

# GA를 이용한 이미지 대비 향상

## Image Contrast Enhancement using Genetic Algorithm

정진욱, 엄대연, 강 훈  
중앙대학교 전자전기공학부

Jin-Wook Chung, Dae-Yun Um, Hoon Kang

School of Electrical and Electronic Engineering, Chung-Ang University

E-mail : jin@sirius.cie.cau.ac.kr

### 요 약

히스토그램 평활화는 이미지의 Contrast를 향상시키는데 그 효율성과 단순성 때문에 매우 유용하게 사용되는 알고리즘이다. 본 논문에서는 로컬 히스토그램 평활화 기법에 Genetic Algorithm(GA)을 적용하는 방법을 제안하고 있다. 본 연구에서는 기존 히스토그램 평활화 기법이 결과 이미지에 대한 평가가 없기 때문에 단일 결과만을 생성한다는 단점을 보완하기 위해 객관적인 이미지의 평가기준을 제시하였고, 이 평가기준을 이용한 GA를 통해 목적에 근접한 향상된 이미지를 획득하였다. 마지막으로, 제안하고 있는 알고리즘의 우수성을 증명하기 위해 다른 향상 기법(Global Histogram Equalization, Partially Overlapped Sub-Block Histogram Equalization)과의 비교를 하였다.

### 1. 서론

이미지의 Contrast향상은 이미지 프로세싱의 가장 중요한 이슈중 하나이다. 다양한 Contrast 향상기법이 있는데 히스토그램 평활화 기법은 단순하고 효율적이 때문에 가장 보편적으로 사용되고 있다. 히스토그램 평활화 기법은 확률밀도함수(Probability Density Function)을 이용하여 큰 값을 갖는 히스토그램 영역은 넓게 펼치고 작은 값을 갖는 히스토그램 영역은 압축함으로써 이미지의 Contrast를 향상시킨다.

이 히스토그램 평활화 기법은 크게 두 가지 방법으로 분류되어진다. Global Histogram Equalization 기법은 변환함수로 전체 이미지의

히스토그램 정보를 이용하기 때문에 처리속도는 빠르나 지역적인 이미지의 중요한 특성이 사라진다는 단점이 있고, 그와 반대로 Local Histogram Equalization기법은 변환함수로 지역적인 히스토그램 정보를 이용하기 때문에 이미지의 부분적인 특성이 그대로 남는다는 장점이 있으나 처리속도가 상당히 느린 단점이 있다[1]. 그래서 Local Histogram Equalization(LHE)의 부분적인 특징을 유지하면서 처리속도를 올리기 위한 Partially Overlapped Sub-Block Histogram Equalization(POSHE)[2] 기법이 제안되었다. 이 기법은 LHE의 처리속도가 느린 원인인 한번의 변환 연산당 한 픽셀씩 처리되는 단점을 보완하여 한번 연산에 여러 픽셀이 처리되게 하였다.

기본적으로 이미지 향상의 가장 큰 문제점은 결과 이미지의 객관적인 평가기준이 마련되기 어렵다는 것이다. 특히 Contrast 향상의 경우 더욱

본 연구는 산업자원부 차세대 신기술개발사업  
(과제번호:00013078)지원으로 수행되었습니다.

그렇다.

본 논문에서는 히스토그램 평활화 기법에 객관적인 결과이미지의 평가기준을 제시하였고 이 평가기준에 최적화된 결과를 얻기 위해 GA를 사용하였다.

## 2. 히스토그램 평활화

히스토그램 평활화의 변환함수는 식(1)과 같다.

$$s_k = T(r_k) = \sum_{j=0}^k p_r(r_j) = \sum_{j=0}^k \frac{n_j}{n}$$

$$0 \leq r_k \leq 1 \quad \text{and} \quad k = 0, 1, \dots, L-1 \quad (1)$$

$p_r(r_j)$  : 입력이미지 레벨j의 확률밀도함수

$n$  : 총 픽셀수

$n_j$  : 레벨j 인 픽셀수

전달함수  $T(r)$ 은 입력 이미지의 누적분포함수를  $k$ 는 색상 레벨을 나타낸다. 이 전달함수에 의한 히스토그램의 변화는 그림 1과 같다.

