

Microdisplay 시스템 에서 CMOS 이미지 센서의 적용에 대한 연구

송 문빈, 문 현찬, 김 창선, 김 혜경, 윤 동준, *최 성호, *박 광범
(주)마이크로아이, *전자부품연구원

A Study of CMOS Image Sensor on Microdisplay System

Moonvin Song, Hyun-Chan Moon, Peter Kim, Hye-Kyung Kim, Dong-Jun Youn,
*Seong-Ho Choi, *Kwang_Bum Park
Microeve Inc., *Korea Electronics Technology Institute

Abstract - 각종 시스템 및 시스템 제어 기술이 발달하면서 다양한 소자들의 소형 경량화가 빠르게 이루어지고 있다. 본 논문에서는 소형 경량화 된 디스플레이 소자인 Microdisplay와 CMOS 이미지센서의 특성, 제어방식 및 적용에 대하여 연구하였다. 그리고 이를 SOPC(system on a programmable chip) 설계 기법을 적용하여 설계하였다.

1. 서 론

Microdisplay는 다양한 디스플레이 분야에서 새로운 기술로 대두되고 있는 1" 미만의 패널 크기를 가지고 대형 화면을 표시하는 소형 경량 화된 디스플레이 소자이다. 또한 CMOS(complementary metal-oxide semiconductor) 이미지 센서는 기존의 CCD를 포함한 여러 가지 이미지 센서의 단점을 보완하여 크기를 대폭 줄이고 화질을 개선한 소자이다. 본 논문에서는 1/7" CMOS 이미지 센서를 QVGA의 해상도를 가지는 Microdisplay에 적용한 시스템을 설계하였다. 제어 회로는 SOPC가 적용된 Altera의 FPGA(field programmable gate array)에 구현 하였으며, 하드웨어와 소프트웨어를 통합 설계하는 codesign 방식으로 설계하였다.

2. 본 론

2.1 이론적 배경

2.1.1 Microdisplay의 이론적 배경

Microdisplay는 0.2"에서 1" 이하의 디스플레이 소자를 광학계를 이용하여 눈의 망막에 직접 초점을 맺히게 하여 가상의 대형 화면을 구현하는 디스플레이 분야이다. 따라서 Microdisplay는 작은 패널을 가지고 가상 화면을 만들어 20" 이상의 대형 화면을 구현할 수 있다. 이러한 Microdisplay는 크기, 전력소모, 무게를 최소화할 수 있는 반면 대형의 화면을 구현할 수 있으므로 무선통신 단말기, HMD(head mounted display), 게임기, 군사용, 의료용 및 산업용 장비에 적용할 수 있다. 이러한 Microdisplay는 동작 방식에 따라 수동 발광형과 자체 발광형으로 나눌 수 있다. 수동 발광형에는 투과형과 반사형이 있으며 자체 발광형은 유기EL이 있다.

[그림 1]과 [그림 2]는 Microdisplay로 주로 사용되는 수동 발광형의 예를 나타내었다.

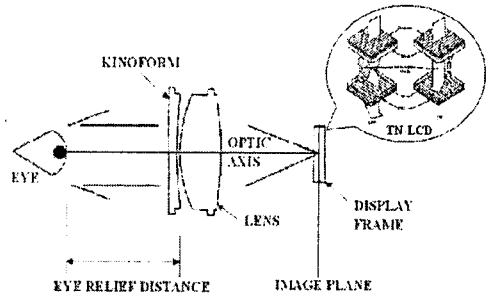


그림 1. TN-LCD를 이용한 투과형 LCD

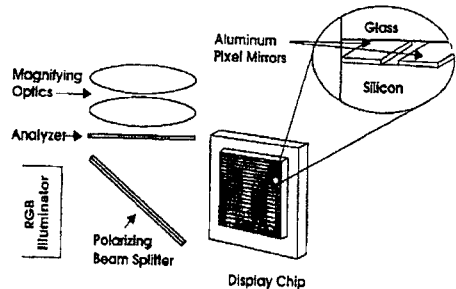


그림 2. FLC를 이용한 반사형 LCD

[그림 1]은 TN-LCD를 이용한 AMLCD(active matrix liquid crystal display) 투과형 Microdisplay를 나타낸 그림이다. 이러한 AMLCD는 유리 substrate위에 CMOS 회로를 전환하는 공정에 의해 이루어진다. 또한 [그림 2]는 FLC 반사형 Microdisplay를 나타낸 그림이다. CMOS IC에 적용된 FLC는 memory cell의 on/off에 의해 편광된 빛을 투과 시키거나 90도 회전시키는 원리를 이용해 화면을 표시한다. FLC는 빠른 스위칭 속도 때문에 sequential-color 이미지 방식으로 컬러를 표현한다.

