

고성능 모바일 TFT LCD/OLED 모듈을 위한 핸드헬드 검사장비 설계 및 구현

종신회원 문승진*, 정회원 김홍규*

Design and Implementation of Hand-Held Inspection Device for High Performance Mobile TFT LCD/OLED Module

Seung-Jin Moon* *Lifelong Member*, Hong-Kyu Kim* *Regular Member*

요약

본 논문에서는 고성능 모바일 TFT LCD/OLED 모듈(이하, 모듈)을 위한 핸드헬드 검사장비를 제안한다. 기존 모듈 검사장비는 명멸현상을 구분하기 위해선 동영상 데이터를 모듈에 출력시켜 구분할 수 있으나, 저속 시스템으로는 불가능하다. 또한 기존 검사장치는 저속의 CPU와 FPGA 시스템에서 필요한 몇 가지의 기능을 IP로 설계하고 사용하기 때문에 시스템의 한계를 지니고 있다. 이에 제안한 시스템은 고성능 모바일 모듈을 위한 검사장비로 다양한 크기의 모듈을 H/W나 FPGA의 설계 변경 없이 검사 장비를 휴대하여 여러 가지 부가기능들을 동시에 확인할 수 있다. 시스템은 크게 핸드헬드 검사장비와 내장된 테스터 소프트웨어, 정밀 분석을 위한 PC기반의 소프트웨어로 구성되며, USB 인터페이스 하여 핸드헬드 검사장비의 모든 모듈 테스트 내용을 확인, 저장, 출력 할 수 있도록 설계되어 있다. 제안된 시스템의 유효성 검증은 현장에서 사용하는 9가지의 대표 항목으로 설정하여, 고성능 모바일 TFT LCD/OLED에서 중요한 명멸현상에 대한 폴 프레임 동영상 구동시 별도의 모듈 없이 확인이 가능하였고, 기타 스캔타임 설정, 감마설정, 레지스터 변경, 인터페이스 지원, 다 인치 모듈지원 등이 가능하였다.

Key Words : Mobile TFT/OLED Module Tester, Hand-Held Tester, Multi TFT/OLED Module Tester, Embedded TFT/OLED Module Tester, Auto Tester

ABSTRACT

The thesis suggests hand-held equipment to overhaul for mobile TFT LCD/OLED module of high-performance. The established module equipment to overhaul could distinguish outputting video data to module for distinguishing flicker, but it is impossible with low system. In this thesis, supporting system could check the various supplement functions from bringing equipment to overhaul without changing design of FPGA or H/W the module various size for equipment to overhaul for module of high-performance coincidentally. The system includes hand-held equipment to overhaul, test software embedded and software a base personal computer and have designed to output, save, and certify all contents of module test of hand-held equipment to overhaul to interface universal serial bus. Setting up 9 items that represent for efficient verification of the proposed system have been possible confirmation with TFT LCD/OLED module of high-performance, establishment scan time, creation gamma, changing register, supporting interface, and multi inch modules.

※ 본 연구는 경기도의 경기도지역협력연구센터사업의 일환으로 수행하였음. - [GGA0801-45700, U-city 보안감시 기술협력센터]

* 수원대학교 IT대학 경기지역혁신센터(sjmoon@suwon.ac.kr, beeniis@suwon.ac.kr)

논문번호 : KICS2009-04-177, 접수일자 : 1999년 4월 24일, 최종논문접수일자 : 2009년 6월 7일

I. 서 론

산업화에 이어 현대 사회는 정보화 사회로 인간 중심의 기술 수렴을 근간으로 하고 있다. 이에 따라 전자 산업은 서비스 및 솔루션 지향, 글로벌화, 네트워크화, 퍼스널화, 모바일화 등의 추세로 진행되고 있으며, 특히 정보화 기술의 발달로 인한 공간을 넘어서는 동거성을 제공하기 위한 통신 및 디스플레이 기술의 발달은 유니쿼터스 디지털 컨버전스(Ubiquitous Digital convergence)를 제공하기 위한 모바일 디스플레이 기술이 중시 되고 있다. 디스플레이는 정보와 사용자의 중계(interface)를 위한 단말장치로서 소비자들의 요구에 따라 다양한 종류의 디스플레이 장치들이 시장에 소개되고 있다^[1]. 하지만, 국내의 TFT LCD 및 OLED 생산 기술은 세계적인 기술을 보유 하고 있으나, Driver IC, 패널 기술에 대한 공정 테스트 장비, 완성된 모듈의 테스트 장비는 현재 빠르게 변화하는 모듈의 기술력을 따라가지 못하고 있는 실정이다. 현재의 Driver IC, 패널의 모듈 테스트는 생산라인에서 이뤄지고 있으며 모든 공정의 테스트는 간단한 프로그램으로 사람의 눈으로 직접확인 하고 있는 실정이고, 이를 증명할 기술은 전무하거나 빠르게 변화하는 모듈의 기술력을 따라가지 못하고 있는 실정이다. 또한, 오늘날의 TFT LCD/OLED 모듈(이하 모듈)의 크기는 많은 종류를 보유하고 있으나, 모듈 테스트 장비의 경우 한번 테스트 하는데 하나의 모듈 크기만 가지고 테스트가 가능하고, 고해상도(HD 화질), 빠른 동작속도 등을 테스트 할 수 있는 장비가 없고, 설계 비용이 많이 든다. 특히 국내의 소형 모듈의 수요가 점차 증가하고 있어 이에 대한 모듈러 테스터의 확보가 시급한 실정이다. 이에 본 논문에서는 다양한 크기의 모바일 모듈을 테스트 할 수 있는 휴대 검사장치와 검사장치 내 모듈 테스터 응용프로그램과 로컬PC에서 보다 정확한 확인을 위한 PC용 응용프로그램을 제안한다. 제안된 모듈 테스터는 모듈의 크기를 변경하더라도 FPGA의 IP설계를 변경하지 않고 여러 크기의 모듈을 테스트할 수 있으며, 임베디드 운영체제를 사용하여 기존의 테스트 절차를 프로그램화 하여 QC 공정 절차를 간소화 할 수 있다. 또한 LCD 구동시 발생될 수 있는 명멸현상(flicker, 明滅現象)을 명확하게 구분하기 위한 풀 프레임(full frame; 30fps)이상의 동영상 데이터를 구분할 수 있다.

