

## 명암의 밀도에 따른 가변 스트레칭을 이용한 영상대비 개선방법

이명윤\*, 한영준\*\*, 한헌수\*\*\*

### Contrast Improvement Technique Using Variable Stretching based on Densities of Brightness

Myung-Yoon Lee\*, Young-Joon Han\*\*, Hem-Soo Hahn\*\*\*

#### 요약

본 논문에서는 밝기 값의 대비도가 매우 낮음으로 인해 발생하는 화질의 저하를 개선하는 방법으로 히스토그램 분포율에 따라서 스트레칭 적용범위를 적절하게 지정하고 이를 적용하는 기법을 제안한다. 제시한 방법은 효과적인 대비향상을 위해 하나의 히스토그램을 밀도가 큰 영역과 밀도가 낮은 영역으로 구분하여 각각의 비율에 따른 범위 안에서 스트레칭 적용 범위를 결정하는 기법을 사용한다. 스트레칭의 범위는 히스토그램의 분할 및 밀집되어 있는 정도의 비율에 따라 가변적으로 결정된다. 스트레칭 적용범위가 가변적으로 결정된다면 히스토그램상의 밀도가 높은 지역은 그만큼 명암대비가 커지도록 넓게 스트레칭하고 반대로 밀도가 낮은 지역은 그만큼 좁은 간격으로 스트레칭하여 명암대비 영상에서의 과도하게 처리되는 문제점을 해결하였다. 제안한 방법의 성능 평가를 위해 전역적 및 지역적으로 명암대비가 어려운 영상들을 모아 실험하였으며 기존의 스트레칭 알고리즘과 그 밖의 명암 대비개선 기법들을 함께 비교하여 매우 우수한 성능을 보임을 입증하였다.

#### Abstract

This paper proposes a novel contrast enhancement method which determines the stretching ranges based on the distribution densities of segmented sub-histogram. In order to enhance the quality of image effectively, the contrast histogram is segmented into sub-histograms based on the density in each brightness region. Then the stretching range of each sub-histogram is determined by analysing its distribution density. The higher density region is extended wider than lower density region in the histogram. This method solves the over stretching problem, because it stretches using density rate of each area on the histogram. To evaluate the performance of the proposed algorithm, the experiments have been carried out on complex contrast images, and its superiority has been confirmed by comparing with the conventional methods.

• 제1저자 : 이명윤    교신저자 : 한헌수

• 투고일 : 2010. 07. 14, 심사일 : 2010. 09. 29, 게재확정일 : 2010. 11. 15.

\* 숭실대학교 전자공학과 석사과정    \*\* 숭실대학교 정보통신전자공학부 부교수    \*\*\* 숭실대학교 정보통신전자공학부 교수

※ 이 논문은 지식경제부 및 정보통신산업진흥원의 대학 IT연구센터 지원사업의 연구결과로 수행되었음 (NIPA-2010-(C1090-1021-0010)).

또한 본 논문은 2010년 정부 교육과학기술부(한국학술진흥재단)의 2단계 BK21사업의 재원으로 지원을 받아 수행된 연구임.

▶ Keyword : 분할(divide), 히스토그램(histogram), 스트레칭 기법(stretching algorithm), 명암대비 향상(improvement of contrast)

## 1. 서론

영상에서의 명암대비는 밝거나 어두운 화소의 분포를 말한다. 낮은 명암대비를 가진 어두운 영상과 높은 명암대비를 가진 밝은 영상의 히스토그램은 어느 한쪽으로 치우쳐 있거나 특정한 위치에 화소의 분포가 밀집되어 있다. 보통 이런 사진들은 역광에 의해 촬영된 영상에서 많이 볼 수 있다. 이런 영상은 화질이 떨어져 화소가 비슷한 값을 갖고 있기 때문에 사람의 눈에는 흐리거나 물체가 구분되지 않게 된다. 따라서 본 논문에서는 시각적인 대비 개선을 위해 위와 같은 영상을 적절한 기법을 통해 처리하여 어두운 영역과 밝은 영역의 차이를 명확히 해주는 명암 대비적 방법으로 접근하여 대비의 개선을 제안하였다. 명암대비 향상을 위한 대표적인 처리 기법으로 히스토그램 평활화 및 명세화 기법과 스트레칭 기법 등이 있다. 히스토그램 평활화와 명세화는 명암값 분포를 재분배하여 영상의 평균밝기를 영상의 중간 명암도로 변환하는 기법이다. 명세화는 이 과정에서 한번 더 역평활화 과정을 수행하여 영상을 더 어둡거나 더 밝게 변환하는 기법이다. 히스토그램 평활화의 궁극적인 목적은 일정한 분포를 가진 히스토그램을 생성하는 것이기 때문에 전체적으로 어두운 영상에서 불러온 흐린 영상을 갖는 경우가 발생한다. 기존의 스트레칭 기법은 영상의 명암값 분포를 최대한 활용하도록 히스토그램을 펼치기 위하여 영상에 적용되기 때문에 낮은 명암대비를 가진 영상에서 대비를 개선시킬 수 있다.[1][2] 하지만 히스토그램 상의 밝기 값이 가장 낮은 값에서 높은 값으로 고루 분포되어 있을 때는 히스토그램을 펼칠 수 있는 영역이 좁아 효과적인 명암대비를 기대하기 어렵다. 일반적으로 영상전체를 기준으로 명암값을 변형시켜주는 전역명암대비 향상 기법에서 위와 같은 단점들이 잘 나타난다. 이러한 단점을 개선하기 위해 지역 명암대비 향상 기법들이 제안되고 있다. 지역 명암 대비 향상 기법은 일반적으로 블록단위로 처리되는 되는데 이 방법은 블록마다 경계선이 나타나는 블록화 현상이 발생하게 된다.[3] 이러한 문제를 처리하기 위해 제안한 기존 기법으로 Kim[4]의 BHE (Block overlapped Histogram Equalization)은 블록화 현상을 막기 위해 블록들을 중첩시켜 블록화 현상을 줄이는 방법을 제안하였다. Sim[5]의 RSHE (Recursive Sub-Image Histogram Equalization) 기법은 히스토그램의 누적값에 기반을 두어 히스토그램의 영

