

지역 명암 대비 향상을 통한 영상의 명암대비 개선 기법

The Enhancement Scheme of the Image Contrast Using the Improvement of Local Contrast

김광현, 한영준, 한헌수

서울시 동작구 상도동 숭실대학교 전자공학과
E-mail: {inthegg, young, hahn}@ssu.ac.kr

요 약

본 논문은 지역 명암대비 향상을 통한 영상의 명암대비 개선 기법을 제안한다. 전역 대비 향상 기법은 영상 전체를 고려하여 대비를 향상시키므로 영상의 특성에 따라 영상이 뿌옇게 되거나 원하지 않는 인공적인 산물이 생성될 수 있다. 그리고 지역 대비 향상 기법은 블록화 및 영상의 화질이 훼손되는 문제점이 있다. 제안하는 기법은 다양한 블록 크기를 사용하여 지역 대비를 향상시켜 지역 대비가 가장 많이 향상된 영상의 히스토그램 평활화 함수를 이용하여 전체 영상의 명암대비를 향상시키는 방법을 제안한다. 명암대비가 낮은 다양한 영상의 실험을 통해서 제안하는 명암대비 향상 기법의 우수성을 입증하였다.

Key Words : Contrast enhancement, Local contrast, Image contrast, Histogram equalization

1. 서 론

명암대비 향상(Contrast enhancement)은 영상 처리를 통하여 영상의 어두운 영역과 밝은 영역의 차이를 명확히 하는 것이다. 일반적으로 명암대비 향상은 화질을 개선시킴으로써 인간의 눈에 선명한 영상을 제공하기 위해 사용되거나, 컴퓨터 시각 시스템의 영상인식 전처리 단계에서 사용된다.

명암대비 향상 기법은 크게 전역 대비 향상 기법과 지역 대비 향상 기법으로 분류된다[1]. 전역 대비 향상 기법은 히스토그램 평활화 기반과 히스토그램 스트레칭 기반방식으로 연구되고 있다. 전역 히스토그램 평활화는 전체 영상의 히스토그램 정보를 사용하기 때문에 지역 대비를 개선하기 힘들다. 또한 영상의 명암도를 재분배해서 영상의 평균밝기를 영상의 중간 명암도로 변환하기 때문에 전체적으로 어두웠던 영상이 뿌옇게 되는 현상이 발생된다[2]. 전역 스트레칭 기반 기법은 명암도의 범위가 좁을 경우 이진영상 같은 효과를 낼 수 있다[2].

이러한 전역 명암대비 향상 기법의 한계점을 극복하고자 많은 지역적인 히스토그램 평활화 기법들이 개발되었다. 지역 명암대비 향상 기법들의 공통적인 가장 큰 문제점은 전체 영상 정보를 모두 사용하지 않고 일정 영역의 명암

대비만을 향상시키기 때문에 블록들간의 경계선에서 명암의 차이가 심해지는 블록화 현상이 발생하는 것이다.

이를 극복하기 위해 Stark는 AHE (Adaptive histogram equalization) 알고리즘을 제안하였다[3]. AHE는 블록윈도우를 이용하여 블록 평활화 함수를 생성하여 한 픽셀씩 이동하면서 평활화를 수행한다. 최근 Kim[3]은 블록화 현상을 없애기 위해 블록들을 중첩시키는 중첩 블록 히스토그램 평활화(Block overlapped Histogram Equalization) 알고리즘을 제안하였다. 이들 지역 히스토그램 평활화는 명암 대비가 뛰어나지만 블록화를 없애기 위해 겹쳐진 블록을 사용하거나 보간법을 사용하여 수행시간이 길다[4].

