

논문 2009-46IE-3-3

고해상도 천연색 LED 디스플레이 시스템을 위한 흰색 보정프로세서의 설계

(Design of White Balance Correction Processor for High Resolution
Full Color LED Display System)

이종하*, 고덕영*

(Jong-Ha Lee and Duck-Young Ko)

요약

본 논문은 LED 디스플레이 시스템에서 균일하고 부드러운 영상표출을 위하여 각각의 Red, Green, Blue LED의 휘도를 조절하여 흰색보정을 유지할 수 있는 프로세서를 설계하였다. 이 프로세서는 일반적인 LED소자의 특성곡선을 근거로 "a"를 고유특성 값, "b"를 사용시간에 따른 휘도보정 값, "X"를 구동전류 값, "Y"를 휘도 값이라 할 때, " $Y=aX+b$ "로 설정되는 휘도 특성함수에 의하여 각 픽셀의 휘도에 따른 구동 전류 값을 산출하여 휘도를 보정하고, 또한 장시간 사용 시 LED소자의 휘도 저하 문제를 해결하기 위하여 "b"값을 조절하여 LED 디스플레이 시스템의 전체 평균 휘도 값을 상향시킬 수 있도록 구현하였다.

Abstract

In this paper, we developed white balance correction processor for Full Color LED Display System which could be display uniformity color and soft light by adjusting brightness of red, green, blue pixel, individually. This processor correct brightness by calculating operating current of each pixel(red, green, blue LED) on the basis of characteristic curve of LED device when we named "a" as a specific characteristic value, "b" as a brightness correction value according to using time, "X" as a operating current value, and "Y" as brightness value. As the results, we solved the reduction problem of brightness for long used LED devices, according to increase entire mean of brightness value by adjusting "b" value from the brightness characteristic function.

Keywords: White balance, Brightness correction, LED Characteristics, LED display system.

I. 서론

정보전달매체 중에서 특히 시각표시 정보전달 장치는 현대정보사회에서 멀티미디어 환경에서 정보전달이 인간의 시각적 기능을 통해서 이루어지고 있고, 세계적으로 에너지절약 및 환경오염 문제로 높은 효율과 장기간 사용 시간을 갖는 대체 광원으로서 필요성이 더욱 커지고 있다. 광 시각용 정보전달 장치는 다수에게 다

양한 환경에서 많은 정보를 제공하는 것으로 LED (Light Emitting Diode)를 사용하는 것과 여러 개의 CRT를 배열한 멀티비전과 VFD (Vacuum Fluorescent Display), 백열 전구, LCLV(Liquid Crystal Light Valve)를 이용한 것 등이 있다.^[1]

컬러 영상표시 시스템으로 사용되는 천연색(Full Color) LED 디스플레이 시스템은 선명함과 균일한 영상을 만드는 것이 중요하며, 이는 Red, Green, Blue LED를 하나의 픽셀로 구성하고 이 픽셀을 가로, 세로로 배열하여 LPM(LED Pixel Matrix) 모듈로 설계하고, 스크린으로 구성하여 제작한다. 천연색 LED 디스플레이 시스템의 품질을 좌우하는 가장 중요한 소재가 발광

* 정회원, 전주비전대학 디지털전자정보과
(Dept., of Information & Digital Electronic
Engineering, Vision University of Jeon-Ju)
접수일자: 2009년5월27일, 수정완료일: 2009년9월9일

소자인 LED이며, 균일한 영상표시를 위해 고 휘도(Brightness)와 가시각도(Visible angle)로 결정되고 있다.^[2]

본 논문에서는 고해상도 천연색 LED 디스플레이 시스템에서 균일하고 부드러운 영상표출을 위하여 LED의 휘도와 Color rank의 오차를 줄일 수 있도록 하드웨어와 소프트웨어에 의하여 흰색보정(White balance correction)으로 균일한 색(Uniformity color)을 유지시켜 주는 시스템의 프로세서를 개발하고자 한다. 이는 LED소자 전기-광학적(Electro-optical) 특성곡선을 근거로 “a”를 고유특성 값, “b”를 사용시간에 따른 휘도보정 값, “X”를 구동전류 값, “Y”를 휘도 값이라 할 때, “ $Y=aX+b$ ”로 설정되는 전기-광학적 특성함수에 의하여 각 휘도에 따른 구동 전류 값을 산출하고 분석하고자 한다.

