영상의 픽셀값은 대부분 0이나 그 주변값이 차지한다. 즉 차분영상 생성에 이용하는 픽셀값 간의 차이가 적으면 적을 수록 워터마크 삽입량이 늘어나게 된다.

Luo[3]와 Hong[4]은 픽셀값 예측을 통해 워터마크 삽입량을 늘리는 방법을 제안하였다. 픽셀값 예측을 통한 방법은 예측된 영상의 픽셀값이 원본영상의 픽셀값과 비슷하면 비슷할 수록 워터마크의 삽입량을 늘일 수 있다. Luo[3]는 45도와 135도의 방향성을 고려한 보간법을 이용하는 방법을 제안하였고 Hong[4]은 더 나은 예측을 위해 예측에 사용될 참조픽셀을 지정하는 RPD M(Reference Pixel Distribution Mechanism)을 제안하였다. RPD M은 근접한 참조픽셀들 간의 차이가 크면 영상 내의 변화가 심하다고 판단하여 스킵모드로 지정한다. 스킵모드로 지정된 구역은 예측하지 않고 원본 픽셀을 그대로 복사한다. 반대로 근접한 참조 픽셀들간의 차이값이 미미하면 그 부분의 변화가 거의 없다고 판단하여 참조 픽셀을 삭제한다. 참조 픽셀이 삭제된 위치는 예측 픽셀로 사용함으로써 워터마크 삽입량을 늘린다.

III. 제안하는 워터마킹 알고리즘

본 장에서는 방향성 예측과 양선형 보간을 이용하여 워터마크를 삽입하는 방법을 제안한다. 삽입하는 워터마크 데이터에는 오버플로우와 언더플로우를 방지하기 위한 로케이션맵이 포함된다.

1. 워터마크 삽입 알고리즘

방향성 예측과 양선형보간을 이용한 워터마크 삽입의 전체과정은 [그림 2]와 같다. 제안한 워터마크 삽입 알고리즘은 우선 오버플로우와 언더플로우를 방지하기 위해 원본 영상을 수정한다. 그 후 예측에 이용할 참조 픽셀의 위치를 정하고 방향성 예측과 양선형 보간법을 이용하여 예측영상을 생성한다. 생성된 예측 영상의 픽셀값들과 수정 영상을 픽셀값들 사이의 차분값들로 만

들어지는 차분 영상에 워터마크를 삽입한다. 마지막으로 워터마크가 삽입된 차분 영상을 예측영상과 더해주면 최종적인 워터마크 삽입 영상을 생성할 수 있다.

그림 2. 워터마크 삽입 알고리즘

1.1 로케이션맵 생성

8비트 그레이 영상의 경우 0~255범위의 픽셀값을 가진다. 만일 워터마크 삽입과정에서 픽셀값이 범위를 초과하게 될 경우 오버플로우(overflow)나 언더플로우(underflow)가 발생할 수 있다. 이러한 문제를 방지하기 위해 최소 범위값인 0과 최대 범위값 255를 값으로 가지는 픽셀을 수정해야한다. 우선 원본 영상 $I_{i,j}$ 를 스캔하여 최소 범위값과 최대 범위값을 픽셀값으로 가지는 위치를 1로 표시하고 나머지를 0으로 표시한다. 이렇게 만들어진 이진 영상을 로케이션맵(Location Map)이라고 한다. 그 후 로케이션맵에 표시된 위치의 픽셀값을 수정한 수정 영상을 생성한다. 원본영상 $I_{i,j}$ 의 픽셀값 0은 1로 255는 254로 바꾸어 저장한다. 이렇게 수

정된 영상은 $M_{i,j}$ 로 표기한다. 마지막으로 로케이션맵 $LM_{i,j}$ 을 JBIG(Joint Bi-level Image Experts Group)방식으로 압축하여 워터마크와 함께 삽입한다.

1.2 예측영상 생성

제안하는 알고리즘은 복잡한 영역을 예측과정에서 배제하고 높은 성능을 가지는 예측영상을 생성하기 위해 예측을 위해 방향성 예측과 양성형 보간법을 이용한다.