제안된 모듈 검사장치는 모듈을 효율적으로 테스

트 하고, 리튬이온 배터리를 장착하여 외부 데모용으로 적합하도록 소형화 하였다. 따라서 제안된 시스템은 크게 모듈을 연결할 수 있고, 자체 테스트가 가능하도록 하드웨어로 구성되며, 이러한 하드웨어 인터페이스 모듈의 정보를 확인 할 수 있도록 테스터 시스템 소프트웨어로 구성된다. 첫 번째 하드웨어 인터페이스 모듈은 CPU 인터페이스(I80/M68 interface), RGB 24Bit 인터페이스, SPI(Serial Peripheral Interface), I2C를 포함하고 MDDI(Mobile Display Digital Interface)를 지원하며 가변적 전압공급 및 모바일 TFT LCD/OLED의 전력 소비를 측정할 수 있다. 두 번째 시스템 소프트웨어는 기존의 정지영상, 동영상, 간단한 패턴검사 외에 픽셀 단위의 검사, 스케일, 로테이션, Odd/Even 픽셀 영상등의 패턴검사 등의 응용 프로그램으로 구성되어 기존의 로컬 PC가 있어야 구동 검사가 가능했던 반면 제안된 시스템은 로컬 PC가 없이도 모듈의 이상 유무 및 각종 테스트가 가능하다. 세 번째 로컬 테스터 소프트웨어는 LCD의 구동 명멸현상 또는 풀 프레임 동영상(MEPG 1,2,4 format), 동영상 데이터의 QVGA 기준 풀 프레임, 정지영상(Gif, Jpeg, BMP 형태의 format)등을 모듈 검사장치에 업로드 할 때 이용한다. 따라서 본 논문의 구성은 2장에서 모바일 드라이버 TFT/OLED 모듈드라이버, 3장에서는 제안한 검사장치의 설계 및 구현, 4장에서 구현된 시스템의 성능평가, 5장에서 결론과 함께 향후 연구 방향을 제시 한다.

II. TFT/OLED 테스터 모듈 드라이버 설계

TFT/OLED 모듈 드라이버의 IC의 종류로 보통 Source driver IC, gate driver IC로 구성되며 현재는 source와 gate가 보통 하나의 칩(chip)로 구성된다. 또한 gate driver를 glass에 집적화시켜 gate driver IC가 필요하지 않게 되는 경우도 있으며 source driver channel 수를 줄이기 위해 MDDI와 같은 serial interface 기술도 사용되는 driver IC도 있다. 따라서 본 지에서 사용하는모듈 드라이버는 All-in-One chip로 구성되어 gate, power, source, RAM, QCIF/QCIF+,QVGA가 하나의 driver IC로 구성되어 있다. 이러한 one chip의 driver IC의 경우, gate 및 VCOM에 사용되는 DC-DC Block 회로가 driver IC 안에 내장되어 있어 외부에서 따로 전압을 인가할 필요가 없는 장점이 있다. 본 논문에서는 One chip solution으로 Driver IC를 구성하였

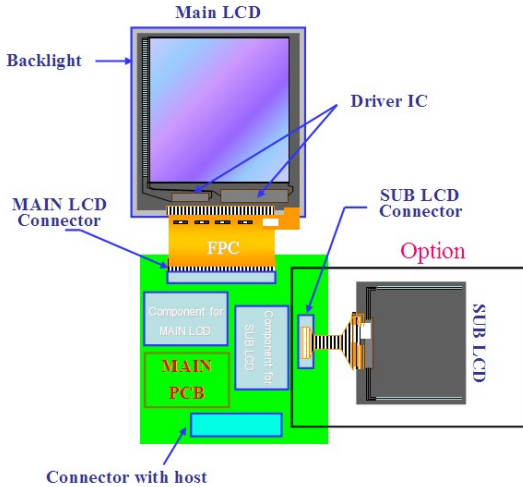


그림 1. 모듈 드라이버 구조

으며, 이는 Gate 수를 늘려서 main창과 sub창을 하나의 칩으로 구동하는 방식이다. Sub 창에서 driver IC를 실장 할 필요가 없는 장점을 가지고 있고, 그림 1과 같이 320 line의 gate를 sub 창이 96개의 line과 main창의 224개의 line 두 부분으로 나눠 사용하면 하나의 chip으로 main창과 sub 창을 동시에 구동할 수 있다.

