

논문 2009-46IE-4-8

소형 모바일 디스플레이의 Local Dimming 백라이트를 위한 영상 컨트라스트 향상 기법

(Image Contrast Enhancement Technique for Local Dimming Backlight
of Small-sized Mobile Display)

정진영*, 윤기방**, 김기두***

(Jin-Young Chung, Ki-Bang Yun, and Ki-Doo Kim)

요약

본 논문에서는 대형 TFT-LCD 장치에서 소모전력 개선방안의 하나로 사용되는 Local Dimming 백라이트 제어방식을 휴대 단말기와 같은 소형 디스플레이에 적용하고자 이에 적합한 영상 컨트라스트 향상기법을 제안한다. 대형 디스플레이뿐만 아니라 소형 디스플레이 장치로 널리 각광받는 TFT-LCD의 광원인 백라이트 LED의 배치는 기존에 측면조사 구조로써 Global Dimming 방법이 사용되어졌으나 근래 진보된 기술을 통해 액정 후면에 배치, Local Dimming 방법이 제안되면서 입력영상을 블록단위로 분할 처리해야할 필요성이 대두되고 있다. 즉, 분할된 블록의 영상이 어두울 경우 해당 백라이트 LED의 공급전류를 감소시켜 명암대비를 극대화시킴과 동시에 소모전력량을 감소시키는 방법이다. 본 논문에서는 입력영상을 같은 크기의 블록단위로 분할한후 각 블록 내 화소정보를 분석하여 밝기성분(Y)에 대한 히스토그램과 평균, 표준편차 등의 정보를 획득하여 블록단위로 독립적인 컨트라스트 향상과정을 수행함으로써 영상정보를 통한 1차 컨트라스트 향상을 실현하고 동시에 블록단위 결과 정보를 Local Dimming을 조절하는 백라이트 제어부로 전달하여 광원제어를 통한 2차 컨트라스트 향상과 동시에 전류소모 감소 목표를 실현하고자 한다.

Abstract

This paper presents the image contrast enhancement technique suitable for local dimming backlight of small-sized mobile display while achieving the reduction of the power consumption. In addition to the large-sized TFT-LCD, small-sized one has adopted LED for backlight. Since, conventionally, LED was mounted on the side edge of a display panel, global dimming method has been widely used. However, recently, new advanced method of local dimming by placing the LED to the backside of the display panel and it raised the necessity of sub-blocked processing after partitioning the target image. When the sub-blocked image has low brightness, the supply current of a backlight LED is reduced, which gives both enhancement of contrast ratio and power consumption reduction. In this paper, we propose simple and improved image enhancement algorithm suitable for the small-sized mobile display. After partitioning the input image by equal sized blocks and analyzing the pixel information in each block, we realize the primary contrast enhancement by independently processing the sub-blocks using the information such as histogram, mean, and standard deviation values of luminance(Y) component. And then resulting information is transferred to each backlight control unit for local dimming to realize the secondary contrast enhancement as well as reduction of power consumption.

Keywords : Local Dimming, Backlight LED, Histogram Stretching, Mobile Display, Contrast Enhancement

* 정회원, *** 평생회원, 국민대학교 전자공학부
(Dept. of Electronics Engineering,
Kookmin University)

** 평생회원, 시립 인천전문대학 디지털정보전자과
(Dept. of Information & Electronic Engineering,
Incheon City College)

접수일자: 2009년11월2일, 수정완료일: 2009년12월7일

I. 서론

휴대가전기기에서 배터리 수명은 무엇보다 중요하기 때문에 기기의 소모전력 감소방안에 대한 연구는 기기를 구성하는 각 블록별로 다양하게 진행되어 오고 있

다. 디스플레이분야에서도 동일하며 특히 LCD의 경우 소모전력의 90%가 백라이트 유닛에서 차지하고 있기 때문에 이를 개선하기 위해 디스플레이 제조사들을 중심으로 새로운 방법들이 시도되고 있다^[1]. 이중 휴대용 단말기에서 사용되어온 것이 적응형(adaptive) 백라이트 Dimming 제어 방법이다. 이 방법은 외부의 밝기정보와 입력 영상의 히스토그램 등의 통계정보를 백라이트 제어부에 전달하여 LED와 같은 광원소자의 공급전류를 조정, 밝기를 자동조절해주는 것이다. 이로 인해 사용자의 개입 없이 소모전력 감소 구현을 실현함과 동시에 어두운 영상의 경우 백라이트 밝기를 줄여줌으로써 콘트라스트 향상효과를 극대화 할 수 있다. 이러한 백라이트 Dimming 제어를 활용하면 TFT-LCD와 같은 액정에서의 광 누설 현상을 감소시킬 수 있기 때문에 디스플레이 패널의 동적영역이 확대되면서 화면의 콘트라스트가 향상된다^[2].

이와 같은 배경에서 발전하여 백라이트 광원으로 백색 LED외에 RGB 삼원색 LED를 사용하여 광원으로서의 기능 외에 패널의 색공간을 개선시키는 기법 또한 제안되고 있다^[2]. 즉, 각각의 R,G,B LED를 독립적으로 조절할 수 있기 때문에 Red와 Green LED 대비 Blue LED 밝기를 높여주면 소모전력감소와 동시에 패널에 보이는 영상은 푸른빛을 띠게 만들 수 있다.