역을 여러 개로 나누어 전역 히스토그램과 비교하여 과도한 평활화를 방지하였다. 하지만 이 방법들은 결정적으로 과도한 평활화를 막기 위한 히스토그램 구간의 개수를 자동적으로 구할 수 없고 구간의 개수를 효과적으로 나눌 수 없다는 단점을 지니고 있다. 스트레칭 기법을 사용한 지역 명암 대비 향상 기법으로 Srinivasan[6]이 제안한 LRS (Local Region Stretching)는 대비 향상을 적용해 줄 부분을 영상에서 분할하여 지역적으로 각각을 스트레칭하고 이들을 병합해주는 기법으로 명암대비 향상의 효과가 있었다. 하지만 분리된 영역들은 각각 독립적으로 스트레칭 되기 때문에 경계선이 나타나고 병합하는 과정에서 특정 부분의 명암개선이 저하되는 현상을 보였다. 명암을 개선하기 위한 또 다른 방법으로는 편미분 함수를 이용한 방법으로 입력 영상에 대한 어떠한 사전정보 없이, 오직 단일 입력 영상의 휘도만을 가지고 영상의 대조비를 개선한다. 주변 화소 값과의 차이를 이용하여 편미분 함수를 통해 계산되어진 결과영상을 도출한다.[7] 편미분 기반 알고리즘은 차감의 연산으로 대조비를 높이기 때문에 안개영상과 같은 정반적인 대비도가 낮은 영상에서는 효과적이지만 주변의 경계가 너무 뚜렷해져 대비개선으로 자연스럽게 못한 결과영상을 보인다.

본 논문에서 제안한 방식 또한 위에서 설명한 지역 명암대비 향상 기법으로 스트레칭 기법을 기반으로 한다. 스트레칭 기법을 사용함으로써 넓은 영역에서 명암분포를 가지게 되며, 영상안의 물체들 사이의 낮은 명암차이를 보완할 수 있다. 히스토그램 상에서 높게 분포하고 있는 영역값들을 분할하여 영역의 밀집도를 비교하고 분석하여 스트레칭 기법의 적용범위를 각각의 영역별로 계산한다. 그런 다음 계산된 범위만큼 각각의 영역을 스트레칭 시켜주어 대비 향상을 보여주었다. 히스토그램 상에서 높게 밀집되어 있는 영역은 그만큼 스트레칭 적용범위를 크게 해주고 밀집도가 낮은 영역에 대해서는 스트레칭 기법 적용범위를 좁게 해주어 영상에서 명암대비가 높은 지역에서보다 낮은 지역에서 명암대비효과를 더 크게 해주었다. 그 결과 영상의 선명도를 높이고 대비를 개선하는 결과를 볼 수 있었다.

본 논문은 II장에서 기존의 영역별 명암대비향상 기법을 소개하고 문제점에 대해 설명한다. III장에서는 제안한 기법을 사용하기 위해 히스토그램에 나타난 분포 영역을 어떻게 나눌 것인지 설명하고 나누어진 영역들을 각각 비교하여 비율에 따른 스트레칭 적용 범위를 결정하고 스트레칭 기법을 적용하는

방법을 소개한다. IV장에서는 기존의 방법들과 비교 실험을 통해 제안하는 방법의 우수성을 입증하고 마지막으로 V장에서 결론 및 향후 연구방향을 제시한다.

## II. 기존 명암대비 향상 기법

명암대비 향상을 위한 스트레칭의 가장 기본적인 방법은 식(1)과 같이 단순히 명암값이 밀집되어 있는 영상을 어두운 값에서 가장 밝은 값까지 늘려주는 것이다. 이런 전역적인 방법은 명암값이 고루 분포되어 원본 영상보다 더 뚜렷한 선명도를 기대할 수 있으나 전체영역을 스트레칭 하기 때문에 원본 영상에서 보다 더 높은 효과를 기대하기가 어렵다. 이러한 문제점을 보완 한 것이 End-In Search 스트레칭이다. 이 알고리즘은 두 개의 임계값을 사용하며, 밝은 범위의 임계값과 어두운 범위의 임계값을 지정하여 히스토그램의 특정부분에 식 (2)와 같이 스트레칭을 수행한다. End-In Search 스트레칭은 히스토그램의 특정 부분에 화소들이 치우친 영상에 가장 잘 적용된다. 하지만 이 알고리즘 역시 밝은 부분과 어두운 부분에 대해서는 적용적이지만 중간 값에 대해서는 적용적이지 못한 단점을 가지고 있다.

$$DN_{st} = \frac{DN - DN_{min}}{DN_{max} - DN_{min}} \times Cr \dots\dots\dots (1)$$

$$output(x) = \begin{cases} 0 & x \leq low \\ 255 \times \frac{x - low}{high - low} & low \leq x \leq high \\ 255 & high \leq x \end{cases} \dots\dots\dots (2)$$