2.1 모듈드라이버 구성

2.1.1 GRAM(Graphic RAM)과 VCOM AMP
 일반적으로 드라이버 IC에는 GRAM이 내장되어 있어 모바일 단말기에서 요구하는 다양한 기능들을 수행할 수 있다. 따라서 GRAM의 주요 기능은 다음과 같이 크게 5가지로 나뉜다. 첫째 CPU 인터페이스에서 이미지 데이터를 읽고 쓰는데 사용하며, 둘째 윈도우 주소(window address)를 지정하여 동영상 영역(area)을 설정하고, 셋째 동영상 정지화상 영역을 정하여 동시에 디스플레이가 가능하도록 하고, 넷째 카메라 관련 기능으로 이미지 크기를 조절할 수 있다. 마지막 다섯째로 OSD 및 알파 블렌딩(alpha blending)기능이 가능하다. VCOM을 생성하는 방법은 두 종류가 있으며, 7에서 80번 레지스터에 설정되는 값을 D/A 변환하여 VCOM 레벨(level)로 사용하고, 84번 레지스터의 설정에 의해 BGRIN에 입력되는 아날로그 전압을 VCOM 레벨로 사용한다. 또는 VCOMH 관련 OP amp와 VCOML 관련 OP amp를 이용하여 VCOMH 전압과 VCOML 전압을 서로 번갈아 래치(latch) 시켜 VCOM 파형을 생성하는 방법이 있다.

2.1.2 Gray Scale Control과 Source Output and VCOM

감마 레지스터는 크게 미세조정, 기울기 조정, 높이 조정 3가지로 구성되고, Graphic RAM으로부터 디스플레이 데이터를 받으면 R, G, B 각각의 값 6비트에 따라 감마 설정 값을 참조하여 데이터 전압을 가지며, 일반적으로 모바일에서의 TFT-LCD는 소비전력을 낮추기 위해 VCOM 전압이 교류 형태를 가지는 라인 반전 구동을 사용한다. 이때, 데이터 파형은 감마 설정 값에 따라서 파형의 모양이 달라진다.

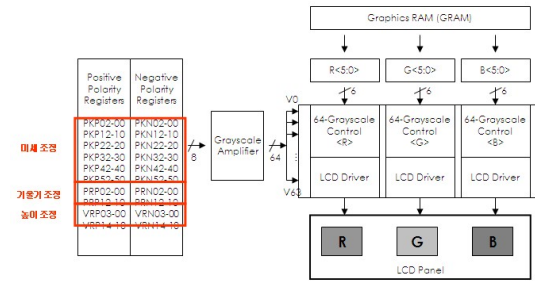


그림 2. 그레이 스케일 컨트롤 알고리즘 구현

2.2 모바일 인터페이스 (Mobile Interface)

모바일 인터페이스의 종류는 CPU 인터페이스, RGB 인터페이스, 시리얼 인터페이스가 있고 인터페이스의 종류에 따라 제어 신호들이 다르다. CPU 인터페이스의 경우 WR(Write), RD(Read), RS(Command/Data), CS(Chip select) 등의 제어 신호들로 구성되어 있고 드라이버 IC 내부에 RAM을 사용한다. RGB 인터페이스의 경우 VSYNC(Vertical Sync), HSYNC(Horizontal Sync), ENABLE, DOTCLK(Clock) 등의 제어 신호를 사용하고 드라이버 IC의 초기화를 위해 시리얼 제어 신호를 사용한다. 마지막으로 시리얼 인터페이스의 경우 SDI, SDO, SCL 등의 신호들을 통해 데이터를 시리얼로 전송하며 본 논문에서는 시리얼데이터 통신의 신호선을 대폭 감소시켜 MDDI와 같은 시리얼 링크 타입의 시리얼 인터페이스를 사용하였다.

표 1. 구현된 인터페이스 제어신호

Interface 종류	사용되는 제어 신호
CPU Interface	WR, RD, RS, CS
RGB Interface	VSYNC, HSYNC, ENABLE, DOTCLK
Serial Interface	SDI, SDO, SCL, CS

2.2.1 CPU Interface

CPU 인터페이스는 MPU 인터페이스라고도 불리며 80계열 또는 68계열의 MPU의 제어 신호에 따라 데이터를 전송하는 인터페이스 방식이다. CPU 인터페이스 방식의 경우 RS 신호에 따라 명령어와 디스플레이 데이터가 나뉘어서 전송된다. 그림 3과 같이 CS가 칩 셀렉트(Chip Select) 신호가 low일 때 칩이 동작되도록 하는 신호이며 WR은 write 신호로 low에서 high로 변할 때, 즉 rising할 때, 데이터를 display RAM에 write한다. 이때 RS는 high이기 때문에 RAM에 저장되는 데이터는 display 데이터가 된다. 다음 명령어를 레지스터에 쓰기 위해 RS 신호를 low로 하고 이때, 쓰기신호를 주소데이터와 명령 데이터에 맞게 레치시킨다. 최종 디스플레이 RAM에 저장한 데이터를 읽어 오기 위해 RS 신호는 high로 맞추고 이때 디스플레이 데이터는 WR 신호에 맞게 내보낸다.