1.2.1 참조영상 생성

픽셀값 예측을 위해 예측에 사용할 참조 픽셀을 선택한다. [그림 3]은 참조 픽셀의 위치를 나타내는 참조 영상 $R_{i,j}$ 을 나타낸다. 참조픽셀은 사용자가 사전에 설정하는 정수값 Δ 를 간격으로 선택된다. Δ 값 즉, 참조픽셀 간의 간격이 넓으면 넓을 수록 워터마크 삽입량은 늘지만 예측영상의 화질성능은 떨어지게 된다. 이러한 성능 감소를 줄이기 위해 Δ 값이 6이상이면 참조픽셀과 같은 열과 행에 존재하는 픽셀들 또한 참조픽셀로 사용한다. 이렇게 선택된 참조픽셀의 위치는 0으로 표시하고 나머지 예측픽셀들은 1로 표시하고 수식은

$$\text{if } \Delta \leq 5:$$

$$R_{i,j} = \begin{cases} 0, & \text{if } i \% \Delta = 0 \text{ and } j \% \Delta = 0 \\ 1, & \text{otherwise} \end{cases} \quad (1)$$

$$\text{if } \Delta > 5:$$

$$R_{i,j} = \begin{cases} 0, & \text{if } i \% \Delta = 0 \text{ or } j \% \Delta = 0 \\ 1, & \text{otherwise} \end{cases} \quad (2)$$

와 같이 나타낸다.

픽셀값의 변화가 심한 복잡한 영역의 경우 예측결과가 좋지 않다. 때문에 복잡한 영역은 예측을 스킵한다. 스킵할 영역을 선택하기 위해 예측 블록의 가장자리에 존재하는 네 개의 참조픽셀 중 가장 큰 값과 가장 작은 값 사이의 차이의 절대값을 구한다.

$$\text{Range}(x_1, x_2, x_3, x_4) = | \text{Max}(x_1, x_2, x_3, x_4) - \text{Min}(x_1, x_2, x_3, x_4) | \quad (3)$$

식 (3)의 x_1, x_2, x_3, x_4 는 예측블록의 가장자리에 존재하는 네 개의 참조픽셀들을 나타낸다. 만일 주어진 영역의 변화가 심하지 않다면 네 픽셀간의 차이가 크지 않을 것이고 반대로 변화가 심하다면 픽셀간의 차이가 클 것이다. 제안하는 알고리즘에서는 사전에 정의된 임계값 T_0 와 (3)식에서 구한 차이값을 비교하여 차이값이 임계값보다 크다면 그 영역을 스킵모드로 지정한다.

그림 3. 참조영상 생성

1.2.2 가장자리 픽셀 전처리

예측블록 내부의 픽셀값을 예측하기 전에 픽셀값 예측의 정확도를 올리기 위해 가장자리에 위치한 픽셀값들을 먼저 구한다. 이러한 픽셀들은 선형 보간이나 가중 평균값 필터(Weighted mean filter)를 통해 예측한다.

만일 $\Delta \leq 5$ 라면 근접한 두 개의 참조픽셀을 이용한 선형 보간을 통해 가장자리 픽셀값을 구한다. 또한 $\Delta > 5$ 인 경우에는 참조 픽셀로 선택된 가장자리 픽셀들에 대해 아래 수식과 같이 가중 평균값을 구한다. 또한 수정된 픽셀들은 $MR_{i,j}$ 로 표기한다.

$$\text{if } j \% \Delta = 0,$$

$$MR_{i,j} = 1/4(M_{i-1,j} + 2 \times M_{i,j} + M_{i+1,j}) \quad (4)$$

$$\text{if } i \% \Delta = 0,$$

$$MR_{i,j} = 1/4(M_{i,j-1} + 2 \times M_{i,j} + M_{i,j+1})$$

[그림 4]는 픽셀 전처리 과정을 보여준다. 이러한 과

정을 거친 가장자리 픽셀들은 방향성 예측이나 양선형 보간을 위한 참조값으로 사용된다.

그림 4. 가장자리 픽셀 전처리

1.2.3 방향성 예측을 통한 픽셀값 예측

전처리를 통해 구한 가장자리 픽셀을 이용하여 방향성 예측을 수행한다. 방향성 예측 모드는 총 4가지로 대각선 모드, 수평 모드, 수직 모드, 역대각 모드가 있다. 각 예측 블록은 이러한 4가지 방향성 예측을 수행하고 각 예측에 대한 MSAD(Smallest mean sum of absolute difference)를 구하여 수식(5)와 같이 해당 모드의 결과를 예측 결과로 저장한다. [그림 5]는 각 방향성 예측모드들에 대한 참조 픽셀들의 위치를 나타낸다.