2.1.2 CMOS 이미지 센서의 이론적 배경

현재 디지털 카메라에 많이 사용되고 있는 CCD 이미지 센서를 이용하여 휴대폰과 같이 축전량이 한정되어 있는 전지를 사용할 경우 단말기의 전지 수명이 30분을 넘지 못한다. 이러한 전지 수명 문제를 해결하기 위해 최근 CMOS 이미지 센서가 부각되고 있다. CMOS 이미

지 선세는 CCD 이미지 센서에 비해 소비 전력양이 훨씬 적고 소형화가 가능하다. 이미지 센서에서 영상의 구성 입자인 각 화소는 빛에 반응해 전하의 흐름을 만들어 낸다. CMOS 이미지 센서는 빛에 반응해 만들어진 전하를 전기 신호로 바꾸는 변조기가 모든 화소에 붙어 있는 구조로 이루어져 있다. CMOS 이미지 센서는 일반 반도체와 같은 수준의 단일 전원만을 사용하므로 한 장의 실리콘 웨이퍼 상에 다양한 주변 회로를 같이 구성 할 수 있다. 이를 통해 CCD 이미지 센서에 비해 소형화와 저가격을 실현할 수 있다.

이와 같이 소형 경량화 및 저 전력을 구현할 수 있는 장점으로 인해 CMOS 이미지 센서는 digital still camera, PC camera, PDA, 휴대전화 및 게임기기 등의 모바일 기기 시장에서 CCD 이미지 센서를 대신해 사용이 급격히 확대되고 있다.

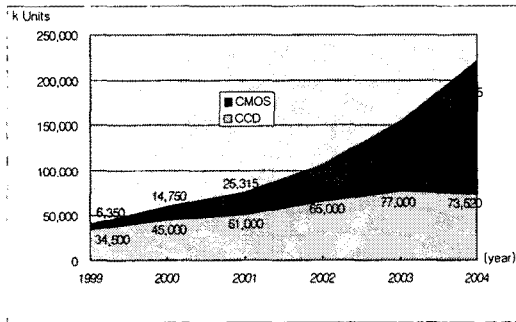


그림 3. CMOS 이미지 센서 시장 규모 추이

[그림 3]은 CMOS 이미지 센서를 사용하는 카메라의 시장 규모 추이를 CCD 이미지 센서와 비교해 나타낸 그래프이다. CCD 이미지 센서의 사용은 날로 확대될 것을 예측 할 수 있다.

[그림 4]는 CMOS 이미지 센서이다.

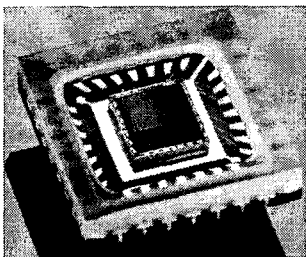


그림 4. CMOS 이미지 센서

2.2 Microdisplay 구동 드라이버 설계

본 연구에서 사용한 Microdisplay는 Kopin의 320x240 해상도를 가지는 QVGA급 AMLCD를 사용하였다. [표 1]은 사용한 Microdisplay의 사양이다.

Microdisplay 사양	
Display Mode	Transmissive
Pixel number	QVGA (320x240)
Contrast Ratio	100 : 1
Power supply	3.3V
Balklight	R,G,B solid state LED
Operating Temp	0~60℃
Storage Temp	-20~80℃

표 1. Microdisplay 사양

Microdisplay는 일반적으로 사용되는 TFT-LCD와는 달리 규격이나 제어 방식이 표준화 되어 있지 않다. 따라서 Microdisplay의 형식이나 제작 회사 별로 구동 방식이 서로 다르다. 따라서 Microdisplay를 제어하기 위해서는 일반적인 TFT-LCD의 구동 회로와는 다르게 FPGA나 전용 ASIC 칩을 사용하여야 한다. 따라서 본 연구에서는 Microdisplay 구동 회로를 SOPC가 적용된 FPGA에 VHDL을 사용하여 모델링 한 후 설계 하였다. [그림 5]는 Microdisplay 구동 회로 블록 다이어그램을 나타낸 그림이다.