LED 디스플레이 시스템의 Red, Green, Blue를 각각 촬영하여 각 화소 휘도 데이터를 생성하고 전체 평균 휘도 값을 구하여 각 화소 점에 대한 오차를 보정하고 해당 휘도에 따른 구동 전류 값을 산출하며, LED 디스플레이 시스템으로 송출되는 영상 데이터의 색상과 휘도에 대한 단계적인 조정을 거쳐 처리하도록 한다.

II. 천연색 LED 디스플레이 시스템 구성

3색의 LED를 기본으로 한 픽셀로 구성하고, 동영상과 3차원의 컴퓨터 그래픽과 영상 정보, 문자 등의 메시지를 표출할 수 있는 천연색 LED 디스플레이 시스템 구성을 그림1에 나타냈다.^[4]

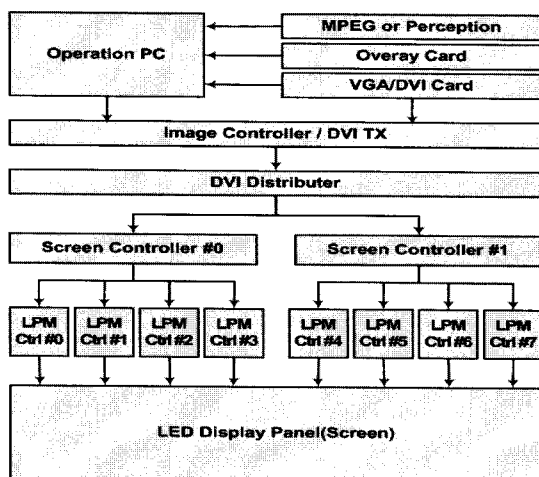


그림 1. 천연색 LED 디스플레이 시스템 블록선도
Fig. 1. Block diagram of Full color LED display system.

운영 컴퓨터는 IBM/PC 또는 그 호환기종을 사용하며 기능은 다양한 비디오 영상신호를 MPEG, HDTV, DVI(Digital Visual Interface), VTR/CAMCORDER에서 보내지는 신호를 입력으로 받아 VGA(Video Graphics Array) / DVI 카드를 통해 영상제어 장치에 전송된다.

영상제어장치는 VGA/DVI 카드를 통해 입력받은 영상을 영상신호 분배기인 스크린 제어기(Screen Controller)로 영상을 전송하는 기능과 운영 프로그램에 의한 스크린 제어기의 각종 파라미터 변경과 제어 역할을 수행한다.^[3]

스크린 제어부는 영상제어장치로부터 DVI방식으로 출력되는 24비트 영상데이터와 이 장치를 제어할 수 있는 제어 데이터를 입력값으로 받아 처리하고 영상데이터를 분배하여, LPM제어부에 영상데이터를 전송하는 역할을 처리한다. LPM(LED Pixel Matrix) 제어부는 스크린 제어부에서 분배되어 전송된 영상 데이터를 LED 디스플레이 패널(Panel)의 LPM 모듈에 맞는 영상데이터로 변환하여 전송 처리하고 있다.

LED 디스플레이 패널은 영상을 표출할 수 있는 스크린이며, 여러 개의 LPM 모듈을 가로, 세로로 배열하여 구성한다. 여기서 LPM모듈은 Red, Green, Blue 색의 LED를 한 픽셀로 구성하고 이 픽셀을 16×16의 배열(Matrix)형태로 나열한 표시부와 구동용 드라이버 회로로 구성하여 만든 영상표시 장치이다.

