

소형 모바일 디스플레이의 영상 컨트라스트 및 야외시인성 개선 기법

Image Contrast and Sunlight Readability Enhancement for Small-sized Mobile Display

정진영*, 모니르 호센*, 최우영**, 김기두*

(Jin-Young Chung*, Monir Hossen*, Woo Young Choi**, and Ki-Doo Kim*)

Abstract

Recently the CPU performance of modem chipsets or multimedia processors of mobile phone is as high as notebook PC. That is why mobile phone has been emerged as a leading ICON on the convergence of consumer electronics. The various applications of mobile phone such as DMB, digital camera, video telephony and internet full browsing are servicing to consumers. To meet all the demands the image quality has been increasingly important. Mobile phone is a portable device which is widely using in both the indoor and outside environments, so it is needed to be overcome to deteriorate image quality depending on environmental light source. Furthermore touch window is popular on the mobile display panel and it makes contrast loss because of low transmittance of ITO film. This paper presents the image enhancement algorithm to be embedded on image enhancement SoC. In contrast enhancement, we propose Clipped histogram stretching method to make it adaptive with the input images, while S-shape curve and gain/offset method for the static application. And CIElCh color space is used to sunlight readability enhancement by controlling the lightness and chroma components which is depended on the sensing value of light sensor. Finally the performance of proposed algorithm is evaluated by using histogram, RGB pixel distribution, entropy and dynamic range of resultant images. We expect that the proposed algorithm is suitable for image enhancement of embedded SoC system which is applicable for the small-sized mobile display.

요약

근래 휴대 단말기용 모뎀 칩셋이나 멀티미디어 프로세서의 CPU성능은 노트북PC에 버금가는 수준으로 향상되면서 휴대단말기가 전자기기의 컨버전스화를 주도하는 아이콘으로 떠오르고 있다. 더불어 DMB, 디지털 카메라, 화상통화, 인터넷 검색 등이 기본적으로 제공되면서 소형크기의 휴대 단말기용 디스플레이에서도 화질에 대한 관심이 높아지고 있다. 휴대단말기의 경우 야외에서 태양광과 같은 주변광원의 변화로 동일한 영상이 열화 또는 과도하게 밝아져 보이는 야외 시인성 문제를 해결해야 하며, 더구나 최근 터치방식 패널이 휴대단말기 디스플레이 장치에 사용되면서 ITO 필름에 의한 투과율 손실로 디스플레이 화면의 컨트라스트 저하가 더해지고 있다. 본 논문에서는 휴대 단말기용 영상개선 SoC를 위해 영상 개선 알고리즘을 개발하였고 이에 대한 성능 비교를 수행하였다. 컨트라스트 개선을 위해 적응형 기법으로 Clipped Histogram Stretching을, 정적 기법으로 S형 곡선조정과 Gain 조정 기법을 사용하였고 야외 시인성 개선을 위해서는 CIElCh 색공간에서 외부 조도센서의 정보에 따라 명도(Lightness)와 채도(Chroma)가 조절될 수 있도록 하였다. 개발한 알고리즘에 대한 성능평가는 결과영상의 히스토그램, RGB 화소값 분포도, 엔트로피 그리고 동적영역 확장비 등을 통해 분석을 진행하였다.

Key words : Contrast Enhancement, Sunlight Readability, Mobile Display, SoC

* 정회원, 국민대학교 전자공학부 kdk@kookmin.ac.kr

(School of Electronics Eng., Kookmin University)

** 정회원, 명지대학교 전자공학과

(Dept. of Electronic Engineering, Myongji University)

※ 본 연구는 국민대학교 2009년 교내연구비를 지원받아 수행되었음.

1. 서론

최근들어 모바일 기기의 컨버전스화 바람이 유행하면서 휴대 단말기 분야에서도 멀티미디어 기능이 그 어느때보다 다양해지고 있다. 특히 양방향 서비스로

진보된 DMB 2.0 서비스, 내장형 디지털 카메라와 디스플레이장치의 고해상도화, 3G 통신망을 이용한 화상통화 기능 그리고 인터넷 풀 브라우징 지원 등이 보편화 되면서 소형의 모바일 디스플레이장치에서도 화질에 대한 관심이 날로 커지고 있다. 과거 대형 TV에 적용하기 위해 경쟁적으로 연구되어져 왔던 영상 개선 및 보정 기술이 휴대단말기와 같은 소형 디스플레이 분야로 까지 확대되고 있는 것이다.

소형 모바일기기용 영상개선 칩에서 지원하는 기능은 크게 다음 3가지로 분류할 수 있다.

첫째, 시각적 개선(Visibility Enhancement) 기능으로 콘트라스트 향상, 야외 시인성(Sunlight Readability) 개선, 컬러 개선(Color Enhancement) 등이 있다[1].

