

## 웨이브릿 변환 영역에서 유전자 알고리즘을 적용한 효율적인 영상복원

김 은 영\*, 안 주 원\*\*, 정 희 태\*, 문 영 득\*

\* 부산외국어대학교 전자컴퓨터공학과, \*\* 부경대학교 전자공학과  
전화 : 051-640-3175 / 핸드폰 : 016-583-3175

### An Effective Image Restoration Using Genetic Algorithm in Wavelet Transform Region

Eun-young Kim\*, Jou-won Ahn\*\*, Hee-tae Chung\*, Young-deuk Moon\*

\* Dept. of Electronic Computer Eng. Pusan University of Foreign Studies

\*\* Dept. of Electronic Engineering Pukyong National University

E-mail : yasang@dreamwiz.com

#### Abstract

In this paper, an effective image restoration using Genetic Algorithm(GA) in wavelet transform region is proposed. First, a wavelet transform is used for decomposition of a blurred image with white Gaussian noise as a preprocessing of the proposed method. The wavelet transform decomposes a degraded image into a wavelet subband coefficient planes. In this wavelet transformed subband coefficient planes, three highest subbands is composed entirely of noise elements on a degraded image. So, these subbands are removed. And remained subbands except for the lowest subband are individually applied to GA. For the performance evaluation, the proposed method is compared with a conventional single GA algorithm and a conventional hybrid method of wavelet transform and GA for a Lenna image and a boat image. As an experimental result, the proposed algorithm is prior to a conventional methods as each PSNR 3.4dB, 1.3dB.

#### I. 서 론

영상을 복원하고자 할 때 잡음은 영상처리 또는 인식분야의 처리성능을 저하시키게 되어 효과적으로 영상을 복원할 수 없을 뿐만 아니라 이후에 수행할 영상 인식에 있어 성능과 인식율에 상당한 영향을 초래하게 된다. 따라서 효율적인 영상인식 결과를 얻기 위한 영상복원 방법들이 연구, 제안되어 왔다.

Hsieh 등은 Canny의 경계선 검출을 위한 조건들을

이용하여 추가적인 백색 가우시안 잡음이 존재하는 영상에서 잡음을 최소화하고, 경계선을 극대화 할 수 있는 웨이브릿 필터를 설계하였으며[1], Xu 등은 웨이브릿 변환된 영역에서 공간적인 상관성을 잡음제거 방법에 사용하였다[2].

한번에 하나의 해를 찾는 전통적인 수리계획법에 의한 영상복원 방법은 지역적 최소값 혹은 최대값에 빠진다는 단점을 가지고 있으며 또한 미분함수와 같은 부수적인 함수를 필요로 하며, 복원하고자 하는 영상에 국부해가 많이 존재하는 해공간에서는 국부적 최적해로의 고립 때문에 전역 최적해로의 탐색이 어렵게 된다[3].

이러한 단점을 극복하고자 적합도 평가함수의 비용을 최소화하면서 전역적 최적화 문제로 설계할 수 있는 유전자 알고리즘을 이용한 영상복원 방법이 여러 형태로 연구되고 있으며 특히 전처리로서 웨이브릿 변환을 이용하여 잡음을 효율적으로 제거시킴으로서 복원영상의 화질을 향상시킨 유전자 알고리즘과 웨이브릿 변환을 이용한 하이브리드 영상복원 방법이 연구되었다[4]. 그러나 이 방법은 웨이브릿 변환된 웨이브릿 계수평면에서 고주파 부대역을 제거시킨 후, 저주파수를 포함한 나머지 대역들을 모두 합성하여 유전자 알고리즘을 적용하였다. 따라서 잡음과 블러링을 포함한 화소값들의 변화가 심하게 됨에 따라 보다 효율적으로 원영상으로의 복원이 이루어지지 못하는 문제점이 있다.

본 논문에서는 웨이브릿 변환 영역에서 유전자 알고리즘을 적용한 효율적인 영상복원 방법을 제안한다.

