

명암비 향상을 위한 서브-히스토그램 면적비 기반의 적응형 히스토그램 재분배 알고리즘

박 동 민[†] · 최 명 렬^{**}

요 약

히스토그램 평활화는 주어진 입력 영상의 누적분포함수 *CDF* (*Cumulative Distribution Function*)를 이용하여 영상의 동적영역 (*Dynamic Range*)을 확장하고 히스토그램의 분포를 균등하게 함으로써 명암비를 개선한다. 그러나 히스토그램 평활화는 영상의 밝기를 과도하게 변하게 하는 단점이 있다. 본 논문에서는 과도한 명암비 향상을 억제하기 위해 서브-히스토그램의 면적비 기반의 히스토그램 재분배를 이용한 적응형 명암비 향상 알고리즘을 제안한다. 제안한 알고리즘은 영상의 동적영역을 입력영상의 휘도 평균값을 기반으로 분할하고, 분할된 영역의 면적비에 따라 밝기 분포를 재분배함으로써 과도한 밝기 변화를 효과적으로 억제 할 수 있다. 실험결과를 통하여 시각적으로 색의 왜곡이 없는 자연스러운 영상을 확인하였고, 평균값의 비교를 통해 과도한 밝기 변화를 억제한 것을 확인 할 수 있었다. 또한 히스토그램의 분포에 상관없이 대부분의 영상에서 우수한 결과를 나타내는 것을 실험결과에서 알 수 있었다.

키워드 : 명암비향상, 히스토그램 평활화, 평균값

An Adaptive Histogram Redistribution Algorithm Based on Area Ratio of Sub-Histogram for Contrast Enhancement

Dong-Min Park[†] · Myung-ruyl Choi^{**}

ABSTRACT

Histogram Equalization (HE) is a very popular technique for enhancing the contrast of an image. HE stretches the dynamic range of an image using the cumulative distribution function of a given input image, therefore improving its contrast. However, HE has a well-known problem : when HE is applied for the contrast enhancement, there is a significant change in brightness. To resolve this problem, we propose An Adaptive Contrast Enhancement Algorithm using Subhistogram Area-Ratioed Histogram Redistribution, a new method that helps reduce excessive contrast enhancement. This proposed algorithm redistributes the dynamic range of an input image using its mean luminance value and the ratio of sub-histogram area. Experimental results show that by this redistribution, the significant change in brightness is reduced effectively and the output image is able to preserve the naturalness of an original image even if it has a poor histogram distribution.

Keywords : Contrast Enhancement, Histogram Equalization, Mean

1. 서 론

히스토그램 평활화는 영상의 명암비 향상을 위해 널리 사용되고 있는 기술 중 하나이다. 히스토그램 평활화는 주어진 입력 영상의 누적분포함수 *CDF* (*Cumulative Distribution Function*)를 이용하여 영상의 동적영역(*Dynamic Range*)을 확장하고 히스토그램의 분포를 균등하게 함으로써 명암비를 개선한다[1,2]. 그러나 히스토그램 평활화는 영상의 과도한

밝기 변화로 인한 출력영상에 색의 왜곡현상이 나타난다. 따라서 영상의 왜곡현상을 막기 위해 영상의 과도한 밝기 변화를 억제하는 알고리즘의 연구[1,2]가 필요하다.

앞에서 언급한 문제점을 극복하기 위해 *BBHE* (*Brightness Preserving Bi-Histogram Equalization*)[3], *DSIHE* (*Dualistic Sub-Image Histogram Equalization*)[4], *RMSHE* (*Recursive Mean Separate Histogram Equalization for scalable brightness preservation*)[5]과 같은 다양한 히스토그램 평활화 알고리즘들이 제안되었다. 기존의 알고리즘들은 히스토그램의 평활화의 단점을 조금은 억제 하였지만 완벽하게 해결하진 못했다. 예를들면, 여전히 과도한 밝기 변화로 인한 출력영상에 색의 왜곡현상이 나타난다.

[†] 준 회 원 : 한양대학교 전자전기 제어계측공학과 공학석사과정
^{**} 종신회원 : 한양대학교 전자컴퓨터공학부 교수
논문접수 : 2009년 3월 13일
수정일 : 1차 2009년 4월 24일
심사완료 : 2009년 5월 4일

본 논문에서는 새로운 명암비 향상 알고리즘이 제안하였다. 제안한 방법은 영상의 동적영역을 입력영상의 휘도 평균값을 기반으로 4개의 동적영역으로 분할하고, 분할된 영역의 면적비에 따라 히스토그램의 분포를 재분배함으로써 과도한 밝기 변화를 억제 할 수 있다.

본 논문의 2장에서는 기존의 명암비 향상 알고리즘과 제안한 알고리즘에 대해 설명하였다. 3장에서는 기존의 알고리즘과 제안한 알고리즘에 적용된 결과 영상들을 비교해서 각 실험결과와 특징에 대하여 논하며, 마지막으로 4장은 결론에 대하여 논의 하였다.

2. 본 론

2.1 일반적인 명암비 향상 알고리즘

2.1.1 히스토그램 평활화

히스토그램은 영상의 가장 어두운 영역부터 가장 밝은 영역의 범위를 나타내며 범위가 넓어지면 영상의 명암비가 증가하며 영상을 더욱 상세히 볼 수 있게 된다.