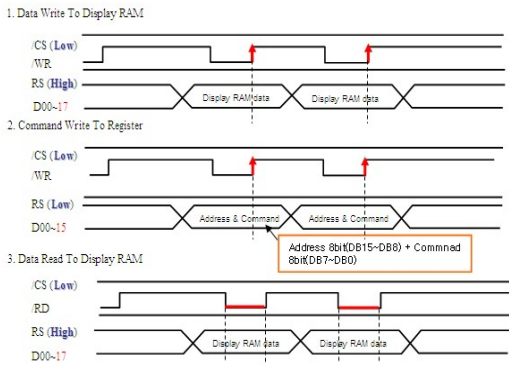


그림 3. CPU 인터페이스 메모리 접근방법 구조

2.2.2 RGB Interface

동영상을 위한 인터페이스로 모니터와 노트북에서 사용하는 VSYNC, HSYNC, ENABLE, DOTCLK 등과 같은 제어 신호를 사용한다. RGB 인터페이스는 드라이버 IC의 초기화를 위한 명령어로 CPU 인터페이스의 병렬방식 또는 시리얼방식으로 전송하며 이미지데이터의 경우 RGB 인터페이스로 전송한다. 이러한 RGB 인터페이스 신호는 일반적으로 동영상을 많이 사용하는 TFT-LCD에 적용되고 플리커 발생이 적은 장점을 가지고 있으며 CPU 인터페이스와 달리 RAM을 사용하지 않아도 되는 장점을 가진다. 그림 4와 같이 RGB 인터페이스의 타이밍에서 VSYNC 신호는 버티컬(vertical) 동기신호로 한 프레임(frame)의 시작을 알리는 신호이다. 한 프레

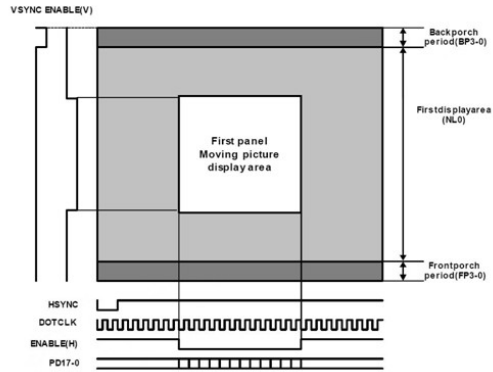


그림 4. 패넬클럭 타이밍 구간

임 안에서 수평동기 신호인 HSYNC 신호와 실제 데이터가 존재함을 알리는 ENABLE 신호가 실제 라인 수만큼 존재하게 된다. 보통 VSYNC가 enable 되는 구간의 앞뒤에 backporch와 frontporch와 같이 일정한 시간의 non-display 영역을 설정한다. 한 HSYNC 타이밍에는 여러 개의 클럭을 가지게 되며 클럭수를 카운트하여 ENABLE구간을 설정하고 ENABLE 구간이 active될 때, 디스플레이 데이터가 표현되는 방식이다.

2.3 명령설정(Instruction setting)

모바일 드라이버(Mobile Driver) IC는 보통 명령 설정을 통해 작동된다. 모바일 드라이버 IC의 초기화, 전압설정, 인터페이스 설정, 감마(gamma)설정, 윈도우 사이즈 결정 등 드라이버 IC가 필요로 하는 모든 정보들은 명령어를 통해 설정한다. 그림 5와 같이 명령설정의 실행은 테스트에 연결된 모바일

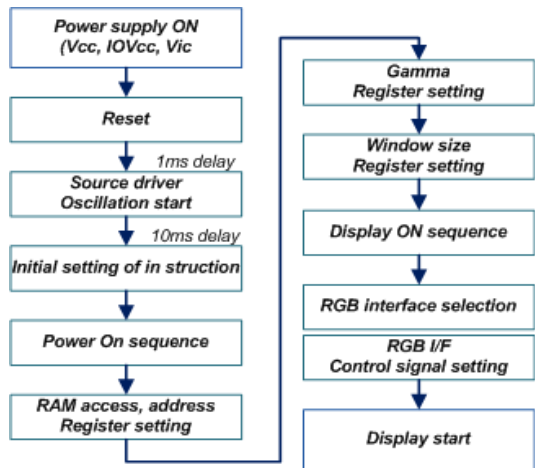


그림 5. 명령설정 흐름도

TFT/OLED 모듈에 전원이 인가 후 모든 레지스터(register)를 초기화 시키고, 수초 delay된 후, 소스 드라이버(source driver)의 oscillation을 시작하고 delay 후, 바로 명령이 초기화를 한다. 명령이 초기된 후 드라이버 IC는 동작할 수 있는 환경이 되면 이후의 레지스터 설정 값에 따라서 드라이버 IC가 동작을 실행한다. 이후 드라이버 IC에서 나오는 여러 가지 전력(voltage) 신호들을 파워 소모가 많지 않게 차례로 설정하고, 이후로 RAM과 감마 윈도우 사이즈(gamma, window size) 등과 같은 레지스터를 세부적으로 설정한다.

2.3.1 명령설정 데이터 포맷

그림 5와 같이 전원이 인가 된 후 “Source driver Oscillation”을 수행하고 이후에 명령설정 셋팅을 하며, 명령설정시 인터페이스의 비트수에 명령 데이터 형식이 다음과 같이 달라진다. 이때 데이터는 명령 데이터이다.

본 논문에서 제안한 시스템은 표 2와 같이 3가지의 데이터 비트수에 따른 각기 다른 명령설정 데이터 포맷을 사용하여 테스트의 모바일 드라이버 타입에 상관없이 사용할 수 있도록 구현하였다. 즉, 모바일 LCD/TFT 드라이버의 크기에 상관없이 사용할 수 있다.

