

색 재현 문제가 없는 동영상 CSTN-LCD 프로세서 구현

*황보현, 조화현, 최명렬

한양대학교 전자전기제어계측공학과

e-mail : *jokersir@asic.hanyang.ac.kr, chh@asic.hanyang.ac.kr, choimy@asic.hanyang.ac.kr*

Implementation of Motion Picture Processor for CSTN-LCD without Gamut Problem

*Bo-Hyun Hwang, Hwa-Hyun Cho, Myung-Ryul Choi

Dept. of EECI

Hanyang University

Abstract

In this paper, we propose a motion picture processor for CSTN-LCD without gamut problem. The proposed method employed CDF(Cumulative Density Function) in order to perform a mutual independent in image gradation and color balance. In addition, the proposed method has solved a gamut problem used by conversion of RGB system and CMY system. Also, we apply the BFI (Black Field Insertion) to the design to compensate for response time of a LC (Liquid Crystal). The proposed hardware architecture has been implemented and verified using a FPGA on prototype board. Visual test and standard deviation of histogram were introduced to evaluate the result of the proposed method and the original ones.

I. 서론

IT 기술의 발전은 동영상과 MP3 기술을 내장한 휴대용 제품 시장을 성장시키고 있다. 휴대용 제품의 디스플레이 장치로써 CSTN-LCD와 TFT-LCD를 사용한다. CSTN-LCD는 TFT-LCD와 비교하여 단순한 드

라이버 IC를 사용하고 구동방법과 낮은 공정 비용의 장점을 가지고 있다. LCD로 동영상을 디스플레이 할 때, 짧은 응답 시간을 가져야한다. 현재 CSTN-LCD는 긴 액정 응답 시간과 수동 소자 방식 때문에 동영상을 디스플레이 하기에는 부적합하다.

이미지 향상 기술은 화소 값을 변환시키는 방법을 통해 이미지의 화질을 향상시키는 것으로 대표적인 기술로 콘트라스트 스트레칭 방식, 슬라이싱 방식, 히스토그램 평활화 방식 등이 있으며 명도 성분만 있는 그레이 이미지에서 주로 사용되었다. 그러나, 컬러 이미지는 색, 채도, 명도 성분이 있으며[1] 특히 색은 컬러 이미지 향상에 세심하게 다루어져야 하는 성분이다.

색은 컬러의 종류를 정하는 속성으로 만약 컬러가 다른 컬러, 또는 백색광과 혼합되어 순도가 희석되면 채도가 감소하며[2] 색의 왜곡이 발생한다. 컬러 이미지 향상의 가장 중요한 점은 원영상이 가지는 화소의 색이 다른 색으로 바뀌지 않고 이미지 향상이 이뤄지는 것이다. 왜곡없는 이미지 향상은 영상의 시각적 품질 향상에 필요하다.

본 논문은 색 재현 문제가 없는 CSTN-LCD 동영상 디스플레이를 위한 방법을 제안한다. 2장에서는 일반적인 색 보존 방법에 대해서 설명하였다. 3장에서는 제안한 방법을 설명하고 4장에서는 FPGA 디바이스를 기반으로 제안된 시스템 구조와 검증 결과를 나타내었다. 5장에서는 결론에 대해 논하였다.

II. 기존의 방법

2.1 색 보존 변환

컬러 이미지 향상 처리 후 색이 보존되지 않으면 왜곡이 발생한다. 색 보존 변환 방법은 변환되기 전의 화소의 색과 변환된 후의 화소의 색을 같게 하는 것이다. 일반적으로 컬러 영상은 RGB 체계를 사용하여 저장되고 보여진다. RGB 체계가 아닌 LHS, HSI, YIQ 등과 같은 체계에서 이미지를 향상시키기 위해서는 이미지가 그러한 체계로 변환되어야 한다. 일반적으로 컬러 영상을 RGB 체계에서 다른 체계로 변환시켜 스케일링과 시프팅을 한 뒤, 처리된 이미지를 디스플레이 하기 위해 RGB 체계 좌표로 다시 변환한다. 명도와 채도를 위한 스케일링과 시프팅 방법은 색 보존 변환 방법으로 사용된다[3][4]. 이러한 색 보존 변환 방법은 선형 변환 방법과 비선형 변환 방법, 두 가지로 구분된다.