인간의 시각작용은 명암비에 민감하며, 히스토그램을 통해 명암비의 분포를 알 수 있다. 영상의 히스토그램은 영상의 명암값, 명암비와 같은 정보를 제공하며 어두운 영상의 히스토그램은 왼쪽에 밝은 영상의 히스토그램은 오른쪽으로 편중되어 있다.

이상적인 영상의 히스토그램은 균일한 분포를 가지고 있는데, $[0, L-1]$ 범위 내의 명암도를 갖는 영상의 히스토그램은 식(1)과 같이 정의할 수 있다.

$$H(X_k) = n_k \tag{1}$$

여기서 X_k 는 k 번째 명암도이고, n_k 는 X_k 와 같은 명암도를 갖는 픽셀수를 나타낸다. 입력의 8비트인 경우, $L=256$ 값을 갖는다.

히스토그램은 영상의 전체 픽셀수로 나누어 정규화 할 수 있다[7]. 정규화 된 히스토그램 $p(X_k)$ 는 명암도 X_k 가 일어날 수 있는 확률을 나타내며, 식(2)와 같이 정의된다. 누적분포 함수 CDF (Cumulative Distribution Function)는 식(2)의 확률밀도함수를 이용하여 식(3)과 같이 나타낼 수 있다[1,2].

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

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

여기서 n 은 입력영상이 가지는 총 픽셀수를 나타내고, $CDF(X_{L-1}) = 1$ 이 된다.

히스토그램 평활화는 입력 영상을 전체 영역으로 매핑하는 역할을 수행하며, 이때 원 영상의 휘도 값을 X_k 라고 할

때, 변환된 출력영상의 휘도 값 Y 는 변환함수 $T(X)$ 로 식(4)와 같이 나타낼 수 있다.

$$Y = T(X_k) = \alpha \times CDF(X_k) \tag{4}$$

여기서 α 는 영상이 가질 수 있는 최대 그레이 레벨($L-1$)을 나타낸다.

히스토그램 평활화는 영상의 밝기 값 분포가 어느 한쪽에만 집중되어 있어 매우 낮은 명암대비를 이루고 있는 이미지에 대해 주로 적용된다. 처리 과정은 아래의 3단계로 나타낼 수 있다. 첫 번째 단계는 히스토그램 평활화 대상 영상에 대한 히스토그램을 구하고, 두 번째 단계에서 히스토그램을 전체 픽셀수에 대하여 정규화 한후, 세 번째 단계로 정규화 된 히스토그램과 식(4)와 같은 매핑 함수를 이용하여 휘도 값을 변환한다.

2.1.2 BBHE, DSIHE와 RMSHE

*BBHE(Brightness Preserving Bi-Histogram Equalization)*는 입력영상의 휘도 평균값 X_M 을 기준으로 분할된 두 개의 서브히스토그램을 독립적으로 히스토그램 평활화를 적용한 최초의 알고리즘이다. 분할된 두 개의 서브-히스토그램은 $H_L(X)$ 와 $H_U(X)$ 로 각각 정의된다. X_M 이 입력영상의 휘도 평균값일 때, 입력영상의 히스토그램 $H(X)$ 는 식(5)와 같이 정의 된다[4].

$$H(\mathbf{X}) = H_L(\mathbf{X}) \cup H_U(\mathbf{X}) \tag{5}$$

여기서 $H_L(X)$ 가 갖는 그레이 레벨은 $\{X_0, X_1, \dots, X_M\}$ 이고, $H_U(X)$ 는 $\{X_{M+1}, X_{M+2}, \dots, X_{L-1}\}$ 을 나타낸다. H_L 과 H_U 의 확률밀도함수 P_L, P_U 와 누적분포함수 CDF_L, CDF_U 는 식(7)과 식(7)로 나타낼 수 있다[4].

$$p_L(X_k) = \frac{n_k}{n_L}, k = 0, 1, \dots, M$$

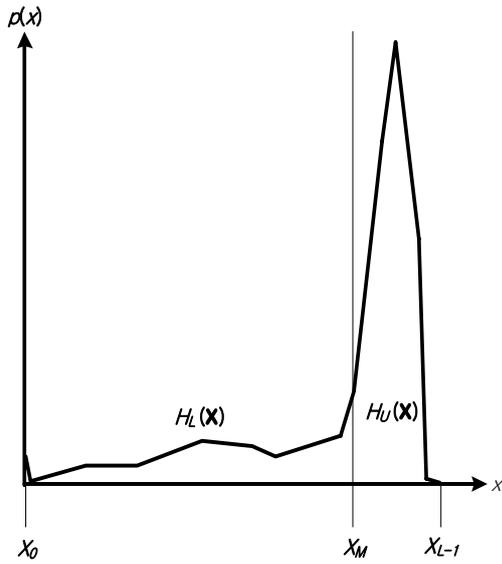
$$p_U(X_k) = \frac{n_k}{n_U}, k = M + 1, M + 2, \dots, L-1 \tag{6}$$

$$CDF_L(X_k) = \sum_{i=0}^k p_L(X_i), k = 0, 1, \dots, M$$

$$CDF_U(X_k) = \sum_{i=0}^k p_U(X_i), k = M + 1, M + 2, \dots, L-1 \tag{7}$$

여기서 n_k 는 X_k 와 같은 명암도를 갖는 픽셀수를 나타내며, n_L 과 n_U 는 각각 $H_L(X)$ 와 $H_U(X)$ 의 총 픽셀수를 나타낸다.

