

Full Color LED 디스플레이장치와 휘도 개선과 호환성을 갖는 통합인터페이스 제어장치 구현

이주연
전주비전대학교 전자과 교수

Implemented of Integrated Interface Control Unit with Compatible and Improve Brightness of Existing Full Color LED Display System

Ju-Yeon Lee
Professor, Department of Electronics, VISION College of Jeonju

요약 본 논문에서는 밝기제어장치 및 색상제어장치 그리고 기존의 제어장치와의 호환성을 갖는 통합 인터페이스 제어장치 설계하고 제작하여 구현하였다. 구현 방법으로는 데이터 전송방식은 DVI/HDMI 전송방식의 규격을 적용하였으며 적용한 IC는 Sil1169 IC를 사용하였다. 밝기제어는 AT89C2051을 사용하여 8단계의 밝기조절 기능을 갖도록 프로그래밍하였다. 또한 영상 및 디밍 데이터 처리를 위하여 EPM240T100C5 IC를 사용하여 제작하였다. 그 결과로 기존에 제작하여 사용되어지고 있는 DVI/HDMI 전송방식을 적용한 제어장치와 호환이 가능하고, 주변 밝기에 따라 선명하고 고품질의 Full HD급 영상을 LED 디스플레이 장치에 통하여 재생할 수 있는 결과를 얻었다.

주제어 : 풀컬러 LED 디스플레이, DVI/HDMI 인터페이스, 통합 인터페이스, LED 모듈, 밝기

Abstract In this paper, we designed manufactured and design an integrated interface control unit that has compatibility with brightness control unit, color control unit, and existing control unit. As the implementation method the standard of DVI/HDMI transmission method is applied to the data transmission method, and the Sil 1169 IC is used as the applied IC. Brightness control is programmed to have eight levels of brightness control using the AT89C2051. Also, EPM240T100C5 IC was used for image and dimming data processing. As a result, it is compatible with the control unit using the DVI/HDMI transmission method manufactured by each company and can reproduce clear high quality full HD video according to the surrounding brightness through the full color LED display system.

Key Words : Full color LED display, DVI/HDMI interface, Integrated interface, LED module, Brightness

1. 서론

오늘날 디스플레이장치는 각종 전자기기로부터 제공 되는 영상과 콘텐츠 및 문자 등 다양한 정보를 시각적으로 인간에게 전달하는 표시 장치로서 Main-Machine

Interface를 담당하는 핵심 장치 중에 하나로 정보를 표시하는 LED 디스플레이장치는 정보 전달에 있어 중요한 부분을 차지하고 있다[1-4]. 또한, AV(Audio/Video) 기기가 활성화되면서 AV 신호를 디지털로 연결하는 방법을 연구하였으며, 컴퓨터와 모니터 사이의

*Corresponding Author : Ju-Yeon Lee(leejy2@jvision.ac.kr)

영상신호를 디지털로 연결하는 규격인 DVI(Digital Visual Interface)/HDMI(High-Definition Multimedia Interface)를 만들어 컴퓨터와 업무용 프로젝터, PDP, 디지털 TV, 셋톱박스, DVD(Digital Video Disc) Player 등에 많이 사용하고 있다[5].

기존의 LED 디스플레이장치 또한 PC, DVD Player 등과 같은 디지털 영상 재생장치를 이용하여 디지털 영상데이터 및 제어신호를 DVI/HDMI 전송방식의 규격에 사용되는 TMDS(Transition Minimized Differential Signaling) 신호로 변환하여 사용하고 있다[6]. Fig. 1은 기존에 사용하고 있는 LED 디스플레이의 구성도를 나타낸 것이다.