본 논문은 겹치지 않는 지역 히스토그램 평활화를 기반으로 전역 명암대비 향상 기법을 제안한다. 원영상을 다양한 크기의 블록으로 나눈 임시 영상들에 대해 블록기반 평활화를 수행한다. 지역 명암대비가 향상된 각각의 임시 영상별로 영상의 명암대비도를 측정한다. 본 논문은 블록화를 제거하기 위해 지역대비가 가장 높은 블록 크기를 갖는 임시 영상으로부터 원영상의 명암대비를 높이기 위한 평활화 함수를 얻는다. 마지막으로 명암대비도가 높은 평활화 함수를 이용하여 원영상의 평활화를 수행한다. 본 논문에서 사용되는 영상의 명암대비

향상기법은 지역 명암대비가 가장 향상된 영상으로 평활화 함수를 얻기 때문에 지역 대비 향상을 높일 수 있으며 지역 명암대비에서 블록화 현상을 제거하기 위해 필요한 많은 연산량을 전역 명암대비 향상 기법을 사용함으로써 크게 줄일 수 있다.

2. 겹치지 않는 블록을 이용한 지역 대비 향상

2.1 다양한 블록 크기를 이용한 지역 히스토그램 평활화

블록기반의 대비 향상 기법으로 히스토그램 스트레칭이나 히스토그램 평활화를 사용한다. 블록 히스토그램 스트레칭 기법은 그림 1(b)에서 보이는 것처럼 명암도의 분포가 한 부분에 집중된 배경영역 같은 경우에 단순히 히스토그램의 범위를 늘림으로써 각 블록들 간에 영상 조화가 크게 훼손된다.

따라서 지역 히스토그램 스트레칭으로 인한 부작용을 최소화하기 위해 지역 히스토그램 평활화 함수를 사용한다. 그림 1(c)에서 보이는 것처럼 영상에서 사용되는 명암도의 사용범위를 늘리는 동시에 명암도를 재분배하기 때문에 지역 영상의 특징을 유지할 수 있다. 본 논문에서는 지역적인 대비향상뿐만 아니라 명암대비 향상에서 발생하는 화질의 저하를 최소화하기 위해 지역 대비 향상 기법으로 히스토그램 평활화 함수를 사용한다.



그림 1. 블록 기반 히스토그램 처리 영상:(a) 원영상, (b)블록 히스토그램 스트레칭 영상, (c) 블록 히스토그램 평활화 영상

히스토그램 평활화는 영상에서 명암도의 빈도수를 이용하여 cdf(cumulative distribution function)을 구하고 구해진 cdf를 이용하여 평활화 함수를 생성한다. 원 영상에 평활화 함수를 적용함으로써 영상의 명암도를 재분배하여 균일한 분포를 갖는 히스토그램을 획득한다. 영상이 L개의 명암도로 표현된다고 할 때 평활화 함수는 식 1과 같이 표현될 수 있다.

$$S_k = T(r_k) \quad (1)$$

여기서 S_k 는 정규화된 r_k 의 변환된 명암도값이

다. 변환 함수 $T(r_k)$ 는 다음과 같이 정의된다.

$$S_k = T(r_k) = \sum_{j=0}^k pr(r_j) = \sum_{j=0}^k \frac{n_j}{n} \quad (2)$$

$0 \leq r_k \leq 1$ 이고 $k=0,1,\dots,L-1$

여기서 $pr(r_j) = \frac{n_j}{n}$ 는 입력 레벨 j 의 확률 밀도 함수(probability density function, pdf)를 나타내고 n 은 입력영상의 총 픽셀 개수를, n_j 는 명암도 j 를 갖는 입력 영상의 화소 수를 나타낸다. 따라서 변환함수 $T(r_k)$ 는 누적 분포 함수(cumulative distribution function, cdf)로 표현될 수 있다.

지역 대비 향상을 위해 블록단위로 수행할 경우 cdf는 각 블록내의 픽셀들만 참조하여 결정되어야 하고 각 블록마다 독립적으로 평활화 함수를 생성해야 한다. 식 (3)은 각 블록에서의 평활화하는 식을 나타낸다.

$$B_{i,j}S_k = B_{i,j}T(r_k) = \sum_{j=0}^k B_{i,j}pr(r_j) = \sum_{j=0}^k \frac{B_{i,j}n_j}{B_{i,j}n} \quad (3)$$

$0 \leq r_k \leq 1$ and $k=0,1,\dots,L-1$

여기서, $B_{i,j}$ 는 각 블록을 나타내고, i,j 는 각각 블록의 수직, 수평 인덱스이다.

