

---

# 영상화소의 활동도를 이용한 화질 개선

이임건\* · 이수종\*\* · 한수환\*\*\*

## Image Enhancement using Statistical Information of Pixel Dynamics

Imgeun Lee\* · Soo Jong Lee\*\* · Soowhan Han\*\*\*

### 요 약

본 논문에서는 디지털 영상의 화질 개선을 위해 선명화와 잡음제거를 동시에 수행하는 새로운 알고리즘을 제안한다. 제안하는 방법은 영상 화소들에 대하여 계산된 활동도의 통계적 정보를 활용하여 평탄영역과 평탄하지 않은 영역을 구분하고 각 영역에 대해 저주파 통과 필터와 고주파 통과필터를 각기 다르게 적용하여 화질을 개선한다. 각 필터의 적용 강도는 활동도의 히스토그램을 바탕으로 하는 사상함수에 의해 결정되므로 기존의 잡음제거 필터와 샤프닝 필터가 가지고 있던 복잡한 파라미터의 설정과정이 필요 없이 평탄영역에서의 잡음제거 및 블러링 효과와 활동성이 높은 영역에서의 선명화 효과를 동시에 얻을 수 있다. 또한 화질개선에 필요한 파라미터가 통계적 정보를 이용하여 자동으로 얻어지므로 많은 양의 화질개선 작업을 일괄적으로 수행하는 경우에도 최적의 결과물을 기대할 수 있다.

### ABSTRACT

In this paper, we propose the novel approach to enhance the visual quality of the digital image with adaptively sharpening and removing the noise. Image enhancement is performed in two ways. The pixels in the high dynamics area are sharpened by the adaptive unsharp mask with the parameter, which is derived using the statistical information of the image. On the other hand, the proposed algorithm do not perform the sharpening process in the uniform area that may cause the undesired artifact due to noise amplification, rather it performs smoothing to suppress the noise in this area. The decision, which process will be applied at the pixel, is also controlled by the statistics of the pixel dynamics. The proposed algorithm enhances the visual quality almost automatically by sharpening and smoothing at the same time with less parameter selection.

### 키워드

화질개선, 통계적 정보, 화소 활동도, 샤프닝, 블러링, 히스토그램

## I. 서 론

영상의 주관적 화질 개선은 선명화(sharpening)과 잡음제거, 콘트라스트 개선 등을 통해 수행되며 디지털 카

메라의 확산과 함께 사진의 후보정을 필요로 하는 많은 분야에서 이용되고 있다. 디지털 카메라로부터 획득한 영상은 불완전한 초점이나 사진의 심도(field of depth)에 의한 블러(blur)가 생길 수 있으며 센서의 입자 잡음

---

\* 동의대학교 영상정보공학과

\*\* 협성대학교 컴퓨터공학과

\*\*\* 동의대학교 멀티미디어공학과

(grain noise) 및 열잡음은 필름 사진과는 다른 느낌을 주는 원인이 되기도 한다[1].

영상에 나타나는 잡음의 제거를 위해 많은 알고리즘들이 제안되었으며 그 중 미디안 필터(median filter)와 그의 변형 알고리즘들은 구현이 간단하고 계산량이 적으면서도 잡음 제거 능력이 우수하여 많이 사용되어 왔다 [2]. 그러나 미디안 필터는 영상의 모든 영역에 균일한 필터를 적용하므로 잡음화소와 비 잡음화소의 화소 값을 모두 변형시키는 단점이 있다. 결과적으로 잡음의 제거를 위해서는 일정 수준의 블러(blur) 현상이 나타나는 것을 피할 수 없다.

영상의 잡음제거와는 달리 영상의 주관적 선명도를 개선하기 위해서는 경계부분을 강조하는 샤프닝 필터와 같은 고주파 통과 필터를 사용한다. 그러나 샤프닝 필터도 영상의 전 영역에 대해 균일한 필터를 적용함으로써 평탄영역에서 잡음이 강조되는 현상이 발생하게 된다[3][4].

영상의 화질 개선을 위해 잡음 제거와 경계부분을 강조해야 한다. 일반적으로 잡음제거를 위해 미디안 필터를 사용하고 선명화를 위해 샤프닝 필터를 영상에 적용하여 영상의 화질 개선 작업을 수행한다. 그러나 잡음 제거를 위한 미디안 필터의 전역적인 적용은 필연적으로 에지 부분의 블러 현상을 가져오며, 경계부분을 강조하기 위한 선명화 과정에서는 평탄 영역에 남아 있는 잡음이 강조 되는 현상을 피할 수 없다[4]. 이를 해결하기 위해 영상을 여러 레이어(layer)로 나누고 부분적으로 필터를 적용하기도 하지만 작업과정이 복잡하고 오브젝트에 따라 레이어를 나누는 과정이 매우 번거롭다[1].