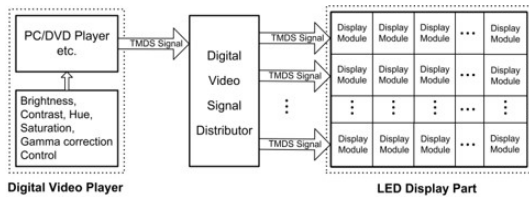


Fig. 1. Diagram of existing LED display

Fig. 1의 기존 LED 디스플레이는 다양한 디지털 영상 재생장치에서 출력되는 TMDS 신호를 디지털 영상 신호 분배기를 통하여 LED 디스플레이부를 구성하고 있는 디스플레이 모듈에 전송하게 된다[7]. 이 LED 디스플레이부는 도트(Dot), 픽셀(Pixel), LED 모듈(Module) 등으로 구성된다. 각각의 도트들은 하나의 픽셀을 구성하고 픽셀들을 일정 수량으로 조합하여 만든 것을 LED 모듈이라고 한다. LED 모듈은 영상 및 문자를 표현하기 위한 최소 단위로 보통 정사각형의 형태로 되어 있으며 도트의 크기와 모양에 의해 LED 모듈의 크기가 결정되며 사용 목적에 따라 크게 실내용과 실외용으로 분류되며, 사용 목적이나 제조회사에 따라 다양한 종류의 크기를 가지게 된다. LED 모듈을 조합하여 디스플레이 모듈을 구성한다. 즉 디스플레이 모듈에 영상을 재현하게 된다[8].

이에 본 논문에서는 기존의 제작된 LED 디스플레이 장치와 호환성과 휘도 개선을 새로운 환경에 맞게 설계하고 제작하였다. 새롭게 설계 제작한 밝기제어 장치 및 색상제어 장치 그리고 기존의 LED 디스플레이 제어 장치와의 호환성을 위하여 Fig. 1에 나타난 디지털 영상신호 분배기를 이용하여 새로운 통합인터페이스 제어장치를 제안하고 설계 및 구현하였다.

구현 방법으로는 밝기제어를 위하여 황화카드뮴(CdS)과 AT89C2051 IC를 사용하여 외부의 밝기에 따라 LED 디스플레이부의 밝기를 전체 8단계의 밝기 조절 기능을 갖도록 펌웨어로 작성하였으며 밝기 제어 장치 및 색상제어 장치를 구현하기 위하여 CPLD (Complex Programmable Logic Device) IC인 EPM240T100C5를 사용하여 구현하였다.

2. 본론

2.1 제안된 통합인터페이스 제어장치

통합인터페이스 제어장치의 디지털 영상신호 분배 장치는 크게 DVI/HDMI 수신부, 디밍 제어기, 영상 및 디밍 데이터 처리장치, 타이밍 및 비디오 제어신호 발생기, DVI/HDMI 신호를 UTP(Unshielded Twisted Pair) 케이블을 사용하여 여러 개의 LED 디스플레이의 밝기 및 색상 제어장치에 전송할 수 있는 중계기(Repeater) 등으로 구성되며 이 구성도를 Fig. 2에 나타내었으며 각 구성도에 대하여 설명하면 다음과 같다.

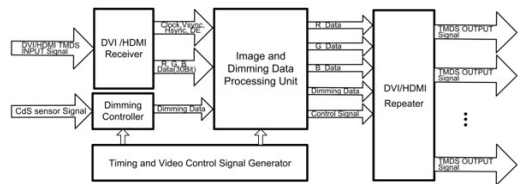


Fig. 2. Proposed integrated interface control unit

2.1.1 DVI/HDMI 수신부

DVI/HDMI 수신부는 디지털 영상 재생장치에서 전송된 DVI/HDMI의 TMDS 영상신호를 클럭신호, 영상 데이터(적색, 녹색, 청색)신호, 영상제어(클럭, 수평동기, 수직동기, 데이터 인에이블) 신호로 변환하여 영상 및 디밍 데이터 처리장치에 전송하는 역할을 한다[9-12].

2.1.2 디밍 제어기

디밍 제어기는 CdS 광센서로부터 입력된 아날로그 값인 주광조도 값을 이용하여[10] 8단계의 디밍 데이터를 생성하고, 이 디밍 데이터를 이용하여 영상데이터에 연산을 수행하여 LED 디스플레이장치의 휘도(밝기)를 조절할 수 있도록 영상데이터를 변환하여 디스플레이 제어장치에 전송할 수 있도록 하는 역할을 한다.

2.1.3 영상 및 디밍 데이터 처리장치

이 장치는 디밍 데이터값과 영상데이터 신호를 이용하여 영상의 품질을 향상시킬 수 있는 각종 연산을 수행하여 LED 디스플레이장치의 디스플레이부에 고품질의 영상을 디스플레이 할 수 있는 클럭신호, 영상 데이터신호, 영상 제어신호, 디밍 데이터를 재생성하여 DVI/HDMI 분배기에 전송한다.