최근 대형 LCD패널용 백라이트 LED를 Local Dimming 조정함으로써 앞서 살펴본 액정의 광누설 개선을 통한 콘트라스트 향상 그리고 소모전력 개선을 실

현한 방법이 보고되고 있다^[3].

그림 1은 TFT-LCD 패널의 단면을 도식적으로 보여주는데 그림 1(a)는 백라이트 LED 가 도광판 측면에서 조사되어 Global Dimming에 활용되는 구조를, 그림 1(b)는 새로 제안된 구조로 백라이트 LED를 도광판 후면에 위치시켜 Local Dimming을 구현을 위한 구조이다. 이처럼 Local Dimming 백라이트 제어가 적용된 디스플레이 장치에서 영상을 처리할 때 입력영상의 구성 화소들을 동일 개수로 나누어 서브-블록별로 분할 - 백라이트 LED 하나가 담당하는 블록별로 분할-하여 각 서브 블록들간의 간섭 없이 콘트라스트를 향상할 수 있는 방법이 필요하게 된다. 이에 본 논문에서는 휴대 단말기와 같은 소형 디스플레이장치의 광원을 Local Dimming 백라이트를 사용할 때 적용될수 있는 변형된 히스토그램 확장 알고리즘을 제안하며 특히 영상을 구성하는 화소들을 나누어 처리할 때 발생하는 블록효과 (Blocking Effect)문제를 제거하면서 콘트라스트 향상을 실현하고자 한다. 우선 제안 기법 소개에 앞서 영상의 히스토그램을 이용한 다양한 콘트라스트 향상 기법에 대하여 살펴본다.

II. 영상의 히스토그램 활용 기법

영상의 히스토그램은 영상처리 분야에서 다양한 응용 예를 가지고 있으며 입력영상의 콘트라스트 향상을 목적으로 광범위하게 활용되고 있다. 대표적인 기법이 히스토그램 평활화(Histogram Equalization) 기법으로 입력 영상의 명암 값의 확률분포를 균간으로 영상의 명암 값을 재배치하는 방법이다. 간단하면서도 다양한 영상에 대해 비교적 우수한 성능을 보이고 있다. 그러나 입력영상 전체를 동일 수준으로 향상시키게 되면 부분적으로 다양한 밝기 특성을 가진 입력영상의 경우에는 적합하지가 않다. 즉, 하나의 영상 내에 특정 밝기의 화소가 지배적인 경우에 히스토그램 평활화를 수행하여 콘트라스트를 확장하게 되면 임의의 화소들의 경우 오히려 콘트라스트측면에서 손실이 발생할 수 있기 때문이다^[4].

이러한 단점을 극복하고자 적응형 기법들이 연구되어져 왔고 제안되는 기법들마다 각기 장단점을 가지고 있다. 이러한 적응형 기법들 중에서 입력영상을 임의의 영역으로 나누어 각 영역별 화소들에 대한 통계적인 특성을 토대로 다양한 연구들이 진행돼 왔다^[5~6].

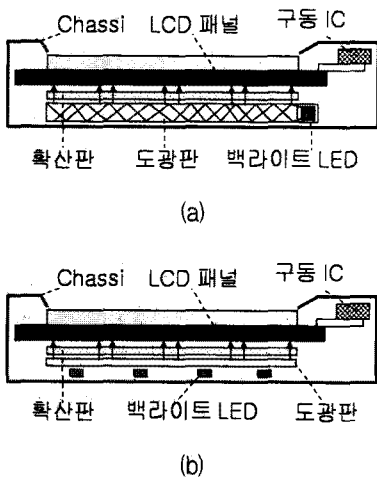


그림 1. LCD 패널 구조도 (a) 기존 Global Dimming (b) 개선된 Local Dimming

Fig. 1. Sectional View of LCD Panel. (a) Global Dimming. (b) Advanced Local Dimming.

입력영상을 분할하여 처리하면 각 분할된 영상의 동적영역을 분리한 후 확장할 수 있기 때문에 명암 값이 큰 영역과 작은 영역이 상호간에 간섭을 일으키는 문제를 차단할 수 있는 장점이 있다. 그러나 이 경우 부가적으로 블록효과(blocking effect)으로 인한 영역별 구분이 생기게 된다.

이러한 문제를 해결하기 위해 제안된 기법으로 Block-Overlapped Histogram Equalization 방법^[5]과 이를 확장한 POSHE(Partially Overlapped Sub-Block Histogram Equalization)등이 있으나 하드웨어 구성이 복잡하고 많은 연산량이 단점으로 지적되고 있다^[6].

최근 휴대단말기의 트렌드를 보면 3D UI(User Interface) 기능이 대세를 이루면서 소형 디스플레이임에도 해상도가 갈수록 높아지는 추세를 알 수 있는데 이에 반해 모바일용 영상 콘텐츠의 해상도는 그보다 낮기 때문에 스케일링을 거쳐 디스플레이장치로 전송된다. 일반적으로 스케일링된 영상은 Blurring 영향으로 sharpness 저하문제를 일으키는데 이를 개선하고자 edge sharpening처리를 통해 컨트라스트를 향상하는 방법이 제안되기도 한다^[7]. 또한 근래 들어 휴대단말기분야에서 컨트라스트의 중요성이 대두되는 이유는 사용자의 손끝으로 디스플레이 화면을 직접 접촉하여 입력하는 터치지원 기기가 갈수록 늘어나고 있으며, 터치원도우는 ITO(Indium Tin Oxide, In₂O₃/SnO₂)박막 등의 투명전극을 필름 또는 글라스에 증착하는데 이로 인한 터치용 윈도우의 투과율이 약 75~79% 수준으로 디스플레이 되는 영상의 컨트라스트 저하를 가져오게 된다.

