

밝기 보존을 위한 동적 영역 분할을 이용한 적응형 명암비 향상기법

論 文
57P-1-3

An Adaptive Contrast Enhancement Method using Dynamic Range Segmentation for Brightness Preservation

朴圭熙* · 曹和鉉** · 李承俊*** · 尹鍾浩*** · 崔明烈†
(Gyu-Hee Park · Hwa-Hyun Cho · Seung-Jun Lee · Jong-Ho Yun · Myung-Ryul Choi)

Abstract - In this paper, we propose an adaptive contrast enhancement method using dynamic range segmentation. Histogram Equalization (HE) method is widely used for contrast enhancement. However, histogram equalization method is not suitable for commercial display because it may cause undesirable artifacts due to the significant change in brightness. The proposed algorithm segments the dynamic range of the histogram and redistributes the pixel intensities by the segment area ratio. The proposed method may cause over compressed effect when intensity distribution of an original image is concentrated in specific narrow region. In order to overcome this problem, we introduce an adaptive scale factor. The experimental results show that the proposed algorithm suppresses the significant change in brightness and provides wide histogram distribution compared with histogram equalization.

Key Words : Contrast Enhancement, Histogram Equalization, Dynamic Range, Brightness, Histogram equalized

1. 서 론

영상의 명암비를 증가시키는 것은 영상 처리의 중요한 목표 중의 하나이다. 명암비의 증가는 영상의 화소에 대해 밝기가 가장 어두운 부분과 밝은 부분의 밝기의 비에 의해 정의 되는 동적 영역(Dynamic Range)을 확장함으로써 가능하다. 동적 영역을 증가시키는 방법에는 여러 가지가 있지만 그 중 히스토그램 평활화가 가장 일반적인 방법으로 사용되고 있다. 히스토그램 평활화는 영상의 회색도(Gray Level)를 균등하게 분포시킴으로써 영상이 넓은 동적 영역을 가지게 하며 영상의 전체적인 명암비가 향상된다[1]. 히스토그램 평활화는 간단하고 효과적인 기능 때문에 다양한 응용분야에서 사용되고 있다. 하지만 히스토그램 평활화는 평활화 적용 이후에 영상의 밝기가 과도하게 변화한다는 단점을 가지고 있다. 따라서 과도한 밝기의 변화를 억제하기 위한 방법에 대한 연구[4]가 필요하다.

본 논문에서는 새로운 명암비 향상 기법을 제안하였다. 제안한 방법은 영상의 동적영역을 분할하여 분할된 구간별 면적비를 이용한다. 면적비에 따른 밝기 분포를 재분배함으로써 밝기값을 최대한 보존하여 과도한 밝기의 변화를 억제한다.

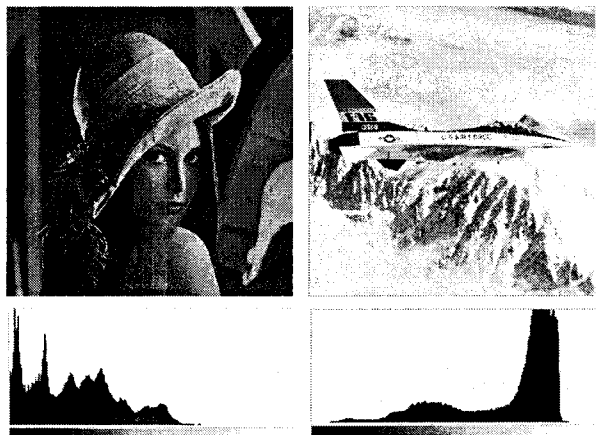
본 논문의 2장에서는 일반적인 명암비 향상기법들에 대해

설명하고 3장에서는 제안한 방법에 대하여 설명하였다. 4장에서는 일반적인 평활화 기법을 적용한 영상과 제안한 알고리즘을 적용한 영상을 비교한 실험 결과에 따른 특징에 대해 논하며, 마지막으로 5장에서 결론에 대하여 논의 하였다.