2.1.4 타이밍 및 비디오 제어신호 발생기

이 장치는 디밍 제어기, 영상 및 디밍 데이터 처리장치를 동작시킬 수 있는 클럭신호, 각종 제어신호를 생성하여 이들 장치에 제공한다.

2.1.5 DVI/HDMI 리피터

이 장치는 영상 및 디밍 데이터 처리장치에서 전송된 클럭신호, 영상 데이터신호, 영상 제어신호, 디밍 데이터 신호를 DVI/HDMI의 TMDS 신호로 변환하고 이 신호를 DVI/HDMI 케이블을 이용하여 여러 개의 LED 디스플레이 장치의 디스플레이 제어장치에 동시에 전송하는 역할을 수행하게 되는데 이 장치를 이용하여 기존의 LED 디스플레이장치와 새롭게 설계하고 제작하는 LED 디스플레이장치의 신호체계가 호환성을 갖도록 설계하였다.

2.2 영상 및 디밍 데이터 처리장치의 CPLD로직 회로의 시뮬레이션

앞에서 설명한 영상 및 디밍 데이터 처리장치는 CPLD를 사용하였으며, 시뮬레이션 과정을 통하여 로직을 설계하였다. CPLD는 게이트 수 및 비디오 타이밍, 연산 등을 고려하여 MAXII 계열의 EPM240 T100C5 IC를 사용하였으며, CPLD의 메인 로직은 Fig. 3에 나타내었고, 메인 로직의 DATA_BUFFER_28에 대한 세부 로직 구성은 Fig. 4에 나타내었다.

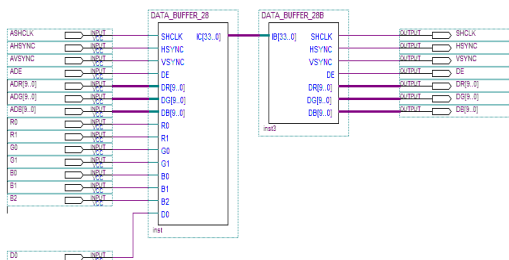


Fig. 3. CPLD main logic diagram of integrated interface controller

제어장치의 구동을 위한 프로그램 설계는 설계된 알고리즘을 바탕으로 각 구성요소에 대하여 설계를 수행하였으며, 설계 및 시뮬레이션은 Intel사의 Quartus-II, 버전 9.1의 CAD Tool을 이용하고 이 CAD Tool에서 제공되는 라이브러리를 사용하였다.

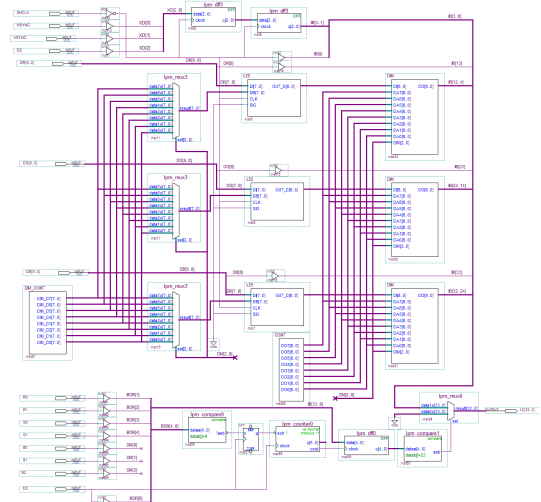


Fig. 4. Logic diagram of data buffer 28

Fig. 4의 DATA_BUFFER_28 로직은 DVI/HDMI 수신부로부터 입력되는 영상데이터(적색, 녹색, 청색) 신호를 이용하여 영상 품질을 개선하기 위하여 기존 적색, 녹색, 청색 각각의 8비트의 영상데이터를 각각 10비트(ADR [9..0], ADG[9..0], ADB[9..0])로 비트를 확장 개조하여 클럭신호 및 영상제어(수평동기, 수직동기, 데이터 인에이블)신호에 동기시켜 회로를 구현하였다. 또한, 디밍 제어기로부터 입력되는 CdS 광센서로부터 입력된 밝기 정보를 이용하여 주변 밝기변화에 따라 LED 디스플레이장치의 휘도를 8단계로 조절할 수 있도록 각종 제어신호에 동기되도록 Fig. 4의 하단과 같이 로직 회로를 구현하였다.

