

블록 FFT에 기초한 에지검출을 이용한 적응적 영상복원 알고리즘

안 도 랑*. 이 동 육
동국대학교 전기공학과

An Adaptive Image Restoration Algorithm Using Edge Detection Based on the Block FFT

Do-Rang Ahn*, Dong-Wook Lee
Dept. of Electrical Engineering, Dongguk Univ.

Abstract - In this paper, we propose a method of restoring blurred images by an edge-sensitive adaptive filter. The direction of the edge is estimated using the properties of 2-D block FFT. Reduction of blurring due to the added noise during image transfer and the focus of lens caused by shooting a fast moving object is very important. To remove this phenomenon effectively, we can use the edge information obtained by processing the blurred images. The proposed algorithm estimates both the existence and the direction of the edge. On the basis of the acquired edge direction information, we choose the appropriate edge-sensitive adaptive filter, which enables us to get better images than images obtained by methods not considering the direction of the edge. The performance of the proposed algorithm is shown in the simulation result.

1. 서 론

영상신호는 다른 신호와 마찬가지로 전송 과정에서 들어가게 되는 잡음에 의하여 왜곡되기도 하고 카메라 렌즈의 부정확한 초점이나 빠르게 움직이는 물체의 활영시에도 번짐에 의한 열화가 일어난다. 이렇게 열화된 영상은 원영상과 다를 뿐 아니라, 인간의 시각특성에도 좋지 않다. 따라서 영상의 열화를 제거함으로써 원영상과 가장 유사한 영상을 얻음과 동시에, 인간의 시각특성에 어긋나지 않는 영상을 구할 필요가 있다. 이러한 영상복원 방법들은 원영상을 얻기 위하여 우선 정확한 열화 모델을 구하고 그 열화 모델에 대한 역처리를 함으로서 원영상을 구하는 일련의 방법이다. 그런데 실제의 경우에 있어서 점확산 함수(Point Spread Function)나 잡음에 대한 정보가 주어지지 않고 추정을 통하여 근사값만을 이용하게 되므로 완전한 원영상의 복원은 불가능하다.

따라서 이러한 문제들을 극복하면서 실제의 영상에 더욱 근접한 영상을 복원하기 위하여 여러 방법들이 연구되어 왔다. 이들 방법들은 선형적이고 주파수와 공간 영역에서 쉽게 구현이 되지만, 평탄부나 에지 영역에서 모두 같은 필터를 적용하게 되므로 복잡한 에지 영역에서는 복원의 한계가 있었다. 그래서 열화된 영상으로부터 에지의 유·무를 검출하고 검출된 에지에 대한 정보를 영상복원 과정에서 적절하게 이용하여 영상을 복원하기도 하였다.

본 논문에서는 에지영역에서 에지의 유·무를 검출하여 영상을 복원하는 방법보다 더 효과적으로 영상을 복원하기 위하여 2차원 블록 고속 퓨리에 변환의 특성을 이용하여 에지의 방향을 검출하고 검출된 방향에 따라 각각 방향성을 갖는 필터를 적용적으로 적용하여 영상을 복원하는 방법을 제안하고 있다.

2. 에지의 방향 검출

2.1 2차원 퓨리에 변환의 특성

2차원 이산 퓨리에 변환은 1차원 이산 퓨리에 변환의 확장이다. 2차원 신호 $h(k_1, k_2)$ 의 퓨리에 변환은 다음과 같다.^[1]

$$H(n_1, n_2)$$

$$= \sum_{k_1=0}^{N-1} \sum_{k_2=0}^{N-1} h(k_1, k_2) \exp[-j2\pi/N \cdot (n_1 k_1 + n_2 k_2)] \quad (1)$$

여기서, $n_1 = 0, 1, 2, \dots, N-1$, $n_2 = 0, 1, 2, \dots, N-1$ 즉, 2차원 이산 퓨리에 변환은 다음과 같이 표현될 수 있다.

$$H(n_1, n_2)$$

$$= \sum_{k_1=0}^{N-1} \exp[-j2\pi n_1 k_1 / N] \sum_{k_2=0}^{N-1} h(k_1, k_2) \exp[-j2\pi n_2 k_2 / N]. \quad (2)$$

위식은 다음의 형태로 표현되어질 수 있다.