2. 본 론

2.1 일반적인 명암비 향상 기법

2.1.1 히스토그램 평활화



(a) 어두운 영상(Dark image) (b) 밝은 영상(Bright image)

그림 1 영상에 따른 히스토그램 분포
Fig. 1 Histogram distribution of image

히스토그램(Histogram)은 영상의 가장 어두운 영역부터 가

* 學生會員 : 漢陽大學校 電子電氣制御工學科 碩士課程

** 正會員 : 漢陽大學校 電子電氣制御工學科 工博

*** 正會員 : 漢陽大學校 電子電氣制御工學科 博士課程

† 교신저자, 正會員 : 漢陽大學校 電子電氣制御工學科 教授 · 工博

E-mail: choimy@asic.hanyang.ac.kr

接受日字 : 2007年 11月 30日

最終完了 : 2007年 12月 31日

장 밝은 영역의 범위를 나타낸다. 넓은 히스토그램 분포를 갖는 영상들은 어두운 영역에서부터 밝은 영역의 범위를 갖게 된다. 따라서 영상의 히스토그램 분포가 증가하면 영상을 더욱 상세하게 볼 수 있는데 이는 영상의 정보 양은 전혀 증가하지 않는 순수한 시각 작용에 따른 것이다.

인간의 시각 작용은 콘트라스트에 더욱 민감하며, 이러한 콘트라스트 분포는 히스토그램을 통하여 알 수 있다. 영상의 히스토그램은 영상의 명암 값을 알 수 있게 해주는 정보를 제공하며, 또한 영상을 구성하는 명암의 콘트라스트 및 명암의 분포에 대한 정보도 제공한다[3]. 어두운 영상의 히스토그램은 픽셀값 분포가 왼쪽으로 편중 되어 있으며, 반대로 밝은 영상은 픽셀값 분포가 오른쪽으로 편중 되어 있다.

이상적인 영상의 히스토그램은 균일한 분포를 가진다. 명암도[0, L-1] 범위 내의 명암도를 갖는 영상의 히스토그램은 식(1)과 같은 이산 함수로 정의 할 수 있다.

$$h(X_k) = n_k \quad (1)$$

여기서 X_k 는 k번째 명암도이고, n_k 는 명암도 X_k 가 가지는 화소들의 수를 나타낸다. 입력이 8비트인 경우, $L=255$ 값을 갖는다. 히스토그램은 n 으로 표시되는 영상의 전체 화소수로 나누어 정규화 할 수 있다. 정규화 된 히스토그램은 식(2)와 같으며, $p(X_k)$ 는 명암도 X_k 가 일어날 수 있는 확률에 대한 예측을 나타낸다. 정규화 된 히스토그램의 모든 요소들의 합은 1이 된다[3].

$$p(X_k) = \frac{n_k}{n}, k = 0, 1, 2, \dots, L-1$$

$$\sum_{k=0}^{L-1} p(X_k) = 1 \quad (2)$$

식(2)의 확률 밀도함수를 이용하여 식(3)과 같이 정의 되는 누적 분포 함수(CDF : Cumulative Distribution Function)로 나타낼 수 있다.

$$CDF(X_k) = \sum_{i=0}^k p(X_i) \quad (3)$$

여기서 $k=0,1,2,\dots, L-1$ 이고, $CDF(X_{L-1}) = 1$ 로써 정의된다.

히스토그램 평활화는 입력 영상을 전체 영역(X_0, X_{L-1})로 매핑(Mapping)하는 역할을 수행하며, 이때 원 영상의 화소값 X_k 와 변환된 영상의 화소값 S 에 대한 변환 함수 $T(x)$ 는 식(4)와 같이 정의 할 수 있다.

$$S = T(X_k) = x \times CDF(X_k) \quad (4)$$

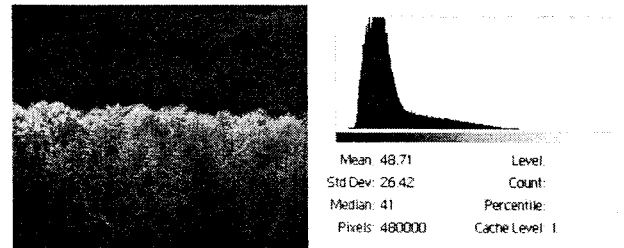
여기서 x 는 최대 입력 레벨을 나타낸다.

히스토그램 평활화는 영상의 밝기 값 분포가 어느 한쪽에

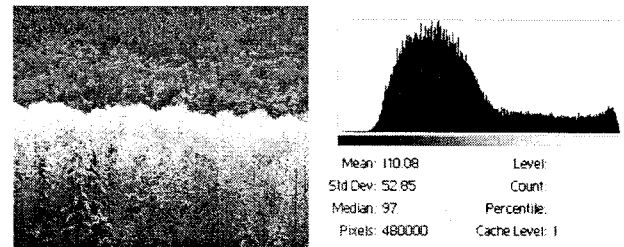
만 집중되어 있어 매우 낮은 명암대비를 이루고 있는 이미지에 대해 주로 적용된다. 처리 과정은 아래의 단계로 나타낼 수 있다.