또한 밝은 영역과 어두운 영역의 임계값은 영상에 대해서 적용적인 값이 아닌 임의의 값이기 때문에 적절한 임계값을 상황에 맞게 적용해주지 못하는 단점이 있다. 또한 임계값은 영상의 가장 어두운 영역과 가장 밝은 값에서만 고려하기 때문에 히스토그램 상의 분포가 중앙에 집중되어 있다면 중앙값을 고려하지 않는 위와 같은 기법은 적절하지 못하다. 스트레칭 기법을 이용한 다른 명암대비 개선 기법인 LRS 방법은 영상의 특정영역을 지정하여 부분적으로 스트레칭을 하는 기법으로 그림 1(c)와 같이 항구와 하늘영역으로 나누어 각각을 스트레칭 하였다. 원본영상에 비해 명암대비 개선을 보이긴 하지만 부분 스트레칭으로 인하여 하늘과 항구의 경계선이 나타나는 문제점이 발생했다. 반면에 히스토그램 평활화기법을 기반으로 하는 지역 명암대비 개선 기법인 RSHE는 식 (3)와 식 (4)에 따라 입력 영상의 평균 밝기값에 기반을 두어 두 개의 영역으로 나누는 BBHE(Brightness preserving Bi-

Histogram Equalization)의 기법을 반복해서 수행하는 방법이다. 이때 영역의 경계 값으로 식 (5)와 같이 누적 히스토그램이 0.5인 지점을 지정하여 수행한다.[8][9]

$$x_B = \int_0^1 r P_r(r) dr \dots\dots\dots (3)$$

$$P_z(Z) = \begin{cases} \frac{1}{x_B} \int_0^{x_B} P_r(r) dr, & 0 \leq Z < x_B \\ \frac{1}{1-x_B} \int_{x_B}^1 P_r(r) dr, & x_B \leq Z < 1 \end{cases} \dots\dots\dots (4)$$

$$\int_0^{x_D} P_r(r) dr = 0.5 \dots\dots\dots (5)$$

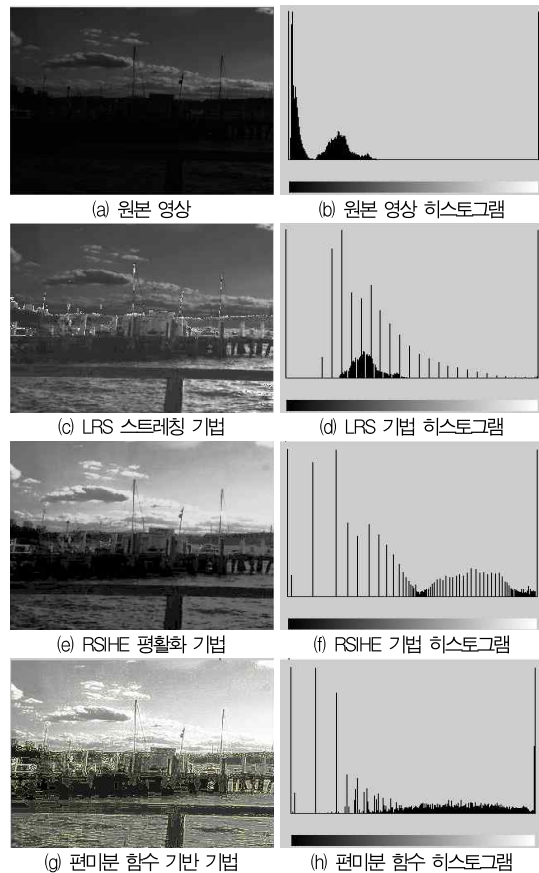


그림 1. 안개도로 원본영상 및 기존 스트레칭 기법을 적용한 결과 영상과 각각의 히스토그램

Fig. 1. Original fog image and resulting image used exit stretching algorithm

그 결과 그림 1(e)와 같이 명암대비 개선된 효과를 보여준 했지만 평활화 효과가 줄어들고 반복횟수에 따른 영역의 개수 또한 2의 지수 승으로 그 간격이 크다는 점과 최적의 반복횟수를 자동으로 판단하기 어렵다는 단점이 있다. 또한 평활화의 최대 단점인 특정 영상에서 전역 평활화와 같은 과도한 평활화 효과로 영상의 왜곡 문제도 해결하지 못한 것을 알 수 있다. 편미분 함수를 기반으로 한 방법은 입력 영상을 가로, 세로, 6×6개의 영역으로 균일하게 나누어, (i, j)번째 영역 영상  $L_{ij}(x, y)$ 내의  $A(x, y)$ 를 일정하다고 가정하고 추정 가산치를  $\hat{a}_{ij}$ 로 표기한다.  $L_{ij}(x, y)$ 와  $\hat{a}_{ij}$ 로부터 안개로 인한 영상 왜곡이 개선된 결과 영상  $\hat{D}_{ij}$ 을 식 (6)과 같이 표현할 수 있다.

$$\hat{D}_{ij}(x, y) = \left\{ L_{ij}(x, y) - \hat{a}_{ij} \right\} \frac{L_{\infty}}{L_{\infty} - \hat{a}_{ij}} \dots\dots\dots (6)$$

결과는 그림 1(g)처럼 명암차를 통한 추정 가산치로 대비를 향상시켰으나 과도하게 밝은 명암을 가지게 되어 시각적으로 부자연스러운 영상을 갖게 하였다.

### III. 분할된 영역에서의 독립적인 Sub-Stretching 기법

제안하는 스트레칭 기법은 다음과 같은 흐름도를 갖는다. 첫째로 원본 이미지의 히스토그램을 이웃한 픽셀의 밀도 함수를 이용하여 히스토그램을 평균화하고 누적 그래프를 생산한다. 다음으로 누적 그래프의 기울기 값을 이용하여 peak point와 valley point를 찾고 환경적 변수를 사용하여 영역을 나누어준다. 세번째로 나누어진 영역을 이용하여 각 영역의 분포도를 분석하고 각각의 영역과 관련하여 분포비율을 계산한다. 계산되어진 분포비는 스트레칭 연산을 적용할 때 전체 히스토그램의 영역에서 얼마만큼의 영역으로 늘려줄 것인지를 결정할 때 사용되어진다. 마지막으로 계산된 범위만큼 히스토그램의 각 영역을 스트레칭하고 복원과정에서 다시 합병해주어 명암대비 개선 영상을 생성한다.