본 논문에서 이러한 문제들을 보완하기 위해 영상의 통계적 정보를 이용하여 영상을 평탄영역과 평탄하지 않은 영역으로 구분하고 평탄영역에는 잡음 제거 필터를 적용하고 평탄하지 않은 영역에는 샤프닝 필터를 적용하는 새로운 방식을 제안한다. 이러한 방식으로 영상의 정보 손실을 최소화 하면서 영상의 잡음 제거와 경계부분을 강조하는 효과를 동시에 얻을 수 있다. 잡음제거와 선명화의 세기는 화소의 활동도를 고려하여 적응적으로 결정된다.

## II. 통계적 정보를 이용한 화질 개선

영상을 평탄영역과 평탄하지 않은 영역으로 구분하기 위해 각 화소들의 활동도(dynamics)를 정의해야 한다. 본 논문에서는 계산의 단순성을 고려하여 식 (1)로 주어지는 간단한 3x3 마스크의 지역적 분산  $v(n,m)$ 을 구하였다. 결과로 얻어지는 화소의 활동성을 기반으로 해당 화소에 대한 필터링 방법을 결정하고 또한 필터링의 강도를 제어한다.

$$v(n,m) = \frac{1}{9} \sum_{i=n-1}^{n+1} \sum_{j=m-1}^{m+1} (x(i,j) - \bar{x}(n,m))^2 \quad (1)$$

여기서  $\bar{x}(n,m)$ 은 동일한 3x3 마스크에서의 평균 계조도이며  $x(n,m)$ 은 입력 화소이다. 제안하는 알고리즘은 각 화소별로 구해진 활동도  $v(n,m)$ 에 대해 사상 함수(mapping function)를 만들고 이를 통해 영상개선 파라미터  $\lambda(n,m)$ 을 결정한다.

$$\lambda(n,m) = f(v(n,m)) \quad (2)$$

사상함수  $f(\cdot)$ 은 입력 영상의 통계적 특성을 기반으로 만들어진다. 각 화소의 분산이 큰 곳은 고주파 성분이 많은 영역이고 분산이 작은 곳은 저주파 성분이 주를 이루는 영역이므로 식 (1)에서 구한 지역분산을 이용하여 지역분산의 히스토그램을 구한다. 히스토그램의 빈(bin)의 개수를 256개로 제한하기 위해 각 지역분산을 양자화하고 이를 식 (3)을 이용해 정규화하였다.

$$v_q(n,m) = \frac{Q[v(n,m)]}{\max\{Q[v(n,m)]\}} \times 255 \quad (3)$$

여기서  $Q[\cdot]$ 은 균등 양자화 함수이며 양자화 및 정규화된 분산  $v_q(n,m)$ 은 0~255 사이의 값을 갖게 된다. 그림 1에 실험에 사용한 LENA 영상에 대한  $v_q(n,m)$ 의 히스토그램  $H(v_q(n,m))$ 을 로그 스케일로 보였다. 대부분의 에너지는 저주파 영역에 몰려 있음을 알 수 있다.

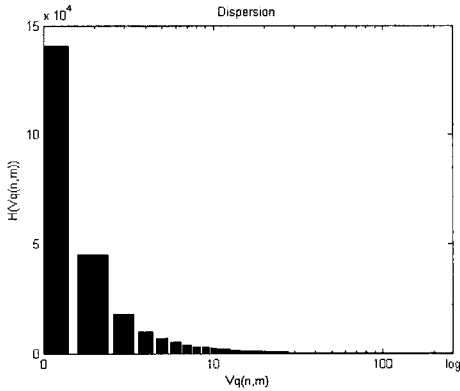


그림 1. 히스토그램  $H(v_q(n,m))$ 의 (log 스케일)  
Fig. 1. Histogram of  $H(v_q(n,m))$  in log scale

영상개선 파라미터는 화소의 활동도에 반비례하므로 그림 1의 히스토그램을 축대칭 시킨  $H(-v_q(n,m))$ 을 구하고 이를 식 (4)를 이용하여 히스토그램 균일화한 결과  $v_c(n,m)$ 를 구한다. 그림 2에 히스토그램 균일화 결과  $E(v_c(n,m))$ 을 보였다.

$$v_c(n,m) = \frac{g_{\max}}{n_t} C(-v_q(n,m)) \quad (4)$$

여기서  $n_t$ 는 화소의 총 개수이며  $g_{\max}$ 는  $H(-v_q(n,m))$ 의 최대값 그리고  $C(-v_q(n,m))$ 은  $H(-v_q(n,m))$ 의 누적 히스토그램이다.