그림 5. 방향성 예측

만일 MSAD값이 미리 설정된 임계값 T_1 보다 크다면 그 블록은 양선형 보간을 통해 예측 픽셀값을 구한다.

$$MSAD = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |x_i - y_i| \quad (5)$$

1.3 워터마크 페이로드 구성

워터마크를 추출한 후 완벽하게 원본영상을 복원하기 위해서 로케이션맵에 관한 정보를 워터마크와 함께 삽입할 필요가 있다. [그림 6]은 JBIG으로 압축한 로케이션맵과 그에 대한 정보를 워터마크와 함께 삽입하기 위한 페이로드 구성을 나타낸다. 그림에서 JBIG 파일의 사이즈를 나타내는 A구역과 B구역은 고정된 길이를 가지고 실제 데이터로 이루어지는 C구역과 D구역은 가변적인 길이값을 가진다.

그림 6. 페이로드 구조

1.4 히스토그램 수정을 통한 워터마크 삽입

워터마크를 삽입하기 위한 첫 번째 과정은 차분영상 $D_{i,j}$ 의 히스토그램을 구하는 것이다. 차분영상 $D_{i,j}$ 는 예측영상 $P_{i,j}$ 와 수정영상 $M_{i,j}$ 의 픽셀값 차이를 구하여 생성한다. [그림 7-(a)]는 차분영상의 히스토그램을 나타낸다.

두 번째로 워터마크 데이터를 삽입할 공간을 확보하기 위해 히스토그램을 쉬프팅하는 과정을 거쳐야 한다. 우선 히스토그램에서 두 개의 최대값(peak point)을 찾는다. 즉 $D_{i,j}$ 의 픽셀값 중 가장 많은 빈도를 차지하는 두 개의 픽셀값을 찾는다. 두 개의 최대값 중 작은 값을 PP_1 이라고 하고 큰 값을 PP_2 라고 한다. PP_1 과 PP_2 를 찾은 후 히스토그램 쉬프팅을 통해 $PP_1 - 1$ 과 $PP_2 + 1$ 의 위치에 워터마크를 삽입할 공간을 만든다. 히스토그램 쉬프팅 과정은 식 (6)과 같다.

$$D'_{i,j} = \begin{cases} D(i,j) - 1 & \text{if } D(i,j) < PP_1 \\ D(i,j) + 1 & \text{if } D(i,j) > PP_2 \\ D(i,j) & \text{otherwise} \end{cases} \quad (6)$$

[그림 7-(b)]는 히스토그램이 쉬프트된 차분영상 $D'_{i,j}$ 의 히스토그램을 나타낸다.

마지막으로 히스토그램이 쉬프트된 차분영상 $D'_{i,j}$ 에 워터마크 데이터를 삽입한다. $D'_{i,j}$ 를 스캔하여 PP_1 값을 가지는 픽셀에는 워터마크 데이터 W_b 를 빼고 PP_2 값을 가지는 픽셀에는 워터마크 데이터 W_b 를 더한다. 식 7은 워터마크 삽입 과정을 나타낸다.

$$D''_{i,j} = \begin{cases} D'(i,j) - W_b & \text{if } D'(i,j) = PP_1 \\ D'(i,j) + W_b & \text{if } D'(i,j) = PP_2 \\ D'(i,j) & \text{otherwise} \end{cases} \quad (7)$$

(a) D의 히스토그램

(b) 히스토그램 시프팅

(c) 워터마크 삽입

그림 7. 제안한 삽입알고리즘의 히스토그램

1.5 워터마크 삽입영상 생성

워터마크를 삽입한 차분영상과 예측영상의 픽셀값들을 더하여 최종적인 워터마크 삽입영상을 생성한다.

$$W_{i,j} = D'_{i,j} + P_{i,j} \quad (8)$$

2. 워터마크 추출 알고리즘

제안하는 워터마크 추출 알고리즘에서는 워터마크를 추출하고 원본영상을 복원하기 위해 삽입할 때 적용되었던 사이드 정보가 필요하다. 따로 전송되는 사이드 정보로는 T_0 , T_1 , Δ , PP_1 , PP_2 가 있다.

먼저 제안하는 워터마크 추출 알고리즘은 사이드정보로 받은 Δ 와 T_0 , T_1 값을 이용하여 예측영상을 생성한다. 예측 과정은 1.2장에서 설명한 방법과 동일하다. 워터마크를 삽입 할 때 참조픽셀 값들은 변경하지 않기 때문에 삽입과정에서 생성한 예측영상과 동일한 영상을 생성할 수 있다.