1. 히스토그램 평활화 대상 영상에 대한 히스토그램을 구한다.
2. 히스토그램을 전체 화소수에 대하여 정규화 한다.
3. 정규화 된 히스토그램과 식(4)와 같은 매핑 함수를 이용하여 밝기 값을 변환한다.

히스토그램 평활화를 그림 2.(a)와 같은 어두운 영상에 적용하였다. 그림 2.(b)는 히스토그램 평활화를 적용한 영상을 나타 낸 것이다.



(a) 원영상(Original image)



(b)히스토그램 평활화가 적용된 영상(HEed image)

그림 2 원 영상과 히스토그램 평활화가 적용된 영상의 비교
Fig. 2 Comparison between original image and histogram equalized image

이와 같이 히스토그램 평활화는 특정 밝기 영역에 집중되어 있는 픽셀들의 밝기 값을 재조정하여 보다 넓게 분포하도록 함으로써 명암 대비를 향상시켜 화질을 개선시킨다.

2.1.2 콘트라스트 스트레칭

콘트라스트 스트레칭 기법은 영상의 명암값 분포를 최대한 확장하도록 히스토그램을 펼치는 방법이다. 영상이 가우시안(Gaussian) 또는 가우시안과 유사한 분포를 가질 때 가장 잘 적용된다. 가장 널리 알려진 콘트라스트 스트레칭의 두 종류는 기본 명암 대비 스트레칭과 엔드 인 탐색(End-in Search)이다. 기본 콘트라스트 스트레칭은 특정부분에 명암값이 집중 되어 있는 히스토그램을 가지는 영상으로의 적용이 가장 용이하다. 기본 콘트라스트 스트레칭 기법은 식(5)와 같이 나타낼 수 있다[2].

$$New_Pixel = \frac{Old_Pixel - Low}{High - Low} \times 255 \quad (5)$$

여기서 Low값은 영상에서 가지고 있는 가장 낮은 픽셀값을 의미하며, High값은 영상에서 가지고 있는 가장 높은 픽셀값을 의미한다. 영상에서 가장 낮은 값을 가진 픽셀값을 이동하여 입력 픽셀에서 감산과정을 수행하여 히스토그램을 전체적으로 왼쪽으로 이동시키는 역할을 한다. 이것은 히스토그램을 0부터 255까지 넓게 분포시키기 위한 과정이다.

콘트라스트 스트레칭의 두 번째 방법은 엔드 인 탐색 기법이다. 기본 콘트라스트 스트레칭 기법은 저대비의 영상의 경우 히스토그램의 어두운 영역 혹은 밝은 영역에 임펄스 노이즈(Impulse noise)가 존재할 경우에 콘트라스트 스트레칭에 의한 화질 개선 효과는 적게 나타난다. 엔드 인 탐색 기법은 임계값을 정하여 Low 값과 High값 검색을 수행한다. 엔드 인 탐색 기법에 대한 알고리즘은 아래 식과 같다. 임계값을 적용하여 High값과 Low값을 검색하므로 입력영상의 히스토그램에서 임펄스 노이즈 값을 제거하고 High와 Low값을 얻을 수 있다. 식(6)은 엔드인 탐색 기법에 적용되는 식을 나타내었다.

$$Output(x) = \begin{cases} 0 & \text{for } x \leq Low \\ \frac{Old_Pixel - Low}{High - Low} \times 255 & \text{for } Low \leq x \leq High \\ 255 & \text{for } High \leq x \end{cases} \quad (6)$$

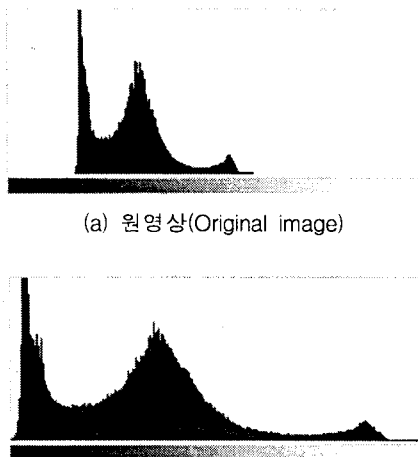


그림 3 히스토그램 비교
Fig. 3 Histogram comparison

2.2 제안한 알고리즘

2.2.1 Color Difference 계산

제안한 기법은 영상의 히스토그램 생성 이전에 전 처리 과정을 가진다. 중심 픽셀에 대하여 식(7)과 같은 연산을 하여 영상의 에지정보를 포함시킨다.