이제 히스토그램을 이용한 영상의 컨트라스트 향상 기법들을 간략히 살펴본다.

1. 히스토그램 평활화(Histogram Equalization)

일반적으로 히스토그램 평활화 기법은 Global HE를 말하는데 Kim^[8]은 다음과 같이 접근하고 있다.

$X = \{X(i, j)\}$ 을 주어진 입력영상으로 정의하면 이 입력영상은 $\{X_0, X_1, \dots, X_{L-1}\}$ 범위의 L 개의 밝기레벨로 구성된다고 할 수 있다. 이때 $X(i, j)$ 는 공간적인 (i, j) 위치에서의 주어진 영상의 밝기를 나타내고 $X(i, j) \in \{X_0, X_1, \dots, X_{L-1}\}$ 와 같이 표시된다.

주어진 입력영상 X에 대한 확률밀도함수(PDF) $p(X_k)$ 는 식 (1)과 같이 정의된다.

$$p(X_k) = \frac{n_k}{n} \tag{1}$$

여기서 $k = 0, 1, \dots, L-1$ 이고, n 과 n_k 는 각각 입력영상의 전체 화소수와 레벨이 X_k 인 화소수를 나타낸다. 식 (1)의 $p(X_k)$ 는 특정 밝기를 갖는 화소 수 분포를 나타내며, 이는 입력영상의 히스토그램과 상관이 있다. 다시 말해 X_k 에 대해 n_k 를 도기한 것이 입력영상 X의 히스토그램이 된다. 확률밀도함수를 근간으로 누적밀도함수(CDF: Cumulative Distribution Function) $c(x)$ 는 식 (2)와 같이 정의된다.

$$c(x) = \sum_{j=0}^k p(X_j) \tag{2}$$

여기서 $X_k = x$ 이고 $k = 0, 1, \dots, L-1$ 이 된다. CDF 특성상 $c(X_{L-1}) = 1$ 이다. 히스토그램 평활화는 CDF를 사용하여 입력영상을 전체의 동적영역인 (X_0, X_{L-1}) 로 매핑하는 것으로 식 (3)의 변환함수 $f(x)$ 로 표현될 수 있다.

$$f(x) = X_0 + (X_{L-1} - X_0)c(x) \tag{3}$$

따라서 히스토그램 평활화를 통한 출력영상 $Y = Y(i, j)$ 는 식 (4)와 같이 표현할 수 있다.

$$Y = f(X) = f(X(i, j)) | \forall X(i, j) \in X \tag{4}$$

2. Local Histogram Equalization(LHE)

영상전체에 대해서 수행하는 Global HE기법은 간단하면서도 강력한 성능을 발휘하지만 전 영역에 걸친 히스토그램의 확장으로 인해 지역적으로 밝은 영역에서 과도한 컨트라스트 포화현상이 발생하는 문제점을 갖는다. 이를 해결하기 위해 제안된 방법이 Local Histogram Equalization으로 입력영상을 서브-블록으로 나누어 히스토그램 평활화를 영역별로 수행하는 것이다. 이때 분할된 서브-블록들 간 블록효과(Blocking Effect) 문제가 제기되고 있다. 영상을 분할하여 처리할 때 발생하는 블록효과는 인접한 블록들 간의 히스토그램 평활화 함수의 차이로 기인되는데^[6], 입력영상에서 인접한 서브-블록들은 비슷한 밝기값을 갖고 있어 서브-블록 경계근처에서의 밝기 값 수준의 변화 역시 서서히 발생된다. 만일 각 서브-블록에 대하여 중첩하지 않

고 히스토그램 평활화를 수행하면 서로 다른 각각의 변환함수를 통한 화소의 밝기 값 차이가 발생되어 경계부분에서 가장 급격한 변화 발생이 일어나는 것이다. 이러한 블록효과를 제거하기 위해 제안되는 기법이 블록들을 화소단위로 중첩시키면서 수행하는 방법과 부분적인 중첩을 취하는 POSHE 방법 등이다^[5-6].

3. Dynamic Histogram Equalization(DHE)^[4]

DHE는 높은 히스토그램 성분이 낮은 성분에 주는 영향을 제거하기 위함을 목적으로 적정한 영상 향상수준을 위해 밝기레벨 확장정도를 조절하는 방법이다. 하나의 변환함수로 영상의 히스토그램 전체를 처리하는 방법이지만 여러 개의 서브-히스토그램으로 분리해서 처리하기 때문에 한쪽으로 지배를 받는 경우는 없다.

입력영상의 밝기레벨 동적 영역과 히스토그램의 CDF를 기준으로 하여 서브-히스토그램들 중에서 허용 가능한 동적 영역으로 재분배한다. 이와 같이 콘트라스트의 스트레칭 영역을 나누면 입력영상의 미세성분이 전체 영상에 영향을 끼치는 것을 방지함으로써 영상의 변질을 차단할 수 있다. 결국 각 서브-히스토그램의 독립적인 변환함수가 고전적인 HE기법으로 계산된 밝기레벨의 출력 영상으로 매핑된다. 전체적으로 DHE기법은 크게 세부분으로 나눌 수 있다. 우선 입력 영상의 히스토그램을 서브-히스토그램으로 분리한 후 동적영역의 명암 레벨이 각 서브-히스토그램으로 분리되며 마지막으로 일반적인 HE기법이 서브-히스토그램에 적용되는데 이때 동적영역의 명암수준에 영향을 받게 된다.