Fig. 3의 통합 인터페이스 제어장치의 CPLD 메인 로직 회로에 대한 시뮬레이션 결과는 Fig. 5에 나타내었다. 본 논문에서 제안한 휘도 개선과 기존 제품과 호환할 수 있도록 DVI/HDMI의 TMDS 신호를 이용하여 Fig. 5의 입력되는 영상데이터 각각 10비트(ADR [9..0], ADG[9..0], ADB[9..0])와 휘도조절을 위한 비트(R0, R1, G0, G1, B0, B1, D0)값은 클럭신호 및 영상 제어(수평동기, 수직동기, 데이터 인에이블)신호에 동기

되어 적색(DR[9..0]), 녹색(DG[9..0]), 청색(DB[9..0]) 영상데이터는 DVI/HDMI 리피터로 전송됨을 시뮬레이션의 결과로 확인 및 검증하였다.

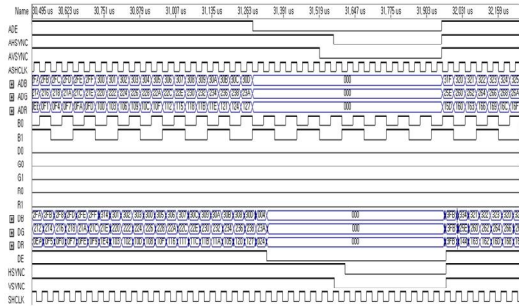


Fig. 5. Simulation result of CPLD main logic

3. 설계 및 제작

3.1 통합 인터페이스 제어장치의 회로설계

Fig. 2에 나타난 제안된 통합 인터페이스 제어장치의 구성도에 맞게 Or_CAD 버전 16.6을 이용하여 다음과 같이 전체 설계한 회로도에는 Fig. 6에 나타내었다.

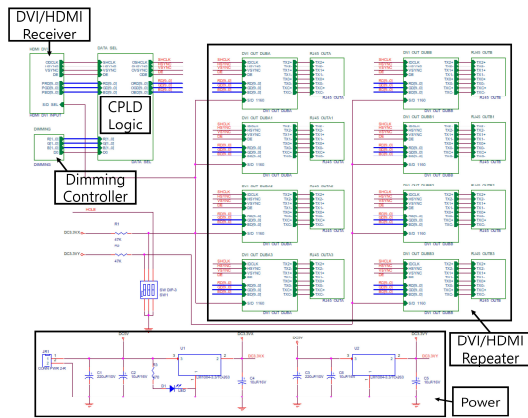


Fig. 6. Main circuit diagram of integrated interface control unit

3.1.1 DVI/HDMI Receiver

PC 및 영상 재생장치에서 출력되는 디지털 영상 데이터와 각종 제어신호를 DVI/HDMI 수신부에서 TMDS 신호로 입력받기 위하여 실리콘이미지에서 제공하는 DVI 리시버인 SIL 1169IC를 통하여 설계하였으며 다음 Fig. 7과 같은 회로로 구성하였다.

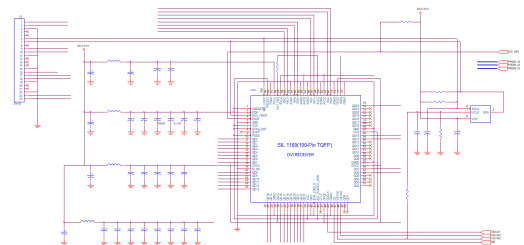


Fig. 7. DVI/HDMI Receive

3.1.2 디밍 제어기

주광조도에 따라 LED 디스플레이장치의 휘도를 조절하기 위하여 CdS 광센서로부터 입력된 값을 마이크로프로세서를 이용하여 8단계의 디밍 데이터로 처리하였다. 이때 사용된 IC는 Microchip사의 8비트 프로세서인 AT89C2051 IC를 이용하여 설계하였으며 Fig. 8에 나타내었다.