$$Color_Difference = I(x, y) + \frac{1}{8} \sum_{i=-1}^1 \sum_{j=-1}^1 |I(x+i, y+j) - I(x, y)| \quad (7)$$

여기서 $I(x,y)$ 는 밝기값에 대한 중심 픽셀의 좌표이며 i, j 는 주위 픽셀의 수평, 수직 좌표를 나타낸다. 중심 픽셀과 주위 픽셀의 합에 대한 절대값을 중심픽셀에 더함으로써 에지가 발생하는 부분을 강조하여 보다 뚜렷한 영상을 가지게 된다.

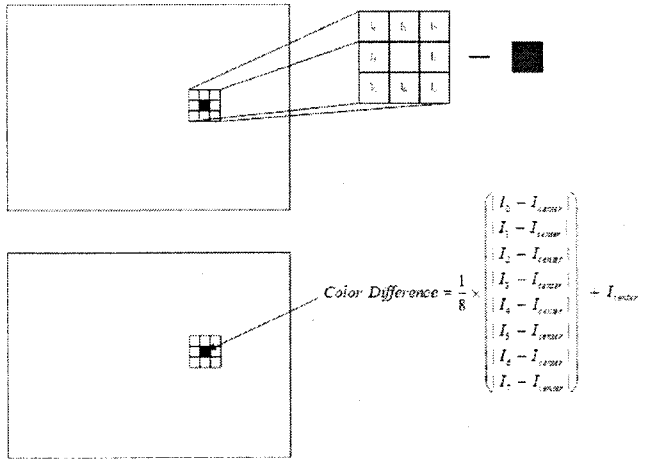
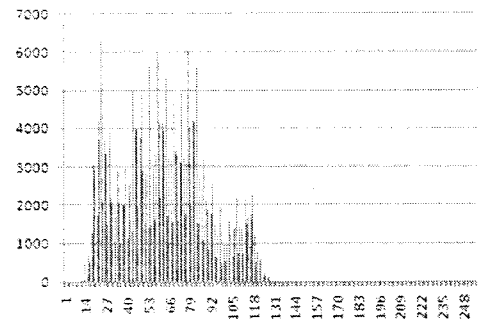
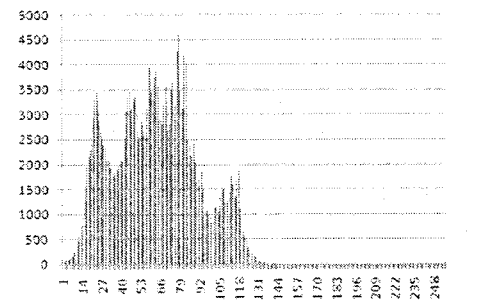


그림 4 Color Difference 연산 과정
Fig. 4 Process of Color difference calculation

전 처리과정의 마지막 단계는 Color difference 연산이 적용된 영상의 히스토그램을 생성하는 것이다. 그림 5는 원 영상을 통해 생성한 히스토그램과 전 처리 과정을 수행 하였을 때의 히스토그램을 나타내었다. 픽셀 분포를 비교하였을 때, 전처리 과정을 수행하였을 때의 히스토그램 분포가 고르다는 것을 알 수 있다.



(a) 원영상의 히스토그램 (Histogram of original image)



(b) 전 처리 과정을 수행한 영상의 히스토그램 (Histogram of pre-process applied image)

그림 5 히스토그램 비교
Fig. 5 Histogram comparison

2.2.2 동적 영역 분할 및 구간별 면적비 계산

전 처리 과정을 마친 영상의 동적 영역(Dynamic Range)을 분할한다. 분할 구간 수의 설정은 영상에 따라서 2~8개로 설정 할 수 있다. 그림 6은 동적 영역의 분할과 구간별 면적비 계산과정을 나타낸 것이다. 연산량 및 효율성에 비추어 볼 때 4개의 구간 선택이 합리적이다. 동적 영역의 분할과 구간의 경계점은 각각 식(8), (9)를 따른다.

$$Div_range = \frac{Dynamic_Range}{Segment} \quad (8)$$

$$Div_point_k = Div_range \times k + low \quad (9)$$

여기서 k는 분할된 구간의 개수를 의미하며, 4개의 구간 선택 시 k = 0,1,2,3의 값을 가진다.