4. 히스토그램 확장

히스토그램 확장(HS: Histogram Stretching)기법은 크게 두 종류로 나뉜다^[9]. 하나는 기본 콘트라스트 스트레칭이고 다른 하나는 엔드인 탐색(Ends-In Search)이다. 기본 콘트라스트 스트레칭은 영상의 히스토그램이 모든 범위의 화소 값을 포함하도록 영상을 확장하는 것으로 식 (5)와 같이 표현된다.

$$P_o = \frac{P_i - P_d}{P_b - P_d} \times 255 \quad (5)$$

여기서 P_o 는 변환하고자 하는 화소 값, P_i 는 입력영상의 화소 값, P_d 는 전체 입력영상의 최소값(the darkest value), P_b 는 전체 입력영상의 최대값(the brightest value)이다.

또 다른 방법인 엔드인 탐색 방법은 영상의 히스토그램이 특정부분에 치우쳐 있을 때 효과적으로 두 개의 임계값을 발견하기 위해 히스토그램을 조사하여 두 임계값을 기준으로 일정양의 화소가 흰색과 검정색을 갖도록 조건을 지정해 준다. 해당 식은 다음과 같다.

$$P_o = \begin{cases} 0 & , P_i \leq P_d \\ \frac{P_i - P_d}{P_b - P_d} \times 255 & , P_d \leq P_i \leq P_b \\ 255 & , P_i \geq P_b \end{cases} \quad (6)$$

III. 제안된 영역별 히스토그램 확장 기법

Local Dimming 백라이트에 적합하려면 영상을 분할 처리하는것이 필요한데 가장 큰 문제가 블록효과 발생이다. 이에 본 논문에서는 입력영상을 분할하여 획득한 각 블록별 영상정보를 Local Dimming 백라이트 제어부로 전달함과 동시에 분할된 블록별로 독립적인 콘트라스트 향상을 수행한 후 최종적으로 통합하여 영상을 출력한다. 본 논문에서 제안하는 기법은 다음 그림 2와 같이 진행된다.

우선 RGB 입력영상으로부터 휘도(Luminance, Y)성분만을 추출하였으며, 이때 사용된 변환은 식 (7)과 같다^[10].

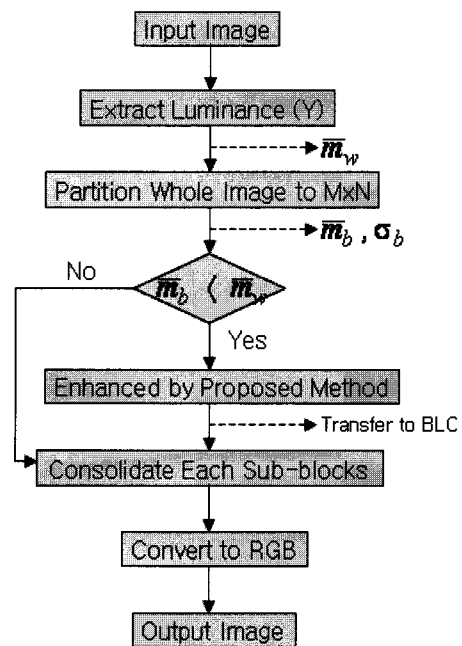


그림 2 제안 알고리즘에 의한 히스토그램 확장 순서도
Fig. 2. Flow Chart of Proposed Algorithm.

$$\begin{aligned}
 Y &= 0.257R + 0.504G + 0.098B + 16 \\
 G &= -0.148R - 0.291G + 0.439B + 128 \\
 Cr &= 0.439R - 0.368G - 0.071B + 128
 \end{aligned}
 \tag{7}$$

이어서 입력영상의 전체 휘도 평균값(Average Luminance of whole image, $\overline{m_w}$) 정보를 획득한 후 입력영상의 해상도를 $M \times N$ 의 임의의 크기로 분할한다. 즉, 영상을 구성하는 전체 화소수를 P_w 라 할때 $P_w / (M \times N)$ 개의 화소들로 나누어 처리한다. 그 후 분할된 각 블록별 휘도 평균 값(Average Luminance of sub-blocks, $\overline{m_b}$)과 표준편차(standard deviation of sub-blocks, σ_b)값을 획득한다. 이때 $\overline{m_b} < \overline{m_w}$ 인 조건을 만족하는 서브블록에 대해서만 제안한 컨트라스트 향상 기법을 적용하게 되는데 이는 임의의 크기로 입력 영상을 분할하기 때문에 충분히 밝은 화소들로만 구성된 서브블록에 대해서는 별도의 처리를 하지 않고자 함이다. 즉, 입력영상을 구성하는 전체 화소들의 평균 휘도 $\overline{m_w}$ 보다 큰 휘도값을 갖는 화소들은 초기값을 그대로 유지하게 된다. 이는 영상을 서브블록으로 분할하더라도 영상을 구성하는 화소 모두를 고려해야하는 기존 국부적인 히스토그램 기법들에 비해 연산처리량이 감소되는 장점을 가지고 있다.