제안한 방법은 영상복원을 위한 전처리로서 분해 및 합성 필터의 이상적인 직교 특성을 가지는 웨이브릿 변환을 이용하여 잡음훼손영상으로부터 고주파성 잡음의 일부를 우선 제거한다. 그리고 최저주파 부대역을 제외한 나머지 부대역에 대해서는 웨이브릿 변환된 계수평면에 대하여 개별적으로 국부적 최적해로의 고립을 벗어나 전역해 탐색이 가능한 유전자 알고리즘을 적용한다. 제안한 방법의 성능평가를 위한 실험결과로서, 웨이브릿 변환 영역 내에서 유전자 알고리즘을 적용한 영상 복원방법이 기존의 단일 유전자 알고리즘을 이용한 방법, 기존의 하이브리드 복원 방법과 비교하여 Lenna 및 Boat 영상에 대하여 각각 PSNR이 3.4dB, 1.3dB 이상 향상됨을 알 수 있었다.

## II. 제안한 영상복원 기법

### 2.1 웨이브릿 변환

웨이브릿 변환은 시간 및 주파수에 대하여 국부성을 가지며, 비정상상태(nonstationary)의 신호를 해석하는데 유용하다. 웨이브릿 변환은 주어진 시간함수를 실수의 2차원 평면  $L^2(R)$  공간에서 직교기저함수(orthogonal basis function)들의 집합을 형성하고 있는 웨이브릿 평면으로 투사하여 서로 다른 분해능을 갖는 신호들로 변환시킴으로서 주어진 시간함수의 신호를 각각 다른 분해능에서 해석할 수 있는 변환이다[5].

웨이브릿 변환에서의 기저함수들은 원형 웨이브릿을 확장/수축(dilation)과 천이(translation)를 시킴으로서 만들어진다. 이에 대한 웨이브릿 기저함수들의 선형결합은

$$\psi_{a,b}(t) = \frac{1}{\sqrt{|a|}} \psi\left(\frac{t-b}{a}\right), \quad a, b \in R, a \neq 0 \quad (1)$$

이다. 여기서  $a$ 는 원형 웨이브릿을 확장/수축시키는 스케일 변수이고,  $b$ 는 천이를 나타내는 천이변수이다.

어떤 신호  $f(t)$ 에 대한 연속 웨이브릿 변환(continuous wavelet transform)은

$$Wf(a, b) = \frac{1}{\sqrt{|a|}} \int_{-\infty}^{\infty} f(t) \psi\left(\frac{t-b}{a}\right) dt \quad (2)$$

로 정의된다. 여기서 매개변수  $a, b$ 가 정수일 때 이산 웨이브릿 변환(discrete wavelet transform)이라고 한다. 특히  $a=2^{-m}, b=n2^{-m}$ 일 때 정규직교기저(orthonormal basis)를 구성할 수 있고, 기저함수는

$$\psi_{m,n}(t) = 2^{m/2} \psi(2^m t - n), \quad m, n \in Z \quad (3)$$

가 된다.

### 2.2 유전자 알고리즘

유전자 알고리즘은 자연계에서 환경에 적응하며 생물이 진화해 가는 과정을 기반으로 한 알고리즘으로 자연계에서 우수한 형질을 가진 개체가 생존확률이 크고, 나아가 우수한 형질을 가진 두 개체의 교배를 통해 더욱 훌륭한 자손이 유전되어 진화한다는 적자 생존의 원리를 근거로 한 탐색 알고리즘이다[6]. 유전자 알고리즘은 해공간에서 점들의 집합을 탐색하는 방법이기 때문에 영상의 국부특성으로 인한 조기수렴을 피할 수 있어서 전역 최적해를 찾는 데 유용하며, 확률적 탐색이나 학습 및 최적화 등에 응용되고 있다[7].

#### 2.2.1 유전자 알고리즘의 구성

먼저 유전자 알고리즘을 실제 응용에 사용하기 위해 주어진 문제를 유전자형에 대응하는 문자열로 변환한다. 그리고 이진수 문자열의 나열인 염색체로 표현하고, 이 염색체들의 모임인 개체 집단을 생성한다. 각각의 문자열을 적합도에 따라 평가하고 평가치가 높은 집단은 선택되어 남고 그렇지 못한 것은 유전 연산자 과정을 거치게 되며, 이것은 해결하고자 하는 문제에 따라 그 방법이 달라지게 되는데 궁극적으로 보다 좋은 개체 즉 적합도 평가가 높게 나타난 개체가 다음 세대에 살아남을 확률이 커지게 되고 좋은 개체가 계속적으로 생성됨으로써 좋은 해공간을 형성하게 된다.