둘째, 잡음 제거(Noise Reduction) 기능이 있는데 이는 근래의 디지털환경에서 발생하는 왜곡(Artifact) 현상들을 보정해 주는 것이다.

왜곡현상에는 DCT(Discrete Cosine Transform) 윈도우 블록이 화면전반에 걸쳐 나타나는 블록왜곡(Block Artifact), 인코딩과 디코딩을 반복할 때 에지 근처에서 발생하는 모기/링잉 잡음(Mosquito/Ringing Noise), 24비트 입력영상을 18비트 장치에 표현할 때 수행되는 비트 절단(Bit Truncation)에 의한 윤곽 잡음(Contour Noise) 등이 있다.

마지막으로 에지 강조(Edge Enhancement) 기능이다. 영상의 외곽을 강조하는 Peaking이나 오버슈트 또는 언더슈트 없이 에지를 강조하는 LTI(Luminance Transient Improvement), CTI(Chrominance Transient Improvement) 등과 같은 기법과 근래 소형 모바일기기에서 텍스트 영상의 외곽이 계단모양으로 보이는 앨리어싱 현상(Aliasing Effect)을 제거하기 위한 안티앨리어싱(Anti-aliasing) 기법이 여기에 속한다.

이러한 영상 개선 기술 중 영상 콘트라스트 향상에 대한 연구가 가장 활발히 이루어지고 있다. 모바일 디스플레이에서 콘트라스트 향상에 관심이 높은 것은 과거에 비해 디스플레이 해상도가 WVGA(480x800) 이상으로 확대되면서 기존 콘텐츠 영상들의 해상도를 확대출력하는 기능을 많이 사용하기 때문인데 확대시 화소간 보간처리로 Blurring 현상이 발생하여 콘트라스트를 저하시키기 때문이다. 또한 근래 터치 입력방식의 휴대단말기가 각광을 받으면서 터치윈도우에 증착되는 ITO(Indium Tin Oxide, In₂O₃/SnO₂) 박막의 낮은 투과율(약 75~79% 수준)로 인해 콘트라스트가 저하되고 있다. 콘트라스트 향상 기법 중 가장 고전적인 기법이 밝기변환(Intensity Transformation) 방법이다. 이 방법은 변환함수로 1차함수, 로그함수, 멱함수(power function) 등을 사용하여 입력영상의 밝기

값을 변환하는 것으로 게인 및 오프셋 조정기법이나 디스플레이 장치 특성화를 고려한 감마보정(Gamma Correction)등이 여기에 속한다.

비교적 최근에 보편화된 방법으로 적응형 히스토그램 확장(Adaptive Histogram Stretching) 기법이 있다.

이 기법은 입력영상의 히스토그램을 분석하여 원하는 형태로 히스토그램을 변형하는 것으로 비교적 다양한 영상에 대해 좋은 성능을 보이기 때문에 널리 활용되고 있다.

또한, 휴대 단말기는 언제 어디서든 사용할 수 있는 이동성을 특징으로 갖기 때문에 주변 조도에 따른 출력영상에 대한 보정기능이 필요하며 특히, 야외 즉 태양광 아래에서 시인성(Readability)이 저하되는 문제를 개선하기 위한 연구들이 진행되어져 오고 있다 [2]. 최근 휴대 단말기용 소형 디스플레이 장치로 유기발광다이오드(OLED, Organic Light Emitting Diode)가 소개되고 있으나 뛰어난 색재현율, 광시야각 등의 장점에도 불구하고 높은 가격과 TFT LCD대비 짧은 수명으로 여전히 TFT LCD가 널리 사용되고 있다. TFT LCD는 OLED와 달리 자체발광이 아닌 별도 백라이트용 LED를 광원으로 사용해야 하는데 이로 인해 소모전력 문제와 더불어 주변조도에 따른 열화 또는 과도하게 밝아져 보이는 등 시인성 저하가 발생한다. 이러한 이유로 주변조도에 따라 백라이트 LED의 밝기를 조절하는 방법이 제안된바 있으나 전력소모가 큰 것으로 알려지고 있다[3]. 이외에도 야외에서 인지되는 영상 콘트라스트를 암실에서 인지되는 영상 콘트라스트와 유사하게 만드는 방법이 제안되었지만 주위화소를 고려하여 화소당 처리가 이루어져야 하기 때문에 계산량의 증가가 단점으로 언급되고 있다[4].