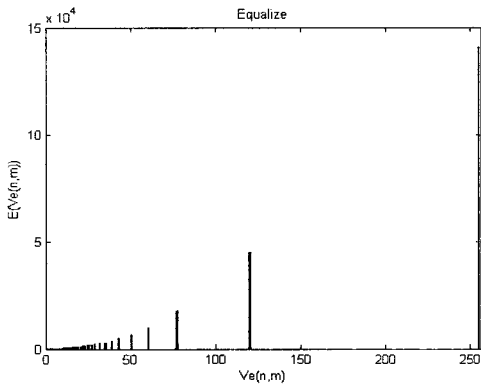


그림 2. 히스토그램 균일화의 결과  
Fig. 2. Result of histogram equalization

히스토그램 균일화의 결과를 사상함수로 직접적으로 사용하면  $\lambda(n,m)$  값이 이산적으로 분포하게 되고  $v(n,m)$ 에 대응하는  $\lambda(n,m)$  값이 존재하지 않는 경우가 발생하므로 이를 해결하기 위하여 그림 2의 결과를 보간(interpolation)하여 그림 3의 결과를 얻는다. 본 실험에서는 큐빅 스플라인 보간 알고리즘을 이용하였다[1].

본 논문에서는 그림 3으로 얻어진 함수를  $\lambda(n,m)$ 의 값을 결정하는 사상함수로 사용하여 영상의 화질 개선을 수행한다. 보간된 x축은  $v(n,m)$ 에 대응하고 y축의 화소 개수는  $\alpha E(v_c(n,m)) / \max\{E(v_c(n,m))\}$ 으로 정규화 한다. 파라미터  $\alpha$ 는 선명화의 세기 범위를 결정하는 변수이다. 따라서 화소의 활동도를 기반으로 구해지는 영상의 통계적 특성에 따라 선명화 혹은 평탄화를 결정하고 선명화의 강도 역시 이 함수로부터 구하게 된다.

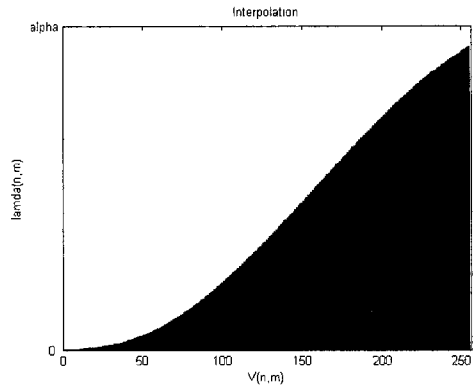


그림 3. 히스토그램 균일화의 보간  
Fig. 3. Interpolation of the equalized histogram

사상함수로부터 활동도  $v(n,m)$ 이 임계치  $t_0$ 를 넘지 않는 부분은 평탄영역, 나머지 부분은 모두 비평탄영역으로 구분하였다. 평탄영역에서의 영상개선은 부가잡음과 임펄스 잡음 등을 제거하는 과정을 거친다. 비평탄영역으로 결정된 영역은 선명화 과정을 거치며 본 논문에서는 선형 언샐 마스크(linear unsharp mask)를 이용한다. 선형 언샐 마스크는 구현이 간단하고 계산량이 많지 않으나 일반적으로 평탄영역에서의 잡음성분까지 증폭시키는 단점이 있다. 그러나 본 논문에서는 평탄영역에 대한 처리는 따로 수행하게 되므로 문제가 되지 않는다.