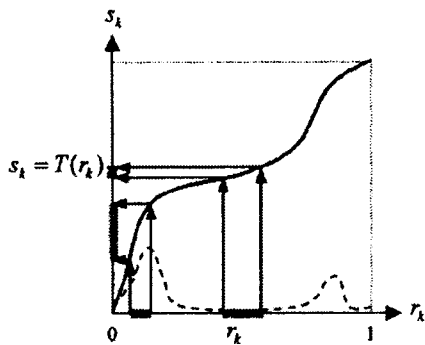
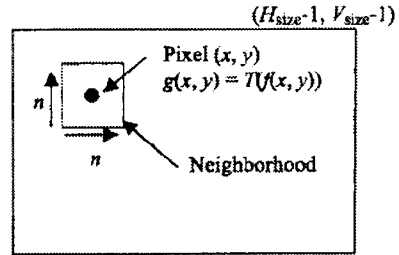


그림 1 전달함수  $T(r)$ 에 의한 히스토그램 변화

그림 1에서 보이듯이 큰 값을 갖는 히스토그램 영역은 넓게 펼쳐지고 작은 값을 갖는 히스토그램 영역은 좁혀진다.

Global HE기법은 변환함수로 전체 히스토그램 정보를 이용하기 때문에 지역적인 밝기에 적용할 수 없어 작은 물체나 배경의 Contrast가 악화되는 결과를 나타낸다. Local HE기법은 Block-Overlapped HE[1] 라고도 불리는데 이미지의 부분 히스토그램 정보를 이용하기 때문에 지역적인 특성을 향상시킬 수 있다.

Local HE방식은 그림 2와 같이  $n \times n$ 의 블럭을 정하여 그 블럭안의 히스토그램 정보를 이용해 그 블럭의 센터 한 픽셀을 변환한다. 이러한 블럭을 한 픽셀만큼 이동시킨 후 똑같은 연산을 반복한다. 이 기법은 한번 연산에 한개의 픽셀만을



(0, 0)

그림 2 Local Histogram Equalization

변환하기 때문에 전체 이미지를 평활화하기 위해 선 총 픽셀수 만큼의 연산을 필요로 하기 때문에 처리속도가 느리다.

Local HE의 처리속도를 향상시키기 위해 블럭을 한 픽셀씩 이동시키는 것이 아닌 일정크기씩 이동하면서 한번에 여러 픽셀을 변환하는 기법이 POSHE[2]이다.

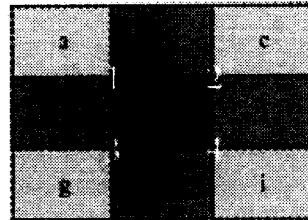


그림 3 POSHE

POSHE는 그림 3과 같이 첫 번째 블록(1)과 두 번째 블록(2)가 Local HE방식과 다르게 한 픽셀 이동이 아닌 일정크기만큼을 이동시켜서 영역(e)의 픽셀을 한번에 변환시킨다.

$$s_k^e = \frac{1}{4} [T_1(r_k^e) + T_2(r_k^e) + T_2(r_k^e) + T_2(r_k^e)] \quad (2)$$

변환함수는 식(2)와 같다. 변환함수를 보면 가운데 영역을 변환하는데 가운데 영역에 겹치는 4개 블록의 히스토그램정보를 더해서 4로 나누어 주었다. POSHE방식은 변환된 영역들 사이에 약간 경계가 생길 수 있으나 블록이 겹치는 정도를 크게 함으로써 줄일 수 있다.