유전자 알고리즘을 영상복원에 적용하는 관계가 그림 1에 나타나 있다. 추정화상을 훼손시켜 만든 화상과 원래의 훼손화상의 차이를 비교함으로써 평가하게 된다.

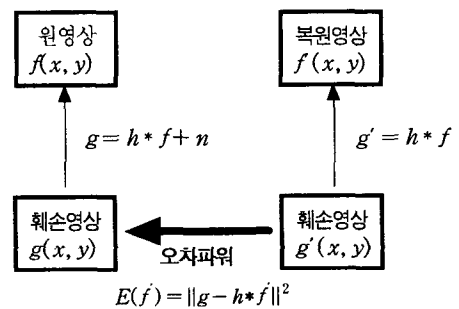


그림 1. 각 개체의 평가

그리고, 각각의 개체에 대해서 적합도가 결정되면, 그것을 기반으로 유전 연산자 과정을 적용하여 새로운 문자열을 생성한다. 기본적인 연산자 재생은 문자열을 적합도에 따라 개체 집단에서 두 개의 염색체를 선택하는 역할을 한다. 개체집단 내의 모든 염색체 적합도의 합과 각 염색체에 대한 적합도의 상대적 값, 즉 선택될 확률을 구하게 된다. 교배 연산자는 재생에 의해

선택된 두 염색체의 인자값을 서로 맞바꾸어 새로운 염색체를 생성한다. 이때 무작위로 선택된 교배 위치와 개수에 따라 교배 알고리즘이 달라지게 되는데, 본 논문에서는 1점 교배를 주로 사용하여 교배확률로서 다음 세대를 형성하였다. 또한 돌연변이 연산자는 염색체내의 인자를 무작위로 선택하고, 그 값을 임의대로 바꾸어 새로운 염색체를 만드는 기능을 담당한다. 이것은 개체 집단의 특성을 다양하게 변화시키며 국부적인 최소 상태를 벗어날 수 있게 한다. 이와같은 연산자의 사이클을 반복함으로써 환경에 대응하는 평가치가 높은 문자열을 만들어 내어 문자열의 집단 전체의 평가치를 향상시켜 나간다. 그림 2에 일반적인 유전연산자의 적용과정을 나타내었다.

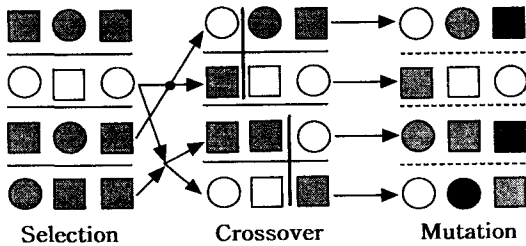


그림 2. 유전연산자의 적용과정

### 2.3. 제안한 방법

제안한 웨이브릿 변환 영역에서 유전자알고리즘을 적용한 영상복원 방법은 상기의 웨이브릿 변환과 유전자 알고리즘을 하이브리드시킴으로써 영상복원의 성능을 향상시키고자 하는 방법이다. 우선, 복원하고자 하는 잡음훼손영상을 이상적인 직교특성을 가지는 웨이브릿 부밴드 분해필터를 이용하여 3 레벨로 분해한다. 분해된 웨이브릿 변환 영상은 최상위 주파수에서부터 최하위 주파수 영역까지 여러 주파수의 신호들을 가지는 웨이브릿 계수평면으로 분해되어지는 특성을 가진다. 이들 부밴드 영상들 중에서 최고주파수의 3개의 밴드에는 잡음훼손영상에 존재하는 백색 가우시안 잡음성분만이 대부분 존재하게 되는 특성을 가짐으로써 이들 3개의 대역들은 제거시킨다. 그런다음, 나머지 부대역들에 대하여, 기존의 하이브리드 방법은 부대역들을 합성한 후 합성영상에 대하여 유전자 알고리즘을 적용하였지만, 제안한 방법의 경우에는 최저주파수 부대역을 제외한 나머지 부대역 웨이브릿 계수평면들에 대하여 직접 개별적으로 국부적 최적해로의 고립을 벗어나 전역해 탐색이 가능한 유전자 알고리즘을 수행한다. 부대역 웨이브릿 계수 평면에 대하여 직접 유전자 알고리즘을 적용하는 제안한 방법의 경우에는 기존의 하이브리드 방법과는 달리 웨이브릿 합성 후의 원영상이 가지는 복잡한 영상정보와 잡음 성분이 없고, 단지 원영상에 존재하는 에지 부분과 대역별로 나뉘어진 고

주파 잡음성분들이 존재함으로써 유전자 알고리즘의 효율성을 높일수 있게 된다.