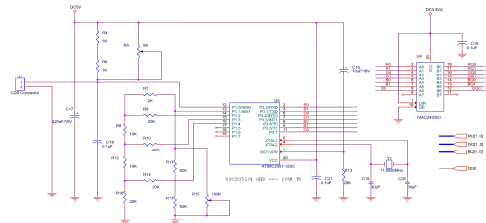


Fig. 8. Dimming control schematic

3.1.3 CPLD Logic

영상 및 디밍 데이터 처리와 타이밍 및 비디오 제어 신호 발생을 위하여 Intel사에서 제공하는 MAXII CPLD IC를 통하여 Fig. 3, 4, 5와 같이 설계하고 시뮬레이션을 통하여 기존의 LED 디스플레이장치와 새롭게 설계하고 제작하는 LED 디스플레이장치의 신호체계가 호환성을 갖도록 설계하였으며, Fig. 9와 같이 물리적, 전기적 핀맵으로 설계하였다.

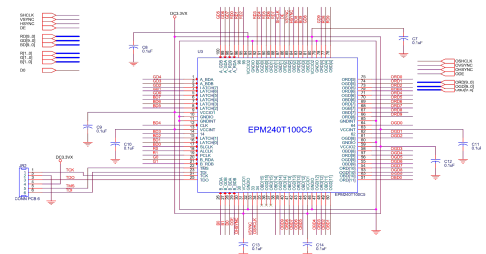


Fig. 9. Image and dimming data circuit diagram

3.1.4 DVI/HDMI Repeater

영상 및 각종 제어신호는 DVI/HDMI 리피터를 통하여 LED 디스플레이장치의 스크린을 구성하고 있는 분배기에 전송될 수 있도록 Silicon Image사에서 제공하는 DVI 송신기와 TI사에서 제공하는 DS22EV5110를 통하여 설계하였으며, Fig. 10에 나타내었다.

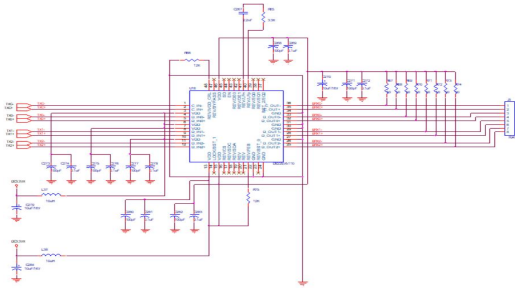
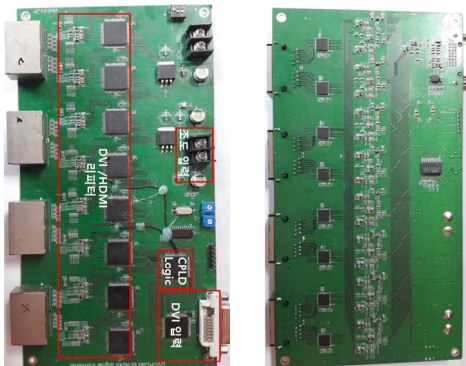


Fig. 10. DVI/HDMI repeater

3.2 통합 인터페이스 제어장치의 제작

본 논문에서는 통합 인터페이스 제어장치의 구현을 위하여 디밍 제어 구현은 ATMEL사의 AT89C2051 MCU에 펌웨어로 설계 프로그래밍 하였으며, 디밍 데이터를 이용하여 영상데이터와 연산을 수행하는 영상 및 디밍 데이터 처리장치의 구현은 인텔사의 MAXII 계열인 EPM240T100C5 IC를 사용하여 시뮬레이션하였다. 또한, PCB Layout은 Memtor Graphics사의 PADS 버전 9.5를 이용하여 PCB를 설계하고 제작한 통합인터페이스 제어 장치를 Fig. 11에 나타내었다.

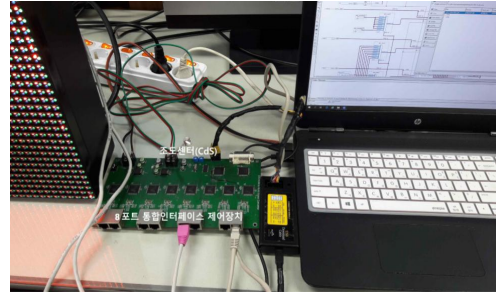


(a) PCB Top side (b) PCB Bottom side

Fig. 11. Manufactured PCB

기존의 LED 디스플레이장치와 호환성을 갖도록 설

계하고 제작한 통합 인터페이스 제어장치의 성능 테스트를 위하여 화면크기가 가로, 세로의 픽셀수가 320×240, 픽셀 간격이 6.5mm이며, 디스플레이의 크기는 가로 2,080mm, 세로 1,560mm, 듀티비가 1/4인 LED 디스플레이장치를 구성하였으며 Fig. 12와 같다.



