

2차 복호화를 통한 압축 영상의 잡음 제거 기법 A Noise Reduction Technique based in the Compressed Image using Double Decoding

김 영삼*, 김 도년, 조 동섭
이화여자대학교 전자계산학과

Young-Sam Kim*, Do-Nyun Kim, Dong-Sub Cho

Dept. of Computer Science & Engineering, Ewha Womans Univ.

요 약

영상 평활화(Image Smoothing) 작업은 영상 신호 표본화, 정량화, 통신 이동과 같은 과정을 거치면서 잡음 등의 불필요한 신호가 포함된 디지털 영상의 잡음을 감소시키는데 많이 이용되고 있다. 이와 같은 영상 평활화 작업에는 대부분 전역적인 공간 영역 혹은 주파수 영역의 전역적인 필터링 기법이 이용되고 있다. 그러나, 기존의 방법들은 왜곡된 잡음 픽셀들의 정보를 그대로 반영하기 때문에 잡음 제거 결과 복원 영상의 선명도는 크게 저해된다.

본 논문에서는 특히나 양자화 과정을 통해 잡음 정보의 변형이 극대화되어지는 압축 영상을 대상으로 하여 적절한 잡음 제거 기법을 제안하고자 한다. 특히, 압축 영상의 잡음 추출은 1차 복호화 후의 공간 도메인에서, 추출된 잡음 제거는 주파수 도메인에서 수행함으로써 2차 복호화 후의 잡음 제거 결과 영상은 압축 영상의 잡음 제거에 따른 본질적인 문제를 해결하였으며, 실험 결과 역시 다른 기존의 방법에 비해 우수한 성능을 발휘하였다.

1. 서 론

최근 디지털 영상은 영상 자료를 저장하기 위해 요구되는 저장 매체의 점유량과 전송 대역폭에 의존하여 보다 효율적인 자료량과 전송 속도를 보장하기 위한 영상 압축 방법을 채택하고 있다. 현재 영상 압축 기술은 수많은 연구와 표준화 작업을 거쳐 정지 영상 압축 표준으로 JPEG을 채택하였고, 위성 방송, HDTV, VOD 등의 고선명 디지털 동영상 처리를 위한 JPEG 기반하의 MPEG을 채택하였다[1].

이와 같은 압축 영상 영상에는 일반 자연 영상과의 유사하게 화면상에 불규칙적인 잡음이 실릴 수 있는데 이러한 잡음은 양자화 과정을 거치면서 영상을 불완전하게 만들어 영상 화질의 시각적인 손실을 가져온다. 그러나, 복원 영상에 왜곡된 잡음의 정보를 그대로 반영하는 기존의 잡음 제거 기법을 적용할 경우 복원 영상은 흐릿해짐으로써 영상의 성질을 크게 변형시키는 단점이 있다[2].

따라서 본 논문에서는 압축 영상에서 잡음을 제거하기 위한 기존의 전역적인 필터링 기법이 가지는 문제점을 해결하고, 성능을 개선할 수 있는 방법을 제안한다. 그림 1은 제안한 영상 복원 시스템의 블록 구성도를 나타낸 것이다.

제안한 영상 복원 시스템은 BDCT 기반 잡음 영상을 입력으로한 복호화 시스템을 기반으로 한다. 잡음이 있는 압축 영상이 복호화되는 과정에서 영상은 잡음의 부정적 영향으로 인하여 주변 에지/텍스처 정보뿐만 아니라 균일 영역에서의 영상의 선명도를 크게 저해한다. 본 논문에서는 그림 1과 같이 잡음 입력 영상에 대해 1차 복호화 과정을 수행한다. 이때, 공간 영역으로 변환된 잡음을 잡음 픽셀과 주변 인접 픽셀간의 상관 관계를 통한 에너지 복잡도와 에지 영역 분류 알고리즘을 통해 잡음을 추출해낼 수 있다. 추출된 잡음 픽셀들은 잡음의 성질에 따라 양의 잡음 하위 영상과 음의 잡음 하위 영상으로 각각 구성되며, 이 하위 영

상에 FDCT 연산을 수행하여 기존의 잡음 영상과 같은 주파수 영역의 잡음 영상을 획득한다. 마지막으로 잡음 영상의 각 블록에서 잡음에 의한 영향을 제거하여 영상을 복원한 후 2차 복호화 과정을 수행함으로써 결과 영상을 획득한다. 이와 같은 2차 복호화 기법을 통해 주파수 영역에서의 잡음을 분류해내는 작업은 에지/텍스처 영역이 보존된 복원 결과 획득을 가능하게 한다. 획득된 결과와 기존의 몇가지 잡음 제거 기법의 적용 결과는 RMSE(Root Mean Square Error)와 PSNR(Peak Signal to Noise Ratio)과 같은 정량적인 평가 기준을 통해 성능을 평가한다.