### III. 실험결과 및 고찰

본 논문에서 제안한 하이브리드 방법과 기존의 단일 유전자 알고리즘을 이용한 방법의 성능평가를 위한 실험으로써 64×64 크기의 문자영상 'F'와 128×128 크기의 256 계조도의 Lenna 영상을 입력영상으로 사용하여 Pentium PC에서 Matlab으로 구현하였다. 실험에서 사용한 훼손은 동적 흐려짐과 2차원 백색 가우시안 잡음으로 BSNR(Blurred SNR)이 Lenna 영상의 경우 10dB, Boat 영상의 경우 9.8dB로 훼손시켰다. 동적훼손에 대한 훼손함수는 식 (4)과 같다.

$$h(i, j) = \begin{cases} \frac{1}{L} & \text{if } j \leq L, \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (4)$$

여기서  $h$ 는 동적 흐려짐에 대한 점확산함수이며, 동적 흐려짐을 위한 창크기  $L$ 은 7로 설정했다. 그리고, 본 논문에서 수행한 유전자 알고리즘에서의 초기 파라미터들의 초기설정값들이 표 1에 주어져 있다.

표 1. 유전자 알고리즘에서의 초기 파라미터

GA Operator	초기설정값
Chromosome Length	10
Population Size	30
Number of Generations	200
Mutation Rate	0.3
Crossover Rate	0.7
Crossover Type	Single
Elitist Operator	On
Function	Simple
Gray Coding	On

그림 3은 Lenna 영상을 입력영상으로 사용한 경우에 제안한 방법과 기존의 하이브리드 방법의 비교결과를 나타내고 있다. (a)는 훼손되기 전의 Lenna 원영상이고, (b)는 (a)의 원영상을 1×7의 움직임에 의해 동적 흐려짐을 가지도록 만든 훼손영상에 표준편차가 0.01인 2차원 백색 가우시안 잡음을 첨가한 영상이다. (c)는 기존의 하이브리드 알고리즘을 이용한 방법의 결과영상이며, (d)는 제안한 웨이브릿 변환 영역에서 부밴드에 대하여 개별적으로 유전자 알고리즘을 적용한 방법에 대한 실험결과로서 동적 흐려짐과 잡음을 제거한 결과영상이다. 실험결과로서 제안한 방법이 기존의 하이브리드 방법과 비교하여, PSNR이 약 1.6dB 이상 향상되어짐으로써 훼손잡음영상에 존재하는 잡음과 동적흐려짐을 더 효율적으로 제거함을 알 수 있다. 그림 4는 Boat 영상을 입력영상으로 사용한 경우의 실험결과영상을 보여주고 있다. (a)는 Boat