언샵 마스크에서 선명화의 세기는 개선 파라미터인  $\lambda(n,m)$ 으로 제어되며 제안하는 알고리즘에서는 화소들의 활동도를 기반으로 그림 3의 사상함수로부터 자동으로 결정된다. 구해진  $\lambda(n,m)$ 로부터 영상의 개선은 다음 식을 이용하여 수행한다.

$$y(n,m) = \begin{cases} \lambda(n,m)x(n,m) + (1-\lambda(n,m))l(n,m) & \text{if } v(n,m) \leq t_0 \\ (1-\lambda(n,m))x(n,m) + \lambda(n,m)h(n,m) & \text{if } v(n,m) > t_0 \end{cases} \quad (5)$$

여기서  $l(n,m)$ 은 저주파 통과 필터의 출력으로 계산되는 수정신호이고  $h(n,m)$ 은 고주파 통과 필터의 출력으로 계산되는 수정신호이며  $\lambda(n,m)$ 은 출력의 콘트라스트 개선의 정도를 제어하는 양수의 스케일링 요소이다. 본 논문에서는 평탄영역에서의 잡음제거를 위한  $l(n,m)$  필터로 미디안 필터를 이용하였으며 비평탄 영역의 선명화를 위한  $h(n,m)$ 은 3x3의 정의역을 갖는 간단한 라플라시안 필터를 사용한다. 라플라시안 필터의 계수를 그림 4에 보였다.

0	-1	0
-1	4	-1
0	-1	0

그림 4. 라플라시안 필터의 계수  
Fig. 4. Coefficients of the Laplacian filter

일반 화질 개선 알고리즘에서는 하나의 파라미터로 전체 영상에 적용하는 방식을 사용하지만 제안한 알고리즘에서는 영상의 통계적 정보를 이용하여 평탄영역은 저주파 통과 필터를 적용하여 개선하고 평탄하지 않은 영역은 고주파 통과 필터를 이용하여 개선을 하였다. 또한 화소마다  $\lambda$ 을 값을 조정하여 적용하도록 하였다. 따라서 제안하는 알고리즘은 일반적인 저주파 통과 필터들의 단점인 블러 현상과 고주파 통과 필터들의 단점인 잡음이 강조되는 현상을 보완하였고 하나의 파라미터로 전체 영상에 적용되는 현상을 해결하였다.

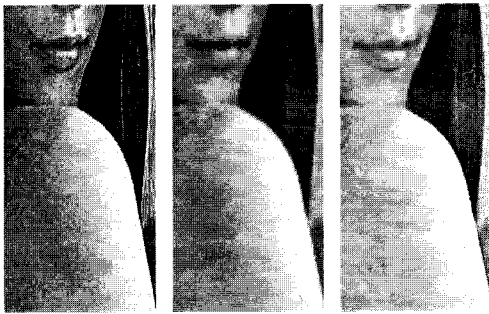
### III. 실험

제안하는 알고리즘을 검증하기 위해 사용한 영상은 512x512의 크기를 갖는 LENA 영상이다. 실험 영상은 화소당 8비트의 해상도를 갖는 그레이 스케일 영상이다. 제안하는 알고리즘의 결과를 원영상에 대한 선명화 결과영상과 잡음제거를 수행한 결과영상과 비교하였다. 선명화 결과영상은 3x3의 일반적인 고주파 강조 필터를 사용하여 구하였다. 잡음제거는 미디안 필터를 취한 영상을 이용한다. 제안하는 알고리즘에서  $\lambda(n,m)$ 은 3.0으로 제한하였으며 임계치  $t_0 = 0$ 으로 두었다.



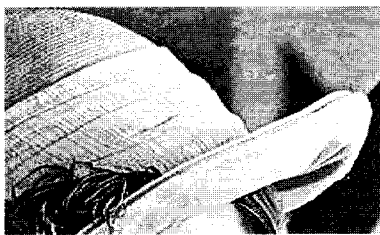
그림 5. LENA 영상에 대한 실험결과(512x512)  
(a)원영상 (b) 미디안 필터링  
(c) 고주파 통과 필터 (d) 제안한 필터  
Fig. 5. Result of LENA image(512x512)  
(a) Original image (b) Median filtering (c) Highpass filtering (d) Proposed algorithm

본 논문에서 제안하는 적응적 알고리즘의 결과와 미디안 필터를 적용한 결과를 비교하여 보면 동일한 평탄영역에서는 잡음이 제거 되는 효과가 나지만 미디안 필터를 적용한 결과 영상은 디테일 영역과 에지 영역도 같이 흐려지는 블러(blur) 현상이 발생한다. 그러나 제안하는 적응적 알고리즘의 결과영상은 원본보다도 디테일 부분과 에지를 강조하면서 잡음을 제거함으로써 영상의 화질 개선이 우수하다.