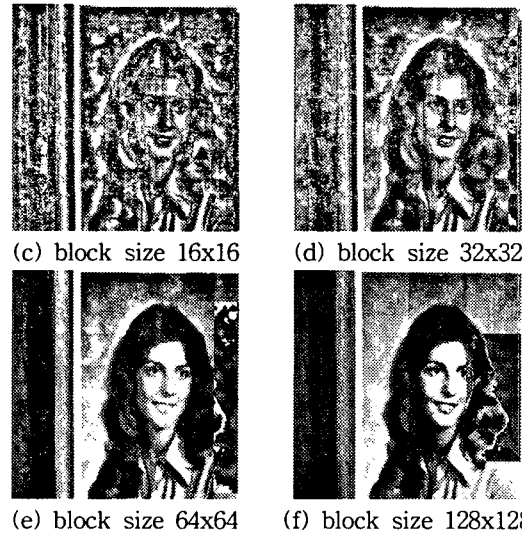


그림 2. 다양한 블록 크기기반 히스토그램 평활화

그림 2는 동일한 원 영상을 다양한 크기의 블록으로 나눈 후 평활화한 임시 영상들을 보여 준다.

그림에서 보면 블록의 크기가 커질수록 영상의 화질이 개선되지만 지역 명암대비의 효과는 떨

어지면서 블록화 현상이 뚜렷해지는 문제점이 발생한다. 따라서 영상의 명암대비를 높이고 블록화 현상을 제거하는 화질을 개선하기 위한 작업이 수행되어야 한다.

2.2 지역 대비가 향상된 영상의 대비도 측정

영상의 특징에 따라 지역적으로 명암대비가 가장 커질 수 있는 블록의 크기는 달라진다. 배경이나 균일한 영역이 많은 영상인 경우에는 블록의 크기가 작을수록 지역 명암대비가 많이 향상되는 반면에 배경이 복잡하고 섬세한 부분이 많은 영상인 경우에는 블록의 크기가 클수록 지역 명암대비가 향상된다.

영상에서 지역 영상대비를 향상시키는 목적으로 다양한 블록 크기로 지역 평활화를 수행하여, 각각의 임시 영상에 관해 명암대비도를 측정하여 최대의 명암대비를 갖는 임시 영상을 선정한다.

영상에서 명암대비도는 모든 픽셀들에 대해 이웃한 픽셀들에 대한 차이 값이 어느 정도인지로 정의된다. 본 논문에서는 영상의 명암대비를 측정하기 위해, Local Contrast Factor를 사용한다[5].

먼저, Local Contrast는 다음의 식 (4)처럼 중심 픽셀과 이웃한 픽셀들의 차이값의 평균을 나타낸다.

$$c_{i,j} = \frac{|P_{i,j} - P_{i,j-1}| + |P_{i,j} - P_{i,j+1}| + |P_{i,j} - P_{i-1,j}| + |P_{i,j} - P_{i+1,j}|}{4} \quad (4)$$

여기서 $P_{i,j}$ 는 각 픽셀의 명암값이며, i 는 영상의 y 좌표이고 j 는 x 좌표이다. 각 픽셀을 중심으로 한 차이값의 평균이 $c_{i,j}$ 이다.

영상의 명암대비는 이웃한 픽셀의 차이의 평균이 계산되고, 그 값들의 평균으로 측정된다. 아래의 식(5)는 영상의 명암대비도를 나타낸다.

$$C_k = \frac{1}{w * h} \sum_{i=0}^h \sum_{j=0}^w c_{i,j} \quad (5)$$

여기서, C_k 는 k 블록 크기의 영상에서 명암대비도를 나타내고, w 와 h 는 각각 영상의 너비와 높이를 나타낸다.

3. 지역 대비가 향상된 영상을 이용한 전역대비향상

그림 3에서 보듯이 블록기반 지역 히스토그램 평활화는 각 블록별로 다른 히스토그램 평활화 함수를 사용하므로 블록들간의 경계선에서 명암의 차이가 심해지는 블록화 현상을 피할 수 없다. 블록화 현상을 피하고 지역 대비

향상을 통해 얻어진 임시 영상의 평활화 함수를 원영상에 적용시킴으로써 명암대비를 향상시키는 방법을 사용한다.