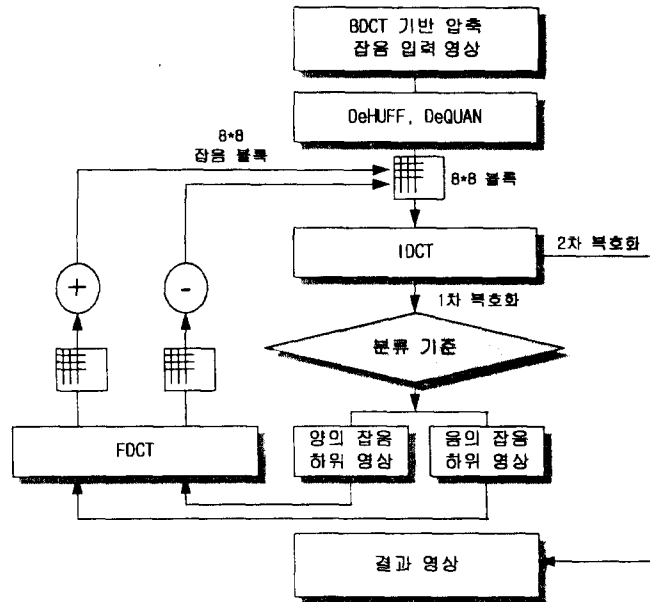


그림 1 제안한 영상 복원 시스템의 블록 구성도

2. 잡음 픽셀의 분류와 휘도 예측

대부분의 영상에 포함되는 잡음은 획득하거나 저장하는 카메라 혹은 스캐너 같은 영상 시스템에 의해 발생한다. 그런데, 영상 시스템에 의해 발생하는 잡음이 확률 분포를 정확하게 추정할 수 있다면 잡음 영상에서의 원 영상을 매우 효과적으로 복원할 수 있다. 그러나, 이것은 거의 불가능하며 결과적으로 다양한 잡음 예측 기법이 제안되고 있는 것이다. 잡음은 대부분 영상내에서 휘도가 급격하게 변화하는 부분에서 예측되어지며, 이것이 잡음 예측의 가장 일반적인 전제이다.

본 논문에서는 각 픽셀에 대하여 잡음 픽셀의 여부를 판단하기 위해 식 (1)과 같이 주변 인접 8-픽셀에 대한 에너지 복잡도를 산출한다.

$$E(x, y) = \sum_{i=x-1}^{x+1} \sum_{j=y-1}^{y+1} 4 \cdot (g(x, y) - g(i, j))^2 \quad (1)$$

인접 8-픽셀에 대한 에너지 복잡도 $E(x, y)$ 의 값과 일정한 임계치를 사용하여 잡음 픽셀을 분류해낼 수 있는데 본 논문에서는 고정된 임계치를 채택하지 않고, 인접 8-픽셀의 평균값으로 잡음 분류의 임계치로 삼기로 한다. 따라서, 잡음 픽셀 분류는 다음과 같은 식 (2)로 표현할 수 있다.

$$\eta(x, y) = \begin{cases} \text{corrupted} & \text{if } E(x, y) \geq \epsilon \\ 0 & \text{if } E(x, y) < \epsilon \end{cases} \quad (2)$$

$$\text{단, } \epsilon = \epsilon(x, y) = \frac{1}{8} \cdot \left\{ \sum_{i=x-1}^{x+1} \sum_{j=y-1}^{y+1} g(i, j) - g(x, y) \right\}$$

그러나, 분류된 잡음은 주변 인접 픽셀의 에너지 복잡도를 이용하여 추출되어졌기 때문에 에지/텍스처 여

역에서도 높은 복자도 값이 추출되어질 가능성이 크다. 따라서, 본 논문에서는 잡음의 에지/텍스처 영역 소 속도를 에지 패턴에 따른 표준 편차를 이용하여 정확한 잡음을 추정할 수 있도록 하였으며, 여기에서 사용 된 에지 패턴은 수평 방향(horizontal), 수직 방향(vertical), 45° 대각선(45° diagonal), 135° 대각선(135° diagonal)이다[3,4,5].