(a) (b) (c)  
 그림 6. 결과영상의 부분 확대  
 (a) 고주파 통과 필터 (b) 미디언 필터  
 (c) 제안한 알고리즘

Fig. 6. Enlargement of the result image  
 (a) Highpass filtering (b) Median filtering  
 (c) Proposed algorithm



(a) 고주파 통과 필터



(b) 미디언 필터



(c) 제안한 알고리즘

그림 7. 결과영상의 부분 확대  
 Fig. 7. Enlargement of the result image  
 (a) Highpass filtering (b) Median filtering  
 (c) Proposed algorithm

또한 고주파 통과 필터를 적용한 결과와 비교하면 고주파 통과 필터를 적용한 결과는 에지부분은 강조가 되지만 평탄영역과 영상 전체에 잡음이 증가된 현상을 보인다. 따라서 제안하는 적응적 알고리즘은 영상의 통계적 정보를 이용하여 평탄영역과 평탄하지 않은 영역을 구분지어 적용함으로써 2가지 필터들의 장점들을 살리고 단점을 보완하고 있다. 그림 6과 7에 LENA 영상의 부분을 확대한 결과를 보였다.

#### IV. 결론

본 논문에서는 영상의 통계적 정보를 이용하여 평탄영역과 비평탄영역을 결정하고 해당 영역에 대해 적응적으로 필터를 적용하는 새로운 화질 개선 알고리즘을 제안하였다. 제안하는 알고리즘은 전체 영상에 대해 단일 필터를 적용하는 기존의 영상개선 알고리즘의 단점을 개선하여 선명화와 잡음제거를 동시에 수행한다. 영역의 구분과 필터링의 세기는 화소의 활동도를 정의하여 자동으로 이루어지므로 기존 잡음 제거 필터들의 단점인 영상 전체에 발생하는 블러 현상과 고주파 통과 필터들의 단점인 잡음증가 현상을 억제하게 된다. 화질개선 제어변수  $\lambda$ 의 값은 활동도의 히스토그램을 이용하여 구한다.

제안하는 알고리즘의 파라미터는 스케일 값의 크기만 필요로 함으로 스케일의 값만 결정지어 주면 영상의 통계적 정보에 의해 자동으로 수행된다. 그러므로 제안하는 알고리즘은 다수의 영상을 일괄작업으로 처리해야 하는 경우에도 최적의 결과물을 기대할 수 있다.

#### 참고문헌

- [1] Michael Freeman, *Digital Photography Special Effects*, Amphoto Books, 2003.
- [2] R. C. Gonzalez and R. E. Woods, *Digital Image Processing*, 2nd edition, Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey, 2001.
- [3] Andrea Polesel, Giovanni Ramponi, V. John Mathews, "Image Enhancement via Adaptive Unsharp Masking" *IEEE TS on Image Processing* Vol. 9, No. 3, March

2000.

- [4] Ming-Sui Lee "A Content-Adaptive Up-Sampling Technique for Image Resolution Enhancement", *IHMSP 2007*, Vol 1, Nov. 2007
- [5] F. P. De Vries, "Automatic, adaptive, brightness independent contrast enhancement," *Signal Process.*, vol. 21, pp. 169 - 182, Oct. 1990.

### 저자소개



이임건(Imgeun Lee)

1991년 연세대학교 전자공학과  
공학사  
1993년 연세대학교 전자공학과  
공학석사

1998년 연세대학교 전자공학과 공학박사  
2002년 ~ 현재 동의대학교 영화영상공학과 교수  
※ 관심분야: 영상복원, 영상 신호처리, 컴퓨터비전



이수종(Soo Jong Lee)

1989년 국민대학교 전자공학과  
공학사  
1992년 연세대학교 전자공학과  
공학석사

2000년 연세대학교 전자공학과 공학박사  
2002년~ 현재 협성대학교 컴퓨터공학과 부교수  
※ 관심분야: 영상처리, 컴퓨터비전, 임베디드시스템



한수환(Soowhan Han)

1986년 연세대학교 전자공학과  
공학사  
1990년 플로리다공대 전기전자  
공학과 석사

1993년 플로리다공대 전기전자공학과 박사  
1994년 ~ 1997년 관동대학교 컴퓨터공학과 조교수  
1997년 ~ 현재 동의대학교 멀티미디어공학과 교수  
※ 관심분야: 신호처리, 패턴인식, 퍼지 및 신경회로망