선택된 서브블록에 적용되는 국부적인 히스토그램 확장(local histogram stretching) 알고리즘은 식 (8)과 같다.

$$P_o^b = P_i^b + \alpha \times \frac{(P_i^b - \overline{m_b})}{\sigma_b}
 \tag{8}$$

여기서 P_i^b 와 P_o^b 는 각 서브블록의 입력 화소의 휘도값과 히스토그램 확장된 출력 화소의 휘도값을, α 는 확장지수(Expansion Coefficient)로 블록효과를 제한할 수 있는 범위 내에서 경험적으로 선택할 수 있는 값을 의미한다. 식 (8)에서 표준편차 역수의 역할은 분할된 서브블록내 화소들의 분포도를 고려하여 평균값에서 벗어난 정도가 큰 화소들로 구성된 서브블록의 경우 히스토그램 확장정도를 좁게 하고 그 반대로 평균값에 집중된 분포의 화소들로 구성된 서브블록의 경우 히스토그램 확장폭을 넓게 늘리기 위함이다. 이는 국부적인 히스토그램 확장(Regional Histogram Stretching) 기법의 변형된 접근이라 할 수 있다.

또한 서브블록내 모든 화소가 동일한 히스토그램 확

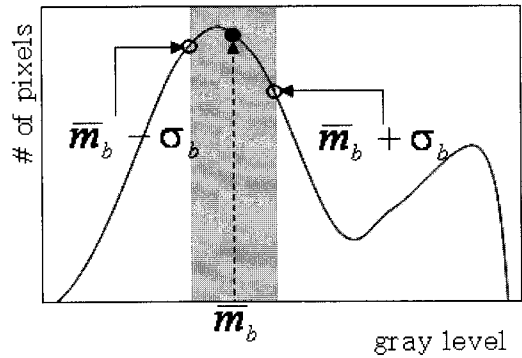


그림 3. 제안 기법에서의 히스토그램 확장 영역
Fig. 3. Histogram Stretching Range in Proposed Algorithm.

장을 하는 것이 아니라 식 (9)의 조건을 만족하는 서브블록내 화소들에 한해 수행하는 제한조건을 고려하였다. 이를 도식적으로 표현한 것이 그림 3이다.

$$\overline{m_b} - \sigma_b < P_i^b < \overline{m_b} + \sigma_b
 \tag{9}$$

식 (9)는 선택된 서브블록내 화소들중 휘도 평균값에 집중된 화소들은 국부적인 히스토그램 확장에 제한을 둬으로써 어두운 화소들은 더욱 어둡게 매핑함으로써 백라이트의 공급전력을 낮추어 소모전력 감소를 이루기 위함이다.

이후 히스토그램 확장이 수행된 각 서브블록의 정보를 Local Dimming 백라이트 제어부(BLC)로 전달하고, 분할된 영상을 하나로 통합한 후 RGB 공간으로 변환하였다.

IV. 실험 결과

본 논문에서는 24비트 RGB영상을 사용하였으며, 그 중 하나인 해상도 600 X 285의 스파이더맨 영상에 대한 실험 결과를 그림 4에 나타내었다.

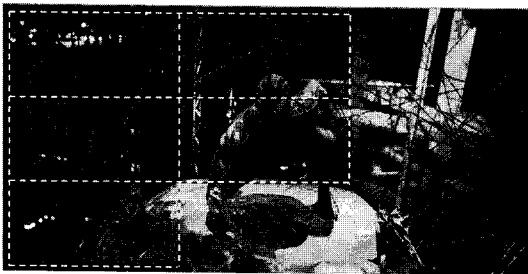
그림 4(b)의 경우 일반적인 히스토그램 평활을 전체 영상에 대해 수행한 것으로 원영상의 모든 화소에 대하여 동일한 전달함수를 적용하였기 때문에 이미 밝은 화소는 더욱 밝아짐으로써 전체적으로 색상이 희어진 결과를 초래하였다. 그림 4(c)가 본 논문에서 제안한 국부적인 히스토그램 확장기법이 적용된 것으로 $M \times N (= 3 \times 3)$ 의 총 9개 블록으로 분할하였는데 각 서브블록당 19,000개의 화소들로 분할되었음을 의미한다. 각 서브블록의 휘도 평균값이 원영상의 휘도 평균값(54) 보다 작은 서브블록들이 흰색 점선으로 표시된 5개 블록들이



(a)



(b)



(c)

그림 4. 스파이더맨 영상에 대한 실험 결과 (a)원영상 (b)Global HE이 적용된 영상 (c)제안기법이 적용된 영상($\alpha = 10$)

Fig. 4. Result Comparison for "Spiderman" Image. (a) Source Image (b) Global Histogram Equalization (c) Proposed Algorithm($\alpha=10$)

고, 이 블록들에만 제안한 기법을 적용하였다. 총 171,000개의 화소들중 약 56%에 해당하는 95,000 화소들만이 연산에 고려된 것이다.

그리고 그림 4(c)는 식 (8)과 같이 표준편차의 역수를 적용하여 평균값에서 많이 벗어난 입력 화소 값에 대해서는 히스토그램 확장폭을 좁게 하고 평균값에 근접된 화소는 확장폭을 넓힌 결과이다.

또한 식 (8)의 조건이 영상분할로 인해 발생하는 블록효과를 없애는 데에 효과적으로 적용됨을 본 논문에서 사용된 샘플영상들에서 확인 되었다.