본 논문에서는 모바일 디스플레이 장치용 영상개선 SoC(System on Chip) 를 위해 개발된 알고리즘을 평가하였다. 콘트라스트 개선 기법으로는 CHS(Clipped Histogram Stretching), S형 곡선, 게인(오프셋) 조정 기법을 적용하였고 야외 시인성 개선을 위해서는 장치 독립적 색공간 중 하나인 CIELCh 색공간을 이용하여 외부 조도센서의 정보에 따라 명도(Lightness)와 채도(Chroma)가 조절될 수 있도록 하였다. 그리고 이들 기능에 대한 성능평가를 콘트라스트 개선 관점에서 비교해 보았다. 다음 장에서는 야외 시인성 개선에 사용된 장치 독립적 색공간에 대하여 살펴본다.

II. 장치 독립적 색공간

컬러영상을 처리하는데 있어 색공간에 대한 정의가 필요하다. 색공간은 영상 출력 장치에 따른 영향 유무에 따라 크게 장치 종속적 색공간(Device Dependant Color Space)과 장치 독립적 색공간(Device Independent Color Space)으로 나누어 볼 수 있다. 장치 종속적 색공간에 대표적인 것이 RGB 및 CMY 색공간이고 장치 독립적 색공간에서 대표적인 것이 CIEXYZ, CIELUV, CIELAB, CIELCH 색공간이다[5]. CIEXYZ 색공간은 색에 대해 인간의 시각이 인식하는 정도를 정량화하여 색좌표를 정의한 색공간으로 영상장치의 종류에 무관하게 색을 표현할 수 있다. 물체의 색은 물체에 비추는 광원의 분광방사 분포, 물체의 분광 반사도, 그리고 표준 관측자의 색 정합 함수(Color Matching Function)에 의해 결정되며 식 (1)과 같이 표현된다.

$$X = k \int_{-\infty}^{\infty} S(\lambda)R(\lambda)x(\lambda)d\lambda \quad (1)$$

$$Y = k \int_{-\infty}^{\infty} S(\lambda)R(\lambda)y(\lambda)d\lambda$$

$$Z = k \int_{-\infty}^{\infty} S(\lambda)R(\lambda)z(\lambda)d\lambda$$

여기서 $S(\lambda)$ 는 광원의 분광 방사 분포, $R(\lambda)$ 는 물체의 분광 반사도, 그리고 $x(\lambda)$, $y(\lambda)$, $z(\lambda)$ 는 각 파장 λ 에서의 색 정합 함수의 값을 의미한다. k 는 밝기를 나타내는 Y 값이 최대일 때 X , Y , Z 값이 일정한 값을 갖도록 정규화하기 위한 상수이다. 일반적으로 CIELAB 색공간은 인간의 시각특성에 대해 균등한 색공간(Perceptual Uniform Color Space)로 알려져 있으며 인간이 실제로 느끼는 색차(Color Difference)를 계산하기 위한 좌표계로 사용된다. 또한 CIELAB 색공간은 색 보정이나 색역 사상(Gamut Mapping) 등에 널리 사용된다. CIELAB에서 L은 명도, A는 녹색과 적색의 관계를, B는 청색과 황색의 관계를 표현하는데 CIELAB와 동일한 색공간이지만 원통좌표를 사용하는 CIELCh 색공간 또한 제안되었다. CIELCh 색 공간은 기존 CIELAB로는 채도나 색상에 대한 표시정도가 부족하기 때문에 LAB를 기초로 한 LCh 즉, 명도, 채도, 색상으로 표시할 수 있도록 제안된 것으로 LAB와 비교할 때 LCh가 훨씬 현장성이 있는 것으로 알려져 있다. 이는 인간의 눈으로 측정할 수 있는 계통이 명도, 채도, 색상이므로 LCh를 사용하면 이해가 쉽다는 개념에서 출발한 것이다. LCh는 L^* , C^* , h^* 로 표시하며 L^* 는 LAB 색공간에서의 L^*

와 동일한 명도(Lightness)를 나타내고 C^* 는 채도(Chroma)의 표시이며 구의 중심에서 바깥으로 얼마나 떨어져 있나 하는 거리를 수치로 나타낸다. h^* 는 색상(Hue)의 표시이며 0 ~ 360도의 각도로 표시하며 0도는 Yellow, 90도는 Red, 180도는 Green, 270도는 Blue, 다시 360도 즉 0도는 Yellow의 색상 방향이 된다.

III. SoC용 영상 개선 기법

본 연구에서 자체 개발한 소형 모바일 디스플레이용 영상 개선 SoC의 블록도는 그림 1과 같다. 그림 1에서 스케일러와 감마조정 사이에 영상개선 블록을 배치하였다. CHS(Clipped HS)와 Gain/Offset 조정의 경우 색공간을 RGB와 YUV를 선택하여 조정할 수 있도록 구성하였다.