2.1.1. 선형 변환

선형 변환은 그레이 스케일 이미지 향상 기술에 일반적으로 사용되는 방식이다. 선형 변환 관련 식은 식(1)로 다음과 같이 정의 된다.

$$x'_k = \alpha x_k + \beta \quad (1)$$

여기서, x_k 는 화소의 k 번째 성분의 그레이 값이고, x'_k 는 수정된 화소의 k 번째 성분의 값이다.

2.1.2. 비선형 변환

색 보존 컬러 이미지 향상에 사용하기 위하여 기본적으로 그레이 스케일 콘트라스트 향상 기술을 일반화한다. 목적은 RGB 체계 안에서 색 재현 문제가 없는 변환된 화소 값들을 유지하는 것이다. 일반적으로 많이 사용되는 그레이 스케일 이미지 콘트라스트 향상 기술은 S타입 향상 방식과 불연속적인 선형 스트레칭 방식, 클리핑 방식등이 있다.

그레이 스케일 이미지에 대한 S타입 변환은 다음 식(2)와 같다.

$$f_{m,n}(x) = \begin{cases} \delta_1 + (m - \delta_1) \left(\frac{x - \delta_1}{m - \delta_1} \right)^n, & \delta_1 \leq x \leq m \\ \delta_2 - (\delta_2 - m) \left(\frac{\delta_2 - x}{\delta_2 - m} \right)^n, & m \leq x \leq \delta_2 \end{cases} \quad (2)$$

m 과 n 은 상수이고, $n \in (0, \infty)$, $m \in [\delta_1, \delta_2]$ 이다. 이러한 변환은 가장 일반적인 형식이고, S타입 콘트라스트 향상 방식의 표준 조건은 다음과 같다. $\delta_1 = 0$, $\delta_2 = 1$, $n = 2$, $m = 0.5$ 이다. 이는 우리의 의도와 달리 컬러 영상의 색의 변화를 초래한다. 이를 색 보존 변환 방식으로 사용하는 방법은 성분의 세 가지

구성요소를 각각의 같은 스케일을 가지게 하는 것이다.

III. 제안한 방법

3.1 이미지 향상 및 색 보존

본 논문에서는 이미지 향상 시 발생하는 색 재현 문제를 색 체계 좌표변환을 통해서 해결하였다. RGB 체계에서 스케일 함수 α 가 1보다 큰 경우에는 CMY 체계로 변환하여 이미지 향상 처리를 한 후 RGB 체계로 변환하여 디스플레이 한다. 스케일 함수 α 가 1보다 작은 경우에는 색 재현 문제가 발생하지 않기 때문에 RGB 체계에서 이미지 향상 처리를 한 후 디스플레이 한다. 제안된 색 재현 문제가 없는 이미지 향상 기법 수행 과정은 그림 1과 같이 진행된다.

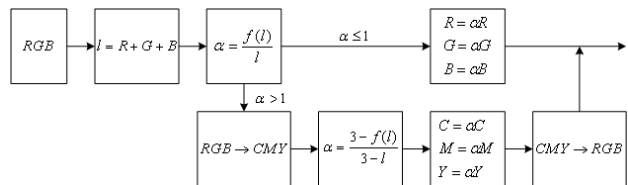


그림 1. 색 재현 문제가 없는 이미지 향상 기법 순서도

3.1.1. CDF(Cumulative Density Function) 기법

화질 개선을 위하여 선형추정 CDF 기법을 사용한 히스토그램 평활화 방법을 사용하였다. 선형추정 누적분포 함수를 구하기 위하여 사용된 샘플 위치는 식(3)과 같다.

$$CDF_{sample}(X_k) = \sum_{j=0}^k X_j \quad (3)$$

여기서, $k = \frac{L}{4}, \frac{L}{2}, \frac{3}{4}L, L$ 이고, $j = 0, 1, \dots, L$ 이다.

$CDF_{sample}(X_k)$ 는 k 까지의 누적된 값으로써 나타나게 되고, $L=255$ 인 경우, 샘플 위치에서의 누적분포함수 값은 식(4)와 같다.

$$0 \leq CDF_{sample}(X_{\frac{L}{4}}) \leq CDF_{sample}(X_{\frac{L}{2}}) \leq CDF_{sample}(X_{\frac{3L}{4}}) \leq 255 \quad (4)$$

샘플 위치에서의 $CDF_{sample}(X_k)$ 의 값은 선형추정 방법에 이용되며, 적은 연산량을 가지고 구현이 가능하게 된다. Y 는 입력영상 X 에 대한 향상된 콘트라스트를 나타내고, 식(5)는 제안된 방식의 히스토그램 평활화를 위한 선형추정 방식을 나타낸다.