(그림 1)은 평균값 X_M 을 기준으로 분할된 서브-히스토그램 $H_L(X)$ 와 $H_U(X)$ 를 나타내며, 출력 영상의 휘도값 Y 는 입력 영상의 휘도값 X_k 와 변환함수 $T(X)$ 와의 관계식을 식(8)과 같이 나타낼 수 있다[4].

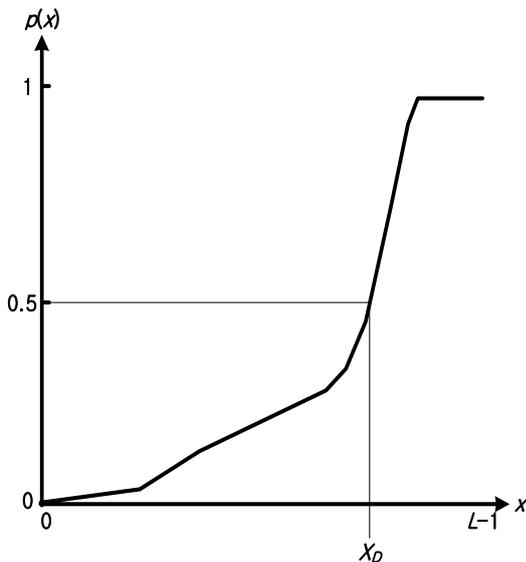


(그림 1) 평균값을 기준으로 분할된 서브-히스토그램

$$\begin{aligned}
 Y_L &= T_L(X_k) = \alpha \times CDF_L(X_k) \\
 Y_U &= T_U(X_k) = \alpha \times CDF_U(X_k) \\
 Y &= Y_L \cup Y_U
 \end{aligned}
 \tag{8}$$

여기서 α 는 영상이 가질 수 있는 최대 그레이 레벨($L-1$)을 나타내며, Y_L 은 $k=0, 1, \dots, M$ 의 범위를 갖고, Y_U 은 $k=M+1, M+2, \dots, L-1$ 의 범위를 갖는다.

DSIHE (Dualistic Sub-Image Histogram Equalization)는 BBHE와 비슷하게 입력영상의 히스토그램을 두 개로 나누지만, 평균값이 아닌 전체 명암도의 중간값 X_D 를 기준으로 나누어 각각을 독립적으로 히스토그램 평활화를 적용하는 알고리즘이다. 중간값 X_D 는 누적분포함수 $CDF(X_k)=0.5$ 일 때의 X_k 값이며[5], (그림 2)와 같이 나타낸다.



(그림 2) 누적분포함수에서 중간값 X_D

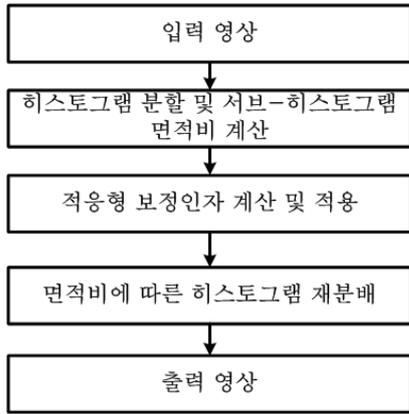
RMSHE (Recursive Mean Separate Histogram Equalization for scalable brightness preservation)는 입력영상의 히스토그램을 한번 분할하는 BBHE와는 다르게 분할 레벨이 r 로 주어져서 r 값에 따라 2^r 만큼 분할된 서브-히스토그램들을 갖는다. 이때 각각의 분할된 서브-히스토그램은 독립적으로 히스토그램 평활화가 적용된다[6].

$r=0$ 일 때 히스토그램의 분할은 없고, $r=1$ 일 때 BBHE와 동일하게 평균값 X_M 을 기준으로 두 개의 서브-히스토그램을 $H_L(X)$, $H_U(X)$ 로 분할하게 된다. $r=2$ 일 때, 입력영상의 히스토그램을 네 개의 서브-히스토그램으로 분할하게 된다. 즉, 첫 번째 분할은 평균값 X_M 을 기준으로 분할하고, 두 번째 분할은 분할된 서브-히스토그램의 명암도 평균 X_{ML} , X_{MU} 를 기준으로 분할한다. 분할된 서브-히스토그램들 각각은 독립적으로 히스토그램 평활화가 적용된다. r 의 값이 2보다 커지면 위와 같은 프로세스를 거쳐 얻어진 2^r 개의 서브-히스토그램을 독립적으로 평활화 한다. r 값이 증가 할수록 출력영상의 평균값은 입력영상의 평균값과 가까워진다.