2.3.2 Scan Method

데이터 포맷이 결정되면 모바일 드라이버의 스캔에 대한 방향설정을 하게 되는데 이는 모바일 단말기의 특성에 따라 패널(panel) 설계에서 소스(source)의 1번 위치를 확인한 후 방향을 설정하게 된다. 따라서 방향설정을 하기 위해 Source output과 gate output의 쉬프트(shift) 방향 설정은 소스방향 레지스터인 SS를 설정하며 SS가 0일 때는 출력(output)이 소스 1번에서 소스 528번 방향으로 설정되며 SS가 1일 때는 출력이 소스 528번에서 1번으로 방향이 설정된다. 게이트(gate)도 소스와 동일한 방법으로 설정하며 게이트 방향 레지스터인 GA를 0 또는 1로 설정하여 1번에서 게이트 320번 또는 게이트 320번에서 1번 방향을 설정한다. 스캔방향은 모바일 드라이버 IC의 RAM에 저장된 데이터를 그림 6과 같이 스캔방향에 따라 여러 방향으로 데이터를 표현할 수 있다. 이때, 스캔과 관련된 명령은 I/D와 AM이 있다.

2.3.3 Gamma Register 설정

그림 7은 모바일 드라이버 IC에서 감마(gamma)를 설정하는 방법이다. 본 논문에서 구현한 모바일 감마 회로는 설정할 수 있는 명령과 넓이(amplitude)를 설정할 수 있는 명령과 정밀하게 설정할 수 있

표 2. 인터페이스 명령설정 데이터 포맷

Bit 수	명령설정 데이터 포맷
18-bit 인터페이스	<p>데이터중 DB9와 DB0을 뺀 나머지 16-bit를 병렬로 전송하는 방법</p> <p>80 system 18-bit interface</p>
16-bit 인터페이스	<p>데이터를 그대로 병렬로 전송</p> <p>80 system 16-bit interface</p>
9-bit 인터페이스	<p>데이터를 8-bit씩 두 번으로 나눠서 전송하는 방법</p> <p>80 system 9-bit interface</p>

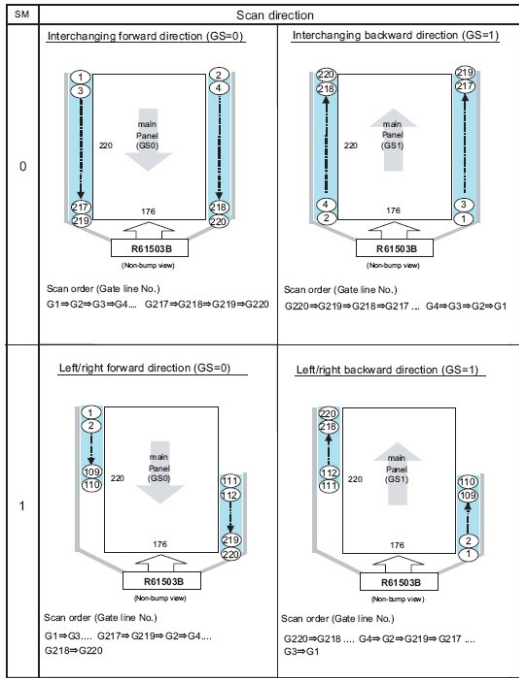


그림 6. 스캔방향 레지스터 메소드

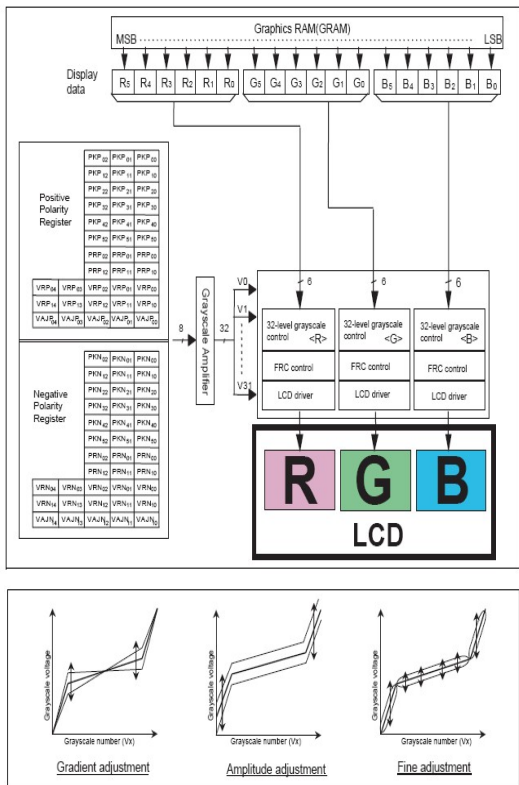


그림 7. 감마 레지스터 I/O 레지스터

는 명령으로 크게 세 가지 명령으로 구성되고, 본 논문에서 구현된 응용프로그램에서는 다음과 같은 방법으로 감마 레지스터를 설정한다.

- a. VRHP(N), VRLP(N) 명령으로 기울기를 조절.
- b. Amplitude를 맞추기 위해 VRP0(N), VRPI(N) 을 조절.
- c. Fine tuning을 위해 VINP(N) 1~VINP(NP) 6가지 6개의 명령을 조절하여 모바일 LCD/TFT 패널에 맞게 원하는 감마 커브(curve)를 생성한다.