III. 제안된 White Balance 보정방법

LED 픽셀이 R, G, B 3색의 LED로 3×M×N 개의 LED 소자로 구성되므로, 천연색 LED 디스플레이 시스템이 640×480 해상도의 영상을 표시하는 경우 최소 921,600개의 LED 소자를 필요로 한다. 따라서 LED 디스플레이 시스템의 품질을 결정하는 것은 발광소자인 LED 특성에 따라 디스플레이 시스템 영상 품질, 휘도(Brightness) 및 가시각도(Visible angle)를 다양하게 변화할 수 있다.^[6]

영상에서 LED의 흰색보정은 화질의 품질을 결정하는 중요한 요소로, SSC-SFT825N-S인 Chip type RGB LED의 White balance는 Target Color가 Bluish White(Color White)일 때 Color Rank는 8등급을 갖게 되며, 그림 2에 나타냈다.

흰색보정을 위하여 Color rank가 8등급으로 구분되어

· Measurement Uncertainty of the Color
Coordinates : ±0.01

| a | | b | | c | | d | |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| x | y | x | y | x | y | x | y |
| 0.217 | 0.209 | 0.241 | 0.209 | 0.224 | 0.233 | 0.248 | 0.233 |
| 0.241 | 0.209 | 0.265 | 0.209 | 0.248 | 0.233 | 0.272 | 0.233 |
| 0.248 | 0.233 | 0.272 | 0.233 | 0.255 | 0.257 | 0.279 | 0.257 |
| 0.224 | 0.233 | 0.248 | 0.233 | 0.231 | 0.257 | 0.255 | 0.257 |
| e | | f | | g | | h | |
| x | y | x | y | x | y | x | y |
| 0.231 | 0.257 | 0.255 | 0.257 | 0.238 | 0.281 | 0.262 | 0.281 |
| 0.255 | 0.257 | 0.279 | 0.257 | 0.262 | 0.281 | 0.286 | 0.281 |
| 0.262 | 0.281 | 0.286 | 0.281 | 0.269 | 0.305 | 0.293 | 0.305 |
| 0.238 | 0.281 | 0.262 | 0.281 | 0.245 | 0.305 | 0.269 | 0.305 |

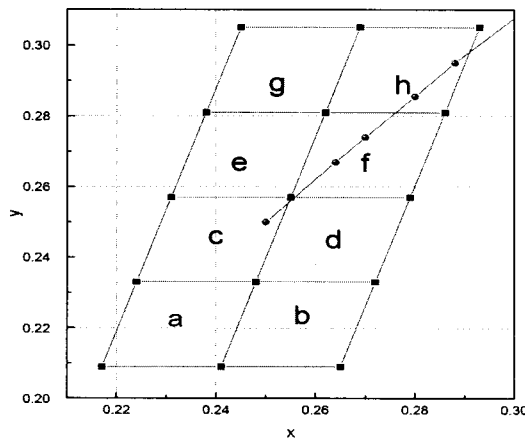


그림 2. SSC-SFT825N-S의 Color Rank 에 의한 White Balance

Fig. 2. White Balance for Color Rank of SSC-SFT825N-S.

공급됨에 따라 LED 디스플레이 시스템을 제작할 때 동일 Color rank와 휘도 rank로 LPM 모듈을 제작하고 저항을 이용하여 흰색보정을 유지할 수 있도록 할 수 있으나 휘도 rank의 오차범위가 ± 10%이면, 영상의 화질 저하가 발생되므로, 이를 방지하기 위해 LED 디스플레이 시스템을 제작하는 과정에서 고유 휘도 값에 따라 LED 소자의 배치를 조정해야한다. LED는 인가된 전류에 따른 광 출력 특성으로 전류가 40mA 이내에서 전류 값 변화에 대한 휘도가 선형적으로 변화되고 있다. 따라서 LED의 광 특성 곡선은 전류가 40mA 보다 작은 범위에서 Y를 휘도 값, X를 구동전류 값이라고 할 때 다음 식 1과 같이 표현할 수 있다.

$$Y = aX + b \tag{1}$$

a : 고유 특성 값

b : 사용시간에 따른 휘도 보정 값

ax + b값에 의한 휘도보정
(±128단계)