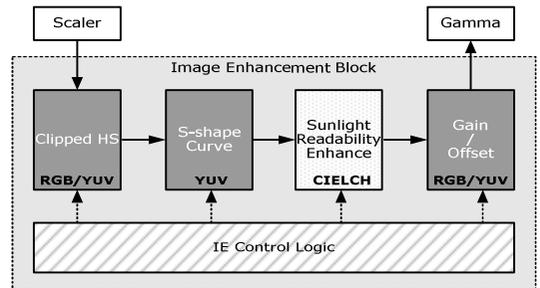


그림 1. 제안한 영상 개선 SoC 블록도

Fig. 1. Block Diagram of Proposed IE SoC

S형 곡선기법 블록은 휘도(Luminance, Y) 성분에만 대해서만 적용되도록 구성하였고 야외시인성 개선블럭의 경우 CIELCh 색공간을 활용하였다. 전체적인 영상개선 조정은 IE(Image Enhancement) Control Block에서 수행하는데 각 블록에 적용될 파라미터 설정을 관장한다. 특히, 외부 조도센서에서 입력되는 주변밝기의 정보에 따라 야외시인성 블록의 명도와 채도가 변화될 수 있도록 I2C(Inter-Integrated Circuit) 직렬통신 포트를 IE Control Block에 포함시켰다. 각 블록별 알고리즘 구성은 다음과 같다.

1. CHS(Clipped Histogram Stretching)

본 기법은 콘트라스트 개선 기능 중 입력영상의 히스토그램에 따라 동적 개선이 가능한 적응형 기법으로 동영상과 같은 연속된 입력영상을 개선시키고자 하였다.

원영상을 구성하는 화소값중 최소값(I_{min})과 최대값(I_{max})으로부터 새로운 최소값(I'_{min})과 최대값(I'_{max})을 찾아 전체범위로 확장시키는 방법으로 그림 2에 도식적으로 표현하였다. 새로운 최소값과 최대값은 식 (2)를 만족할 때 구해진다.

$$\sum_{i=0}^k X_i = H \times V \times w \text{ 일 때 } k \Rightarrow I'_{min} \quad (2)$$

$$\sum_{i=l}^{255} X_i = H \times V \times w \text{ 일 때 } l \Rightarrow I'_{max}$$

여기서 X_i 는 원영상의 화소수를 의미하며, H 와 V 는 각각 입력영상 해상도의 가로와 세로 화소수, w 는 1에서 9사이의 정수 중 선택할 수 있는 가중치로써 전체 히스토그램 분포 중 절단하는 정도를 의미한다. k 와 l 은 0 ~ 255의 정수로 화소값이 되는데 원영상으로부터 누적된 화소개수가 식 (2)를 만족하는 각 k, l 이 새로운 최소값 I'_{min} 과 최대값 I'_{max} 이 되어 식 (3)에 따라 히스토그램이 확장 된다.

$$I_o = \begin{cases} 0 & , I_i < I'_{min} \\ \frac{I_i - I'_{min}}{I'_{max} - I'_{min}} \times 255 & , I'_{min} \leq I_i \leq I'_{max} \\ 255 & , I_i > I'_{max} \end{cases} \quad (3)$$

가중치인 w 에 의해 확장폭이 결정되기 때문에 과도하게 큰 값으로 설정하면 동영상과 같은 연속적인 입력영상에서 플리커 등의 잡음효과가 나타날 수 있음에 주의가 필요하다. 그리고 히스토그램 획득은 입력영상의 휘도(Y)와 RGB 각각에 대한 처리를 선택적으로 할 수 있도록 구성하였다.

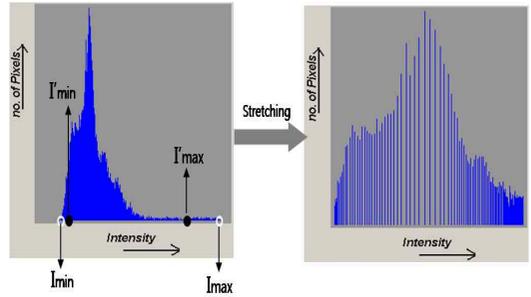


그림 2. CHS
Fig. 2. Clipped Histogram Stretching

2. S-shape Curve 기법

이 기법은 입력영상에 대한 출력영상의 화소값을 룩업테이블(Look-Up Table, LUT)을 이용하는 것으로 그림 3에 예를 들어 보았다.