이와 같이 잡음 픽셀을 분류하면, 잡음 픽셀의 휘도 예측 과정을 거친다. 즉, 잡음 영상에 대한 잡음 픽 셀의 휘도는 그 위치에 대한 원영상의 휘도에 잡음 픽셀의 휘도가 더해진 값이므로 기존의 픽셀 휘도를 사 용할 수 없다. 따라서, 본 논문에서는 잡음 제거시 에지 손실이 적은 Median 필터와 같은 median 연산으로 잡음 픽셀의 휘도를 예측한다. 잡음 픽셀의 휘도를 예측하는 식은 식 (3)과 같다.

$$h'(x) = g(x, y) - \text{median}\{g(x-i, y-j)\} \quad (3)$$

단, $(i, j) \in \{-1, 0, 1\}$

이때, 예측될 잡음 픽셀의 휘도는 0에서 255 사이의 영역에 있어야 되므로 잡음 픽셀의 휘도가 주변 인접 픽셀의 휘도에 비해 어두운 경우 음수값을 갖게 된다. 따라서, 잡음 추출 영상은 휘도의 부호에 따라 양의 하위 잡음 영상과 음의 하위 잡음 영상으로 구분하여 추출하며, 음의 값을 갖는 휘도는 절대값을 취하여 영 상의 휘도 범위값안에 있도록 한다.

이와 같이 잡음이 있는 압축 영상에서의 잡음 제거 기법은 공간 영역으로의 1차 복호화 과정후 잡음 픽 셀들을 분류하고, 분류된 잡음 픽셀에 대하여 휘도를 예측하여 잡음만으로 구성된 잡음 하위 영상을 구성하 게 된다. 다음은 이 하위 영상을 이용하여 주파수 영역에서의 잡음을 제거하는 방법을 설명한다.

3. 압축 영상에서의 잡음 제거

공간 영역에서의 잡음 제거 기법들이 잡음 픽셀을 제거하기 위해서는 대부분 인접 픽셀들의 휘도값에 의 해 값이 대체된다. 그러나, 이와 같은 방법은 잡음 픽셀들이 이미 압축 영상에 포함되어 주파수별로 분포되 어 있기 때문에 잡음 픽셀들을 대체하는 결과는 오히려 영상을 흐리게 만드는 것과 같이 시각적인 손실을 가져오게 된다. 공간 영역의 자연 영상에 비해 압축 영상은 블록간의 경계가 불일치하는 블록킹 효과가 발 생하는 것을 볼 수 있는데 영상이 부호화되는 과정에서 양자화 과정을 거쳐 블록내의 공간 영역의 픽셀들이 기저 영상에 기반한 주파수 영역으로 변환되기 때문이다[6,7,8]. 따라서, 압축 영상내의 잡음 픽셀들은 주파수 영역에서 제거되어야 한다.

본 논문에서는 주파수 영역에서의 잡음을 제거하기 위해 공간 영역에서 추출된 하위 잡음 영상을 2차 부 호화함으로써 수행한다. 그림 2는 본 논문에서 제안한 잡음 제거 블록 구성도이다. 그림 2와 같이 2차 복호 화를 통한 압축 영상의 잡음 제거 기법은 잡음 영상의 FDCT 과정을 기반으로 최후의 잡음 영상의 복호화 과정시 잡음 영상에서 잡음 하위 영상을 추출함으로써 이루어진다. 식 (4)는 영상 과정 압축 과정에서 잡음 하위 영상 $g'(x,y)$ 의 FDCT 과정을 표현한 것이다.

$$\eta'(u, v) = \frac{2}{\sqrt{MN}} C(u)C(v) \sum_{x=0}^{M-1} \sum_{y=0}^{N-1} h(x, y) \cos\left[-\frac{(2x+1)u\pi}{2M}\right] \cos\left[-\frac{(2y+1)v\pi}{2N}\right]$$

단, $C(n) = \begin{cases} \frac{1}{\sqrt{2}} & \text{if } n = 0 \\ 1 & \text{if } n > 0 \end{cases} \quad (4)$

영상에서 추출된 잡음 하위 영상을 제거하는 방법은 압축 영상의 각 블록내에서 수행되며, 특히 DC 계수 와 AC 계수를 나누어서 잡음의 영향을 제거해야 한다. 압축 영상의 연속된 8×8 크기의 블록에서 블록의 첫 번째 값은 양자화된 DC 계수를 나타내고, 나머지 63개의 값들은 양자화된 AC 계수들을 나타내기 때문이다.