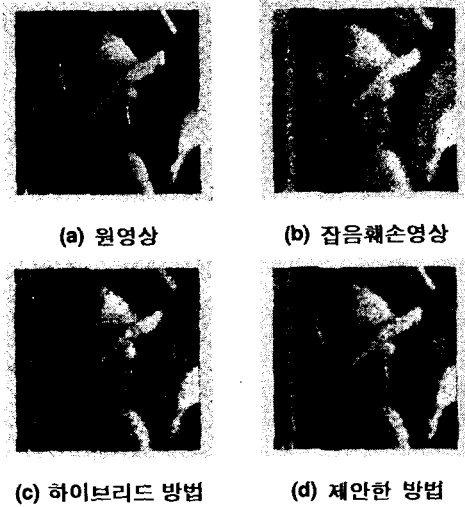


그림 3. Lenna 영상의 비교결과

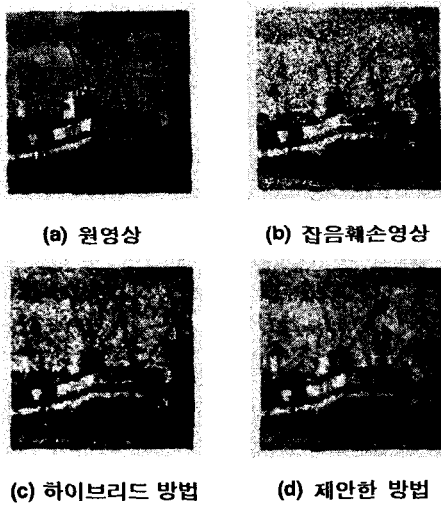


그림 4. Boat 영상의 비교결과

원영상이고, (b)는 (a)의 원영상을  $1 \times 7$ 의 움직임에 의한 동적 흐려짐을 가지도록 만든 훼손영상에 표준 편차가 0.01인 2차원 백색 가우시안 잡음을 첨가한 영상이다. (c)는 기존의 하이브리드 방법의 결과영상이며, (d)는 제안한 방법의 결과영상이다. (c)와 (d)를 비교해 볼 때, 기존의 하이브리드 방법으로 구현된 (c)의 경우에는 웨이블릿 부밴드에서 잡음을 제거한 후 합성한 후에 유전자 알고리즘을 적용함으로써 화소값의 변화가 심한 상태에서 유전자알고리즘을 적용하게 되어, 훼손 영상에 존재하는 잡음 및 블러링을 효과적으로 제거하지 못한 반면, 제안한 하이브리드 방법을 이용한 (d)는 웨이블릿 부밴드의 고주파 영역에 직접 유전자 알고리즘에 적용함으로써 PSNR이 약 1.3dB 이상 향상됨으로

써 기존의 방법에 비하여 효과적인 복원이 이루어졌음을 알 수 있다. Lenna 영상과 Boat 영상에 대하여 기존의 단일 유전자 알고리즘 및 기존의 하이브리드 방법과 제안한 방법의 실험 결과들에 대한 정량적인 비교결과를 표 1에 나타내었다.

표 1. 원영상에 대한 제안한 방법과 기존의 방법들의 PSNR 비교 [dB]

	Lenna 영상	Boat 영상
잡음훼손영상	15.94	16.87
단일 유전자 알고리즘	17.44	19.21
하이브리드 방법	19.58	21.32
제안한 방법	21.24	22.67

#### IV. 결 론

본 논문에서는 웨이블릿 변환 영역에서 유전자 알고리즘을 적용한 효율적인 영상복원 방법을 제안하였다. 제안한 방법의 성능평가를 위하여 Lenna 영상과 Boat 영상을 입력으로 인가하여 기존의 단일 유전자 알고리즘을 이용한 방법 및 유전자 알고리즘과 웨이블릿의 하이브리드 방법과 비교실험을 수행하였다. 실험결과로써 제안한 방법이 기존의 단일 유전자 알고리즘 및 하이브리드 방법에 비하여 약 3.4dB, 1.3dB 이상 향상됨을 확인하였다.

#### 참고문헌

- [1] J. W. Hsieh, H. Y. Mark Liao, M. T. Ko and K. C. Fan, "A new wavelet-based edge detector via constrained optimization," *Image and Vision Computing*, Vol. 15, ISS. 7, pp. 511-527, 1997.
- [2] Y. Xu, J. B. Weaver, D. M. Healy, Jr. and J. Lu, "Wavelet transform domain filters : A spatially selective noise filtration technique," *IEEE Transactions on Image Processing*, Vol. 3, No. 6, Nov, 1994.
- [3] S. Suthaharan, Z. Zhang and Sathananthan, "An Improved Winner Filter using Genetic Algorithm," *Genetic Algorithms in Engineering Systems: Innovations and Applications*, no. 446, pp. 75-78, Sept. 1997.
- [4] 김은영, 안주원, 문영득, "유전자 알고리즘과 웨이블릿 변환을 이용한 효율적인 영상복원," 제13회 신호처리 학동학술대회논문집, vol. 13, no. 1, pp. 345-348, Sept. 2000.
- [5] I. Daubechies, "Orthonormal basis of compactly supported wavelets," *Comm. Pure Applied Math*, vol. 41, no. 7, pp. 909-996, 1988.
- [6] Y. W. Chen, Z. Nakao, M. Iguchi and S. Tamura, "An evolutionary algorithm for image restoration," in *IEEE Proc. of Int. Conf. on Neural Networks and Signal Processing*, vol. 2, pp. 1366-1369, Dec. 1995.
- [7] A. Asano, "Unsupervised optimization of nonlinear image processing filters using morphological opening/closing spectrum and genetic algorithm," *IEICE Trans. Fundamentals*, vol. E83-A, no. 2, Feb. 2000