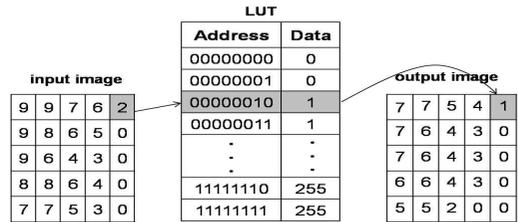
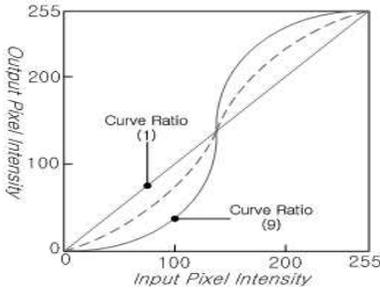


그림 3. 룩업 테이블을 이용한 S형 곡선
Fig. 3. S-shape Curve using LUT

그림 3과 같이 입력영상의 각 화소값을 미리 저장되어 있는 룩업테이블 주소의 화소값으로 출력하여 변환하는 것으로 8비트 영상의 경우 256개가 필요하다. 그림 4에서 이를 도식적으로 보여주는데 S형 곡선 모양으로 매핑되는 것을 알수 있다. 그림 4에 표기된 곡선비(Curve Ratio) 크기에 따라 S형 곡선의 기울기가 조정되도록 하였다. 곡선비는 1에서 9까지 1 스텝씩 조정할 수 있도록 하였고 1일 때가 직선이며, 증가할수록 그림 4와 같이 S형 곡선 모양으로 매핑되기 때문에 어두운 영상은 좀더 어둡게, 밝은 영상은 더욱 밝게 변환되어 명암대비를 개선시키게 된다.



3. Gain/Offset 조정 기법

오프셋(Offset) 조정기법은 입력영상의 화소값에 임의의 값을 더하여 영상의 밝기(Brightness)를 높이는 방법으로 간단한 덧셈기만으로 구성이 가능하다. Gain 조정은 임의의 값을 곱하는 곱셈기를 통해 영상의 컨트라스트를 높이는 방법으로 그림 5에 이를 도식적으로 표현하였다.

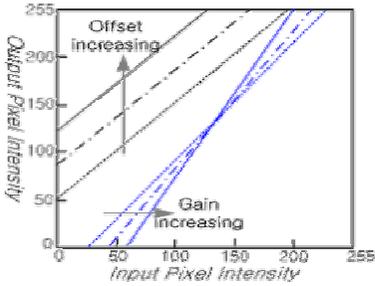


그림 5. 게인 및 오프셋 곡선

Fig. 5. Gain & Offset Curve.

4. 야외 시인성 개선 기법

본 논문에서 사용한 야외시인성 개선 알고리즘은 우선 RGB 색공간을 CIEXYZ 색공간으로 변환한다. 이때 사용된 식은 식 (4)이다.

$$\begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.4124 & 0.3576 & 0.1805 \\ 0.2126 & 0.7152 & 0.0722 \\ 0.0193 & 0.1192 & 0.9505 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix} \quad (4)$$

이어서 XYZ 색공간을 L^*, a^*, b^* 색공간으로 전환하게 되며 이때 사용된 관계식은 식 (5)과 식 (6)과 같다[5].

$$L^* = \begin{cases} 116f\left(\frac{Y}{Y_n}\right) - 16 & , \frac{Y}{Y_n} > 0.008856 \\ 903.3\left(\frac{Y}{Y_n}\right) & , \frac{Y}{Y_n} \leq 0.008856 \end{cases} \quad (5)$$

$$a^* = 500 \left[f\left(\frac{X}{X_n}\right) - f\left(\frac{Y}{Y_n}\right) \right]$$

$$b^* = 200 \left[f\left(\frac{Y}{Y_n}\right) - f\left(\frac{Z}{Z_n}\right) \right]$$

$$f(q) = \sqrt[3]{q} \quad , \quad q > 0.008856 \quad (6)$$

$$f(q) = 7.787q + \frac{16}{116} \quad , \quad q \leq 0.008856$$



그림 6. 실험 결과 영상 (a) 원영상 (b) CHS(w = 9) (c)S형 곡선(곡선비 = 9) (d)게인조정(게인 = 25) (e) 명도(25) (f) 채도(55)

Fig. 6. Resultant images (a) Source Image (b)CHS(w=9) (c) S-shape Curve(curve ratio=9) (d) Gain method(gain = 25) (e) Lightness(25) (f)Chroma(55).

이때 사용되는 X_n, Y_n, Z_n 은 주변광의 밝기가 디스플레이의 밝기보다 더 크기 때문에 디스플레이된 백색에 대한 삼자극치를 사용하지 않고 주변광이 백색패치에 반사되어 나오는 CIEXYZ값을 사용하였다[2].

이어서 L^*, a^*, b^* 를 L^*, C^*, h^* 색공간으로 다시 변환하게 되는데 이때 L^* 은 동일하며 C^* 와 h^* 에 대한 변환식은 식 (7)과 같다.

$$C^* = \sqrt{a^{*2} + b^{*2}} \quad (7)$$

$$h^* = \arctan\left(\frac{b^*}{a^*}\right)$$

여기서 명도(Lightness)는 0에서 최대 80까지의 범위로, 그리고 채도(Chroma)는 0에서 최대 140까지의 범위내에서 조절될 수 있도록 하였고 실제 SoC에서는 조도센서와 백라이트 유닛과 함께 연동되도록 구성하였다.