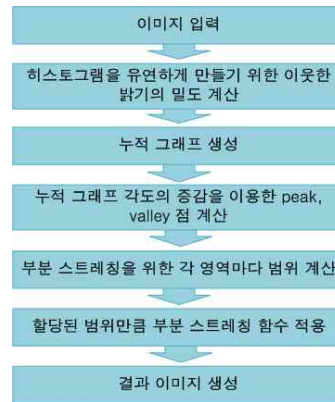


그림 2 제안한 알고리즘의 블록도  
Fig. 2. Block diagram of the proposed algorithm

#### 3.1 누적 그래프 각도에 따른 히스토그램 분할

스트레칭에 앞서 분포에 따른 히스토그램 영역을 나누는 방법으로 본 논문에서는 Peak Point와 Valley Point를 먼저 찾고 이들을 이용하여 영역을 분할하는 방법을 제시하였다. 히스토그램의 영역을 구분하기 위해서 각각의 밝기 값의 밀도를 계산한 히스토그램을 이용하여 산술적으로 구현한다. 히스토그램의 분포가 전반적으로 유연하다면 기울기를 이용할 때 각도가 점점 증가하다가 낮아지는 변화를 통해 Peak Point와 Valley Point의 위치를 찾는 것이 쉽다. 하지만 일반적으로 영상들은 그림 3(a)의 원본영상에서 보는 바와 같이 히스토그램 상에 각각의 분포값이 급격한 변화를 보인다.

$$D_m = \sum_{i=m-\frac{w}{2}}^{m+\frac{w}{2}} f(x_i) \dots\dots\dots (7)$$

식 (7)는 이러한 히스토그램의 분포값을 주변 윈도우 크기만큼의 이웃한 밝기 값의 정보를 참조하여 순간적으로 급격히 변화하는 전체 히스토그램 분포에서 노이즈 영향 없이 높은 분포를 갖는 지역과 낮은 분포를 갖는 지역으로 분리할 수 있도록 만들 수 있다.  $D_m$ 은 주변 밀도를 참조하여 얻은 평균적인 밀도함수이며,  $w$ 는 윈도우 크기를 나타내고,  $m$ 은 정규화 된 해당 밝기값을 나타낸다. 따라서 영상의 밝기 값이 정규화 되어  $\frac{w}{2 \times 255} \sim 1 - \frac{w}{2 \times 255}$  값을 포함한다. 그리고  $f(x_i)$ 는 해당  $i$ 번째 밝기값의 빈도수를 나타내는 함수이다. 이때  $w$  값은 히스토그램이 최대한 부드러운 곡선을 갖을 수 있도록 허용할 수 있는 최대값을 준다. 그림 3(a)와 (b)에서 보는바와 같이 급격한 변화를 보이는 그림 3(a)의 히스토그램이

주변밝기 값에 의해서 그림 3(b)와 같이 부드러운 굴곡을 가진 히스토그램으로 변경 된 것을 볼 수 있다. 이렇게 구해진 히스토그램은 1개 이상의 peak point과 1개 이상의 valley point을 포함하고 있다. 즉, 여러 개의 가우시안 모양을 가지고 있다고 볼 수 있다. 이 정규화 된 히스토그램을 가우시안 분포함수에 대한 그래프라고 생각한다면 우린 이 그래프에 대한 누적 함수 그래프를 예상할 수 있다. 히스토그램은 총 '0'~'255'의 256개의 밝기값을 가지고 있다. 그 중  $n$  번째의 밝기값에 해당하는 밀도값을  $F(i)$ 이라 한다면 다음 식 (8)와 같이 각각의 밝기값에 따른 누적값  $f(n)$ 을 계산할 수 있다. 식 (8)의  $n$ 의 범위는 히스토그램상의 밝기값의 범위로 0~255의 범위이다.

$$f(n) = \sum_{i=0}^n F(i) \dots\dots\dots (8)$$

그림 3(c)는 주변 밝기값을 이용해서 안개영상의 히스토그램을 최종적으로 생성한 다음 그림 3(b)의 값에 대해 누적 그래프를 생성한 이미지이다. 이 누적그래프의 기울기를 이용하면 찾고자 하는 안개 영역에 해당하는 peak point을 찾을 수 있기 때문이다. 우선 대비영상이 어두운 영상인지 밝은 영상인지를 평균 명암비를 계산하여 판단하고 밝은 영상이라면 처음 시작 검색 위치를 밝은쪽의 '255' 위치로 결정하여 순차적으로 누적그래프에서 기울기를 구한다.



그림 3. 누적 그래프를 생성하기 위한 원본 영상 히스토그램의 주변 밝기값 밀도함수사용

Fig. 3. Use the neighboring brightness density function to create accumulation graph

이렇게 기울기를 구하게 되면 기울기는 점점 증가하게 되다가 다시 감소하는 지점을 찾을 수 있다. 이는 히스토그램에서 peak point까지의 위치까지 도달하다가 다시 valley point로 내려가는 지점이라고 볼 수 있다. 반대로 또 다시 계속해 기울기를 구하면 기울기가 감소하다가 다시 증가하는 현상을 보이게 되는데 이것은 valley point에서 다시 peak point로 올라가는 시작위치라고 볼 수 있다. 최적의 peak point, valley point를 찾아주기 위해 후보 위치들도 함께 찾아준다. 그림 4(b)와 같이 히스토그램의 오른쪽 영역에서

peak, valley point지점에 2개의 붉은선으로 후보 지점들이 나타났다.

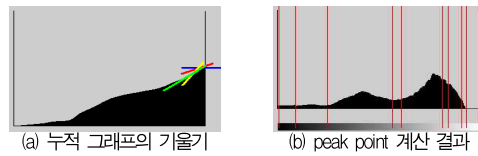


그림 4. 누적 그래프의 기울기를 이용한 peak point 찾기  
Fig. 4. Search a peak point with accumulation graph.