## 3. Contrast Enhancement using GA

POSHE기법은 변환영역에 영향을 주는 블럭의 정보를 1대1비율로 하는데 반해 제안된 알고리즘은 변환영역에 더 영향을 주는 블럭 즉, 변환영역안에 특정물체의 일부가 있는 경우 그 특정물체가 있는 블록의 정보를 더욱 많이 영향을 주도록 하여 지역적 특성을 더욱 향상시키는데 그 목적이 있다.

### 3.1 변환 알고리즘

알고리즘의 변환함수는 식(3)과 같다.

$$s_k^e = A \cdot T_1(r_k^e) + B \cdot T_2(r_k^e) + C \cdot T_3(r_k^e) + D \cdot T_4(r_k^e) \quad (3)$$

$(A+B+C+D=1)$

파라미터 A, B, C, D는 변환영역에 영향을 주는 각 블록의 영향정도를 나타낸다. 파라미터의 합은 1이 되어야 한다.

변환영역사이의 경계를 줄이기 위해 블록의 겹치는 정도를 1/4로 줄이게 되면 변환함수는 식(4)와 같이 된다.

### 3.2 염색체구성

각 파라미터를 3bit의 바이너리로 구성하면 한 개의 변환영역에 영향을 주는 염색체는 그림 4와 같다.



그림 4 염색체 구성

이 염색체를 변환함수에 적용시킬 때는 식(5)를 통해 normalize시킨 후 대입하여야한다.

$$x = 1/(A+B+C+D) \quad (5)$$

$$A = A \times x$$

### 3.3 교차와 변이

유전알고리즘의 연산자로 교차와 변이를 사용하였다. 교차점의 수는 하나에서 두개 사이에서 랜덤하게 결정되며, 변이율은 0.3~1.5%로 설정하였다.

### 3.4 적합도 평가

Contrast가 향상된 이미지는 Edge 정보가 증가된다는 점[1]에 주목하여, Edge정보가 향상되는 정도를 결과이미지의 평가기준으로 제시하였다.

Edge정보를 구하기 위한 기법으로 Sobel Operator를 이용하였다.

$$E(I) = \sum_x \sum_y \sqrt{\delta h_I(x, y)^2 + \delta v_I(x, y)^2} \quad (7)$$

$$\delta h_I(x, y) = g(x-1, y+1) + 2g(x, y+1) + g(x+1, y+1) - g(x-1, y-1) - 2g(x, y-1) - g(x+1, y-1)$$

$$\delta v_I(x, y) = g(x+1, y+1) + 2g(x+1, y) + g(x+1, y-1) - g(x-1, y+1) - 2g(x-1, y) - g(x-1, y-1)$$

$$s_k^e = \sum_{j=0}^k [A \cdot p_1(r_j) + B \cdot p_2(r_j) + C \cdot p_3(r_j) + D \cdot p_4(r_j)]$$

$$= \sum_{j=0}^k \left[ \frac{A \cdot n_j^u + (A+B) \cdot n_j^v + B \cdot n_j^w + (A+C) \cdot n_j^x + (A+B+C+D) \cdot n_j^y + (B+D) \cdot n_j^z + C \cdot n_j^a + (C+D) \cdot n_j^b + D \cdot n_j^c}{4n} \right] \quad (4)$$

제안된 기법에 사용된 적합도 함수는 식(8)과 같다.

$$F(x) = \ln(E(I(x))) \cdot \frac{\eta(I(x))}{H_{size} \times V_{size}} \quad (8)$$

식 (7)의  $E(I)$ 는 Edge정보의 모든 Intensities값을 합한 것이고,  $\eta(I)$ 는 Automatic Gradient Threshold[4]기법을 사용, 결과 Edge이미지의 실제 Edge와 잡음을 분류한 후 실제 Edge의 픽셀의 개수를 나타낸다.

## 4. 실험 및 결과

제안된 기법의 향상정도를 비교하기 위해 기존의 기법인 Global Histogram Equalization, Partially Overlapped Sub-Block Histogram Equalization과의 비교를 하였다.