III. TFT/OLED 모듈 검사장치 구현

본 논문에서는 기존 LCD 검사장치의 단점인 모듈 변경시 드라이버 IC를 재 구성해야 하는 단점과, 풀 프레임의 동영상을 구동하여 발생하는 명멸현상 검사, 이미지 동적 구현을 위한 잔상 검사 등을 휴대하여 검사할 수 있도록 소형화, 모듈화를 통해 여러 부가 기능을 사용 할 수 있도록 검사장비와 검사장비의 구동 시스템, 호스트에서 보다 정확한 검사를 위한 정밀 검사 소프트웨어를 새롭게 구현하였다. 제안된 시스템은 명멸현상을 파악하기 위한 풀 프레임 동영상을 구동시킬 수 있도록 고 성능 임베디드 CPU(Mavell PXA 320)을 사용하고 여러 부가기능을 사용하기 위해 Key pad, Audio Codec, Memory interface(SDRAM, NOR Flash)와 메모리 확장을 위한 SD/MMC 카드 슬롯을 장치하였다. 또한 기존 모듈 검사장치의 최대 단점인 모듈의 크기 변화에 따른 드라이버 IC의 재 구성이 필요 없이 최대 7인치까지 LCD 모듈을 검사 할 수 있도록 LCD 확장 포트가 지원된다. 하드웨어의 제어 및 LCD모듈 검사를 쉽게 하기 위해 별도의 어플리케이션으로 정밀 검사 할수 있으며 이는 그래픽 데이터 픽처뷰어, 스케일링 지원과 동영상 포맷 (MPEG1,2,4)와 레지스터를 쉽게 설정할 수 있도록 드라이버 IC 디바이스 드라이버와 통신하는 방식으로 구현하였다. 이러한 시스템 구성은 내부 또는 외부에서도 다종의 LCD 모듈테스트가 가능하며, 이 동성이 보장되는 하드웨어 크기 구성과 배터리를 지원한다.

그림 8과 같이 본 논문에서 제안한 개발 시스템은 크게 TFT/OLED 모듈 인터페이스 보드, 인터페이스 보드의 정보를 수집하고, 각종 부가 기능을 사용하기 위한 메인 프로세서 모듈, 정밀 검사를 위한 PC 기반의 어플리케이션으로 구성된다.

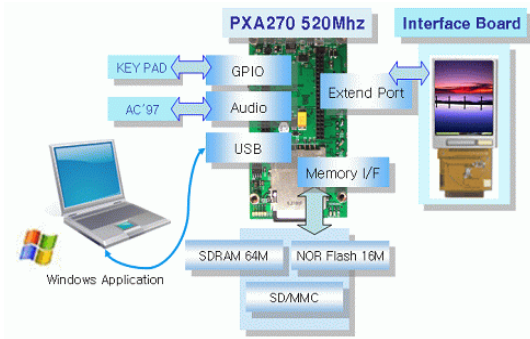


그림 8. 개발 시스템의 전체 구성도

3.1 모듈 검사장치 메인 프로세서모듈

본 논문에서 제안한 TFT/OLED 모듈 검사장치는 휴대기기에서 사용되는 인텔(I80 Interface) 및 모토로라(M68 Interface)의 CPU 인터페이스를 이용하여 CPU 플랫폼을 범용으로 사용할 수 있으며, RGB 24bit 인터페이스, SPI, I2C를 포함하고, MDDI 인터페이스 지원과 동시에 가변적인 전압공급과 모바일 TFT/OLED의 전력 소비를 측정할 수 있도록 그림 9와 같이 구성하였다.

따라서 제안된 시스템은 크게 두 가지 방법으로 TFT/OLED 모듈을 테스트한다. 메인 프로세서 모듈과 PC를 USB케이블로 연결하여 정밀 검사를 할 수 있고, 타겟 보드 자체를 장비에 부착하여 검사할 수 있다. 두 번째 방법인 타겟 보드를 검사장치에 부착하면 소형화, 휴대가 가능하여 이동성이 확보되고, 전류 전압 측정 등의 기술적인 요소를 강화하였다. 그림 9의 단말기 H/W는 인터페이스의 다양화와 유연한 타이밍(Timing)과 MDDI를 지원하지 못하므로 그림 10을 추가로 연결하여 타이밍 제어와 MDDI를 제어할 수 있는 호스트(Host) 등을 위