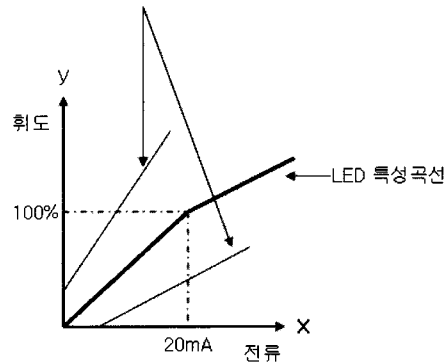


그림 3. “ax+b”를 적용한 LED 휘도보정 전기-광학적 특성

Fig. 3. Applied “ax+b” on electrical-optics of LED brightness correction.

LED의 전기-광학특성은 고유 특성 값 “a”를 변화하면, 휘도가 보정된 전기-광학 특성을 갖게 된다.

그림 3은 고유특성 값 “a”를 LED의 전기-광학적 특성 곡선에 맞게 연산하여 White Balance를 0에 가깝도록 유지가 가능하고, 사용시간에 따른 휘도보정 값 “b”에 의하여 장시간에 따른 휘도가 감소된 부분을 보정하여, 일정기간 처음 상태의 휘도를 유지할 수 있도록 한다.

IV. 영상제어 장치설계와 실험결과

1. 흰색보정 기능을 갖는 영상 제어장치

영상제어장치는 VGA/DVI Card를 통해 입력받은 영상을 신호분배기인 Screen Controller에 영상을 전송하는 기능이 있다. 또한 Operation 프로그램에 의한 Screen Controller의 각종 파라미터 변경과 신호 처리를 하며, 영상제어장치에 휘도보정 기능을 수행하는 프로세서를 추가하여 흰색보정 기능을 수행하도록 하였다.

그림 4에 흰색 보정기능을 갖는 영상제어장치의 구성도를 나타냈다.^[4]

제어컴퓨터는 운영 컴퓨터의 역할을 하며, 흰색보정 프로세서가 이 기능을 수행하기 위해 제어신호 및 보정 데이터를 관리하는 기능을 처리하도록 한다. LED 디스플레이 시스템에 표출된 영상 데이터는 VGA Card의 DVI Port를 통하여 전송하며, 흰색보정 기능을 수행하기 위한 제어신호 및 보정 데이터는 PCI(Program Controlled Interrupt) to ISA(Industry Standard Architecture) Chip을 사용하여 흰색보정 프로세서로

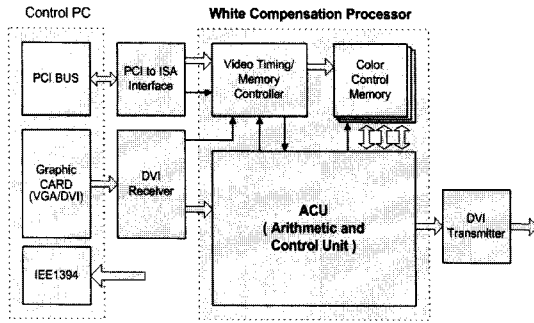


그림 4. White Balance 보정 기능을 갖는 영상 제어 장치의 블록도
 Fig. 4. White balance correction Block diagram of image control device.

전송하며, Video Timing 및 Memory 제어부와 산술 및 제어부, 컬러 메모리부로 구성된다.^[5]

흰색보정 방법은 PC의 IEE1394 포트에 디지털 카메라를 연결하고 흰색보정 프로그램에 의하여 LED 디스플레이 시스템에 표시된 영상을 촬영하여 컴퓨터에 저장하고, 이 영상데이터를 근거로 각 화소의 휘도 데이터를 생성하고 전체 평균 휘도 값을 산출한다. 휘도 데이터를 흰색보정 프로세서에 전송하고 각 화소 점에 대한 오차를 보정하고 수신된 데이터를 다시 영상신호로 표출하고 보정된 데이터를 촬영하여 평균 휘도 값을 산출하여 보정한다. 이 과정을 여러 번 반복하여 휘도 보정 값이 이미 설정한 오차 범위 내에 있을 때에 최적의 휘도보정 데이터를 생성할 수 있도록 설계 한다.^[6]

DVI 전송부는 흰색보정프로세서 의해서 휘도보정 연산을 수행하며, 3색의 영상데이터를 9bit와 Clock 신호, 수직 동기신호, 수평동기신호, DE신호로 변화 최소화 차분신호(TMDS: Transition Minimized Differential Signaling)를 시리얼 방식에 따라 여러 개의 DVI 신호로 출력하는 역할을 수행하도록 구성한다.