본 연구에서 사용된 파라미터 값들을 표 1에 정리하였다. 표 1을 보면 평균 휘도값이 비슷한 서브블럭 1과 3에서 표준편차는 각각 27, 18로 차이가 크다. 이때 식

표 1. 제안기법에 사용된 파라미터 값
Table 1. Parameters using Proposed Algorithm.

No. of Sub-blocks	Mean	Standard Deviation	P_i^b range	P_o^b range
1	31	27	$4 < P_i^1 < 58$	$0 < P_o^1 < 68$
2	38	29	$9 < P_i^2 < 67$	$0 < P_o^2 < 77$
3	34	18	$16 < P_i^3 < 52$	$6 < P_o^3 < 62$
4	51	37	$14 < P_i^4 < 88$	$4 < P_o^4 < 96$
5	43	32	$11 < P_i^5 < 75$	$1 < P_o^5 < 85$

(8)을 통해 표준편차 값이 작은 서브블럭 3이 1에 비해 동적영역 확장이 커짐을 알 수 있다.

반대로 비슷한 표준편차를 갖는 서브블럭 1과 2를 보면 평균휘도값 대소에 따라 평균값이 큰 서브블럭 2가 서브블럭 1보다 동적영역이 더 확장됨을 알 수 있다.

동적영역의 확장에 따라 히스토그램 확장정도가 비례하기 때문에 각 서브블럭의 표준편차가 작을수록 그리고 서브블럭의 평균 휘도값이 클수록 히스토그램 확장이 증가된 것이다.

이들 5개 블록은 구성 화소값들이 대부분 어두운 값을 갖기 때문에 선택된 블록들로서 제한 범위 내에서 히스토그램 확장을 수행한 것이기 때문에 원영상과 비교할 때 어두운 영역이 더 어두워지는 결과를 확인할 수 있는데 이는 그림 5의 히스토그램에서 분명히 알 수 있다. 그림 5에서 원영상의 히스토그램(점선)과 제안한

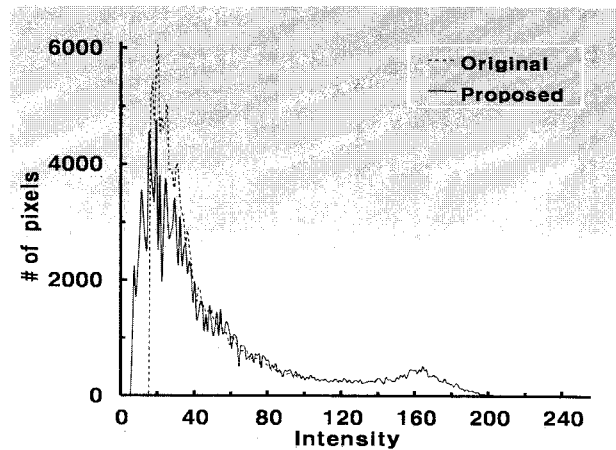


그림 5. 스파이더맨 영상에 대한 히스토그램 비교 ($\alpha = 10$)

Fig. 5. Histogram Comparison for "Spiderman" Image ($\alpha = 10$).

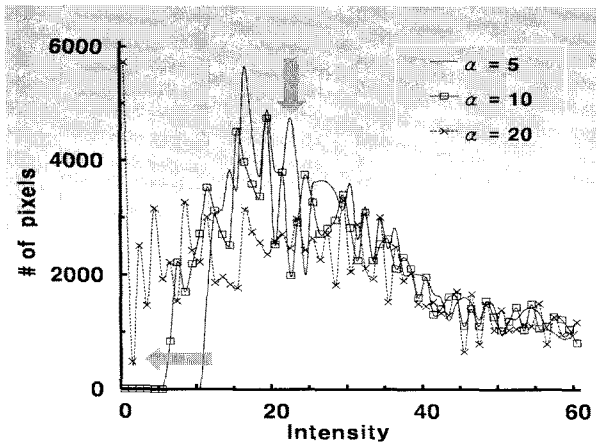


그림 6. 확장지수(α)에 따른 히스토그램 변화
 Fig. 6. Histogram Variation Trends with Expansion Coefficient(α).

표 2. 제안기법에 의한 영상 개선 비
 Table 2. Contrast Enhancement Ratio using Proposed Algorithm.

Expansion Coefficient (α)	C25	C75	C75/C25	Contrast Enhancement Ratio
Original	24	65	2.7	0
$\alpha = 5$	22	66	3	11%
$\alpha = 10$	20	67	3.4	24%
$\alpha = 20$	18	69	3.8	41%

기법이 적용된 경우(실선)를 비교해 보면 원영상의 휘도 평균값 54 레벨이하의 화소들의 값이 제안기법을 통해 0 레벨 가까이 때핑 되면서 전체적인 동적 영역이 확대됨을 확인할 수 있다. 이때 확대정도는 확장지수(α)에 비례됨을 알 수 있는데 이를 그림 6에 나타내었다. 본 제안기법에 의한 컨트라스트 향상 정도에 대한 정량적 확인은 C.F.Hsu et al.^[1]가 제안한 방법을 참조하였다. 이는 원영상과 향상후 영상의 히스토그램의 CDF 분포를 참조하여 25%(C25)와 75%(C75)에 위치하는 휘도값간 비를 구하는 방법으로 컨트라스트 향상 성능을 확인 하는데 참조할만한 객관적인 방법으로 판단하였다. 표 2에 그 결과를 정리하였다.