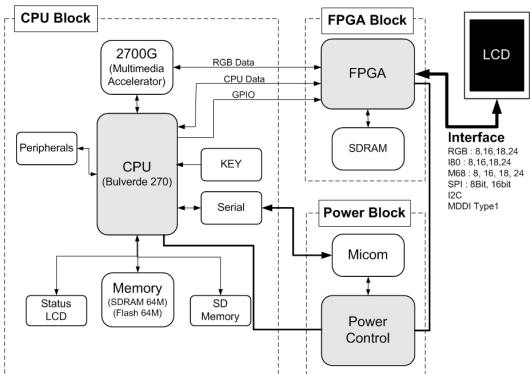


그림 9. 개발 단말기의 H/W 구성도

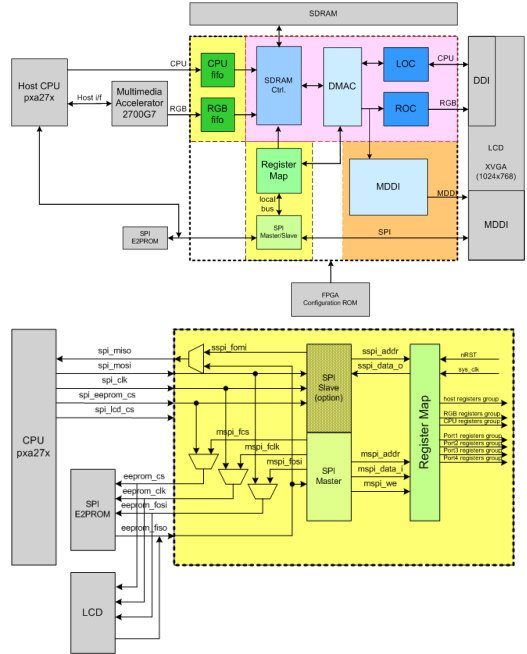


그림 10. MDDI와 Timing 제어를 위한 코어 블록 구성도

한 IP를 설계하였다. 이러한 구성에서 필요로 하는 드라이버 스틱(driver stick)은 소프트웨어에서 지원하여 정밀한 검사가 가능하다. FPGA 코어 블록은 전체적인 SDRAM 제어를 담당하는 블록(block)과 RGB, CPU Block을 담당하며, MDDI Core를 담당하는 블록 형태로 구성되어 독립적으로 구동된다. 또한 FPGA 레지스터는 SPI를 이용하여 EEPROM에 저장되며, RGB의 타이밍을 10KHz로 유연하게 조정하기 위해 RGB 인터페이스를 FPGA에 사용하였다. 이러한 RGB 모듈은 MDDI Block의 데이터 소스로 사용되어 멀티 인치 모듈 테스트가 가능하다.

기존의 시스템과 제안된 시스템의 가장 큰 특징은 모듈의 변화에 따른 IP 설계를 변경하지 않아도 되는데 이는 FPGA의 데이터 레지스터를 SPI 블록에서 저장하고 설정하기 때문에 가능하다. 이러한 레지스터의 설정 값은 최종적으로 출력이 되는 신호들을 정의 한다. 또한 모듈 검사장치의 경우 여러 동영상 파일을 재생시켜야 하기 때문에 구현된 검사장치는 국제표준인 Mpeg 디코딩을 위주로 설계하였으며, H/W 디코더를 사용하여 Mpeg의 세부 디코딩 알고리즘을 다루지 않고 프레임을 읽어 elh 더기에 입력하고 디코딩된 출력을 받아 LCD에 출력하는 방식이다. S/W 디코딩에 비해 H/W 디코딩의 경우 Mpeg 알고리즘을 디코딩 블록이 처리해

주기 때문에 속도가 매우 빠르다. 또한 풀프레임 동영상 재생시 발생될 수 있는 구동명멸현상을 검증하기 위한 멀티미디어 액셀레이터(Multimedia Accelerator)를 사용하여 WVGA(800*480*24)급의 Mpeg 동영상을 메인 프로세서 모듈에 의지하지 않고 자체적으로 무리없이 디코딩 할 수 있다.

3.2 정밀 검사 클라이언트 S/W

본 논문에서 제안한 검사장비의 특징 중 하나인 검사장비의 이동성을 보장하기 위해 리눅스 커널과 검사 시스템 소프트웨어를 탑재하여 LCD 초기화(initialize)와 RGB 데이터를 이용한 패턴 최적화(pattern generation), 이미지 테스트(image test), 동영상 테스트(movie test), 레지스터 초기화(register initialize)등을 수행하며, 각종 설정 정보는 윈도우 응용 프로그램과 소켓 통신하여 LCD 모듈의 특성 및 검사 정보등을 공유하도록 설계되어 있다. 따라서 모든 검사 데이터는 PC의 응용소프트웨어로 저장하여 검사 로그를 열람 할수 있어 문제점 발생시 대처를 즉시 할 수 있다. 따라서 윈도우 어플리케이션의 레지스터 폼에서 각종 인터페이스 정보와 위도, 명도, 패턴, 이미지, 동영상 등의 테스트 설정값을 USB를 통해 LCD 모듈 검사장비로 송/수신할 수 있다. 구현된 클라이언트 프로그램은 LCD 모듈 검사 현장에서 필요로 하는 검사 정보를 충분히 반영하여 이미지 테스트의 LED 백라이트(backlight) 성능 측정까지 가능하도록 구성되었다.

IV. 유효성 검증 및 결과

2장과 3장에서 제안한 검사장치와 리눅스 기반의 검사 소프트웨어, 클라이언트 소프트웨어에 대한 시스템 유효성 검증을 하고자 한다. 검증 방법은 그림 11과 같이 제작한 모듈 검사 장비에 단독검사가 가능한 스탠다드 열론 형태의 소프트웨어를 구동시키고, 그림 12와 같은 정밀 검사를 위한 클라이언트 소프트웨어를 구동시켜 검증하며 LCD의 인치별 성능형가는 비교 분석 자료가 동등함에 따라 본 논문에서는 근래에 많이 사용되는 3.4인치 모듈을 사용하여 성능 평가를 시행하였다.

본 논문에서 제안한 검사장비의 성능평가를 위한 표준 항목은 표 3과 같이 중요 항목만 측정하였다.