2. 흰색보정 프로세서설계 및 시뮬레이션

흰색보정 프로세서의 기본 구조를 바탕으로 각 구성 요소에 대하여 설계하였으며, 시뮬레이션은 Altera사의 MAX+PLUS II, 버전10.1의 CAD Tool을 이용하고 이 Tool에서 제공되는 라이브러리를 사용하였다.

가. Video Timing 및 Memory 제어부

시스템의 해상도가 낮으면 픽셀 클럭 주파수가 낮은 반면 해상도가 높아지면 사용되는 픽셀(Pixel) 클럭(Clock)주파수가 증가하게 되는데 해상도가 1280×1024×

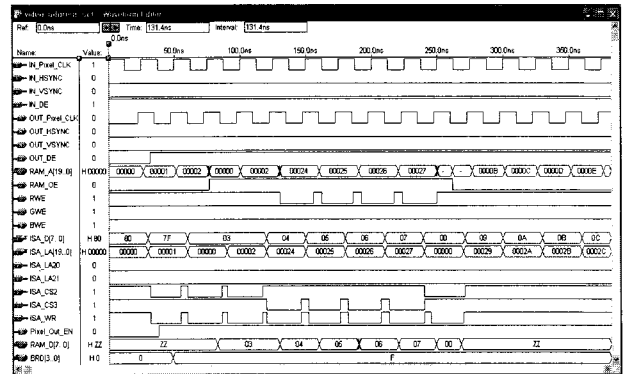


그림 5. 비디오 타이밍 및 메모리 제어부의 시뮬레이션 결과
 Fig. 5. Result of simulation for Video timing and memory control unit.

24bit 60frame일 경우는 110MHz가 된다. 흰색보정을 위해 프로세서는 보정 프로그램에서 전송되어온 픽셀 단위의 보정 데이터를 VGA의 비디오 타이밍 주파수인 픽셀 클럭주파수, 수평동기신호와 수직 동기신호를 메모리에 저장하고, 메모리로부터 픽셀단위의 보정데이터를 읽어 들여 픽셀 단위로 산술연산을 실행한다.^[7]

비디오 타이밍(Timing) 및 메모리 제어부는 게이트 수 및 비디오 타이밍 등을 고려하여 MAX7000계열의 PM7128AETC100-10을 사용하였으며, 시뮬레이션 결과는 그림 5에 나타났다.

나. 산술 및 제어부

Color Control Memory부는 각각 Red, Green, Blue의 영상 보정 데이터를 저장하는 영역으로 구분된다. LED 스크린의 크기가 최대 가로, 세로가 1280×1024이고 휘도보정 단계를 4% 이내 즉, ±128단계를 유지하기 위해서는 8bit의 데이터 비트가 요구되어, 각각 1280×1024×8bit의 Memory가 필요하게 된다.^[8]

산술 및 제어부는 촬영된 이미지의 휘도 값을 가지고 휘도 특성함수 식(1)에서 “Y=aX+b”를 이용하여 연산을 수행하고, 산출된 휘도에 따른 구동전류 값으로 LED 디스플레이 시스템에서 영상데이터의 휘도보정을 실행한다. 이 과정에서 보정데이터는 비디오 타이밍 및 제어부에 의해서 Color Control Memory에 저장되며, 보정데이터는 산술 및 제어부가 읽어 들여 DVI 수신부로부터 전송된 각 Pixel의 영상 데이터와 산술연산을 수행하고 비디오 타이밍을 조절하여 DVI 전송부에 의해 LED 디스플레이 시스템에 보내지게 된다.^[9]