표 2를 보면 확장지수(α)에 따른 영상개선비가 비례적으로 향상되는 것을 알 수 있고, 본 논문에서는 확장지수(α)가 20일 경우 원영상 대비 41%의 향상효과를 확인할 수 있었다.

그림 7은 표 2에서 영상 개선비가 가장 높은 확장지수



(a)



(b)

그림 7. 스트레칭 영역조건의 영향비교($\alpha=20$) (a)서브블록 전체화소에 적용 (b)서브블록 특정화소에 적용

Fig. 7. Comparison of stretching range condition($\alpha=20$). (a) Enhanced in all pixels of sub-blocks (b) Enhanced in the specified pixels of sub-blocks

수($\alpha=20$) 조건일 때 식 (9) 히스토그램 확장 영역의 영향을 보여 준다. 그림 7(a)는 서브블록내 모든 화소들에 대해 히스토그램 확장이 수행된 것으로 원(점선영역)에 표시된 바와 같이 서브블록간 인접경계에서 컨트라스트 차이가 극명하게 드러남을 확인할 수 있다. 이는 서브블록내 모든 화소들에 동일한 전달함수가 적용되어 밝은 영역의 화소들 또한 더욱 밝아지게 되어 블록효과가 두드러진 것이다. 이에 반해 그림 7(b)는 서브블록내 구성 화소들중 식 (9) 히스토그램 확장 영역조건, 즉 평균값을 중심으로 표준편차 범위에 존재하는 특정화소들에 한해 히스토그램 확장을 한 경우로 그림 7(a)와 같은 블록효과가 사라지는 것을 알 수 있다.

확장지수(α)는 본 제안 알고리즘에서 유일하게 임의 설정이 가능한데 이는 고정된 값으로 사용될 경우 특정 영상에 대한 화질저하 현상을 최소화하기 위함으로 고정된 확장지수(α)로 인해 소형크기의 모바일 디스플레이 장치에서 인지할 수준의 화질저하는 충분히 피할 수 있을 것으로 판단된다.

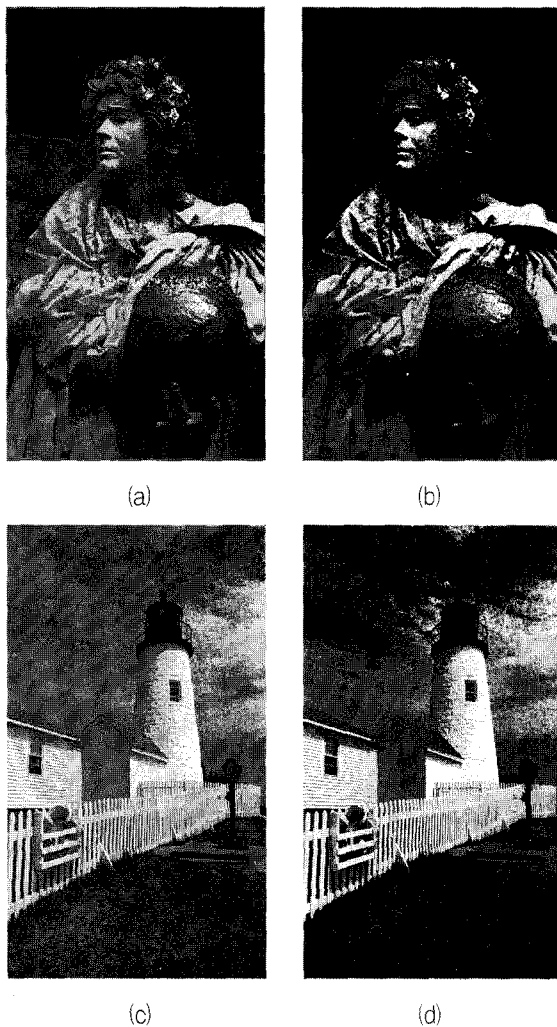


그림 8. 실험에 사용된 다른 예제 영상들($\alpha=20$) (a),(c) 원영상 (b) a의 개선 영상 (23%) (d) c의 개선 영상 (5%)

Fig. 8. Result of Other Sample Images($\alpha=20$). (a),(c) Source Image (b) Enhanced on a(23%) (d) Enhanced on c(5%)

그림 8은 본 실험에서 사용된 다른 예제 영상들을 보여준다. 비교를 위해 확장지수(α)를 20으로 동일하게 적용하였다. 그림 8(b)와 8(d)에 각 영상개선비를 명시하였는데 전체적으로 어두운 느낌의 영상에서 향상 효과가 높은 것을 알 수 있다. 이는 어두운 영역만을 보다 더 어둡게 하고자했던 목적과 잘 일치함을 보여준다.

지금까지의 실험결과를 정리해 보면 입력영상 분할 후 선택된 화소들의 정보를 통한 동적영역 확장에 의한 1차 콘트라스트 향상을 수행하였고, 어두운 화소들이 더 어두운 영역으로 매핑된 결과(동적영역이 확장된 각 서브블럭의 휘도정보)를 Local Dimming 백라이트 제어부에 전달함으로써 백라이트의 밝기를 낮추어 2차 콘트

라스트 향상과 동시에 소모전력 향상효과를 기대할 수 있다. 실제 휴대용 단말기 소형 TFT LCD에서 입력영상의 정보를 백라이트 제어부와 연동하여 Global Dimming방법으로 백라이트 제어를 수행한 경우 콘트라스트 향상은 평균적으로 26.75%의 소모전력 감소효과가 보고되고 있고^[1], RGB LED를 백라이트 광원으로 사용한 LCD TV에서 Local Dimming방법이 적용된 경우 그렇지 않은 경우 대비 40% ~ 60%의 소모전력 감소 효과를 보고하고 있다^[3]. 이는 Global Dimming보다 Local Dimming이 소모전력 감소에 있어 효과적임을 보여준다. 그리고 다른 장르에 비해 영화와 같은 비디오 영상은 APL(Average Picture Level)이 20%미만으로 비교적 어두운 영상이 일반적이기 때문에^[11] 본 논문에서 제안 하는 알고리즘을 통해 소모전력 감소효과가 클 것으로 예상된다. 실제 Local Dimming 백라이트제어 방식의 디스플레이 장치에서 제안 알고리즘에 대한 검증은 향후 지속적인 연구를 통해 확인할 계획이다.