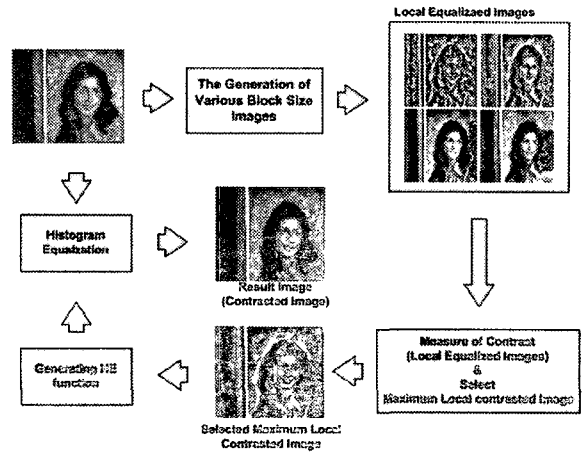


그림 3. 제안하는 알고리즘의 블록도

그림 3은 본 논문에서 제안하는 영상의 명암대비 향상 기법의 전체적인 구성도를 보여준다. 영상의 명암대비 향상 기법은 먼저 다양한 블록 크기로 원영상을 분할한 임시 영상들을 만든다. 각각의 임시 영상들에 관해 블록기반 히스토그램 평활화를 수행한다. 지역 명암대비가 향상된 각각 임시영상에 대한 명암 대비도를 측정하여 가장 높은 명암대비를 갖는 임시 영상을 선택한다. 선택된 임시 영상으로부터 영상의 평활화 함수를 생성하여 원 영상에 평활화 함수를 적용함으로써 명암 대비향상을 유도한다.

4. 실험 결과 및 고찰

입력영상의 크기는 512x512로 하고 블록의 크기는 4x4에서 2의 배수로 256x256까지 하였다. 아래 그림은 다른 기법들과 제안하는 알고리즘의 출력영상을 보여준다.

그림 4(b)와 (c)에서 보이는 것처럼 전역 명암대비 기법이나 지역 명암대비 기법은 영상의 화질을 고려하지 않고 명암대비만을 향상시켜 부자연스러운 영상을 산출한다. 특히 AHE는 지역 대비향상 기법의 대표적인 방법으로 그림 4(c)에서 보이는 것처럼 지역 대비를 높이지만 전체적 영상의 화질을 블록내의 화소들만 고려했기 때문에 영상의 화질이 많이 훼손되었다. 제안하는 알고리즘의 결과 영상인 그림 4(d)에서 보여주듯이 지역 명암대비 효과로 머리카락 부분의 명암대비가 크게 향상된 것을 확인할 수 있다. 제안하는 알고리즘은 지역적으로 대비를 향상시키면서 영상의 화질도 원영상 수준의 화질을 유지하는 것을 볼 수 있다.

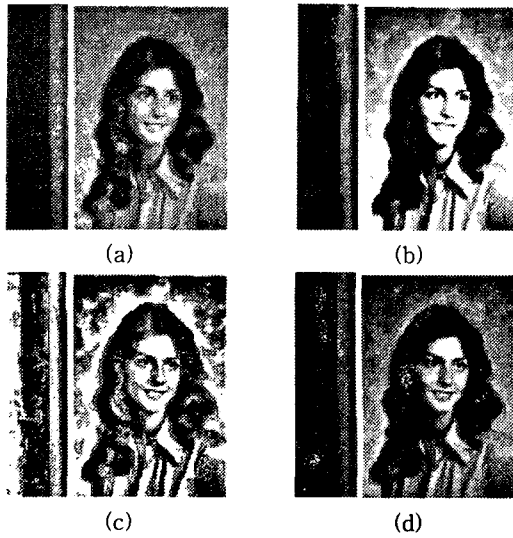


그림 4. 명암대비 향상 알고리즘들의 적용: (a) 원영상, (b) 전역 히스토그램 평활화, (c) AHE(Adaptive Histogram Equalization), (d) 제안하는 알고리즘

그림 5는 기존의 기법들과 제안하는 알고리즘의 히스토그램을 보인다.