$$H(n_1, n_2) = \sum_{k_1=0}^{N-1} H(k_1, n_2) \exp[-j2\pi n_1 k_1 / N] \quad (3)$$

여기서,

$$H(k_1, n_2) = \sum_{k_2=0}^{N-1} h(k_1, k_2) \exp[-j2\pi n_2 k_2 / N] \quad (4)$$

로 표현할 수 있다. 따라서 2차원 함수 $H(k_1, n_2)$ 는 함수 $h(k_1, k_2)$ 의 각 열에 대하여 이산 퓨리에 변환을 수행함으로써 구해지고, $H(n_1, n_2)$ 는 $H(k_1, n_2)$ 의 각 행을 이산 퓨리에 변환을 수행함으로써 구해질 수 있다.

k_1, k_2 를 극좌표계로 표현하면,

$$k_1 = r \sin \theta \quad k_2 = r \cos \theta \quad (5)$$

가 되고,

$$h(k_1, k_2) = h(r \sin \theta, r \cos \theta) = h(r, \theta) \quad (6)$$

가 된다. 같은 방법으로

$$n_1 = \omega \sin \phi \quad n_2 = \omega \cos \phi \quad (7)$$

이고,

$$H(n_1, n_2) = H(r, \phi) \quad (8)$$

이다.

이산 퓨리에 변환의 정의로부터,

$$h(r, \theta + \theta_0) \Leftrightarrow H(\omega, \phi + \theta_0) \quad (9)$$

이다. 즉, 만일 영상이 각 θ_0 만큼 회전한다면 이산 퓨리에 변환의 스펙트럼도 같은 각만큼 회전하게 된다.

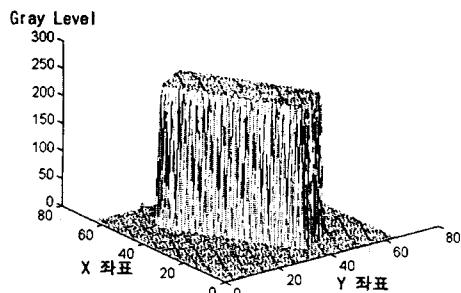
그림 1은 이산 퓨리에 변환의 회전 특성을 나타내고, 그림 2는 변환되기 전 영상의 그레이 값과 변환 후의 계수값을 3차원 그래프를 통하여 보여주고 있다.

이러한 2차원 블록 고속 퓨리에 변환의 특성을 이용하여 에지의 방향성을 검출할 수 있다.



그림 1. 퓨리에 변환의 회전 특성

256 Gray Level의 영상



2D FFT 이후의 계수값

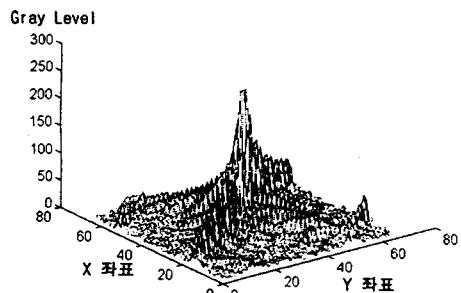


그림 2. 3차원 영상으로 본 퓨리에 변환의 회전 특성

2.2 2차원 퓨리에 변환에 의한 에지 방향 검출
2차원 이산 퓨리에 변환과 그 특성을 이용하여 영상의 각 블록에 대한 방향성분을 결정하고 방향을 검출한다. 영상을 $N \times N$ 크기의 블록으로 원도우를 써우고 2차원 퓨리에 변환하여 중심에서 에지의 방향을 결정한다. 한 블록 내에서 2차원 퓨리에 변환 후의 계수값을 보면 에지의 방향이 시계방향으로 90° 회전된 방향으로 계수값이 큰 값이 분포하고 있음을 알 수 있다. 따라서 변환된 영상에서의 계수값들의 분포를 이용하여 각 블록에서의 방향을 결정할 수 있다.

2차원 이산 퓨리에 변환을 수행한 이후 그 스펙트럼의 계수값의 분포를 보면 중앙에 직류성분이 나타나고 그

주위로 블록 내에서의 에지의 방향에 따른 계수값들의 분포를 볼 수 있다. 이 계수값들의 분포를 분석하여 에지를 나타낼 수 있는 4가지 방향성분으로 분류한다. 그리고 계수값의 합이 일정한 경계값 이하이면 그 중심에서 방향은 특별한 방향성을 나타내는 에지가 존재하지 않는 평탄부로 간주한다.