이렇게 찾아준 값을 바탕으로 최고 밝기 지점인 peak 지점은 제거하고 valley 지점만 남겨 각각의 영역을 분할한다. valley point의 후보영역들은 각각의 거리와 지점의 분포값을 비교하여 큰 지점을 선별하여 최종 지점을 결정한다. 그림 5는 불필요한 지점들은 제거하고 최종적으로 히스토그램이 분할된 결과 이미지이다. 이렇게 분할된 히스토그램 영역들을 가지고 부분 스트레칭 연산을 한다.

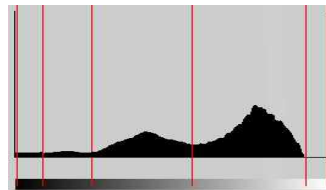


그림 5. 히스토그램의 분할영역 결과  
Fig. 5. Divided of Histogram

3.2. 스트레칭 범위 계산 및 스트레칭 적용 방법

위의 방식으로 히스토그램을 분할하였다면 스트레칭 연산을 위해서 각 영역을 스트레칭 할 범위를 계산한다. 나누어진 히스토그램 영역의 개수는 영상에 따라 각각 다른 값으로 나오기 때문에 개수를 통한 비율에 따른 범위로 계산해야 한다.

$$S_i = \sum_n^{n+1} P_n, n = 0 \sim 255 \dots\dots\dots (9)$$

$$P(i) = \frac{S_i}{TP} (i = 1 \sim n) \dots\dots\dots (10)$$

$S_i$ 는 히스토그램 상의 나누어진 해당 밝기 영역 사이에 있는  $n \sim n + 1$  영역에 포함된 픽셀  $P_n$ 을 모두 더한 값을 말한다. 식 (10)과 같이  $P(i)$ 는 히스토그램 상에서 분리한  $i$  번째 영역의 비율을 말하는 것이고  $TP$ 는 영상의 총 픽셀수이다. 결과적으로 각각의 비율  $P(i)$ 이 스트레칭 적용범위를 계산할 수 있도록 해준다.  $r_i$ 는 얼마큼 스트레칭 할 것인지의

간격을 말하고  $Hr$ 는 전체 히스토그램의 범위(0~255)를 말한다. 또한  $n$ 은 분할된 히스토그램 영역의 총 개수를 말한다.

$$r_i = \frac{P(i)}{Hr} \quad (i = 0 \sim n) \dots\dots\dots (11)$$

$$\sum_{i=0}^n r_i = Hr \dots\dots\dots (12)$$

식 (13)처럼 각각의 영역에 대해 스트레칭 간격이 계산되어지면 마지막으로 계산된 간격만큼 각각의 영역을 스트레칭을 한다.  $i$ 번째 영역의 스트레칭  $St_i$ 는  $i$ 번째 경계선의 위치값  $R_{(i)}$ 와  $i + 1$ 의 경계선 위치값  $R_{(i+1)}$  사이의 거리를 대입하여 영역 안에 포함된 각각의 밝기 분포값  $D_k$ 가 어느 정도를 밝기값으로 늘려질 것인지 계산한다.

$$St_i = r_i \times \frac{D_k}{R_{(i+1)} - R_{(i)}} \quad (i = 0 \sim n) \dots\dots\dots (13)$$

그림 6(a)는 논문에서 제안한 기법을 적용하여 나온 결과 영상과 그에 따른 히스토그램이다. 원본 영상은 그림 1(a)에 있는 영상이다. 그림 6(b)의 히스토그램을 분석해 보면 각각 영역들이 밀집도에 따라 넓이를 달리하여 스트레칭 것을 볼 수 있다. 그림 1(a) 원본영상을 보면 전반적으로 어두운 영상으로 히스토그램의 분포가 왼쪽으로 많이 치우쳐 있다. 따라서 어두운 영역의 분포비가 다른 곳보다 상대적으로 높기 때문에 히스토그램 상에 더 넓은 범위에 걸쳐 스트레칭 된 것이다. 결과적으로 어두운 영역에 대한 넓은 스트레칭 범위로 인해 영상의 밝기가 밝아졌고, 명암대비 개선된 영상을 얻을 수 있다. 일반적으로 역광 영상의 경우 밝기 정보가 0~255의 밝기 단계 중 어느 한 영역에만 집중되어 분포하고 있으며, 이를 밀도에 따라 외곽없이 적절한 스트레칭 기법을 사용함으로써 명확도를 향상시켜줄 수 있었다.

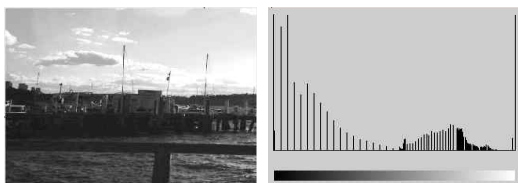


그림 6. 제안한 스트레칭 적용 결과 영상과 해당 히스토그램  
Fig. 6. resulting image using proposed method and related histogram