두 번째로 워터마크가 삽입된 영상과 예측영상 사이의 차분영상 $D'_{i,j}$ 를 생성한다. $D'_{i,j}$ 에는 워터마크 데이터가 삽입되어 있으므로 PP_1 과 PP_2 값을 이용하여 워터마크 데이터를 추출할 수 있다. 만일 $D'_{i,j}$ 를 스캔하여 PP_1 이나 PP_2 를 찾으면 워터마크 비트 0을 추출하고 $PP_1 - 1$ 이나 $PP_2 + 1$ 값을 찾으면 워터마크 비트 1을 추출한다.

$$W_b = \begin{cases} 0 & \text{if } D'_{i,j} = PP_1 \text{ or } PP_2 \\ 1 & \text{if } D'_{i,j} = PP_1 + 1 \text{ or } PP_2 - 1 \end{cases} \quad (9)$$

세 번째로 다시 한 번 $D'_{i,j}$ 를 스캔하여 히스토그램을 쉬프트하기 전의 영상으로 복원한다. 만일 차분영상의 픽셀 값이 $PP_1 - 1$ 이하의 값을 가지면 1을 더해주고 $PP_2 + 1$ 이상의 값을 가지면 1을 빼준다.

$$D_{i,j} = \begin{cases} D'(i,j) + 1 & \text{if } D'(i,j) < PP_1 - 1 \\ D'(i,j) - 1 & \text{if } D'(i,j) > PP_2 + 1 \\ D'(i,j) & \text{otherwise} \end{cases} \quad (9)$$

이렇게 복원한 차분영상 $D_{i,j}$ 와 예측영상 $P_{i,j}$ 의 픽셀 값을 더하여 수정영상 $M_{i,j}$ 을 생성한다.

$$M_{i,j} = D_{i,j} + P_{i,j} \quad (10)$$

마지막으로 워터마크와 함께 삽입된 로케이션맵 데이터를 이용하여 오버플로우 방지를 위해 수정했었던 픽셀값들을 복원함으로써 원본영상 $I_{i,j}$ 를 생성한다.

[그림 8]은 앞서 설명한 워터마크 추출 과정을 나타낸 것이다.

그림 8. 워터마크 추출 알고리즘

IV. 실험 결과

제안한 알고리즘의 성능을 확인하기 위해 512×512 크기의 8비트 그레이 영상을 이용하여 실험하였다. 실험에 사용된 영상은 [그림 8]의 lena, pepper, baboon,

elaine으로 총 네 가지 영상이다.

그림 8. 실험 영상 (lena, pepper, baboon, elaine)

전체 실험에서 임계값 조건은 T_0 의 경우 1에서 80까지(1, 2, 3, ..., 10, 20, ..., 80) 증가시켰고 T_1 은 10으로 고정하였다.

실험결과 같은 △조건에서 Hong[4]의 알고리즘보다 적은 삽입량에 높은 PSNR 수치를 보였다. 하지만 [표 1]의 △=3일 때의 lena영상 결과를 보면 PSNR은 0.68db 정도 높았고 삽입량 또한 0.16bpp 정도 더 많았다. 즉 비슷한 삽입량에 대해 화질성능이 Hong[4]의 결과보다 뛰어난을 알 수 있다.

표 1. 임계값 T_0 (1~80)의 변화에 따른 평균결과

참조픽셀 간격	실험 영상	PSNR Hong[4]	capacity Hong[4]	PSNR Proposed	capacity Proposed
△=3	lena	55.31	0.09	55.99	0.106
	pepper	51.50	0.113	53.42	0.096
	baboon	54.91	0.26	57.73	0.023
	elaine	57.70	0.042	60.09	0.036
△=6	lena	56.48	0.066	58.09	0.055
	pepper	56.55	0.058	58.03	0.047
	baboon	55.87	0.02	57.51	0.018
	elaine	59.64	0.029	61.24	0.025

(a)lena, $\Delta=3$

(a)lena, $\Delta=6$

(b)pepper, $\Delta=3$

(b)pepper, $\Delta=6$

(c)baboon, $\Delta=3$

(c)baboon, $\Delta=6$

그림 9. $\Delta=3$ 일 경우의 워터마크 삽입결과

그림 10. $\Delta=6$ 일 경우의 워터마크 삽입결과

[그림 9]는 고정된 위치의 참조픽셀을 사용하여 예측을 수행하는 방법을 제안한 Luo[3]의 알고리즘과 $\Delta=3$ 일 때의 Hong[4]의 알고리즘을 제안한 알고리즘과 동일한 조건하에서 비교한 그래프들이다. 또한 [그림 10]은 $\Delta=6$ 일 경우의 Hong[4]의 알고리즘과 제안한 알고리즘의 결과를 비교한 그래프들이다. 실험 결과 모든 영상에서 Luo[3]의 알고리즘 보다 월등한 성능을 보였다. 또한 [그림 10]을 보면 예측성능의 향상으로 인해 참조픽셀의 간격을 넓게 설정할수록 더 높은 성능을 나타내는 것을 알 수 있다.