$$Y(n) = (\beta X_k - \beta x(n) - 1) \times NCDF(X_k) + (\beta x(n) - \beta X_k) \times NCDF(X_{k+1}) \quad (5)$$

여기서, $n = 0, 1, \dots, L - 1$ 이고, $k = \frac{L}{4}, \frac{L}{2}, \frac{3}{4}L, L$ 이다. $\beta = \frac{1}{X_{k+1} - X_k}$ 로 정의되고, X_k 는 k 번째 샘플 위치의 값을 의미하고, $x(n)$ 은 n 번째 입력 영상의 값을 나타낸다. 마지막으로 $NCDF(X_k)$ 는 정규화된 누적분포함수값을 의미한다.

3.1.2. 색 체계 결정

CDF 기법을 사용하여 스케일링과 시프팅 방식을 기반으로 이미지 향상 처리를 수행할 때 색 체계를 결정하는 α 는 $\alpha = \frac{CDF(L)}{L}$ 이며, 이미지 향상을 위한 스케일링 계수로도 사용된다. α 값에 의한 색 체계 변환은 색 재현 문제가 없는 이미지 향상이 가능하다.

만약 $\alpha \leq 1$ 인 경우는 다음과 같다.

$$R' = \alpha_{RGB} R, G' = \alpha_{RGB} G, B' = \alpha_{RGB} B \quad (6)$$

$1 < \alpha \leq 3$ 인 경우는 다음과 같다.

$$\begin{aligned} C' &= \alpha_{CMY} C = \alpha_{CMY} (1 - R) \\ M' &= \alpha_{CMY} M = \alpha_{CMY} (1 - G) \\ Y' &= \alpha_{CMY} Y = \alpha_{CMY} (1 - B) \end{aligned} \quad (7)$$

각각의 스케일링 계수는 $\alpha_{RGB} = \frac{CDF(L)}{L}$ 이고

$$\alpha_{CMY} = \frac{3 - CDF(L)}{3 - L} \text{ 이다.}$$

3.2 BFI(Black Field Insertion) 기법

CSTN-LCD에서 동영상 구현이 가능하도록 액정의 응답 시간을 보상하기 위해 BFI 기법을 사용하였다. BFI 기법은 정상적인 프레임 사이에 홀수 라인과 짝수 라인에 Black Line이 삽입된 프레임을 번갈아 삽입하여 액정의 응답 시간을 보상하여 동영상 구현이 가능하게 한다. 그림 2는 정상적인 프레임(Frame#1, Frame#3) 사이에 홀수 라인에 Black Line이 삽입된 프레임(Frame#2)과 짝수 라인에 Black Line이 삽입된 프레임(Frame#4)을 나타낸다.



(a) frame #1 (b) frame #2 (odd BFI)



(c) frame #3 (d) frame #4 (even BFI)

그림 2. BFI 기법을 적용한 연속이미지의 예

IV. 구현 및 검증

본 논문에서 구현한 색 재현 문제가 없는 CSTN-LCD 이미지 프로세서는 알고리즘 검증을 위해 C++을 사용하였다. VHDL설계와 Synthesis를 위해 Xilinx 6.2i 및 Synplify 7.3을 이용하였다. FPGA 테스트 보드의 Target 디바이스는 Xilinx Virtex XCV300E를 사용하였다.

화질 평가를 위하여 TFT-LCD와 CSTN-LCD에 디스플레이 되는 영상을 시각적으로 비교하였으며, 그림 3은 TFT-LCD와 CSTN-LCD에서 구현된 동영상을 나타낸다.



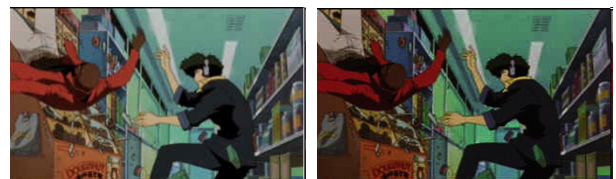
(a1) frame#1 TFT-LCD (b1) frame#1 CSTN-LCD



(a2) frame#2 TFT-LCD (b2) frame#2 CSTN-LCD



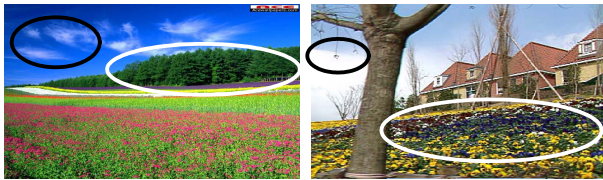
(a3) frame#3 TFT-LCD (b3) frame#3 CSTN-LCD