#### IV. 실험 및 고찰

위에서 설명한 바와 같이 본 논문에서 제안한 방법으로 명암도가 얼마나 향상되었는지 300여장의 이미지를 가지고 테스트를 실시하였다. 또한 다른 스트레칭의 기법과 어떠한 차이가 있는지 실험을 통해 알아보았다. 그림 7과 그림 8, 그림 9의 영상은 기존의 스트레칭 기법과 본 논문에서 제안한 기법을 비교한 영상이다. 그림 7(a)는 어두운 영역으로 히스토그램 상에서 어두운 영역쪽으로 과도하게 치우쳐 있다. 그림 7(c)는 RSIHE 평활화 기법을 적용한 영상으로 원본 영상보다 개선이 된 듯 보이지만 하늘영역에서 부분적으로 왜곡되어 계단현상을 보인다. 또한 평활화의 효과가 최대한 발휘되지 못하여 건물의 오른쪽면은 여전히 어두운 명암대비를 보인다. 즉, 눈에 띄는 명암대비 개선이 이루어 지지 않았기 때문에 과도하게 치우쳐진 어두운 영상에서는 RSIHE 기법이 비효과적이다. 반면 LRS 기법을 적용한 그림 7(e)는 RSIHE 기법보다 하늘과 건물의 명암대비가 증가하긴 했지만 하늘 영역에 대해서는 여전히 계단현상이 보이고 하늘과 건물의 뚜렷한 경계선을 보여 주었다. 그림 7(g)의 편미분 함수를 이용한 기법에서는 기존 기법처럼 하늘의 왜곡은 없었지만 건물에 대해서 명암비가 높아져 경계선이 뚜렷하여 자연스럽지 못한 결과 영상을 생성하였다. 또한 건물의 창문에 노이즈와 같은 현상이 발생해 전체적으로 영상이 깨끗하지 못하다. 즉, 어두운 영상을 띄면서 과도하게 한쪽으로 분포가 밀집되어 있는 그림 7(a)와 같은 영상에서는 명암대비 개선 기법이 과도하게 적용되어짐을 알 수 있었다. 본 논문에서 제안한 기법을 적용한 그림 7(i)는 히스토그램상의 밀도에 따라 스트레칭 적용범위를 결정해주기 때문에 과도하게 스트레칭 되는 현상을 막을 수 있었고, 위의 기존 기법을 적용한 영상들보다 시각적으로 건물의 왼쪽과 오른쪽의 명암대비가 적절하게 개선되어진 결과를 보여주었다.

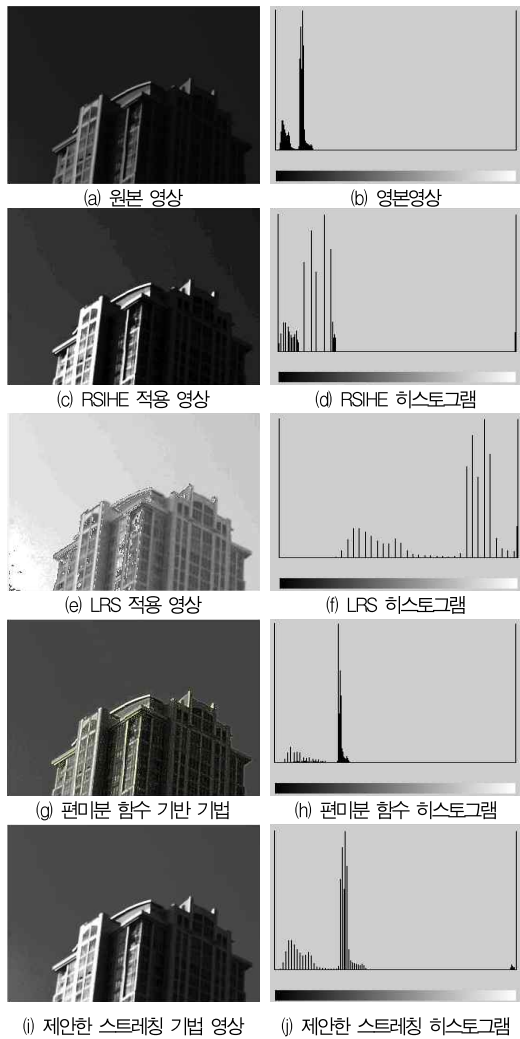


그림 7. 기존기법 및 Sub-stretching 기법 적용영상과 결과영상의 히스토그램

Fig. 7. Result images and each histograms used exist method and Sub-stretching method

그림 8은 밝은 영상으로 히스토그램의 밝은 영역에 분포가 밀집한 영상이다. 그림 8(c)은 RSJHE 기법을 적용한 결과 영상으로 진달래의 꽃술이 대비 향상 되었다. 하지만 배경 부분인 하늘영역에서 과도한 평활화가 이루어져 노이즈가 발생하고 잡음이 생기게 되었다. 그림 8(e)는 LRS 기법을 적용한 영상으로 그림 8(c)의 결과 영상에 비해 하늘영역에 노이즈나 왜곡을 감소시켰다. 하지만 영상의 각 영역별로 스트레칭 기법을 적용하기 때문에 진달래의 꽃잎과 꽃술의 경계가 뭉개져 구

분이 쉽지 않다는 문제점이 발생하였다. 편미분 함수 기반 기법은 그림 8 (g)와 같이 영상의 밝기는 높아졌으나 꽃잎과 나뭇가지들의 경계가 과도하게 나타나고 꽃잎부분에 노이즈와 같은 잡음이 발생하여 영상이 시각적으로 선명하지 못하다 즉 깨끗하지 못한 현상으로 인해 화질의 질은 떨어진 것을 볼 수 있었다. 본 논문에서 제안한 기법은 그림 8(i)와 같이 원본영상에 대해서 대비향상은 물론이고 적응적인 스트레칭 범위 결정으로 인해 과도한 스트레칭을 막아주어 하늘영역의 외곽 현상이나 잡음을 제어할 수 있고, 진달래의 꽃잎과 꽃술도 시각적으로 구분이 가능도록 결과 영상을 제공해주었다.