(a) Integrated interface control unit



(b) LED display unit

Fig. 12. Manufactured LED display system

4. 성능검증

PC와 DVD 플레이어의 해상도는 1920×1080×24 비트를 이용하여 PC의 영상은 미디어 플레이어 소프트웨어를 사용하여 화면의 크기를 변환하여 재생하였다.

디스플레이의 화면크기가 320×240의 해상도를 갖고, 듀티비가 1/4를 갖는 LED 디스플레이의 휘도에 대하여 성능을 검증하였다. 검증하는 환경은 암실에서 측정하였으며, CdS로부터 입력되는 조도 데이터 값을 MCU를 통하여 8단계를 나누어 휘도를 측정하였으며, 이때 측정한 장비는 KONICA MINOLTA사의 CS-200 색채휘도계를 사용하여 다음 Table 1과 Fig. 13과 같은 결과값을 얻었다.

Table 1. Step-by-step brightness measurement

MCU output value according to Cds input		
MCU step	Binary data	luminance value(cd/m ²)
0	000	988
1	001	1,758
2	010	2,469
3	011	3,621
4	100	4,676
5	101	5,499
6	110	6,322
7	111	7,482

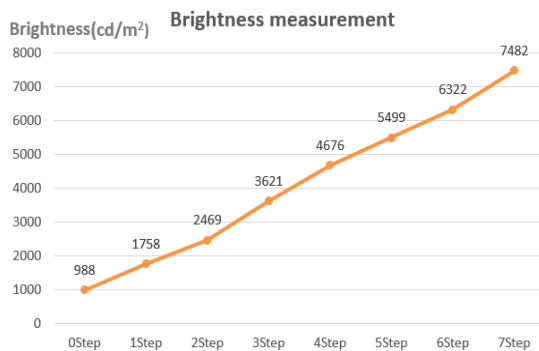
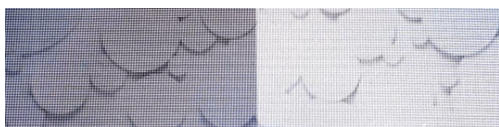


Fig. 13. Step-by-step brightness measurement

Table 1과 Fig. 13에서 알 수 있듯이 주변 밝기에 따른 MCU 출력단계 0에서부터 7단계까지 휘도 측정값은 0단계(밤)에서 988cd/m² ~ 7단계(낮)에서 7,482 cd/m²까지 휘도값이 증가됨을 검증하였으며 검증된 결과값은 밤에는 0단계로 동작하고 낮에는 7단계로 동작하여 주변 밝기에 따라 능동적으로 대응할 수 있도록 제작하여 검증하였다. 또한, 기존에 사용한 Full color 밝기 제어장치와 비교를 위하여 Fig. 14에 나타낸 LED 디스플레이 장치의 좌측(a)은 기존에 탑재된 디스플레이 제어장치를 사용하여 영상을 디스플레이 하였으며, 우측(b)은 본 논문에서 제안된 통합 인터페이스 제어장치를 통하여 영상을 디스플레이하여 휘도를 비교하였다.



(a) Existing driving video (b) Improved driving video

Fig. 14. Image comparison

동일 조건에서 휘도값은 Fig. 14 기존(a) 제품의 경

우 3,200[cd/m²]로 측정되었으며, 본 논문에서 제안한 통합 인터페이스 제어장치(b)를 이용한 경우 5,100 [cd/m²]로 측정되어 기존 대비 1,900[cd/m²]의 휘도가 개선됨을 확인하였다.

5. 결론

본 논문에서는 기존의 제작된 LED 디스플레이장치와 호환성과 휘도 개선을 위하여 새로운 환경에 맞게 설계하고 제작하였다.