그림 3은 Lena 영상에서 2차원 블록 퓨리에 변환에 의한 에지의 방향을 검출한 결과를 각각 방향에 따라 나타내고 있다. 예를 들어 그림 3의 (a)에서 수평방향의 에지 영역은 경계선 중 흰색으로 나타나 있는 영역이다.



(a)

(b)



(c)

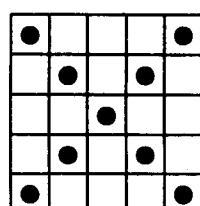
(d)

그림 3. Lena 영상의 에지의 방향검출 결과

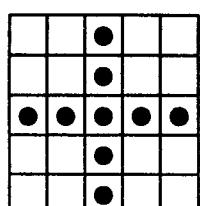
(a) 수평 방향 에지 (b) 수직 방향 에지
(c) 45° 방향 에지 (d) 135° 방향 에지

3. 에지의 방향에 따른 적응적 영상복원

열화된 영상을 복원하기 위하여 먼저 잡음을 제거하기 위하여 저역 통과 필터를 적용시킨다. 잡음은 에지영역에서 보다 평탄부에서 심하게 나타나므로 평탄부에 대해서는 저역 통과 특성의 필터를 적용시킨다. 모든 영역에서 저역 통과 필터를 적용시킬 경우 평탄부의 잡음을 부드럽게 만들어 얼룩을 줄이는 역할을 하지만, 그 과정에서 고주파 성분도 크게 왜곡시킨다. 이러한 점을 보안하기 위하여 에지가 없는 영역에서는 저역통과 필터를 적용시키고 에지가 있는 영역에서는 가중치 메디안 필터⁽²⁾를 적절하게 적용함으로써 에지영역에서 고주파 성분을 보존할 수 있다.



(a) 원도우 W_1



(b) 원도우 W_2

그림 4. 가중치 메디안 필터의 원도우

그림 4와 같은 두가지의 원도우로부터 다음과 같은 필터의 출력을 얻는다.

$$y(i,j) = p \cdot x(i,j) + \frac{1-p}{2} \cdot (Z_1 + Z_2) \quad (10)$$

$$Z_n = \text{median} \{ x(i,j) \mid i, j \in W_n \}, \quad n=1,2 \quad (11)$$

여기에서 p 가 1에 가까울수록 고주파 성분의 보존성이 강하고 p 가 작을수록 평균화의 작용이 커진다.

그리고 블러링을 제거하기 위하여 각 화소마다 검출된 에지의 방향성에 따라서 적응적으로 고역통과 필터를 도입한다. 이렇게 도입된 고역통과 필터를 이용하여 고주파 지원 필터링⁽³⁾을 사용하여 영상을 복원한다.

각 화소마다 검출된 에지방향에 따라서 공간적응적인 연산자가 도입된다. 실험에서는 무방향, $0^\circ, 45^\circ, 90^\circ, 135^\circ$ 의 5가지의 방향성을 가진 연산자를 각각 적용하였다. 여기에서 적용되는 연산자를 이용해서 고주파 지원 필터를 설계한다. 식은 식(12)과 같다.

$$\text{High-Boost} = \alpha \text{Original} - \text{Lowpass} \quad (12)$$

α 가 1의 값을 가질 때, 고주파 지원 필터링된 영상은 고주파 통과 필터링된 결과와 같다. $\alpha > 1$ 일 때에는 원래의 영상에 고주파 통과 필터링된 결과가 더해지는 것과 같은 효과를 가진다. 이것은 저주파 요소 중 일부를 복원하는 효과를 가진다.

4. 실험결과

실험은 가우시안 잡음, 임펄스 잡음 그리고 $N \times N$ 크기의 균일 번짐을 갖는 열화 모델에 대하여 실험을 하였다. 열화된 영상은 원 영상을 균일 번짐을 시키고 이 영상에 가우시안 잡음과 임펄스 잡음을 더하여 열화된 영상을 얻는다.