V. 결 론

본 논문에서는 소형 모바일 디스플레이에서 사용될 수 있는 Local Dimming 백라이트를 위한 영상 콘트라스트 향상 기법을 제안하였다. 입력영상을 분할하여 처리할 때 발생하는 블록효과를 제거하기 위해 각 블록을 구성하는 화소들의 평균값과 표준편차 범위 내에서만 국부적인 히스토그램 확장을 수행하였고, 서브 블록을 구성하는 화소들의 평균 휘도값이 원영상의 평균 휘도 값 이하인 경우에 한해 수행함으로써 연산처리를 줄였다. 본 실험에 사용된 스파이더맨 영상의 경우 원영상의 평균 휘도 값 54 미만인 5개 블록에 대하여 히스토그램 확장이 수행되었고 제안된 기법이 적용된 영상과 원영상의 히스토그램을 비교해볼 때 상당한 콘트라스트 향상효과를 확인하였고 블록효과 문제점도 발생하지 않았다. 이와 같이 입력영상을 분할하여 필요조건을 만족하는 블록에 한해서만 히스토그램 확장을 수행하기 때문에 계산량과 처리속도 면에서 단순화가 가능하므로 하드웨어 구성 복잡도를 줄일 수 있어 실제 시스템 구현에 있어 적합하다 판단된다. 또한 분할블록 정보를 가지고 Local Dimming 백라이트 제어부가 LED 공급 전류를 조정하기 때문에 소모전력 감소는 물론 추가적인 콘트라스트 향상효과 실현이 기대된다.

참 고 문 헌

- [1] C. F. Hsu, C. C. Lai, and J. S. Li, "Backlight Power Reduction and Image Contrast Enhancement Using Adaptive Dimming for Global Backlight Applications," *SID Symposium Digest*, pp. 776-779, 2008.
- [2] H. G. Hulze, P. D. Greef, "Driving an Adaptive Local Dimming Backlight for LCD-TV Systems," *SID Symposium Digest*, pp. 772-775, 2008.
- [3] D. M. Yeo, Y. H. Kwon, E. J. Kang, S. K. Park, B. C. Yang, G. C. Kim and T. S. Jang, "Smart Algorithms For Local Dimming LED Backlight," *SID Symposium Digest*, pp. 986-989, 2008.
- [4] M. A. A. Wadud, M. H. Kabir, M. A. A. Dewan, and O. S. Chae, "A Dynamic Histogram Equalization for Image Contrast Enhancement," *IEEE Trans. on Consumer Electronics*, vol. 53, no. 2, pp. 593-600, May 2007.
- [5] T. K. Kim, J. K. Paik and B. S. Kang, "Contrast Enhancement System Using Spatially Adaptive Histogram Equalization with Temporal Filtering," *IEEE Trans. on Consumer Electronics*, vol. 44, No. 1, pp. 82 - 87, 1998.
- [6] J. Y. Kim, L. S. Kim and S. H. Hwang, "An Advanced Contrast Enhancement Using Partially Overlapped Sub-Block Histogram Equalization," *IEEE Trans. Circuit and Systems for Video Technology*, vol. 11, no. 4, pp. 475-484, 2001.
- [7] Q. Wang, R. Ward and J. Zou, "Contrast Enhancement For Enlarged Images Based On Edge Sharpening", *IEEE International Conference on Image Processing*, Vol. 2, pp. 11-14, Sept. 2005.
- [8] Y. T. Kim, "Contrast enhancement using brightness preserving bi-histogram equalization," *IEEE Trans. on Consumer Electronics*, Vol. 43, No. 1, pp. 1-8, 1997.
- [9] R. Crane, *A Simplified Approach to Image Processing*, Prentice-Hall, 1997.
- [10] K. Jack, *Video Demystified*, 3rd ed. LLH Technology Publishing, 2001.
- [11] S. Srinivasan and N. Balam, "Adaptive Contrast Enhancement for Digital Video," *SID Symposium Digest*, pp. 1446-1449, 2007.

저 자 소 개



정진영(정회원)
1994년 2월 아주대학교
재료공학과 졸업
1996년 2월 아주대학교
재료공학과 석사.
2000년~2005년 팬택앤큐리텔
선임 연구원.

2005년 3월~현재 국민대학교 전자공학과
박사과정.

<주관심분야: 영상처리, 디스플레이 기술>



윤기방(평생회원)
시립 인천전문대학 디지털 정보
전자과 교수
대한전자공학회 논문지
제 39권 TE편 제4호 참조



김기두(평생회원)
국민대학교 전자공학부 교수
대한전자공학회 논문지
제 44권 TC편 제7호 참조