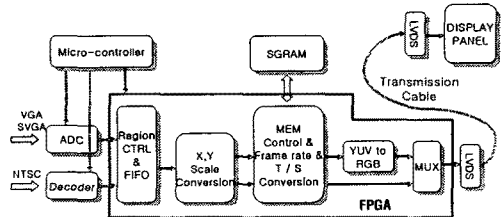


그림 5. Microdisplay 구동 회로

설계한 Microdisplay의 구동 회로는 [그림 5]에서와 같이 동작 상태에 따라 입력부, micro-controller부, FPGA로 이루어진 제어부, 메모리부 그리고 출력부의 다섯 부분으로 나눌 수 있다.

입력부는 micro-controller와 FPGA가 연동해서 비디오 신호를 처리 할 수 있도록 아날로그로 이루어진 외부의 신호를 디지털 신호로 바꾸어 인터페이스를 시켜주는 역할을 한다. 본 설계에서 입력부는 ADC(analog digital convertor)와 video decoder로 이루어져 있다. ADC는 일반적인 PC에서 출력 포맷으로 사용하는 아날로그 R,G,B 신호를 입력으로 받아 디지털 YUV 신호로 바꾸어 준다. 또한 video decoder는 NTSC신호를 디지털 YUV 신호로 바꾸어 준다. 이때 FPGA부에서 신호처리를 간결하게 하기 위해서 입력되는 아날로그 신호를 디지털 R,G,B로 변환하는 것이 아니고 디지털 4:2:2 YUV 신호로 변환한다.

micro-controller부는 2개의 선으로 구성된 I2C 인터페이스를 통해 시스템 초기화 시 입력부의 ADC 및 video decoder의 레지스터 값들을 설정한다. 그리고 FPGA와 연동하여 시스템의 설정값을 조절하고 FPGA에 입력부의 상태를 알려주는 역할을 한다.

제어부는 SOPC가 내부에 적용된 20만 게이트 급의 Altera의 FPGA로 구성하였다. 제일 앞단의 FIFO 블록은 입력부에서 시리얼화 되어 입력되는 디지털 YUV 데

이터를 입력 순서대로 저장 한 후, 뒷단의 x, y scale conversion 블록에서 이용할 수 있도록 데이터를 내 보내는 역할을 수행한다. 입력부로 입력되는 데이터는 VGA나 SVGA급의 데이터이다. 그러나 본 연구에서 사용한 Microdisplay는 QVGA의 포맷을 사용하고 있다. 따라서 서로 다른 해상도를 맞추어 주기 위해 포맷을 변환시켜 주어야 한다. 이러한 포맷 변환을 x, y scale conversion 블록에서 수행한다. 변환된 포맷은 메모리 컨트롤 블록에 의해 SGRAM(synchronous graphics RAM)에 저장되었다가 YUV to RGB 블록으로 출력한다.

여기서 사용한 SGRAM은 단일 포트로 이루어진 클럭에 동기화되어 동작하는 저가의 비디오 메모리로, 선택된 데이터를 읽어, 변경하고, 다시 기록하는 등의 동작을 일련의 연산들 대신, 단일 연산으로도 수정할 수 있도록 해주는 마스크 기록 기법을 사용한 비디오 메모리이다.

프레임의 크기가 QVGA의 포맷에 맞게 변환되어 SGRAM에 저장된 프레임 데이터는 8 비트 YUV 포맷을 가지고 있다. 최종 출력을 위해서는 YUV to RGB 블록에서 디지털 R,G,B 포맷으로 변환하여 LVDS(low voltage differential signalling)를 사용하여 최종 적으로 Microdisplay 패널에 전달된다. LVDS는 디지털 정보를 구리선을 통해 고속으로 평판 디스플레이에 보내기 위한 전송 방법 중의 하나이다.

