

잡음특성을 리용한 블록정합- 3차원러파잡음제거방법의 개선

김성준, 리광일

경애하는 최고령도자 김정은동지께서는 다음과 같이 말씀하시였다.

《정보기술, 나노기술, 생물공학을 비롯한 핵심기초기술과 새 재료기술, 새 에너지기술, 우주기술, 핵기술과 같은 중심적이고 견인력이 강한 과학기술분야를 주력방향으로 정하고 힘을 집중하여야 합니다.》

우리는 정보기술 및 인공지능분야에서 중요한 문제로 제기되는 수자화상의 잡음제거 방법에 대한 연구를 진행하였다.

론문에서는 가법적백색가우스잡음에 의해 손상된 화상의 회복문제에 대하여 고찰하려고 한다. 잡음으로 손상된 화상은 다음과 같이 표현된다.

$$z(x) = y(x) + \eta(x) \quad (1)$$

여기서 $x \in X$ 는 화상영역 $X \subset Z^2$ 에 속하는 2차원공간자리표이고 y 는 원래의 잡음이 없는 화상이며 η 는 백색가우스잡음(AWGN)이다. 즉 $\eta(x) \sim N(0, \sigma^2)$ 이다.

이미 여러가지 화상잡음제거방법[1]들이 제기되였다. 현재 화상잡음제거를 위한 연구에서는 블록정합과 3차원러파를 리용한 잡음제거방법(BM3D방법)이 높은 성능으로 하여 널리 쓰이고있다.[2] 이 방법은 화상영역에서 주목하는 블록에 대하여 그 블록과 유사한 블록들을 찾아 3차원구조를 만들고 그우에서 잡음제거를 진행한다. 이 방법을 갱신하기 위한 연구들이 진행되는 과정에 선행연구[4]에서 소개된 방법들을 비롯하여 여러가지 개선방안들이 나왔는데 이 방법들의 특징은 매 단계의 중간공정 즉 3차원변환영역에서의 줄이기공정을 갱신한다는것이다.

블록정합과 합치기부분도 잡음제거성능에 큰 영향을 주지만 이 부분들을 개선하기 위한 연구는 많이 진행되지 못하였다.

우리는 정합단계와 합치기단계를 개선하기 위한 방법들을 제기하고 실험을 통하여 그 효과성을 검증하였다.

관측화상 z 에서 점 x 를 왼쪽웃구석점으로 하는 고정된 크기 $N_1 \times N_1$ 블록을 Z_x 로 표시하겠다. 블록정합단계에서는 화상내에서 주목하는 블록(Z_{x_R} 로 표시)와의 대조를 진행하여 유사한 블록들의 왼쪽웃구석점자리표들의 모임 $S_{x_R} \subseteq X$ 를 확정하게 된다. 구체적으로 S_{x_R} 는

$$S_{x_R} = \{x \in X | d(Z_{x_R}, Z_x) < \tau_{match}\} \quad (2)$$

이다. 여기서 d 는 두 블록사이의 거리척도이며 τ_{match} 는 거리 d 의 최대값이다.

선행연구[2]에서는 주목하는 블록과 유사성을 판정하려는 블록사이의 거리를 유클리드거리로 정의하고 그 값이 적당한 턱값보다 작으면 유사하다고 보았다.

그러나 선행연구[3]에서 알수 있는바와 같이 유클리드거리를 리용하면 상대적으로 큰 σ 와 N_1 에 대하여 그룹화가 정확히 진행되지 못하게 된다. 이를 극복하기 위해서 선행연구[2]에서는 다음과 같은 거리척도를 도입하였다.

$$d_1(Z_{x_1}, Z_{x_2}) = N_1^{-1} \left\| \gamma \left(\tau_{2D}(Z_{x_1}), \lambda_{thr} \gamma_{2D} \sigma \sqrt{2 \log(N_1^2)} \right) - \gamma \left(\tau_{2D}(Z_{x_2}), \lambda_{thr} \gamma_{2D} \sigma \sqrt{2 \log(N_1^2)} \right) \right\|_2 \quad (3)$$

여기서 $x_1, x_2 \in X$, τ_{2D} 는 2차원 유니타르 변환, $\|\cdot\|_2$ 는 L^2 -노름이다. 또한 γ 는 다음과 같은 고정턱값화연산자, λ_{thr} 는 이때 고정된 턱값파라미터이다.

$$\gamma(\lambda, \lambda_{thr}) = \begin{cases} \lambda, & |\lambda| > \lambda_{thr} \\ 0, & \text{기타} \end{cases} \quad (4)$$

기준블록 Z_{x_R} 와 시험블록 Z_x 에 대하여 원화상에서 x_R 와 x 를 각각 왼쪽웃구석 점으로 하는 해당 블록들을 Y_{x_R} , Y_x 라고 표시했을 때 초기가정으로부터 다음과 같은 사실이 성립한다.

$$Z_{x_R} - Y_{x_R}, Z_x - Y_x \sim N(0, \sigma^2) \quad (5)$$

이때 두 블록의 해당하는 원신호가 보다 유사할수록 두 관측블록사이 차 $Z_{x_R} - Z_x$ 의 분포특성은 정규분포 $N(0, 2\sigma^2)$ 과 보다 유사하게 되며 따라서 두 분포사이 쿨베크-레이블레(KL거리)거리가 보다 작게 된다. 그러므로 두 관측블록 Z_{x_R} 와 Z_x 사이의 거리에 다음과 같은 거리를 고려하였다.