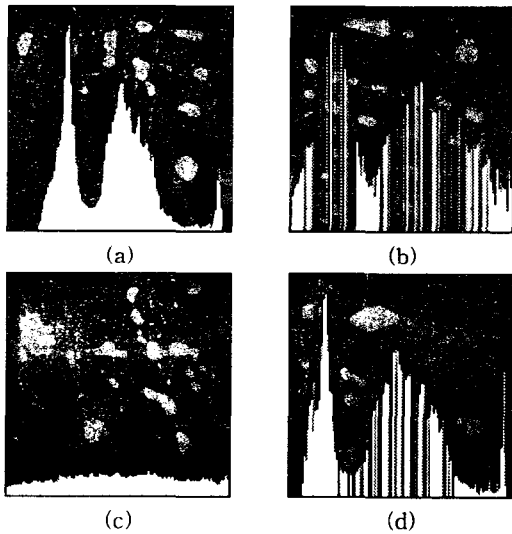


그림 5. 명암대비 향상 알고리즘들의 적용 결과 영상에 대한 명암 히스토그램: (a) 원영상, (b) 전역 히스토그램 평활화, (c) AHE(Adaptive Histogram Equalization), (d) 제안하는 알고리즘

그림 5에서도 볼 수 있듯이 그림 5(b)는 균일하게 명암도를 재분배 하고 있으며, 그림 5(c)는 지역적인 대비가 매우 높아진 것을 볼 수 있다. 하지만 그림 4(c)에서 보듯이 불필요한 지역까지 대비를 높여 화질이 매우 떨어지는 것을 볼 수 있다. 제안하는 알고리즘의 히스토그램 그림 5(d)에서 보듯이 어두운 부분의 대

비는 증가되지 않은 반면 배경영역인 중간부분은 대비가 증가되었으며 원영상의 히스토그램의 특징을 보전하면서 전체적으로 명암대비가 향상됨을 확인할 수 있다.

5. 결론

본 논문에서는 지역 명암대비 향상을 통한 영상의 명암대비 개선하는 기법에 대해 제안하였다. 지역 명암대비 향상 기법들의 가장 중요한 문제점은 전체 영상의 조화의 훼손과 블록화인데 이러한 문제점을 지역 명암대비가 최대로 향상된 영상의 분포를 이용하여 평활화 함수를 생성하고 원영상에 평활화를 수행함으로써 대비를 향상시켰다. 제안하는 알고리즘은 영상의 조화를 유지하는 것은 물론 블록화 현상을 없애고 또한 지역 명암대비가 향상될 결과를 보였다.

참 고 문 헌

- [1] R. C. Gonzalez and R. E. Woods, Digital Image Processing, 2nd ed. Reading, MA: Addison-Wesley, 1992.
- [2] ZhiYu Chen, Senior Member, IEEE, Bisma R. Abidi, Senior Member, IEEE, David L. Page, Member, IEEE, and Mongi A. Abidi, Member, IEEE, "Gray-Level Grouping (GLG): An Automatic Method for Optimized Image Contrast Enhancement-Part I: The Basic Method", IEEE TRANSACTIONS ON IMAGE PROCESSING, VOL. 15, NO. 8, AUGUST 2006
- [3] Joung-Youn Kim, Lee-Sup Kim, and Seung-Ho Hwang, "An Advanced Contrast Enhancement Using Partially Overlapped Sub-Block Histogram Equalization", IEEE TRANSACTIONS ON CIRCUITS AND SYSTEMS FOR VIDEO TECHNOLOGY, VOL. 11, NO. 4, APRIL 2001
- [4] Z.Q. Wu, J.A. Ware, I.D. Wilson and J. Zhang, : Mechanism analysis of highly overlapped interpolation contrast enhancement, IEE Proc.-Vis. Image Signal Process., Vol. 153, No. 512 4, August 2006.
- [5] K. Matkovic, L. Neumann, A. Neumann, T. Psik, W. Purgathofer : Global Contrast Factor-a New Approach to Image Contrast, In Computational Aesthetics in Graphics, Visualization and Imaging 2005, pages 159-168. May 2005.