2.3 CMOS 이미지 센서 구동 드라이버 설계

본 연구에서 사용한 CMOS 이미지 센서는 IC Media의 CIF급의 해상도를 가지는 1/7"의 이미지 센서를 사용 하였다. [표 2]에서 CMOS 이미지 센서의 사양을 나타내었다.

CMOS 이미지 센서 사양	
Sensor area	1/7"(image height 3.0mm)
Pixel size	For 6.0 μ mX6.0 μ m
Pixel number	CIF (352X288)
Power supply	2.6~3.3V(typical 2.8V)
Pow35.00er	35mW
Operating Temp	0~60℃
Storage Temp	0~65℃

표 2. CMOS 이미지 센서 사양

[표 2]에서와 같이 CMOS 이미지 센서의 픽셀 숫자가 352 X 288 이므로 CIF급의 출력 포맷은 약 QVGA 급의 해상도를 가지는 것을 알 수 있다. 또한 일반적인 디지털 디바이스에서 사용하는 2.6V에서 3.3V의 전압 레벨에서 약 35mW의 전력을 소모 하므로 동일한 사양의 CCD 이미지 센서에 비해 약 1/10의 저 전력에서 구동 되는 것을 알 수 있다.

CMOS 이미지 센서의 구동하기 위해서는 초기 레지스터 값을 설정한 후, 출력되는 데이터를 사용하고자 하는 포맷에 맞게 CMOS 외부에서 바꾸어 주어야 한다. 본 논문에서는 최종 출력을 NTSC로 설계하였다.

Microdisplay 시스템에서 CMOS 이미지 센서를 적용

할 때 제일 먼저 두 디바이스 간의 인터페이스를 고려해야 한다. 이때 입력 데이터를 생성하는 CMOS 이미지 센서에서와 출력을 담당하는 Microdisplay모두 소형 경량화된 디바이스적 특성을 고려해야 한다. 따라서 영상 데이터를 전달하는 인터페이스 또한 경량화 시켜야 한다. 8비트 R,G,B나 YUV 포맷의 경우 싱크 신호를 포함하여 최소 10개의 데이터 선이 필요한 반면 NTSC 포맷의 경우는 차폐된 1 가닥의 데이터 선으로 영상 데이터를 전달 할 수 있다.

[그림 6]은 CMOS 이미지 센서의 구동을 위한 드라이버의 블록 다이어그램이다.

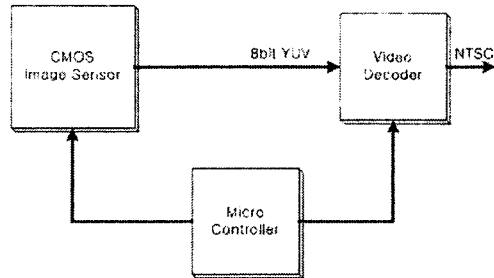


그림 6. CMOS 이미지 센서 구동 드라이버 블록 다이어그램

micro-controller는 Microchip의 PIC12C671을 사용 하였다. micro_controller는 CMOS 이미지 센서 및 video decoder의 초기 설정값을 설정하고 레지스터를 제어하는 역할을 수행 한다. CMOS 이미지 센서는 취득한 영상을 8비트 YUV 포맷으로 출력을 한다. video decoder는 YUV 신호를 받아서 NTSC 비디오 신호로 바꾸어 출력 한다.

본 연구에서 사용한 CMOS 이미지 센서의 내부에는 영상을 받아들이기 위한 영상 센서 픽셀 어레이 부분과 취득한 이미지를 처리하기 위한 DSP(digital signal processing) 부분이 포함되어있다.

[그림 7]은 CMOS 이미지 센서에 포함되어 있는 영상 처리부의 블록 다이어그램이다.

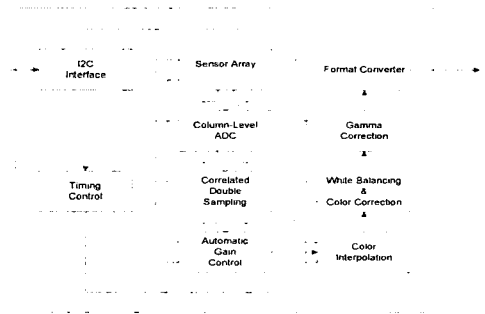


그림 7. 영상 처리부 블록 다이어그램

영상 처리부는 I2C 인터페이스, 타이밍 컨트롤 블록을 포함한 여러 개의 블록으로 구성되어 있다. I2C 인터페이스 블록은 센서 내부의 여러 가지 레지스터 값들을 변경하기 위해 디바이스 외부와의 인터페이스를 제공한다.