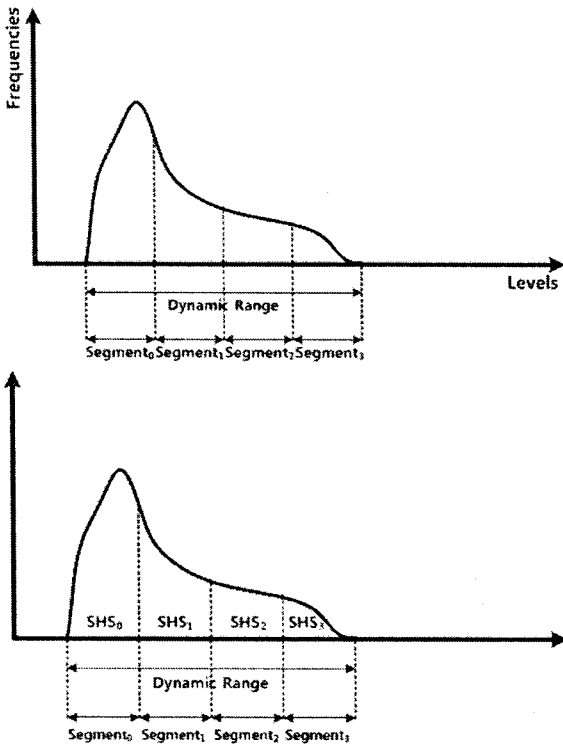


그림 6 동적 영역의 분할 및 구간별 면적 계산
Fig. 6 Dynamic range division and calculation of segmented area

여기서 Dynamic_Range는 영상이 가지는 동적 영역의 길이이며, Segment는 구간의 개수를 나타낸다. 동적 영역의 길이는 콘트라스트 스트레칭 기법에서 사용하는 엔드 인 탐색 기법과 유사하다. 임펄스 노이즈를 대비하여 low, high 임계 값을 각각 설정하여 high값과 low값의 차를 영상의 동적 영역으로 정의하였다.

분할된 동적 영역 구간별 면적(SHS : Sum of Histogram Segment)은 식(10)과 같이 히스토그램 구간 내의 총 합으로 정의 된다.

$$SHS_k = \sum_{j=Div_range_k}^{Div_range_{k+1}} h(X_j) \quad (10)$$

여기서 k는 분할된 구간의 개수를 나타내며, j는 히스토그램의 인덱스를 나타낸다.

식(11)과 같이 동적 영역 구간별 면적을 각각 영상의 총 화소수에 대하여 나눔으로써 구간별 면적비(RAR : Regional Area Ratio)를 정의 할 수 있다.

$$RAR_k = \frac{SHS_k}{Total\ intensity} \quad (11)$$

여기서 k는 분할된 구간의 개수를 나타낸다. 분할된 구간이 4개 일 경우 k = 0,1,2,3의 값을 가지며 동적 영역의 구간별 면적과 그에 대한 구간별 면적비 결정을 그림 7에 나타내었다.

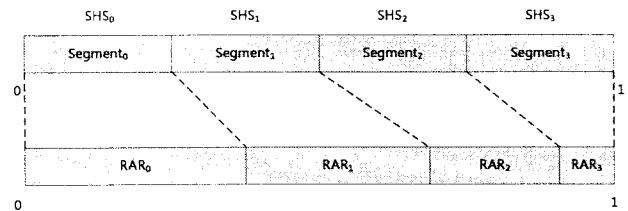


그림 7 구간의 면적비 결정
Fig. 7 Segment RAR decision

여기서 RAR_k의 총 합은 1이 된다.

히스토그램의 총 길이가 L로 정의 되었을때 새롭게 분배되는 구간(RDRA : ReDistributed Regional Area)은 식(12)와 같이 히스토그램의 총 길이와 구간별 면적비의 곱으로 정의 할 수 있다.

$$RDRA_k = Maximum\ Gray\ Level \times RAR_k \quad (12)$$

2.2.3 면적비에 따른 히스토그램 재분배

분할된 구간의 면적비는 재분배 되는 구간의 비에 비례한다. 만약 분할된 구간의 면적비가 클수록 재분배 되는 구간의 간격이 길어지며, 반대의 경우 재분배 되는 구간의 간격이 짧아진다. 입력되는 픽셀값과 재분배되는 픽셀값의 관계는 식(13)을 따른다.

$$Y(n) = (x(n) - Div_point_k) \times RAR_k + \sum_{i=0}^k RDRA_i \quad (13)$$

여기서 x(n)은 입력되는 픽셀값, Y(n)은 입력되는 픽셀값에 대한 출력을 나타내며, k는 분할된 구간의 개수를 의미한다. 4개의 구간 선택을 선택 할 경우 k = 0,1,2,3의 값을 가지며 면적비에 따른 히스토그램 재분배 방법을 그림 8에 나타내었다.