그림 (5)의 이미지는 320×320크기의 이미지를 사용하였으며, 제안된 기법을 구현하기 위해 로컬 블록의 크기를 80×80으로 블록의 겹치는 정도는 1/4로 하였다. 초기 개체군으로 40개의 염색체를 생성하여 적합도 평가에 의한 룰렛선택과 교차, 변이를 통해 진화시켰다. 평균 적합도의 변화량이 종료조건을 만족할 경우까지 진화시켰을 경우의 적합도 결과는 표 <1>과 같다.

Image	Original Image	Global HE	POSHE	proposed
Lena	5.4989	7.7765	11.4213	12.2847
Man	4.9763	6.8756	10.4138	11.5784

표<1> 적합도 결과



그림 5 변환결과(upper left - Original, upper right - global HE, lower left - POSHE, lower right - Proposed Algorithm)

표 <1>의 결과를 보면 제안된 알고리즘이 POSHE에 비해 적합도 값이 크게 차이 나지 않는다. 그러나 그림(5)에서 보이듯이 제안된 알고리즘에 의한 이미지가 POSHE 기법보다 지역적 특징이 더욱 잘 나타난다.



그림 6 변환결과(upper left - Original, upper right - global HE, lower left - POSHE, lower right - Proposed Algorithm)

제안된 알고리즘은 긴 염색체를 사용하여 GA를 구현하였기 때문에 연산내용이 많아 2.4GHz CPU, 512MB RAM의 컴퓨터 사양에서 구현하였을 경우 결과이미지를 획득하는데 10~15분 정도의 시간이 걸렸다.

## 5. 결론 및 향후과제

본 논문에서 Genetic Algorithm을 이용한 새로운 Contrast 향상 기법을 제안하였다. 제안된 기법은 기존의 주관적인 판단에 의존할 수밖에 없는 단점을 극복하기 위해 객관적인 평가방법을 제시하였고, 이미지의 지역구간의 정보를 염색체로 구성하여 GA연산을 수행했기 때문에 지역적인 특성이 더욱 향상된 결과이미지를 획득하였다.

앞으로는 GA에 사용된 염색체의 최적화를 통해 연산시간을 줄이고, 보다 상황에 적합한 이미지를 획득하기 위한 다양한 객관적인 이미지 평가기준을 제시하겠다.

## 6. 참고문헌

- [1] R. C. Gonzalez and R. E. Woods, *Digital Image Processing*, 2nded. Reading, MA: Addison-Wesley, 1992
- [2] J.-Y. Kim, L.-S. Kim, S.-H. Hwang, "An Advanced Contrast Enhancement Using Partially Overlapped Sub-Block Histogram Equalization," *IEEE Trans, Circuits and Systems*, vol. 11, pp. 475-484, April 2001.
- [3] C. Munteanu and A. Rosa, "Gray Scale Image Enhancement as an Automatic Process

Driven by Evolution," *IEEE Trans, Systems, Man and Cybernetics*, vol. 34, pp. 1292-1298, April 2004.

[4] P. Henstock and D. Chelberg, "Automatic Gradient Threshold Determination for Edge Detection," *IEEE Trans, Image Processing*, vol. 5, pp. 784-787, May 1996.

[5] F. Saitoh, "Image contrast enhancement using Genetic Algorithm," in *Proc. IEEE SMC*, Tokyo, Japan, 1999, pp. 899-904.

[6] D.-C. Chang and W.-R. Wu, "Image Contrast Enhancement Based on Histogram Transformation of Local Standard Deviation", *IEEE Trans, Medical Imaging*, vol. 17, pp. 518-531, August 1998.

[7] S.-D. Chen and R. Ramli, "Minimum Mean Brightness Error Bi-Histogram Equalization in Contrast Enhancement," *IEEE Trans, Consumer Electronics*, vol. 49, pp. 1310-1319, November 2003.