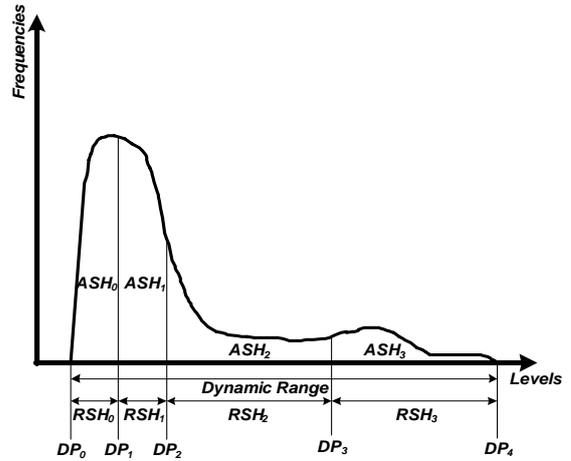
2.2 제안한 알고리즘

기존의 히스토그램 평활화는 명암도 분포 정도에 따라 높은 분포를 갖는 영역은 넓은 동적영역으로 재분배 되고, 낮은 분포를 갖는 영역은 적은 동적영역으로 재분배 되게 된다. 여기서 원본영상이 실제 가지고 있는 영역보다 작은 동적영역으로 분배가 되면 원본 영상이 가지고 있는 동적영역보다 작은 범위를 갖게 되고, 반대의 경우 원본 영상이 가지고 있는 동적영역 보다 넓은 범위를 갖게 된다. 이러한 과도한 명암비 향상 때문에 색의 왜곡, 과도한 밝기 변화등과 같은 문제점이 생기게 된다. 따라서 기존알고리즘의 과도한 명암비 향상 때문에 생기는 과도한 밝기 변화를 방지하기 위하여 새로운 명암비 향상 알고리즘을 제안하였다. 제안한 알고리즘은 영상의 히스토그램을 구하고, 영상평균값과 같은 값을 갖는 히스토그램의 그레이 레벨을 기준으로 2개의 서브-히스토그램으로 분할한다. 분할된 서브-히스토그램의 중간 그레이 레벨을 기준으로 분할된 서브-히스토그램을 다시 2개로 분할한다. 즉, 4개의 서브-히스토그램으로 분할하며, 분할된 4개 서브-히스토그램의 면적비에 따라 서브-히스토그램의 동적영역을 각각 선형적으로 재분배함으로써 과도한 밝기 변화를 억제 한다. 또한 과도한 밝기변화로 인한 색의 왜곡이나, 과도한 명암비 향상의 원인인 과압축 현상(Over Compressed Effect)을 개선하기 위해 적응형 보정인자를 적용한다.

제안한 명암비 향상 알고리즘은 3단계의 프로세스를 가지고 있으며, (그림 3)에서 간단한 순서도로 나타내었다. 첫 번째로 입력 영상의 히스토그램 분할 및 분할된 서브-히스토그램의 면적비를 계산한다. 두 번째로 적응형 보정인자를 계산하고, 각각의 서브-히스토그램 면적비에 적응형 보정인자를 적용하여 새로운 서브히스토그램의 면적비를 계산한다. 마지막으로 보정인자가 적용된 새로운 면적비에 따른 히스토그램 재분배를 한다.



(그림 3) 제안한 알고리즘의 순서도



(그림 4) 분할된 히스토그램

2.2.1 히스토그램 분할 및 서브-히스토그램 면적비 계산

히스토그램의 분할은 영상이 가지는 동적 영역의 길이를 분할하는 것이며, 동적 영역의 길이를 탐색하는 방법은 콘트라스트 스트레칭 알고리즘에서 사용하는 히스토그램의 시작점과 끝점을 탐색 방법[1]과 유사한 적응형 탐색 방법(Adaptive end-in search method)이다 [7]. 임펄스 노이즈를 대비하여 임계값을 설정하여 동적 영역의 LP(Low Point), HP(High Point) 값을 구하고, LP와 HP의 차를 동적 영역의 길이로 정의한다. 여기서 임계값은 실험치에 의해서 입력영상 총 픽셀수의 0.2~0.4%가 가장 적합하다.

히스토그램의 분할은 입력영상의 휘도 평균값은 X_M 으로 정의할 때, X_M 을 기준으로 첫 번째 동적영역 분할을 하며, 두 개의 동적영역 구간 $[LP, X_M]$ 과 $[X_M, HP]$ 으로 분할된다. 두 번째 분할은 $[LP, X_M]$ 구간의 중간값 X_{ML} 과 $[X_M, HP]$ 구간의 중간값 X_{MU} 로 분할되어, 결과적으로 총 4개의 동적영역으로 분할된다. 분할된 히스토그램 RSH (Range of Sub-Histogram)는 식(9)와 같이 나타낼 수 있다.

$$RSH_0 = RSH_1 = \frac{X_M - LP}{2}$$

$$RSH_2 = RSH_3 = \frac{HP - X_M}{2} \tag{9}$$

(그림 4)에서 서브-히스토그램의 경계점을 DP(Division Point)라 할 때, $DP_0=LP$, $DP_1=X_{ML}$, $DP_2=X_M$, $DP_3=X_{MU}$ 그리고 $DP_4=HP$ 의 값을 갖는다. 또한, 분할된 동적영역의 구간별 면적 ASH (Area of Sub-Histogram)는 식(10)과 같이 구간별 히스토그램의 누적 합으로 나타낼 수 있다.

$$ASH_k = \sum_{i=DP_k}^{DP_{k+1}} p(X_i) \tag{10}$$

여기서 k는 0, 1, 2, 3의 값을 갖는다. 또한 입력영상이 8bit 영상일 때, i는 0에서 255의 히스토그램 그레이 레벨을 나타낸다.