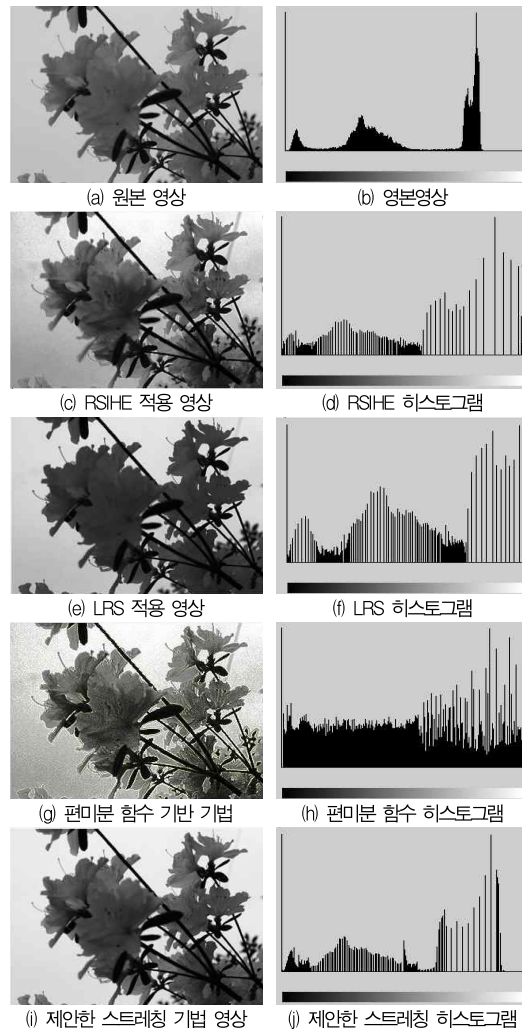


그림 8. 기존기법 및 Sub-stretching 기법 적용영상과 결과영상의 히스토그램

Fig. 8. Result images and each histograms used exist method and Sub-stretching method

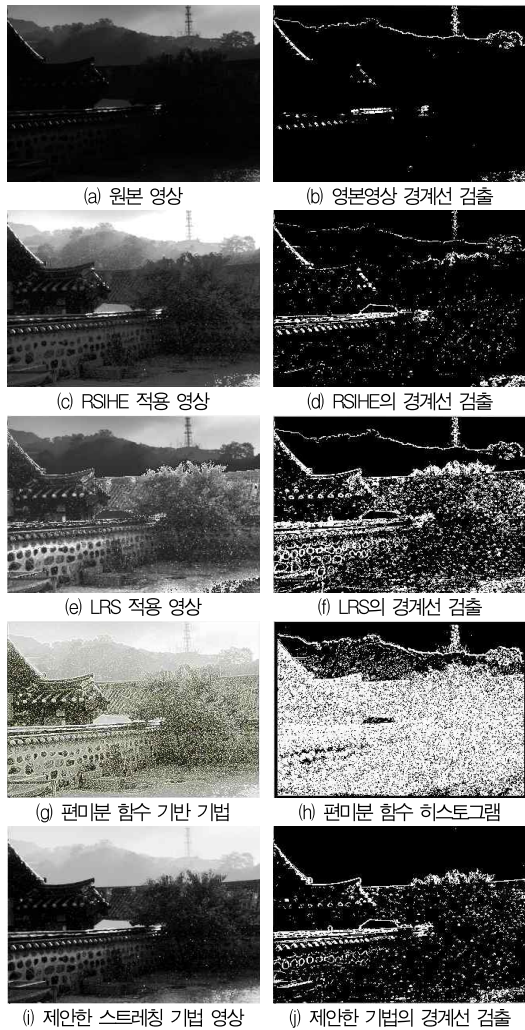


그림 9. 기존기법 및 Sub-stretching 기법 적용영상과 경계선 검출  
 Fig. 9. Result images and each histograms used exist method and Sub-stretching method

그림 9는 전반적으로 어두운 영상으로 각각의 기존 기법과 논문에서 제안한 기법을 적용한 결과 영상과 경계선 검출 결과를 보여주었다. 그림 9(c)영상은 RSJHE 기법을 적용한 영상으로 시각적인 명암대비 개선을 보여주고 있지만 물체들의 경계가 과도하게 블러링 되어 경계선을 검출한 이진영상에서는 기와지붕의 경계선과 담장의 경계선 Edge가 충분히 검출되지 않았다. LRS 스트레칭 또한 전반적으로 밝아진 영상을 보여주지만 한옥건물과 뒤의 배경에 잡음과 같은 흰색 경계선을 발생시켜주었다. 경계선을 검출한 이미지에서도 경계선이 명확히 드러나긴 하지만 나무와 담장의 영역에 많은 수의 노

이즈와 잡음이 생겨 영상처리과정에서 적절하지 못한 결과를 가져올 확률이 높다. 그림 9(g)의 결과 영상은 편미분 함수 기반 기법을 적용한 결과로써 건물의 명암 대비 면에서는 밝아진 영상을 볼 수 있지만 모든 경계선들이 나타나 노이즈가 심하고 오른쪽의 나무 영역이 많이 부자연스러운 것을 볼 수 있다. 그림 9(h)에서도 볼 수 있듯이 모든 엣지들이 모두 검출되어 올바른 경계선이 제대로 검출되지 않음을 알 수 있다.

본 논문에서 제안한 기법을 적용한 그림 9(i)의 영상은 명암대비 기존 영상보다 밝기가 향상되고 영상에서 비가오고 있음을 알 수 있을 정도로 영상의 선명도가 개선되었다. 따라서 그림 9(j)의 경계선 검출과정에서 배경에 해당하는 경계선은 사라지고, 담장과 지붕 및 세밀함을 요구하는 처마의 경계선은 명확히 검출할 수 있었다. 본 실험을 통해 화질의 선명도를 위해 경계선 검출과정에서 다른 기존 기법들보다 잡음의 양이 많지는 않지만 원본 영상보다는 잡음의 양이 증가한다는 것을 알 수 있었다. 또한 특정 영상에 의해서 히스토그램의 분포가 너무나도 급격하게 변화하는 이미지에서는 히스토그램의 평균 분포량을 이용하여 히스토그램을 유연하게 만들어 주어도 분포의 급격한 변화가 여전히 장애로 남는 것을 실험을 통해 알았다. 이러한 히스토그램은 기울기를 통한 valley point를 찾는 것이 쉽지 않기 때문에 이러한 문제점을 해결하고자 다양한 이미지에 의한 다양한 히스토그램 모양의 패턴을 분석하고 이러한 패턴의 분류를 통해 패턴인식을 하여 이를 통한 히스토그램의 분할을 빠르고 보다 정확하게 수행할 수 있도록 수정하여 명암대비 개선효과의 성능을 향상 시킬 수 있어야 할 것이다.