구현 방법으로는 데이터 전송방식은 DVI/HDMI 전송방식의 규격을 적용하였으며 적용한 IC는 Si1169 IC를 사용하였다. 밝기제어를 위하여 황화카드뮴(CdS)과 AT89C2051 IC를 사용하여 외부의 밝기에 따라 LED 디스플레이부의 밝기를 전체 8단계의 밝기 조절 기능을 갖도록 펌웨어로 작성하였으며 밝기 제어 및 색상제어를 구현하기 위하여 CPLD IC인 EPM240T100C5 IC를 사용하여 비디오 타이밍과 연산하여 구현하였다.

그 결과로 기존에 제작한 DVI/HDMI 전송방식을 적용한 제어장치와 호환이 가능하고 PC 또는 DVD Player 등과 같은 영상 재생기를 이용한 영상을 주변 밝기에 따라 휘도값이 능동적으로 증감이 되며, 동일 환경에서 기존 대비 1,900[cd/m²]의 휘도가 개선되어 선명하고 고품질의 Full HD급 영상을 Full color LED 디스플레이 장치에 통하여 재생할 수 있는 결과를 얻었다.

향후 LED 디스플레이의 휘도와 고해상도를 높이기 위하여 LPM 모듈의 소형화와 동적 구동방식에서 부품 수를 줄이기 위하여 현재 1/4 Duty에서 1/8 Duty 또는 1/16 Duty에서도 사용할 수 있도록 연구하고자 한다.

REFERENCES

- [1] Y. I. Chol & S. Y. Cho. (2011). Emission Characteristics of Multilayer Structure OLED. *Journal of the Institute of Electronics and Information Engineers*, 48(4), 25-29.
- [2] G. Mueller. (2000). *Semiconductors and semimetals*. Academic press.
- [3] D. Braun & A. J. Heeger. (1991). Visible light emission from semiconducting polymer diodes. *Appl. Phys. Lett.*, 58(18), 1982-1984. DOI : 10.1063/1.105039

- [4] D. G. Jeong, G. B. Joung & W. B. Lee. (2013). LED Display Panel System with Variable Size. *Journal of Korean Institute of Information Technology*. 11(9), 1-6.
DOI : 10.14801/kiitr.2013.11.9.1
- [5] S. Y. Ahn. (2000). *Theory and Applications of Digital Video*. Chasong.
- [6] H. C. Kim & C. S. Yoo. (2018). A HDMI- to -MHL Video Format Conversion System- on -Chip (SoC) for Mobile Applications. *Journal of Semiconductor Technology and Science*. 18(4), 509-517.
DOI : 10.5573/JSTS.2018.18.4.509
- [7] J. H. Lee & D. Y. Ko. (2010). A Design of LED Video Processor Board using Embedded System. *The Institute of Electronics Engineers of Korea-IE*. 47(3), 1-6.
- [8] Y. J. Ha, B. Y. Jin & S. H. Kim. (2010). Design of high speed data processing controller for the full color LED display board system. *Journal of the Korea Institute of Information and Communication Engineering*. 14(2), 462-468.
DOI : 10.6109/jkiice.2010.14.2.462
- [9] J. Y. Lee, D. S. Kim & J. H. Lee. (2017). Implementation of Optimal Flicker Free Display Controller for Display System. *Journal of the Institute of Electronics and Information Engineers*. 54(6), 965-975.
DOI : 10.5573/ieie.2017.54.6.123
- [10] Y. H. Jang & H. Y. Kim. (2012). Implementation of a LED light control module using Zigbee. *Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society*. 13(10), 4740-4744.
- [11] S. H. Kang & J. D. Ryeorn. (2010). A Study on Digital Control Method of LED Luminance. *Journal of the Korean Institute of Illuminating and Electrical Installation Engineers*. 24(1), 28-34.
DOI : 10.5207/JIEIE.2010.24.1.028
- [12] J. Lee. (2002). *Color control Device of Dot Matrix Type Image Display System*. Korean Intellectual Property Office. Registration No. 0331762.

이 주 연(Ju-Yeon Lee)

[정회원]



- 2006년 2월 : 원광대학교 전기공학부(공학사)
- 2010년 2월 : 전북대학교 전자정보공학부(공학석사)
- 2018년 2월 : 전북대학교 전자정보공학부(공학박사)
- 2015년 ~ 2018년 : 제이라이텍 연구소장
- 2018년 ~ 현재 : 전주비전대학교 전자과 조교수
- 관심분야 : 임베디드 시스템, OLED, 마이크로 LED
- E-Mail : leejy2@jvision.ac.kr