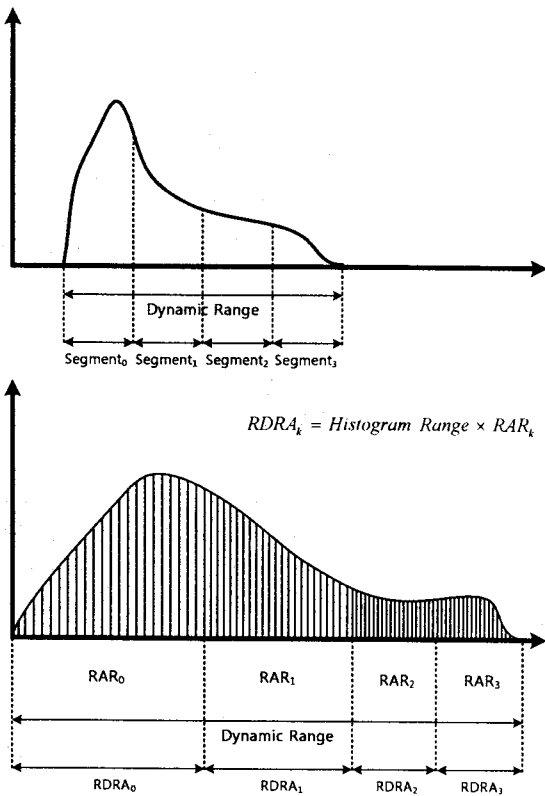


그림 8 면적비에 따른 히스토그램 재분배
Fig. 8 Histogram redistribution by regional area ratio

2.2.4 적응형 보정인자(Adaptive Scale Factor) 적용

분할된 동적영역의 면적비가 한쪽에 편중되어 있을 때 재분배 되는 구간의 간격이 너무 좁아져 원 영상의 동적영역의 과압축 현상(Over Compressed Effect)이 발생하게 된다. 이 경우 영상의 과도한 명암비 향상으로 인하여 영상의 계조도가 떨어지게 된다. 따라서 본 논문에서는 적응형 보정인자(Adaptive Scale Factor)를 적용하여 위와 같은 현상을 방지한다. 식(14)는 k번째 구간에 대한 보정인자를 나타낸 것이다.

$$Scale\ Factor_k = 1 - \alpha \times \left(\frac{Maximum\ Gray\ Level}{N} - RDRA_k \right) \quad (14)$$

여기서 N은 분할되는 구간의 개수를 나타내며 a는 0.006 ~ 0.01의 값을 가진다. 위의 보정인자를 식(15)와 같이 재분배되는 구간에 곱하여 재분배 되는 영역의 크기를 조절한다. 식(15)는 k번째 분할된 구간의 재분배 영역을 나타낸다.

$$RDRA_k^* = Scale\ Factor_k \times RDRA_k \quad (15)$$

3. 시뮬레이션 결과

시뮬레이션은 Visual C++을 사용해서 시뮬레이션 하였고 입력 영상은 모두 컬러 영상이다. 시뮬레이션에 사용한 영상은 히스토그램 평활화시 과도한 밝기 변화로 인한 색변화가 나타나는 Airplane과 영상의 밝기 분포가 어두운쪽으로 집중

되어 있는 Zelda를 사용하였다. 그림 8은 원 영상과 원 영상의 히스토그램을 보여주는 것이고, 그림 9는 원 영상을 히스토그램 평활화한 영상과 그 영상의 히스토그램을 보여주는 것이다. 마지막으로 그림 10은 원 영상을 제안한 알고리즘을 적용한 영상과 그 영상의 히스토그램을 나타낸다.