개선된 영상의 객관적인 개선 정도를 판단하는 방법으로 ISNR(Improved SNR)을 사용하였다.

$$ISNR = 10 \log \frac{\sum (y(i,j) - x(i,j))^2}{\sum (x'(i,j) - x(i,j))^2} \quad (13)$$

여기에서 y 는 열화된 영상, x 는 원영상, x' 는 복원된 영상을 나타낸다. 실험에 사용된 영상은 일반적으로 많이 사용되는 실험 영상인 Lena 영상을 잡음과 번짐 정도를 다르게 하여 실험을 하였다. 그림 5에서 (a)는 원 영상, (b)는 7×7 균일 번짐에 가우시안 잡음이 더해진 열화 영상, (c)는 7×7 균일 번짐에 임펄스 잡음이 더해진 열화 영상 그리고 (d)는 2차원 블록 퓨리에 변환에 의해 검출된 에지의 방향을 고려하여 복원된 영상을 보여주고 있다.

표 1에서 실험 결과를 정리하였다. 표 1에서 보면, 에지의 방향을 고려하지 않고 복원하는 방법보다 2차원 블록 퓨리에 변환에 의해서 검출된 에지의 방향을 고려하여 적응적으로 필터를 적용하여 복원된 영상이 더 우수함을 볼 수 있다.

5. 결 론

영상신호의 전송, 카메라 랜즈의 부정확한 조점이나 빠르게 움직이는 물체의 활영시에 발생될 수 있는 영상 신호의 애목을 후처리를 통해 제거할 필요가 있다. 이를 위해 본 논문에서는 2차원 퓨리에 변환의 특성을 이용한 2차원 블록 고속 퓨리에 변환에 의한 에지의 방향을 검출하여 영상을 복원하는 방법을 제안하였다. 실험을

통하여 알 수 있듯이 에지의 방향을 검출하지 않고 영상을 복원하는 방법보다 제안한 알고리즘을 사용한 경우 복원 성능이 개선되었음을 확인할 수 있었다. 그리고 가우시안 잡음에서 보다는 임펄스 잡음에 더 효과적인 것을 알 수 있다.

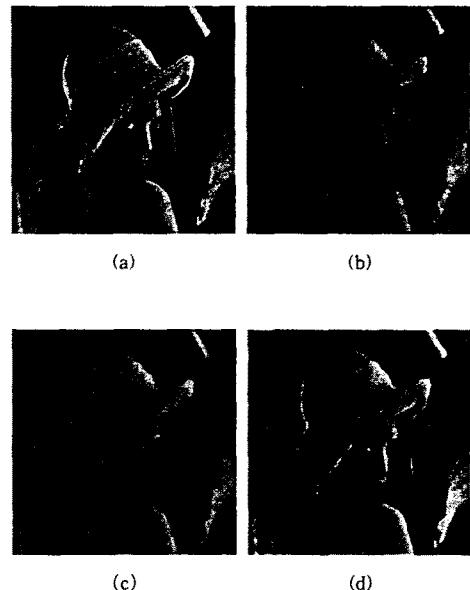


그림 5. 실험 영상

- (a) 원영상
- (b) 균일 번짐에 가우시안 잡음이 더해진 영상
- (c) 균일 번짐에 임펄스 잡음이 더해진 영상
- (d) 제안 알고리즘으로 (b)를 복원한 영상

표 1. 복원된 영상의 ISNR 성능 비교

5×5 균일 번짐			
잡음(SNR)	기존방법	제안방법	향상
30 dB(가우시안)	2.63	2.91	0.28
30 dB(임펄스)	2.71	3.09	0.38
0 dB	3.07	3.38	0.31

7×7 균일 번짐			
잡음(SNR)	기존방법	제안방법	향상
30 dB(가우시안)	2.13	2.45	0.32
30 dB(임펄스)	2.27	2.68	0.41
0 dB	2.65	2.96	0.31

(참 고 문 헌)

- [1] Rafael C. Gonzalez and Richard E. Woods, Digital Image Processing, Addison Wesley, PP.81-128, 1992
- [2] 이상화, "공간적용 조절연산자를 이용한 제한반복적 영상 복원", 서울대학교 석사학위 논문, 1996.
- [3] Randy Crane, A simplified approach to image processing : classical and modern techniques in C, Prentice-Hall, PP.77-79, 1992.