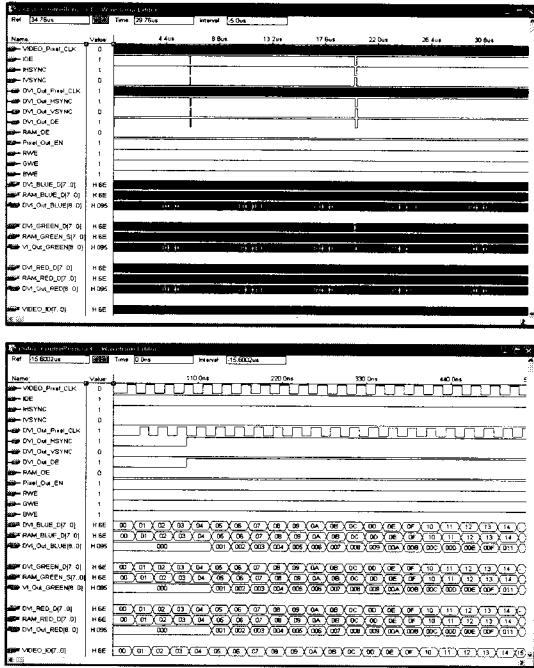


그림 6. 산술 및 제어부의 시뮬레이션 결과
Fig. 6. Simulation result of Arithmetic and control unit.

그림 6에 산술 및 제어부의 시뮬레이션 결과를 나타냈다.

3. 흰색보정을 위한 소프트웨어 설계

흰색보정을 위한 구동 소프트웨어는 LED 디스플레이 시스템을 운영하는 프로그램과 연동하여 마이크로소프트사의 Visual C++ Version6.0을 사용하여 소프트웨어를 설계하였다.

LED Display Panel, Panel에 대한 LPM모듈, LPM 모듈에 대한 픽셀 단위로 각각 나누어 흰색을 보정할 수 있도록 하기 위해 그림 7은 소프트웨어에 의한 흰색 보정 단계를 UI(User Interface)로 구성하였다.

단위별로 보정하기 위해 해당 블록의 영상을 디지털

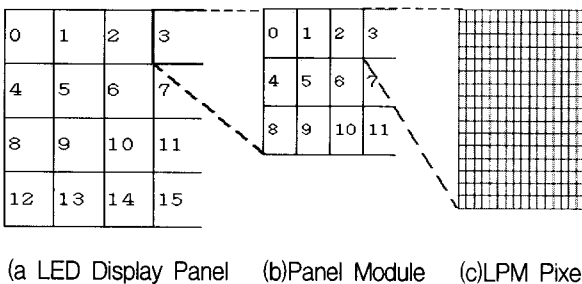


그림 7. 소프트웨어에 의한 흰색보정 단계
Fig. 7. A step of White correction for Software. (a) LED Display Panel (b) Panel Module (c) LPM Pixel

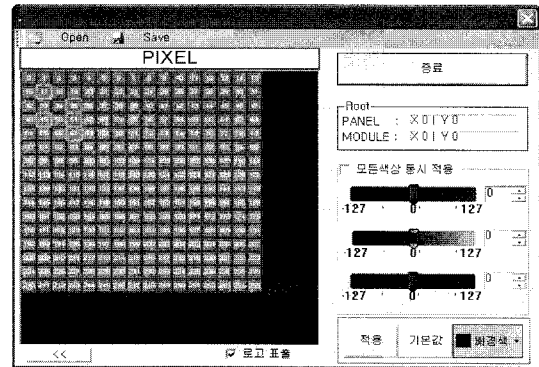


그림 8. LPM Module의 흰색보정을 위한 프로그램 픽셀 창
Fig. 8. Program pixel window for a white color of the LPM Module.

카메라로 입력받아 각각의 LED를 Pixel로 나누어 데이터 값의 평균을 구한 후 해당 픽셀의 휘도보정 값을 구하고 미리 지정한 기준 값과 비교하여 LED 휘도 값을 보정하도록 한다.^[10]

그림 8에 LPM Module의 흰색보정을 위한 프로그램 픽셀 창을 나타냈다.