먼저, DC 계수는 2차원 DCT 계수 중에서 양쪽 차원 모두 주파수가 0이 되는 값으로써 식 (5)에 의거하 여 다음과 같이 표현할 수 있다.

$$DC = G'(0, 0) = \frac{1}{4} \sum_{x=0}^7 \sum_{y=0}^7 g(x, y) \quad (5)$$

식 (5)에서 DC 계수는 공간 영역의 8×8 블록의 휘도값에 의해 결정되는 것을 알 수 있다. 따라서, 잡음 픽 셀의 휘도값이 미치는 영향을 제거해준다.

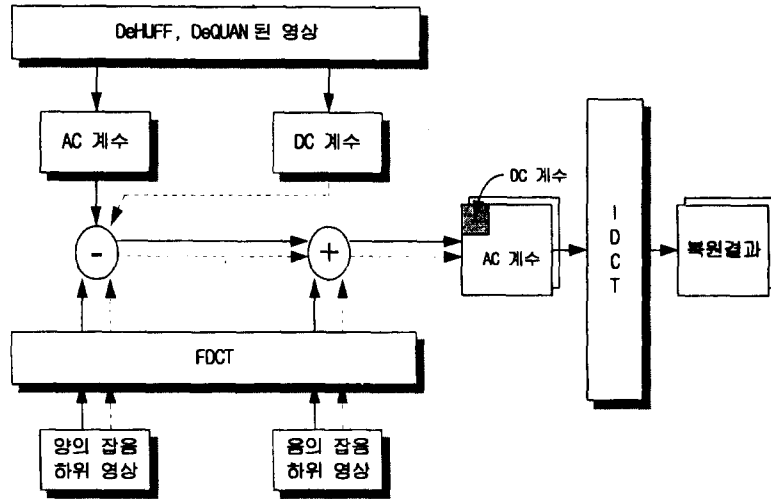


그림 2 제안한 잡음 제거 블록 구성도

$$DC = G(0,0) = \begin{cases} G'(0,0) - \eta(0,0) & \text{if } \eta(0,0) \in \text{양의잡음영상} \\ G'(0,0) + \eta(0,0) & \text{if } \eta(0,0) \in \text{음의잡음영상} \end{cases} \quad (6)$$

또한, AC 계수는 DC 계수와는 달리 양쪽 차원 중에서 어느 한쪽이라도 주파수가 0이 아닌 계수로써 고 주파로 갈수록 AC 계수값이 대부분 0이 된다. 이를 저주파로의 에너지 집중 현상이라고 하며, 이것이 변환 부호화를 이용하여 영상을 압축하도록 하는 이유이다. 식 (7)은 실질적인 주파수 영역의 잡음 제거를 위한 AC 계수의 복원을 위한 연산이다. 단, 이 연산은 잡음 영상의 AC 계수가 0이 아닌 한에서 이루어진다. 이는 잡음 영상에서의 잡음 제거 기법이 또 다른 잡음 주파수를 생성시킬 수 있다는 점을 방지하기 위함이다.

$$\begin{aligned} AC_i &= G(u,v) \\ &= G'(u,v) - \eta(u,v) && \text{if } \eta(u,v) \in \text{양의잡음영상} \\ &= G'(u,v) + \eta(u,v) && \text{if } \eta(u,v) \in \text{음의잡음영상} \end{aligned} \quad (7)$$

단, $i = 0, 1, 2, \dots, 62$

DC 계수와 AC 계수가 복원되면, IDCT 연산을 수행함으로써 2차 복호화 과정을 마친다. 이러한 일련의 과정을 수행한 2차 복호화를 이용한 압축 영상의 잡음 제거 기법은 기존의 잡음 제거 방법에 비해 에지/텍스처 영역을 잘 보존한 복원 결과를 획득하게 된다. 다음은 본 논문에서 제안한 방법과 기존의 방법을 적용한 결과를 보이며, 성능을 평가하도록 한다.

4. 실험 결과 및 성능 분석

대부분의 영상에 포함되는 잡음은 가우시안 분포를 갖는 잡음인 경우가 많으므로 본 논문에서도 가우시안 분포를 갖는 3가지 순수 잡음 영상이 압축되는 과정에서 실리도록 하였다. 표 1은 본 논문에서 사용한 3가지 잡음 영상의 분포도를 나타낸 것이다.