그림 9 원 영상
Fig. 9 Original image

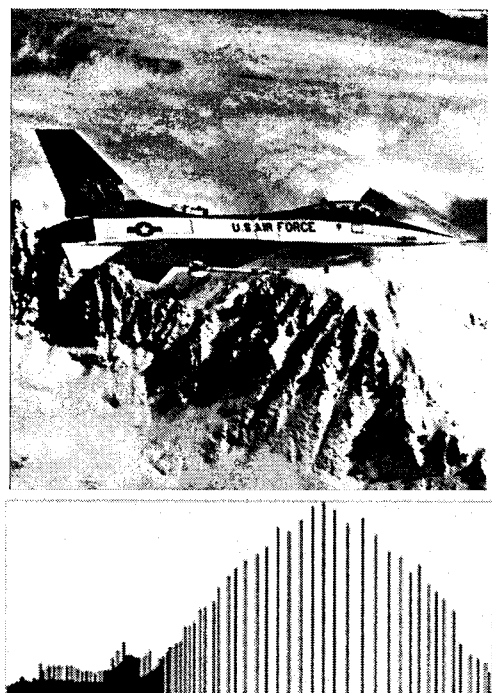


그림 10 히스토그램 평활화 기법을 적용한 영상
Fig. 10 Histogram equalized image



그림 11 제안한 기법을 적용한 영상
Fig. 11 Experimental result of proposed method



그림 12 원 영상
Fig. 12 Original image

시뮬레이션 결과 영상을 통해서 확인 한 결과, Airplane 영상의 경우 과도한 밝기 변화로 인하여 흰색으로 표현 되어야 할 부분에 있어서 녹색으로의 색변화가 발생하였다. 제안한 알고리즘을 적용한 영상은 과도한 밝기 변화를 억제하여 색의 왜곡을 최대한 억제 할 수 있었으며 명암비 또한 향상되었다. Zelda 영상의 경우 히스토그램 평활화로 인한 과도한 밝기 변화로 인하여 인간의 시각적으로 불편한 결과를 나타내었다. 제안한 알고리즘을 적용한 영상은 명암비 향상에 있어서 과도한 밝기 변화를 억제하여 전체적인 영상이 선명해진 것을 시각적으로 확인 할 수 있다.



그림 13 히스토그램 평활화 기법을 적용한 영상
Fig. 13 Histogram equalized image



그림 14 제안한 기법을 적용한 영상
Fig. 14 Experimental result of proposed method

표 1은 시뮬레이션 영상에 대한 평균값, 표준편차, 중간값에 대한 수치를 나타낸다. 평균값에 경우 그 값이 작으면 작을수록 픽셀 값이 어두운 쪽에 많이 분포되어 있음을 의미하며, 표준 편차의 값이 큰 값일 경우 히스토그램의 전 영역에 고르게 분포 되어 있음을 의미한다. 이를 근거로 히스토그램 평활화와 제안한 알고리즘을 비교 하였을 때, 히스토그램 평활화를 적용한 영상의 경우 평균값이 제안한 알고리즘보다 높은 것을 확인 할 수 있다. 이것은 제안한 알고리즘이 밝기의 변화를 보다 억제 하였다는 것을 확인 할 수 있다. 표준 편차의 경우 제안한 알고리즘을 적용한 영상이 크다는 것을 알 수 있다. 따라서 제안한 알고리즘이 히스토그램 평활화보다 평균값의 변화가 작고 넓은 히스토그램 분포를 가짐으로써 영상의 왜곡 없이 더 선명한 화질을 보여주는 것을 알 수 있다.

표 1 시뮬레이션 영상의 결과 값 비교

Table 1 Comparison of the simulation results

Image Factors	Airplane (512×512)			Zelda (787×576)			Forest (800×600)		
	Original	Histogram Equalized	Proposed	Original	Histogram Equalized	Proposed	Original	Histogram Equalized	Proposed
Mean	181.88	125.59	151.73	58.54	113.41	106.37	56.24	142.57	136.97
Standard Deviation	44.00	66.40	73.33	49.93	80.95	79.92	35.60	72.23	79.97
Median	201	125	179	56	113	106	48	143	138

4. 결 론

본 논문에서는 영상의 동적 영역 분할을 이용한 명암비 향상 기법을 제안하였다. 과도한 밝기 변화는 사람의 눈에 쉽게 피로감을 느끼게 하며, 색이 흐릿하게 표현되는 원인을 제공한다. 제안된 기법은 선명한 영상을 얻기 위하여 에지 정보를 포함시키는 전처리 과정을 거치며 영상의 동적 영역을 분할하여 분할된 구간의 면적비에 따라 영상의 밝기 분포를 균등하게 분포시킴으로써 과도한 밝기 변화를 억제하여 그로 인해 발생하는 색 변화를 방지한다. 실험 결과를 통해 제안한 기법은 히스토그램 평활화를 수행한 영상의 밝기 변화를 억제함을 확인 하였고 표준 편차 값을 통하여 확인 한 결과 제안한 기법이 히스토그램 평활화를 적용한 영상과 비교하여 더 넓은 히스토그램 분포를 가지며 그에 따른 명암비 향상을 확인 할 수 있었다.