분할된 서브-히스토그램의 면적비 계산은 평균값 X_M 을 기준으로 분할된 평균값 X_M 보다 작은 동적영역(RSH_0, RSH_1)과 X_M 보다 큰 동적영역(RSH_2, RSH_3)으로 나누어 면적비를 독립적으로 계산한다. 즉, 원본영상의 히스토그램은 평균값 X_M 기준으로 X_M 보다 작은 동적영역과 X_M 보다 큰 동적영역을 계산된 면적비에 따라 독립적으로 재분배 한다.

분할된 서브-히스토그램의 구간별 면적비 ARSH (Area Ratio of Sub-Histogram)를 식(11)과 같이 정의 할 수 있다.

$$\begin{cases} ARSH_k = \frac{ASH_k}{ASH_0 + ASH_1} & \text{for } k = 0,1 \\ ARSH_k = \frac{ASH_k}{ASH_2 + ASH_3} & \text{for } k = 2,3 \end{cases} \tag{11}$$

구간별 면적비가 위와 같이 정의 되었을 때 새롭게 정의 되는 구간 RDLA (ReDistributed Local Area)은 식 (12)에서 입력영상의 휘도 평균값 X_M 을 기준으로 분할된 동적영역의 그레이 레벨과 구간별 면적비의 곱으로 정의 할 수 있다.

$$\begin{cases} RDLA_k = X_M \times ARSH_k & \text{for } k = 0,1 \\ RDLA_k = (X_{L-1} - X_M) \times ARSH_k & \text{for } k = 2,3 \end{cases} \tag{12}$$

여기서 X_{L-1} 는 영상이 가질 수 있는 최대 그레이 레벨을, X_M 은 입력 영상의 휘도 평균값을 나타낸다.

2.2.2 적응형 보정인자 적용

분할된 동적영역의 면적비가 낮은 그레이 레벨이나 높은 그레이 레벨로 편중되어진 영상일 때, 적은 면적비를 갖는 동적영역은 원영상의 동적영역보다 작은 영역을 갖기 때문에 색의 왜곡이나, 과도한 명암비 향상의 원인인 과압축 현상(Over Compressed Effect)이 발생한다[7,8]. 제안한 알고리즘에서는 이러한 현상을 개선하기위해 적응형 보정인자 ASF (Adaptive Scale Factor)[7]를 식(13)과 같이 정의한다.

$$ASF_k = 1 + \frac{\beta_k (r_k - RDLA_k)}{RDLA_k}$$

$$\begin{cases} r_k = \frac{X_M}{2} & \text{for } k = 0, 1 \\ r_k = \frac{X_{L-1} - X_M}{2} & \text{for } k = 2, 3 \end{cases} \quad (13)$$

여기서 β_k 값은 면적비의 차로 정의하며, 0.0 ~ 1.0의 범위를 갖는다. β 의 관계식은 식 (14)와 같이 나타낸다.

$$\beta_k = |ARSH_0 - ARSH_1| \quad \text{for } k = 0, 1$$

$$\beta_k = |ARSH_2 - ARSH_3| \quad \text{for } k = 2, 3 \quad (14)$$

위의 적응형 보정인자를 적용하여 히스토그램을 새롭게 재분배하여 그 수정된 구간을 *MDRSH(Modified Dynamic Range of Sub-Histogram)*이라 하면, *MDRSH*는 *RDLA*와 적응형 보정인자 *ASF*의 곱으로 나타나며, 식(15)와 같이 정의한다.

$$MDRSH_k = RDLA_k \times ASF_k \quad (15)$$

여기서 k 는 0, 1, 2, 3의 값을 갖는다.

2.2.3 새로운 면적비에 따른 히스토그램 재분배

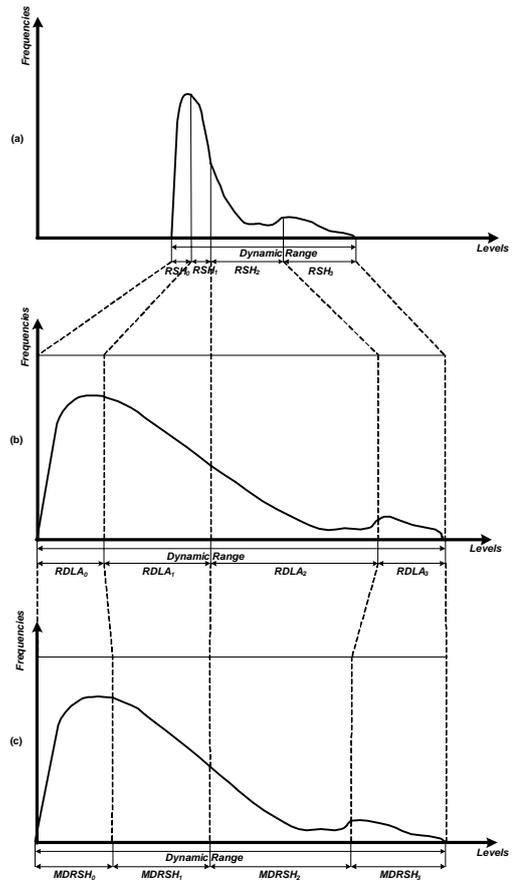
분할된 서브-히스토그램의 면적비는 재분배 되는 동적영역의 크기에 비례한다. 즉, 분할된 서브-히스토그램의 면적비가 크면 재분배 되는 동적영역의 크기는 커지고, 면적비가 작으면 재분배 되는 동적영역의 크기가 작아진다.