IV. 결론

본 논문에서는 방향성 예측과 양선형 보간법을 이용한 워터마크 삽입 알고리즘을 제안하였다. 제안한 알고리즘은 워터마크 삽입하기 위한 방법으로 차분영상의 히스토그램에 워터마크를 삽입하는 기법을 사용하였다. 차분영상의 히스토그램의 경우 대부분 0과 그 주변 값들이 가장 높은 빈도를 나타낸다. 때문에 예측성능이 좋을수록 최대 빈도 픽셀의 개수가 많아지게 되고, 그 결과 워터마크 삽입량이 증가하게 된다. 또한 예측성능이 좋을 경우 참조픽셀의 숫자를 줄여 워터마크가 삽입될 공간을 늘려도 좋은 성능을 발휘하게 된다. 제안하는 알고리즘에서는 이러한 특성을 이용하고자 방향성 예측과 양선형 보간법을 통해 예측 성능을 향상시켰다. 또한 영상 내의 복잡한 부분은 워터마크 삽입으로 인한 화질열화에 비해 워터마크 삽입량이 적어서 RPDM(Reference Pixel Distribution Mechanism)방법으로 삽입 과정에서 제외시켰다. 결론적으로 제안하는 알고리즘은 한번에 삽입되는 워터마크 데이터의 양을 늘려 많은 양의 데이터 삽입을 하려면 멀티레벨 삽입이 필요한 다른 알고리즘들에 비해 삽입량 대비 화질성능을 향상시켰다. 마지막으로 본 논문에서는 원본영상 수정 및 로케이션맵 생성을 통해 오버플로우와 언더플로우가 발생하는 것을 방지하였다. 실험 결과 기존의 차분영상의 히스토그램을 이용한 워터마크 삽입 알고리즘들과 비교하여 높은 PSNR 성능과 많은 워터마크 삽입량을 확인할 수 있었다.

참고 문헌

- [1] J. Tian, "Reversible Watermarking by Difference Expansion," IEEE Trans. on Circuits and System for Video Technology, Vol.13, No.8, pp.890-896, 2003.
- [2] Z. Ni, Y. Q. Shi, N. Anari, and W. su, "Reversible Data Hiding," IEEE Trans. on Circuits and System for Video Technology, Vol.16, No.3, pp.354-362, 2006.
- [3] L. Luo, Z. Chen, M. Chen, and X. Zeng, "Reversible Image Watermarking Using Interpolation Technique," IEEE Trans. on Information Forensics and Security, Vol.5, No.1, pp.187-193, 2010.
- [4] W. Hong and T. Chen, "Reversible Data Embedding for High Quality Images Using Interpolation and Reference Pixel Distribution Mechanism," Journal of Visual Communication and Image Representation, Vol.22, No.2, pp.131-140, 2011.
- [5] S. K. Lee, Y. H. Suh, and Y. S. Ho, "Lossless Data Hiding Based on Histogram Modification of Difference Images," PCM, LNCS 3333, pp.340-347, 2004.
- [6] C. C. Lin, W. L. Tai, and C. C. Chang, "Multilevel Reversible Data Hiding Based on Histogram Modification of Difference images," Pattern Recognition, Vol.41, No.12, pp.3582-3591, 2008.
- [7] 김형도, 손규식, "CRT기반의 DCT 영역 제로-워터마킹", 한국콘텐츠학회논문지, 제11권, 제1호, pp.9-15, 2011.

저 자 소 개

신 수 연(Soo-Yeon Shin)

정회원

- 2011년 2월 : 충북대학교 전자공학(공학사)
- 2013년 2월 : 충북대학교 전자공학(공학석사)
- 2013년 3월 ~ 현재 : 충북대학교 전자전공 박사과정

<관심분야> : 워터마킹, 멀티미디어

서 재 원(Jae-Won Suh)

정회원

- 1995년 2월 : 충북대학교 전자공학(공학사)
- 1997년 2월 : 광주과학기술원 정보통신공학과(공학석사)
- 2003년 2월 : 광주과학기술원 정보통신공학과(공학박사)

- 2003년 4월 ~ 2004년 8월 : LG전자기술원 MM연 선임 연구원
- 2004년 9월 ~ 현재 : 충북대학교 전자공학부 부교수, 컴퓨터정보통신연구소 비전임 연구원

<관심분야> : 디지털 영상신호처리, 동영상 표준화, H.264/AVC, SVC, HEVC