이상의 각 기능들을 히스토그램을 통해 컨트라스트 관점에서 개선된 정도를 확인해 보았다.

IV. 실험 결과

본 논문에서 사용된 영상 예제를 그림 6에 나타내었다. 사용 영상은 640x480 해상도를 갖는 24비트 RGB영상이다. 그림 6(a)가 원영상이고 그림 6(b)는 YUV공간으로 변환하여 휘도(Y) 성분에 대해 가중치(w) 9를 적용한 CHS기법이 적용된 것이다. 그림 6(c)는 S형 곡선기법(곡선비 = 9)이 적용된 결과이고, 그림 6(d)는 게인조정기법(게인=9)이 적용된 결과이다. 나머지 그림 6(e)와 그림 6(f)는 각각

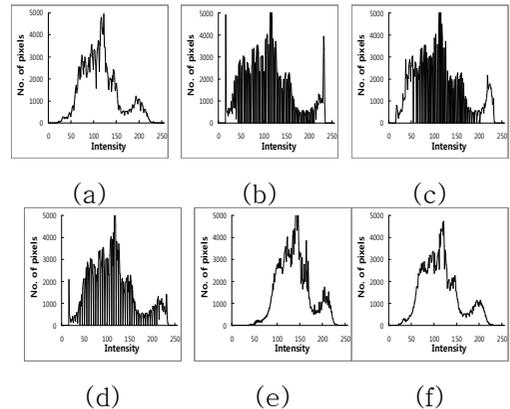


그림 7. 실험결과 영상의 히스토그램 (a) 원영상 (b) CHS(w=9) (c) S형 곡선(곡선비=9) (d) 게인조정(게인=25) (e) 명도(25) (f) 채도(55)

Fig. 7. Histograms of resultant images (a) Source Image (b) CHS(w=9) (c) S-shape Curve(curve ratio=9) (d) Gain method(gain=25) (e) Lightness(25) (f) Chroma(55)

CIELCh 공간에서의 명도와 채도를 조정한 결과 영상들이다. 우선 그림 6의 (b)~(d)를 보면 원영상에 비해 구름이 있는 하늘과 울타리 앞에 잔디밭, 그리고 등대 지붕과 기둥 등에서 명암의 구분이 뚜렷해짐을 알 수 있다. 등대 기둥의 경우 창문을 기준으로 그늘진 부분과 빛을 받는 부분이 원영상에 비해 대비가 극명하게 드러난 결과를 확인할 수 있다. 그림 6(e)의 명도를 조절한 경우 영상이 전체적으로 밝아

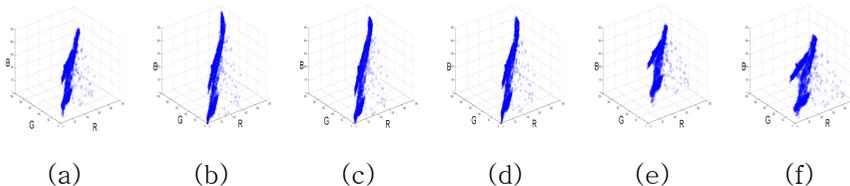


그림 8. 실험 결과 영상의 RGB 화소 분포도 (a) 원영상 (b) CHS(w = 9) (c)S형 곡선(곡선비 = 9) (d)게인 조정 (게인 = 25) (e) 명도(25) (f) 채도(55)

Figure 8. Distribution of the RGB pixel values of resultant images (a) Source Image (b)CHS(w = 9) (c) S-shape Curve(curve ratio=9) (d) Gain method(gain = 25) (e) Lightness(25) (f)Chroma(55)