입력 영상의 휘도값 $X(n)$ 에 대한 출력영상의 휘도값 $Y(n)$ 의 관계를 식(16)로 정의 할 수 있다.

$$Y(n) = (X(n) - DP_k) \times ARSH_k \times ASF_k + \sum_{i=0}^k MDRSH_i \quad (16)$$

여기서 k 는 0, 1, 2, 3의 값을 갖는다. 위의 식을 기반으로 분할된 동적영역의 면적비에 따라 입력영상의 히스토그램이 재분배되는 과정의 예를 (그림 5)에서 나타내었다.

(그림 5)의 (a)는 히스토그램은 원본영상의 히스토그램이고, (b)는 보정인자를 적용하기 이전의 출력영상 히스토그램이며, (c)는 보정인자를 적용한 최종적인 출력영상의 히스토그램을 나타낸다. (그림 5)의 (b)를 보면 $RDLA_3$ 영역은 원본영상의 동적영역보다 좁은 영역을 가지게 된다. 따라서 원본영상에서 표현할 수 있는 휘도의 범위 보다 작아지기 때문에 출력영상의 왜곡이 나타날 수 있다. 따라서 이런 문제를 해결하기 위해 적응형 보정인자를 적용하여 얻은 (그림 5)의 (c)의 경우 원본영상의 동적영역보다 좁은 영역을 가지는 보정인자 적용전의 $RDLA_3$ 의 동적영역이 $MDRSH_3$ 로 넓은 영역을 갖게 됨으로써 출력영상의 왜곡을 해결할 수



(a) 원본영상의 히스토그램
 (b) 보정인자 적용 전 출력영상의 히스토그램
 (c) 보정인자 적용 후 출력영상의 히스토그램
 (그림 5) 입력영상의 히스토그램 재분배 과정

있다.

3. 실험결과

본 논문에서는 제안한 알고리즘의 성능평가를 위해 다양한 영상을 이용하여 *HE (Histogram Equalization)*, *BBHE (Brightness Preserving Bi-Histogram Equalization)*, *DSIHE (Dualistic Sub-Image Histogram Equalization)*, *RMSHE (Recursive Mean Separate Histogram Equalization for scalable brightness preservation)* 총 4개의 알고리즘과 시뮬레이션 수행결과를 비교하였다.

성능평가를 위해 두 개의 칼라 영상 (그림 6), (그림 8)과 하나의 그레이 영상 (그림 7)을 사용하였다. (그림 6)의 boat는 히스토그램의 분포가 오른쪽(높은 그레이레벨)에 편중되어 있는 영상이다. (그림 6)의 (b), (c), (d), (e)의 결과 영상에서 보면 과도한 밝기 변화로 인한 색의 왜곡과 색의 번짐 현상이 나타나는 것을 알 수 있다. 기존의 알고리즘과는 달리 제안한 알고리즘은 영상의 왜곡현상, 과도한 밝기변화를 억제 하였고, 시각적으로 자연스러우며, 색의 선명도가 높아