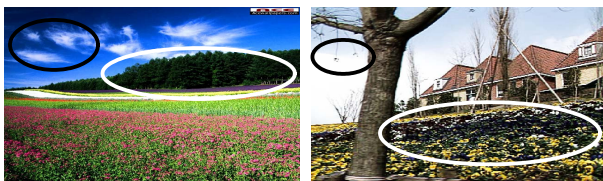
(a4) frame#4 TFT-LCD (b4) frame#4 CSTN-LCD

그림 3. TFT-LCD와 CSTN-LCD의 동영상 구현 비교

색 재현 문제가 없는 이미지 향상 처리된 화질 평가를 위하여 원영상과 처리된 영상의 시각적 비교 검증과 히스토그램의 표준 편차를 도입하였다. 그림 4는 기존의 이미지 향상 기법을 사용한 영상과 제안된 기법을 사용한 영상을 나타내며, 표 1은 영상에 대한 표준 편차를 비교한 것이다.



(a) Flower & Flower Garden 원본



(b) Flower & Flower Garden 기존의 방식



(c) Flower & Flower Garden 제안한 방식
그림 4. 기존의 방식과 제안된 방식 비교

표 1. 표준 편차(Standard Deviation) 비교

구분	원영상	기존 방식	제안한 방식
Flower	45.45	61.09	63.72
Flower Garden	68.98	89.70	71.97

표 2는 제안한 프로세서의 성능을 나타내며, 그림 5는 구현한 FPGA 테스트 보드와 5.7" CSTN-LCD이다.

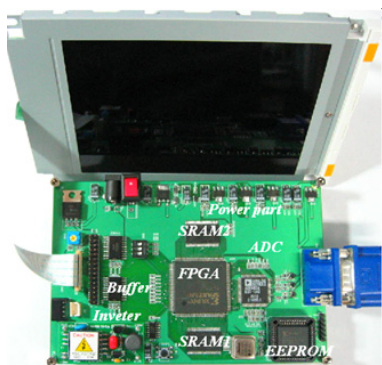


그림 5. FPGA 테스트 보드와 5.7" CSTN-LCD

표 2. 제안한 프로세서 성능

항목	성능
동작 주파수	88.325MHz
해상도	QVGA(320×240)
전체 gate 수	400,000 gate

V. 결론

본 논문은 CDF 기법을 사용하여 CSTN-LCD 동영상의 이미지를 향상시켰으며, 색 체계 변환 방법을 통하여 이미지 향상시 발생할 수 있는 색 재현 문제를 해결하였다. 그리고, BFI 기법을 사용한 구동 방법을 제안하여 동영상 구현이 가능한 CSTN-LCD 프로세서를 구현하였다. 색 재현 문제가 없는 동영상 CSTN-LCD 이미지 프로세서는 중·저가의 모바일 디스플레이의 여러 응용분야에 맞게 다양한 해상도와 컬러 지원 가능하다.

참고문헌

- [1] R. S. Berns, F. W. Billmeyer, and M. Saltzman, Billmeyer and Saltzman's Principles of Color Technology, 3rd ed. New York: Wiley, 2000.
- [2] G. J. Chamberlin, The CIE International Color System Explained. Salisbury, U.K.: Tintometer, 1951.
- [3] C. C. Yang and J. J. Rodriguez, "Efficient luminance and saturation processing techniques for bypassing color coordinate transformations," in Proc. IEEE Int. Conf. on Systems, Man, and Cybernetics, vol. 1, 1995, pp. 667-672.
- [4] "Saturation clipping in the LHS and YIQ color spaces," in Proc. IS&T/SPIE Int. Symp. Electronic Imaging: Science & Technology - Color Imaging: Device-Independent Color, Color Hard Copy, and Graphic Arts, San Jose, CA, 1996.
- [5] Kenji Sugiyama, et al., "A method of de-interlacing with motion compensated interpolation," IEEE transactions on Consumer Electronics, Vol. 46, No. 3, pp. 460-466, 2000.
- [6] Mei-Juan Chen, et al., "Efficient De-interlacing Technique by Inter-field Information," IEEE transactions on Consumer Electronics, Vol. 50, No. 4, pp. 1202-1204, 2004.
- [7] Rafael C. Gonzalez, "Digital Image Processing," Prentice-Hall, pp. 148-213, 2002.
- [8] Keith Jack, "Video Demystified 4th Edition," Elsevier, pp. 203-261, 2005.