감사의 글

이 연구에 참여한 연구자(의 일부)는 『2단계 BK21 사업』의 지원비를 받았습니다.

참 고 문 헌

[1] R. C. Gonzalez, "Digital Image Processing", 2nd Edition, Prentice Hall, pp. 75-146, 2002.
 [2] R. Crane, "A Simplified Approach to Image Processing", Prentice Hall, pp. 42-66, 1997.
 [3] 조화현, 최명렬, "실시간 처리를 위한 적응형 콘트라스트 향상 기법", 대한전자공학회, 전자공학회논문지, 제 42권, SP 제 1호, pp. 51-57, 2005.
 [4] Z. Chen, et al., "Gray-Level Grouping(GLG) : An Automatic Method for Optimized Image Contrast Enhancement - Part1 : The Basic Method", IEEE Transactions on Image processing, vol. 15, no. 8, pp. 2290-2302, 2006.
 [5] H. Hayashi, et al., "Contrast Improvement for Displayed Color Image Based on Color Difference", IDW '06 VHF, pp. 531-534, 2006.
 [6] Y. T. Kim, et al., "Contrast enhancement using brightness preserving bi-histogram equalization",

IEEE Trans. on Consumer Electron, vol. 43, no. 1, pp. 1-8, 1997.

[7] J. Y. Kim, et al., "An Advanced Contrast Enhancement Using Partially Overlapped Sub-Block Histogram Equalization", IEEE Trans. on Circuit and Systems, vol. 11, no. 4, pp. 475-484, 2005.
 [8] S. D. Chen, et al., "Contrast Enhancement using Recursive Mean-Separate Histogram Equalization for Scalable Brightness Preservation", IEEE Trans. on Consumer Electron, vol. 49, no. 4, pp. 1301-1309, 2003.

저 자 소 개



박규희 (朴圭熙)

1981년 6월 7일생. 2006년 한양대학교 전자컴퓨터 공학부 졸업. 2006년~동 대학원 일반대학원 전자·전기·제어공학과 석사과정.

Tel : 031-400-4036

Fax : 031-400-3889

E-mail : ruminus@asic.hanyang.ac.kr



조화현 (曹和鉉)

1973년 10월 9일생. 1999년 한양대학교 제어측 공학과 졸업. 2001년 동 대학원 일반대학원 전자·전기·제어공학과 졸업(석사). 2006년 동 대학원 일반대학원 전자·전기·제어공학과 졸업(공학박사).

Tel : 031-400-4036

Fax : 031-400-3889

E-mail : hhcho8@asic.hanyang.ac.kr



이 승 준 (李 承 俊)

1978년 12월 6일생. 2001년 한양대학교 전자컴퓨터 공학부 졸업. 2003년 동 대학원 일반대학원 전자·전기·제어공학과 졸업(석사). 2003년~2006년 이디텍 주식회사 주임 연구원. 2007년~현재 동 대학교 일반대학원 전자·전기·제어공학과 박사과정.

Tel : 031-400-4036

Fax : 031-400-3889

E-mail : lee30806@asic.hanyang.ac.kr



윤 중 호 (尹 鍾 浩)

1973년 7월 11일생. 2001년 한양대학교 제어계측 공학과 졸업. 2003년 동 대학교 일반대학원 전자·전기·제어공학과 졸업(석사). 2003년~현재 동 대학교 일반대학원 전자·전기·제어공학과 박사 과정.

Tel : 031-400-4036

Fax : 031-400-3889

E-mail : sfw1179@asic.hanyang.ac.kr



최 명 렬 (崔 明 烈)

1960년 9월 26일생. 2001년 한양대학교 전자공학과 졸업. 1985년 미시간 주립대학교 컴퓨터공학 졸업(석사). 1991년 동 대학교 컴퓨터공학 졸업(박사). 1991년 3월~10월 생산기술 연구원 전자정보실용화센터 조교수. 1991년 11월~1992년 8월 생산기술 연구원 산하 전자부품종합기술연구원 선임연구원. 1992년 ~현재 한양대학교 전자컴퓨터공학부 교수

Tel : 031-400-5214

Fax : 031-400-3889

E-mail : choimy@asic.hanyang.ac.kr