(a) *Original*



(b) *HE*



(c) *BBHE*



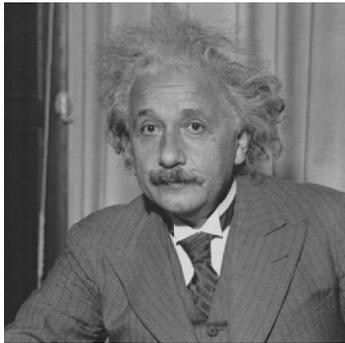
(d) *DSIHE*



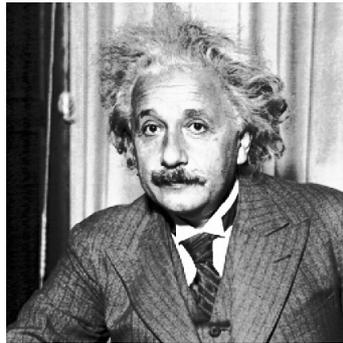
(e) *RMSHE(r=4)*
(그림 6) *boat* 결과영상



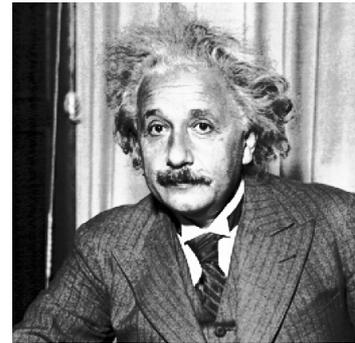
(f) *Proposed*



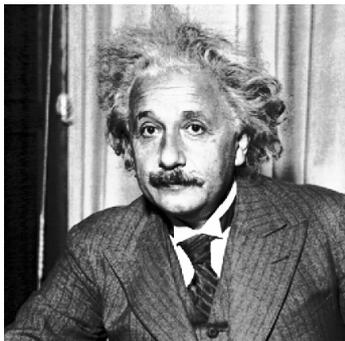
(a) *Original*



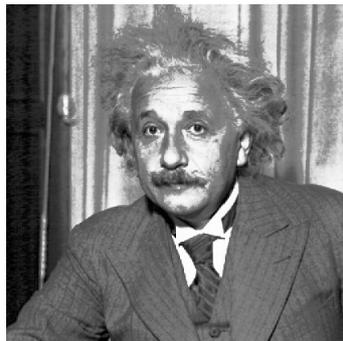
(b) *HE*



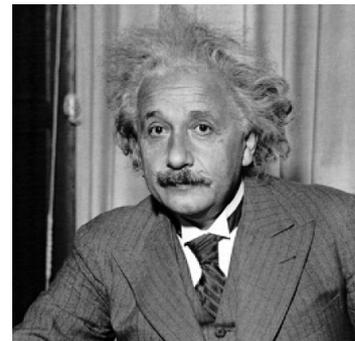
(c) *BBHE*



(d) *DSIHE*



(e) *RMSHE(r=4)*
(그림 7) *Einstein* 결과영상



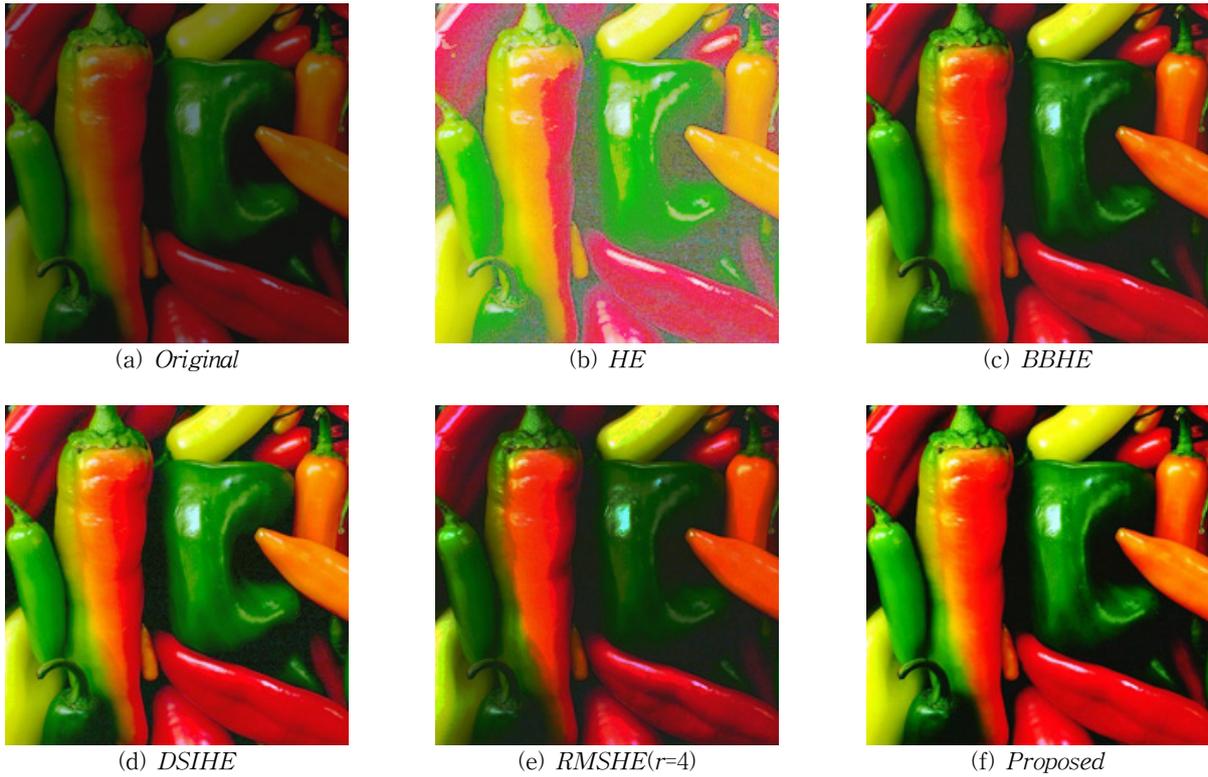
(f) *Proposed*

진 것을 알 수 있다.

(그림 7)의 *Einstein* 영상은 히스토그램의 분포가 중앙에 집중되어있는 영상이다. (그림 7)의 (b), (c), (d), (e)의 결과 영상에서 보면 과도한 밝기 변화와, 색의 번짐 현상이 나타나는 것을 알 수 있다. 또한 자켓 부분을 보면 원본영상의 노이즈를 증폭시킴으로서 시각적으로 부자연스러운 영상인

을 알 수 있다. 하지만 제안한 알고리즘은 과도한 밝기 변화, 색의 번짐, 원본영상의 노이즈 증폭을 최대한 억제함으로써 시각적으로 자연스러운 결과 영상을 보여준다.

(그림 8)의 *Pepper*는 히스토그램의 분포가 왼쪽(낮은 그레이레벨)에 편중되어 있는 영상이다. (그림 8)의 (b)와 (e)의 결과 영상에서 보면 과도한 밝기 변화와 색의 번짐 현상



(그림 8) Pepper 결과영상

이 나타나는 것을 알 수 있고, (그림 8)의 (c)와 (d)의 결과 영상에서 보면 과도한 밝기 변화는 억제하였지만, 노이즈와 영상의 왜곡현상이 보여지는 것을 알 수 있다. 기존의 알고리즘과는 달리 제안한 알고리즘은 영상의 왜곡현상, 과도한 밝기변화를 억제 하였고, 시각적으로 자연스러우며, 색의 선명도가 높아진 것을 알 수 있다.