저 보이며 그림 6(f)의 채도를 조절한 결과는 영상을 구성하는 각 색상의 세기가 강해지면서 원영상과 다른 느낌을 주고 있다. 그림 7은 실험 결과 영상들에 대한 히스토그램 분포를 보여준다. 그림 7의 (b)~(d)의 경우 원영상 대비 히스토그램이 전체범위로 확장된 것을 알 수 있고 인접 화소값들간 불연속적 세기 값이 존재함을 확인할 수 있다. 그림 7(e)는 그림 6(e)에 대한 히스토그램 분포 결과인데 전체적으로 원영상의 히스토그램 형태를 유지하나 원영상의 어두운 히스토그램 영역이 밝은쪽으로 이동함으로써 동적영역(Dynamic Range)이 좁아진 결과가 확인되었다. 이는 명도를 조절함에 따라 영상의 밝기가 증가하지만 콘트라스트는 저하되는 결과를 가져왔다. 그러나 실제 시스템에서는 명도조절이 백라이트의 밝기와 연동되어 조절되도록 구성될 것이기 때문에 향후 콘트라스트 및 야외시인성 향상에 대한 정확한 성능확인을 진행할 예정이다. 실험 영상들의 R,G,B 화소값들의 분포도를 그림 8에 나타내었다. 그림 8 (b)~(d)의 경우 원영상의 분포도와 비교할 때 RGB 모두 전체적으로 확장된 결과를 보이고 있다. 그중 특히 파란색 성분(B)이 다른 R, G 성분에 비해 확장정도가 큼을 보이는데 원영상과 달리 차가운 느낌을 받게 된다. 이는 콘트라스트 관점에서는 개선효과가 기대되지만 원영상의 R,G,B 분포도가 변형되어 다른 느낌의 영상으로 인지되는 문제를 예상할 수 있다.

이에 비해 그림 8(e)의 경우 R,G,B 분포가 밝은 쪽으로 몰려있는 것을 확인할 수 있으며 그림 8(b)~(d) 대비 원영상의 분포도 형태를 유지하면서 전체적으로 R,G,B가 같은 비율을 유지하기 때문에 본래의 색상을 유지하고 있음을 알 수 있다. 특히 채도만을 변화시킨 경우인 그림 8(f)는 삼원색 모두가 특정색에 치우침 없이 균일하게 분포되는 결과를 보여준다. 이들에 대한 정량적인 콘트라스트 개선 확인은 엔트로피와 C. F. Hsu[6]의 제안 방법을 참조하였다. 엔트로피는 무질서도를 나타내는 값으로 확률변수의 균일한 분포정도를 측정한다. 영상에서는 화소값이 확률변수가 되며 엔트로피가 클수록 콘트라스트가 크다는 의미이다[7]. C. F. Hsu et al.의 제안방법은 원영상과 개선후 영상의 히스토그램의 누적분포함수(Cumulative Distribution Function, CDF)를 이용하여 25%(C25)와 75%(C75)에 위치하는 휘도값간 비를 구하는 방법으로 콘트라스트 개선 성능을 쉽게 확인할 수 있는 객관적인 방법으로 판단하였다. 이를 표 1에 정리하였다.

표 1. 실험 결과 영상의 콘트라스트 비교

Table 1. Contrast enhancement of resultant images.

Method	Entropy	C. F. Hsu et al.[6]		
		C25	C75	CE Ratio(%)
Source	7.5366	86	136	0
CHS	7.6092	69	141	30
S-Curve	7.7479	64	144	42
Gain	7.6704	76	139	20
Lightness	7.3858	113	157	-13
Chroma	7.5029	85	136	0

표 1을 보면 CHS와 S형 곡선기법 그리고 개인조정 기법 모두 콘트라스트 개선 효과를 보여주고 있고 엔트로피 값에서도 원영상 대비 모두 증가되었다. 이에 비해 야외시인성 개선 기법의 경우 명도를 조절한 경우 동적영역의 감소로 인해 콘트라스트 저하가 발생된 것을 알 수 있다. 채도의 경우 콘트라스트에는 영향을 주지 않는 것으로 확인 되었다.

표 2. CE와 명도를 조절한 결과 영상의 콘트라스트 비교

Table 2. Contrast enhancement of resultant images(CE + Lightness)

Method	Entropy	C. F. Hsu et al[6]		
		C25	C75	CE Ratio(%)
Source	7.5366	86	136	0
CHS+Lightness	7.5730	93	164	13
S-Curve+Lightness	7.7021	98	162	7

이에 콘트라스트 개선효과가 큰 CHS와 S-shape Curve 기법을 수행한 후 명도를 조절한 결과를 그림 9과 표 2에 나타내었다. 그림 9(b),(c)를 보면 그림 6 (b),(c)와 달리 차갑다는 느낌 없이 하늘, 등대, 잔디밭 등에서 명암대비가 분명해짐을 알 수 있다. 그림 9 (e),(f)의 RGB 분포도에서도 원영상의 분포도가 유지된 결과가 확인되었다. 표 2의 콘트라스트 개선비에서도 콘트라스트와 명도를 함께 조절될 경우 평균 10%의 개선 효과가 확인이 되었다.