$$d = - \int p(x) \ln \frac{\hat{p}(x)}{p(x)} dx \quad (6)$$

여기서 $p(x)$, $\hat{p}(x)$ 는 각각 $Z_{x_R} - Z_x$ 와 정규분포 $N(0, 2\sigma^2)$ 의 확률밀도함수이다. 또한 $p(x)$ 와 $\hat{p}(x)$ 를 바꾼 거리를 더하여 거리가 대칭성을 만족시키도록 하였다.

$$d_2 = - \left(\int p(x) \ln \frac{\hat{p}(x)}{p(x)} dx + \int \hat{p}(x) \ln \frac{p(x)}{\hat{p}(x)} dx \right) \quad (7)$$

이 거리를 계산하려면 블록의 확률분포를 추정해야 하는 문제가 제기되는데 이를 위해 포텐셜함수를 리용하여 $Z_{x_R} - Z_x$ 내의 N_1^2 개의 표본점들로부터 확률밀도함수를 추정하였다. 한편 두 블록 Z_{x_R} 와 Z_x 의 해당하는 원신호들이 보다 유사할수록 두 관측블록사이 차 $Z_{x_R} - Z_x$ 로 정의되는 블록내 화소들은 정규분포 $N(0, 2\sigma^2)$ 을 따르는것과 동시에 독립성도 만족하게 되므로 두 블록의 차에 적당한 2차원 유니타르 변환을 적용하고 그것의 엔트로피를 계산하여 그 값이 클수록 대조에서 합격될 확률이 높아지도록 하였다. 이와 같이 거리척도 d_1 , d_2 가 작을수록, 엔트로피가 클수록 블록정합의 효과성이 보다 좋아지게 된다.

다음과 같은 사실을 리용하여 합치기단계에서 3차원배렬의 매 블록에 적응성있는 무게들이 부여되도록 하였다.

추정된 3차원배렬에서 임의의 블록을 선택하여 E_x 로 표시하자.

$Z_x - E_x$ 와 정규분포 $N(0, \sigma^2)$ 사이 KL거리가 작을수록 이 블록에 부여되는 무게는 보다 커야 한다.

$Z_x - E_x$ 의 엔트로피가 클수록 이 블록에 부여되는 무게는 상대적으로 커야 한다.

위의 해석에 기초하여 E_x 에 다음과 같은 무게가 부여되도록 하였다.

$$w_x \cdot \left(\frac{Ent^n}{KL^m} \right)^p \quad (8)$$

여기서 w_x 는 알고리즘의 잡음제거단계에서 계산되어 합치기단계에서 개별적블록들에 부여되는 무게, Ent 는 우에서 계산된 엔트로피값을 나타낸다. 실험에 의하면 $m=0.5$, $n=1$, $p=0.5$ 일 때 잡음제거성능이 개선되었다.

아래와 같이 정의되는 신호대잡음비(PSNR)를 계산하여 제기한 방법의 결과를 분석하였다. 신호대잡음비를 다음공식에 따라 계산한다.

$$PSNR = 10 \log_{10} \frac{255^2}{MSE} \quad (9)$$

여기서 MSE 는 두 블록사이의 평균두제곱오차를 나타낸다.

두 실험화상에 대하여 여러 잡음제거방법들과 비교한 실험결과를 보여주었다.(표)

표. 실험결과

화상	DCT	DCT B	DCT BA	PCA	PCA B	PCA BA
1	28.155 2	28.208 5	28.298 1	28.195 6	28.302 6	28.307 9
2	31.318 8	31.453 7	31.490 8	31.588 9	31.744 3	31.748 4

여기서 DCT, PCA는 각각 리산코시누스변환(DCT), 주성분분석을 리용하여 변환을 진행할 때의 BM3D방법들이고 DCT_B, PCA_B는 매 방법의 블록정합단계를 개선했을 때의 BM3D방법이며 DCT_BA, PCA_BA는 매 방법의 합치기단계를 개선했을 때의 BM3D방법을 표시한다.

우의 표에서 볼수 있는바와 같이 각이한 특성을 가진 화상들에 대하여 잡음제거를 진행한 결과 논문에서 제기한 방법이 전반적으로 잡음제거성능을 높인다는것을 알수 있다.

참 고 문 헌

- [1] 김일성종합대학학보 수학, 65, 1, 121, 주체108(2019).
- [2] K. Dabov et al.; Image Process.: Algorithms and Systems, 6064, 14, 1, 2006.
- [3] K. Dabov et al.; IEEE Trans. Image Process., 16, 8, 2080, 2007.
- [4] R. Singh et al.; IEEE Trans. Image Process., 6, 5, 7, 2017.

주체109(2020)년 6월 5일 원고접수

An Improvement of Block Matching-3-dimensional Collaborative Filtering Method Using the Property of Noise

Kim Song Jun, Ri Kwang Il

We proposed a modified block matching-3-dimensional collaborative filtering method using the property of noise. The experimental results demonstrate that the proposed method improves denoising performance.

Keywords: block matching, filtering, similarity measure