<표 1>은 원본영상과 결과영상들의 평균값을 비교한 것을 나타내며, 평균값 비교는 결과 영상의 과도한 밝기변화를 나타낼 수 있는 정량적 수치를 나타낸다. <표 1>의 Boat와 Einstein의 결과에서 제안한 알고리즘은 기존의 알고리즘 보다 결과영상의 휘도 평균값이 원본영상의 휘도 평균값에 근접하다는 것을 통해 결과 영상의 과도한 밝기를 억제한 것을 알 수 있고, (그림 6)과 (그림 7)을 통해서 시각적으로도 향상되었음을 확인하였다. 한편, <표 1>의 Pepper결과를 보면 RMSHE가 제안한 알고리즘 보다 결과영상의 휘도 평균값이 원본영상의 휘도 평균값에 더 근접하였지만, 결과영상의 시각적 평가에 의하면 색의 왜곡이 발

생하고, 선명도가 떨어진 것을 (그림 8)에서 확인 할 수 있다. 위의 결과를 통해 원본영상과 결과영상의 휘도 평균값의 비교는 과도한 밝기 변화의 평가 요소 항목은 될 수 있지만, 절대적인 평가기준이 아닌 것으로 판단된다. 즉, 결과영상의 평가는 시각적 평가와 정량적 평가가 동반 되어야만 한다.

4. 결 론

본 논문에서는 명암비 향상을 위해 평균값 기반의 동적영역 분할을 이용한 적응형 명암비 향상 알고리즘을 제안하였다. 제안한 알고리즘은 총 4개로 분할된 서브-히스토그램의 면적비에 따라 서브-히스토그램의 동적영역을 독립적으로 재분배함으로써 과도한 명암비 향상을 억제 할 수 있었고, 과도한 밝기 변화로 인한 결과영상의 색의 왜곡현상을 효과적으로 억제하였다. 실험결과를 통하여 시각적으로 색의 왜곡이 없는 자연스러운 영상을 확인하였고, 평균값의 비교를

<표 1> 결과영상의 휘도 평균값 비교

	Mean					
	Original	HE	BBHE	DSIHE	RMSHE	Proposed
Boat	160.94	129.14	166.36	153.04	164.47	160.72
Einstein	109.7	128.35	123.6	120.27	117.53	108.32
Pepper	41.31	125.42	67.83	74.47	55.56	68.52

통해 과도한 밝기 변화를 억제한 것을 확인 할 수 있었다. 또한 히스토그램의 분포에 상관없이 대부분의 영상에서 우수한 결과를 나타내는 것을 실험결과에서 알 수 있었다. 제안한 알고리즘은 지수함수나 로그함수 같은 복잡한 수식을 포함하지 않기 때문에 하드웨어 구현에 용이하고, 실시간 처리를 요구하는 평판디스플레이(FPD) 화질향상 제어기의 구현에 적합하다.

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] Z. Y. Chen, et al., "Gray-Level Grouping (GLG) : An Automatic Method for Optimized Image Contrast Enhancement - Part I : The Basic Method", IEEE Trans. on Image Processing, Vol.15, No.8, pp.2290-2302, 2006.
- [4] Y. T. Kim, et al., "Contrast Enhancement Using Brightness Preserving Bi-Histogram Equalization", IEEE Trans. on Consumer Electronics, Vol.43, No.1, pp.1-8, 1997.
- [5] 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, 1999.
- [6] S. D. Chen, and A. R. Ramli, "Contrast Enhancement using Recursive Mean-Separate Histogram Equalization for Scalable Brightness preservation", IEEE Trans. on Consumer Electronics, Vol.49, No.4, pp.1301-1309, 2003.
- [7] G. H. Park, et al., "A Contrast Enhancement Method using Dynamic Range Separate Histogram Equalization", IEEE Trans. on Consumer Electronics, Vol.54, No.4, pp.1981-1987, 2008.
- [8] M. Kim and M. G. Chung, "Recursively Separated and Weighted Histogram Equalization for Brightness Preservation and Contrast Enhancement", IEEE Trans. on Consumer Electronics, Vol.54, No.3, pp.1389-1397, 2008.



박 동 민

e-mail : dia0620@gmail.com

2007년 한양대학교 전자전기공학과(학사)

2007년~현 재 한양대학교 전자전기제어

계측공학과 공학석사과정

관심분야 : 디지털 영상처리, 디지털 영상

압축, 화질 향상 기법, 하드웨어 설계



최 명 렬

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

1983년 한양대학교 전자공학과(학사)

1985년 미시간 주립대학교 컴퓨터공학(공학

석사)

1991년 미시간 주립대학교 컴퓨터공학(공학

박사)

1991년~1992년 생산기술연구원 산하 전자부품종합기술연구원
선임연구원

1992년~현 재 한양대학교 전자컴퓨터공학부 교수

관심분야 : VLSI 설계, 디지털 영상처리, RFID, ITS