AGC(auto gain control) 블록은 센서 픽셀 어레이에서 취득한 영상 이미지의 이득을 자동으로 컨트롤 해준다. 또한 감마값을 제어하고 컬러의 색 온도 등을 조절하는 블록들을 거친 후 최종 포맷 컨버터 블록을 통해 8비트 YUV 신호가 출력된다.

3. 결 론

본 논문에서는 QVGA 해상도의 Microdisplay 시스템에 1/7" CMOS 이미지 센서를 적용하여 설계 하였다. CMOS 이미지 센서에서 Microdisplay로 영상 데이터를 인터페이스 시키기 위해 NTSC로 변환하여 전송한다. 변환 과정은 다음과 같다.

YUV → NTSC → 전송 → NTSC → R,G,B

이러한 방법은 8비트 YUV 신호를 NTSC로 변경하지 않고 직접 전송 하는 것에 비해 하드웨어적인 낭비 및 화질을 저하 시킨다는 문제를 가지고 있다. 그러나 두 디바이스의 인터페이스를 고려할 때 YUV를 직접 전송 하는 방법은 10 가닥의 많은 수의 데이터 버스를 필요로 한다. 따라서 하드웨어 적인 낭비와 화질의 저하라는 문제 보다는 인터페이스 부분의 데이터 버스 숫자를 최대한으로 줄일 수 있는 방법으로 NTSC 포맷으로 변환을 하였다.

[그림 8]과 [그림 9]는 각각 Microdisplay 구동 회로의 회로도 및 CMOS 이미지 센서의 구동 회로도이다.

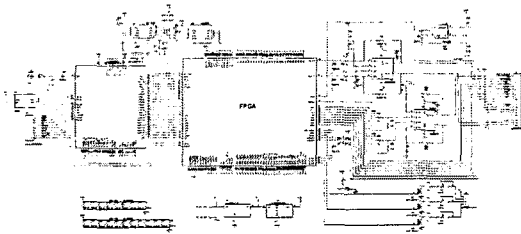


그림 8. Microdisplay 구동 회로도

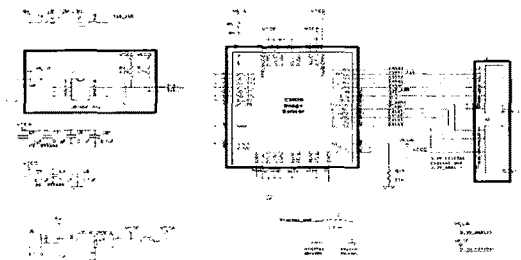


그림 9. CMOS 이미지 센서 구동 회로도

[참 고 문 헌]

[1] S.H.Choi, K.B.Park, H.C.Moon, " Development of Handheld Microdisplay," KIEE 2001, Jul., 2001.
 [2] 일본센서 연구 조합, 2000

[3] H.C. Moon and J.K. Chung, "Development of the Scanned Linear Array," Annual Report, KETI, Jan.1998
 [4] I.H. KIM, W.S. AN and H.C. MOON, "A Study on SLA(Scanned Linear Array) Applications for Mobile communication units." proceedings of the spring Symposium, KIEEME, pp.275-278, June 12, 1998
 [5] D.-S. Shin, J.B. Lee, H.S. Min, J.-E. Oh, Y.J. Park, W. Jung, and D.S. Ma, "Analytical Noise Model with the Influence of Shot Noise Induced by the Gate Leakage Current for Submicrometer Gate-Length High-Electron-Mobility Transistors," IEEE Trans. Electron Devices, vol.44, no.11, pp.1883-1887, 1997.
 [6] Woong Jung and Young-Se Kwon, "Nonlinear Quenching in a Monolithically Integrated Semiconductor Laser Logic Device," Japanese J. Appl. Phys., vol.28, no.7, pp.L1242-L1245, 1989.