4. 프로세서의 제작과 성능 측정

가. 흰색보정 프로세서의 제작

설계방법으로 OrCAD 9.1를 이용하여 전체 회로 설계하고, layout tool을 사용하여 PCB 보드를 설계하고 제작하였다. 그림 9에 회로도를 이용하여 제작한 흰색 보정 프로세서 보드를 나타냈다.

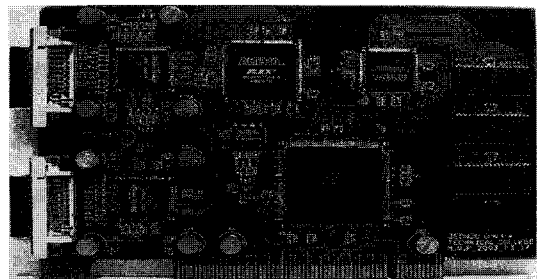


그림 9. 제작된 흰색보정프로세서
Fig. 9. Manufactured white color correction processor.

나. 흰색보정 프로세서 성능측정

흰색보정프로세서의 성능을 측정하기 위해서 휘도특성, 색 좌표, 색온도를 측정하였으며, 이 때 사용한 측정 장비는 Spectra Color meter PR650을 이용하였다.

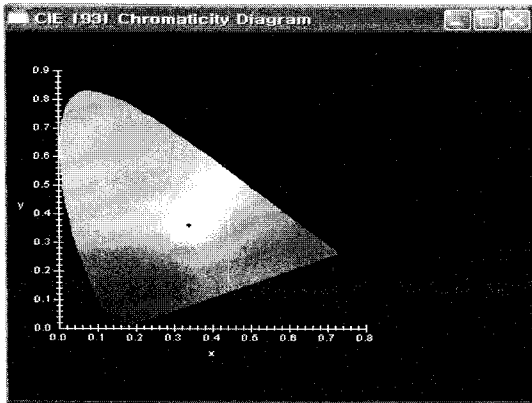


그림 10. CIE 1931 채색 다이어그램
Fig. 10. CIE 1931 Chromaticity Diagram.

| Obs: 2 deg. | Sw62 | Units |
|-------------|------------|-------|
| Luminance | 1.153e+003 | cd/m2 |
| | 3.365e+002 | fl |
| CCT | 5156 | |
| mk -1 | 193.9 | |
| u-v Dev | 0.0060 | |

| Obs: 2 deg. | Sw62 |
|-------------|--------|
| x | 0.3416 |
| y | 0.3608 |

그림 11. LED 디스플레이 시스템의 휘도, 색 온도, 색 좌표 값

Fig. 11. Brightness, correlated color temperature, Chromaticity coordinate of LED display system.

채색 다이어그램 결과를 그림 10에 CIE 1931 색 좌표로 결과를 나타내었으며, 그림 11에 휘도 값 및 색 좌표 값을 표시하였다.

휘도 보정한 LED 디스플레이 시스템의 색좌표 값은 CIE 1931 Chromaticity Diagram에서 $x=0.3416$, $y=0.3608$ 이며, 색온도 값은 5,156[K]로 백색이 구현되었음을 확인할 수 있었다.^[11]

V. 결 론

본 논문에서는 천연색 LED 디스플레이 시스템에서 균일하고 부드러운 영상 표출을 위하여 LED의 휘도와 Color rank 오차를 줄일 수 있도록 흰색보정장치를 조절하여 균일한 컬러를 유지시켜 주는 흰색보정 프로세서를 설계하고 분석한 후 새로운 방법을 제안하였다.