## V. 결론

본 논문에서 제안한 방식은 명암 대비 영상에서의 시각적인 대비 개선에 중점을 둔 영상처리방식이다. 히스토그램상의 영역을 밀집도에 따라 분할하고, 분할되어진 각각의 영역의 해당하는 밝기값의 분포비율을 구한다. 계산된 분포비율은 스트레칭을 수행할 때 히스토그램 상의 적용 범위를 결정한다. 최종적으로 이 결정된 범위만큼 해당 영역을 각각 스트레칭 연산을 통해 적용하여 효과적인 명암대비 개선된 영상을 구할 수 있다. 제안된 방법은 실험을 통해 광역적인 방법과 지역적인 대비향상 방법들이 갖는 문제들을 해결할 수 있음을 확인할 수 있었다. 어두운 영역에 과도하게 밀집되어 시각적으로 어두운 밝기를 갖는 영상에서는 과도하게 스트레칭되거나 평활화되는 기존 기법과 달리 분포비율에 따른 계산되어진 범위 내에서만 스트레칭되기 때문에 과도한 스트레칭 문제를 해결



할 수 있었고, 영상의 블록화나 계단현상과 같은 왜곡을 최대한 줄일 수 있었다. 또한 밝은 영상에서는 적절한 범위를 적용한 스트레칭 기법이 영상을 과도하게 어두운 쪽으로 펼쳐지지 않도록 도와주고, 세밀한 부분에 대한 명암까지 고려되어 시각적인 명암대비 개선을 보여주었다. 나아가 물체들의 선명함도 개선됨에 따라 물체들을 검출하는 과정에서 더욱 유용할 수 있도록 발전시켜야 하고, 이러한 개선효과와 더불어 발생한 잡음 발생효과와 시간복잡도와 공간 복잡도의 개선을 위한 연구는 지속적인 연구가 필요하다.

### 참고문헌

[1] Alan Watt and Fabio Policarpo, "The Computer Image" ADDISON-WESLEY, pp. 120-1, 1998.

[2] Rafael C. Gonzalez and Richard E. Woods. "Digital Image Processing" Prentice-Hall, pp. 106-115. 2008.

[3] S. M. Pizer, E. P. Arbum, J. D. Austin, R. Gromartie, A. Geselowitz, T. Greer, B. H. Romeny, J. B. Zimmerman, and K. Zuiderveld, "Adaptive Histogram Equalization and Its Variations," Computer Vision Graphics and Image Processing, Vol. 39, No. 3, pp.355-368, Sep. 1987.

[4] Joung-Youn Kim, Lee-Sup Kim, and Seung-Ho Hwang, "An Advanced Contrast Enhancement Using Partially Overlapped Sub-Block Histogram Equalization", IEEE Trans. on Circuits and Systems for Video Technology, Vol. 11, No. 4, pp.475-484, Apr. 2001.

[5] K. S. Sim, C. P. Tso, and Y. Y. Tan, "Recursive sub-image histogram equalization applied to gray scale images", Pattern Recognition Letters, Vol. 28, No. 10, pp.1209-1221, Jul. 2007.

[6] S. Srinivasan and N. Balram, "Adaptive Contrast Enhancement Using Local Region Stretching" The 9th Asian Symposium on Information Display (ASID), pp.152-155, New Delhi, India, Oct. 2006.

[7] 장은승, 강봉협, 고한석, "편미분 기반의 함수를 이용한 안개 열화 영상의 대조비 개선", 대한전자공학회, 제 32 권, 제 1호, 1096-1097쪽, 2009년 6월.

[8] Yeong-Taeg Kim, "Contrast Enhancement Using

Brightness Preserving Bi-Histogram Equalization," IEEE Trans. on Consumer Electronics, Vol. 43, No. 1, pp.1-8, Feb. 1997.

[9] Y. Wan, Q. Chen, and B. Zhang, "Image enhancement based on equal area dualistic sub-image histogram equalization method", IEEE Trans. on Consumer Electronics, Vol. 45, No. 1, pp.68-75, Feb. 1999.

[10] NIST, "Announcing the Advanced Encryption Standard(AES)", NIST, pp.2-40, 2001.

[11] 김진환, 김창수, "Dark Channel Prior를 이용한 계층적 영상 안개 제거 알고리즘", 전기학회논문지, 제 59 권, 제 2호, 457-464쪽, 2010년 2월.

### 저자소개



**이명운**

2007 : 순천향대 정보통신공학부 학사  
 2008 : 송실대 전자공학과 석사  
 2008 : 나인정보시스템 연구실 연구원  
 2010 - 현재 : 송실대 전자공학과 석사  
 관심분야 : 패턴인식, 영상처리, 디지털 신호처리



**한영준**

1996 : 송실대 전자공학과 학사  
 1998 : 송실대 전자공학과 석사  
 2003 : 송실대 전자공학과 박사  
 2009 - 현재 : 송실대 정보통신전자공학부 부교수  
 관심분야 : 로봇 비전, 영상처리, 비주얼서보잉



**한헌수**

1991 : University of Southern California 박사  
 1992~현재 : 송실대 정보통신전자공학부 교수  
 1994 : 일본기계기술연구소객원연구원  
 1998 : 송실대 어학원장  
 1999 : 송실대 정보통신전자공학부 학부장  
 관심분야 : 자동화시스템, 자료융합, 물체인식