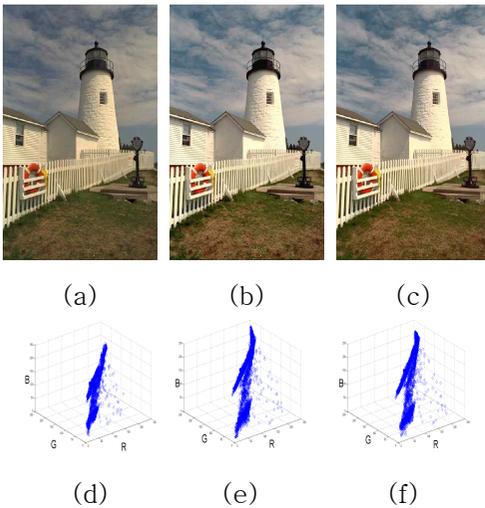


그림 9. CE와 명도를 동시에 조절한 실험 결과
(a),(d) : 원영상, (b),(e) : HS+명도,(c)/(f) : S
형곡선+명도

Fig. 9. Results with CE and Lightness control.
(a),(d) : Source Image, (b),(e) : CHS+Lightness,
(c),(f) : S-shape Curve+Lightness

V. 결 론

본 논문에서는 소형 모바일 디스플레이 영상 개선 SoC를 위해 개발된 알고리즘의 성능평가를 진행하였다. 평가를 진행한 개선 알고리즘은 시각적 개선 기법중 컨트라스트와 야외 시인성 향상을 위한 것으로 컨트라스트 개선기법으로 CHS, S형 곡선, 개인조정 기법을, 그리고 야외시인성 개선은 CIELCh 색공간을 이용하여 조도 센서 및 백라이트 유닛과 연동되어 명도와 채도가 조절될수 있도록 구성하였다. 컨트라스트 개선기법중 S형 곡선기법과 CHS 기법에서 가장 큰 효과를 얻을 수 있었으나 원영상의 R,G,B 분포도가 변화되어 다른 느낌의 영상으로 인지되는 문제점이 확인 되었고 야외 시인성 개선에서 명도 조절에 따라 동적영역의 감소로 컨트라스트 저하가 발생함을 확인 하였다. 결과적으로 컨트라스트 개선 기법과 야외 시인성 개선 기능이 동시에 적용되었을 때 원영상의 R,G,B 분포도가 유지되면서 컨트라스트 개선 효과를 함께 얻을 수 있었다.

향후 본 연구에서 개발된 알고리즘을 최적화 하여 SoC 설계를 위해 FPGA(Field Programmable Gate Array)로 구현한 후 실제 소형 모바일 디스플레이에

서 성능평가를 진행할 예정이다.

참 고 문 헌

- [1] 이지원, 박래홍, "변형된 오차확산을 이용한 컬러 영상의 컨트라스트 개선", 방송공학회논문지, 제13권, 제5호, pp. 651 - 661, 2008.
- [2] 손창환, 김종만, 박태용, 이철희, 하영호, "명순응의 선형화와 클레어 보상에 기반한 모바일 디스플레이의 sunlight-readability 개선 방법," 한국화상학회지, 제 12권 제 3호 pp. 77-87, 2006.
- [3] S. H. Kim, Device and method for controlling LCD backlight, US patent, No.6812649B2, Nov. 2004.
- [4] Y. Monobe, H. Yamashita, T. Kurosawa, and H. Kotera, "Fadeless image projection preserving local contrast under ambient light," 12th Color Imaging Conference, Scottsdale, AZ, USA, pp. 130-135, Nov. 2004.
- [5] Roy S. Berns, "Principles of Color Technology," 3rd Edition, John Wiley & Sons, Inc., 2000.
- [6] 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.
- [7] N. Bassiou and C. Kotropoulos, "Color image histogram equalization by absolute discounting back-off," Computer Vision and Image Understanding, Vol. 107, pp.108-122, Jan. 2007.

저 자 소 개

정 진 영 (정회원)

1994년 2월 아주대학교 재료공학과 졸업
 1996년 2월 아주대학교 재료공학과 석사
 2000년~2005년 팬택엔큐리텔 선임 연구원
 2005년 3월~현재 국민대학교 전자공학과 박사과정
 <주관심분야 : 영상처리, 디스플레이 기술>

김 기 두 (정회원)-교신저자

1980년 2월 서강대학교 전자공학과 졸업
 1980년~1985년 국방과학연구소 연구원
 1988년 7월 미국 펜실베니아 주립대학교 전자공학(MS)
 1990년 12월 미국 펜실베니아주립대학교 전자공학(Ph.D)
 1997년~1998년 미국 UCSD, Visiting Scholar

1991년~현재 국민대학교 전자공학부 교수
 <주관심분야 : 디지털신호처리, 디지털통신>

Monir Hossen

2002년 12월 B Sc in Electrical & Electronic Engineering, Khulna University of Eng. & Tech., Bangladesh
 2004~현재 working as faculty member in Khulna University of Eng. & Tech., Bangladesh
 2008년 8월~현재 Masters of Electronics Engineering, Koomin University, Korea

<주관심분야 : 영상처리, 디지털무선통신>