흰색보정 방법은 PC의 IEE1394 포트에 디지털 카메

라를 연결하고 흰색보정 프로그램에 의하여 LED 디스플레이 시스템에 표출된 영상을 촬영하여 컴퓨터에 저장하고, 이 영상 데이터로 각 화소의 휘도 데이터를 생성하고 전체 평균 휘도 값을 산출하였다. 또한 휘도 데이터를 흰색 프로세서로 보정하여 전송하였다. 각 화소점에 대한 오차를 줄이고 고정된 데이터에 의해서 다시 영상을 표출하고 이를 촬영하여 평균 휘도 값을 산출하였다. 이 과정을 여러 번 반복하여 휘도 보정 값이 이미 설정한 오차 범위 내에 있을 때에 최적의 휘도 데이터를 생성할 수 있도록 흰색보정 프로세서를 설계하고 입증하였다.

설계 및 시뮬레이션은 Altera사의 MAX+ PLUS II, 버전10.1의 CAD Tool을 이용하고 이 Tool에서 제공되는 라이브러리를 사용하였으며, OrCAD Ver.9.1를 이용하여 전체 회로 설계하고, layout Tool를 사용하여 PCB 보드를 제작하였다. 흰색보정을 위한 성능을 측정하기 위해서 휘도특성, 색 좌표, 색온도, 색에 대한 파장 등을 측정하였으며, 휘도보정을 수행하였다. LED 디스플레이 시스템의 색 좌표 값은 CIE 1931 색 도표 값으로 $x=0.3416$, $y=0.3608$ 이며, 색온도 값은 5,156[K]가 되어 깨끗한 백색 화면이 구현됨을 확인할 수 있었다.

참 고 문 헌

- [1] Anni Berger-Schunn, "Practical Color Measurement a Primer for the Beginner, a Reminder for the Expert," Wiley Series in Pure and Applied Optics Published, 2003.
- [2] U. Michael, "Spline-A Perfect Fit for Signal and Image Processing," IEEE Signal Processing Magazine, pp. 22-38, Nov. 1999.
- [3] Rafael C. Gonzales, and Richard E. woods, "Digital Image Processing," Addison - Welsley, 1987.
- [4] 이종하 "도트 매트릭스형 영상표시 시스템의 컬러 조정장치,"대한민국특허청, 특허등록제0331762호, 2002.
- [5] J. Jung, G. Laroche "Competition-Based Scheme for Vector Selection and Coding," ITU-TSG16/Q.6 Doc. VCEG-AC06, Klagenfurt, Austria, July, 2006.
- [6] M. Unser, A. Aldroubi, and M. Eden, "Fast B-spline transforms for continuous image representation and interpolation," IEEE Trans. on Pattern Analysis and Machine Intelligence vol. 13, pp. 277-285, Mar. 1991.

- [7] Graham D.F. and Paul M.H., "Color by relation: A simple, unifying framework for color constancy," *IEEE Trans, on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, vol23, no.11, pp.1209-1221, Nov. 2002.
- [8] Nichia Corporation, "Model : Data Sheet NSSM1016DT Cat No.070227", Nichia Corporation, 2007.
- [9] K.Yamamoto, M. Kitahara, H. Kimata, T. Fujii, M. Tanimoto, S. Shimizu, K. Kamikura, and Y. Yashima, "Multi view Video Coding Using View Interpolation and Color Correction," *IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video*, Vol.17, No.11, pp.1436-1449, 2007.
- [10] DTS Technology Inc. "Data Sheet : Full Color LED Driver DTS 0948Q," DTS Technology Inc, 7. 2007.
- [11] 이종하, 조규범 "LED 전광판의 휘도보정 기능을 갖춘 화상 컨트롤러 장치 및 그 방법," 대한민국 특허등록 제10-0699355호, 대한민국 특허청, 03.19. 2007.

 저 자 소 개



이 종 하(정회원)

1982년 전북대학교 전기공학과
(공학사)

1984년 전북대학교 전자계산기
공학과 (공학석사)

1993년 전북대학교 전자계산
응용공학 (공학박사)

1989년 3월~현재 전주비전대학 디지털전자
정보과 교수

<주요관심분야: 디지털신호처리, HDTV>

고 덕 영(평생회원)

대한전자공학회 논문지 IE편 제43권 제1호 참조

1979년 3월~현재 전주비전대학 디지털전자
정보과 교수,