순수 잡음 영상	잡음 1	잡음 2	잡음 3
평균 휘도값(μ)	4.03	5.81	7.60
표준편차 휘도값(σ)	5.84	8.53	11.28
가장 밝은 휘도값	31	49	62

표 1 순수 잡음 영상의 히스토그램 분포도

표 1에서 제시된 분포도를 갖는 3가지 종류의 순수 잡음 영상이 적용된 영상은 Average 필터, Median 필터, Ideal 필터와 본 논문에서 제안한 방법으로 복원하였으며, 추가적으로 잡음이 없는 영상에 대하여도 각각의 방법을 수행하였다. 또한, 잡음 제거에 관한 각각의 방법을 정량적인 평가 기준에 의해 실험 결과를 분석하였다. 특히 평가 기준은 PMSE(Root Mean Square Error: 최소 자승 오차)와 PSNR(Peak Signal to Noise Ratio)를 채택하였다. PMSE는 실행하기 쉬우며, 수학적으로 최적의 평균 자승 오차를 연산하며, PSNR은 상대적인 화질 개선의 통찰력을 제공함으로써 객관적인 결과 분석 척도로 많이 사용된다.

그림 3은 잡음2가 실린 Lenna 영상을, 그림 4는 그에 대한 압축 영상을 나타냈으며, 그림 5부터 그림 7까지는 Average 필터, Median 필터, Ideal 필터에 대한 잡음 제거 및 복원 영상을 나타내고, 그림 8은 제안한 방법에 의한 결과 복원 영상이다. 실험 결과에 따르면, 본 논문에서 제안한 방법이 PMSE 측면에서 모두 적은 오차를 보여주었으며, 영상의 화질 척도로써 사용되는 PSNR 측면에서는 모두 다른 결과에 비해 좋은 화질 결과를 보여주었다. 특히 잡음이 없는 깨끗한 화질의 영상에 대한 실험 결과에서는 본 논문에서 제안된 방법이 영상의 에지/텍스처 정보를 효과적으로 반영하여 선명한 영상의 화질을 보존하고 있다.

따라서, 제안된 방법이 기존의 방법에 비해 월등히 좋은 성능을 발휘하며, 무엇보다도 에지/텍스처 영역은 보존하고, 균일 영역에서는 잡음에 의한 블록킹 현상을 줄여 시각적으로 좋은 화질 영상으로 복원할 수 있었다.

5. 결론 및 향후과제

본 논문에서 제안한 2차 복호화를 통한 압축 영상의 잡음 제거 기법은 에지/텍스처 영역을 효과적으로 보존하고, 균일 영역에서 블록킹 효과를 줄임으로써 잡음에 의한 영상의 화질 저하를 방지하여 시각적으로 영상의 선명도를 증가시키고자 그 목표를 두었다.

이를 위해 공간 영역에서 잡음을 추출하고, 주파수 영역에서 잡음을 제거함으로써 압축 영상에서의 잡음을 근본적으로 해결하고자 하였다. 따라서, 실험 대상으로 채택한 잡음을 포함하지 않은 영상과 3가지 가우시안 분포를 갖는 압축 영상의 경우 기존의 방법에 비해서 우수한 성능을 발휘함을 확인할 수 있었다.

향후 과제로는 압축 영상에 적합한 보다 효과적인 잡음 추출 기법 개발이 요구되어진다.

참고 문헌

- [1] 정제창 역, 최신 MPEG, 교보문고, 1997.
- [2] 김영삼, 김도년, 조동섭, “에지 패턴 추론 학습에 근거한 영상 확대 보간 기법,” 대한전기학회 하계학술대회, vol. G, pp. 2279-2281, 1997.
- [3] 김영삼, 김도년, 조동섭, “블록의 특징 분류를 이용한 BDCT 기반 잡음 영상의 복원,” 대한정보과학회 춘계학술대회, vol. II, pp. 146-149, 1997.
- [4] G. Ramponi, “A Rational Edge-Preserving Smoother,” vol.1, pp.151-154, ICIP, 1995.
- [5] A. Vanzo, G. Ramponi, G. L. Sicuranza, “An Image Enhancement Technique Using Polynomial Filters,” vol.2, pp.477-481, ICIP, 1994.
- [6] C. T. Chen, L. G. Chen, “A Self-Adjusting Weighted Median Filter for Removing Impulse Noise in Images,” vol.1, pp.419-422, ICIP, 1996.
- [7] Gregory A. Boxes, Digital Image Processing: Principles and Application, WILEY, 1994.
- [8] Randy Crane, Simplified Approach Image Processing, Prentice Hall, 1997.



그림 3 잡음2의 분포가 실린 영상



그림 4 잡음2의 분포가 실린 압축 영상



그림 5 그림 4의 Average 필터 결과 영상



그림 6 그림 4의 Median 필터 결과 영상



그림 7 그림 4의 Ideal 필터 결과 영상



그림 8 제안한 방법에 의한 결과 영상