제안된 시스템의 큰 특징인 단말기 장치의 CPU의 멀티 플랫폼 환경을 지원하기 위한 MDDI를 사용할 수 있도록 설정 되어야 한다. 따라서 제안된



그림 11. LCD 모듈 핸드헬드 검사장치

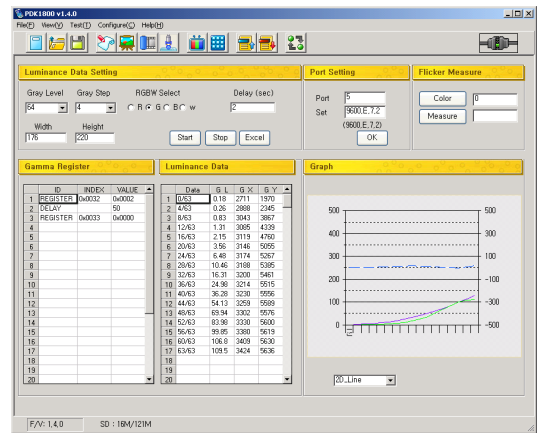


그림 12. 클라이언트 프로그램

검사장비의 하드웨어가 각종 CPU 인터페이스가 되며, 모듈의 크기가 변경되더라도 검사장치의 IP변경이 필요 없어야 한다. 또한 명멸현상을 검사할 수 있도록 24bit에서 풀프레임 동영상이 재생되어야 하며, 인터페이스 타입과 모듈별 동영상 재생속도 및 지원 해상도를 표기한 것이다. 24bit 기반의 풀 프

표 3. 제안된 시스템의 중요 평가항목

중요 평가항목	항목 설명	
Interface	I80 24Bit	24Bit CPU 블록 인터페이스 지원
	M68 24Bit	“
	RGB 24Bit	“
	MDDI	MDDI Clock Speed 인터페이스 지원
Frame rate	동영상 재생 시 프레임 지원속도(명멸현상)	
Luminance	모듈의 휘도 측정	
CS Timing	최적 CS Timing 설정 측정	
Scan Direction	레지스터 스캔방향 테스트	
Non-display	Non-display 테스트	

표 4. 인터페이스별 동영상 프레임 해상도 지원결과

Interface Type	Module Type	Frame Rate	Resolution
I80	24Bit	30fps (full frame)	QVGA
	8Bit	15fps	QVGA
RGB	24Bit	30fps (full frame)	WVGA
M68	24Bit	30fps (full frame)	QVGA
	8Bit	15fps	QVGA
MDDI	24Bit	30fps (full frame)	QVGA

레이프 동영상이 재생되는 것을 확인할 수 있으며, 지원 해상도 또한 QVGA를 표시할 수 있다.

그림 13은 모듈의 휘도 및 Flicker를 측정하기 위해 외부 장치인 휘도계를 연동하여 쉽게 측정할 수 있도록 RGBW Gray 패턴을 내장하여 패턴 최적화 기능이 가능하고, 측정된 값을 실시간으로 표와 그래프로 출력하여 측정 후 표준 감마와 비교 그래프를 표시하였다. 클라이언트 프로그램에서의 그레이 레벨(gray level)을 64, 그레이 스텝을 4, RGB 데이터는 그린(Green)을 선택하여 측정하였고, 휘도 및 감마 레지스터의 값은 구현된 검사모듈 하드웨어로 전송되어 모듈에 적용된다. 표현된 그래프는 측정이 되는 동안 선택한 그린 패턴 컬러로 출력되며 측정이 끝난 후 자주색으로 표준 감마에 대한 측정값의 편차(우측 Y축)를 나타낸다.

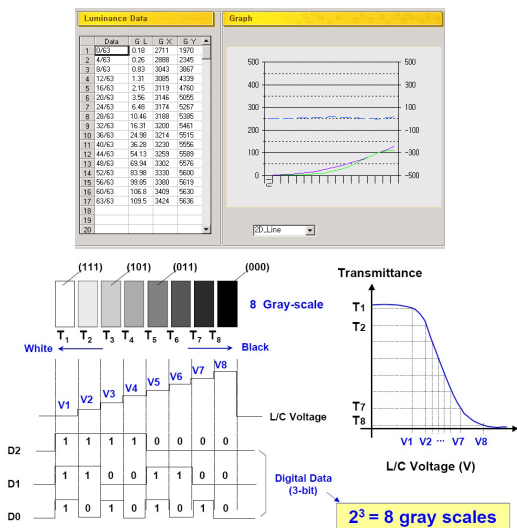


그림 13. 휘도 값과 오토감마 알고리즘이 적용된 테스트 그래프

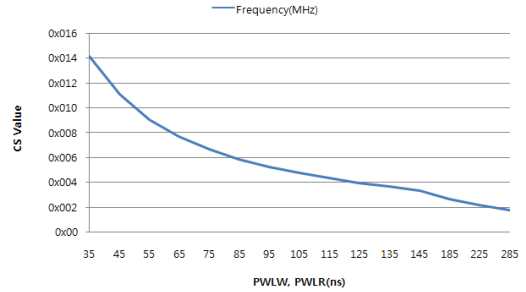


그림 14. 최적 CS 타이밍 레지스터 변환측정 값

CS 타이밍 설정 성능 평가는 15등급으로 구분하여 PWLW, PWLR(ns)과 주파수(Frequency;MHz)를 비교한 최적 CS 타이밍을 그림 14와 같다. CS 타이밍의 경우 너무 빠르게 설정 했을 경우 레지스터 초기화가 안되거나 시스템이 멈추는 현상이 발생할 수 있다. 이는 CPU의 구간별 CS를 High -> Low -> High로 변환하는데 Low 구간에 칩(Chip)이 활성화 되어 데이터가 들어가고 High 구간에서는 데이터가 들어가도 칩이 활성화 안되어 인식이 안된다. 따라서 CS타이밍을 작게 할 경우 데이터를 빨리 써야 하기 때문에 사용되는 모듈의 동작소도는 빠르지만, 데이터가 삽입 될 수 없는 단점이 있으며, 이는 그림이 깨지거나 밀리는 현상을 초래할 수 있다. 따라서 그림 14에서 확인 할 수 있듯이 CS 타이밍의 최적 구간은 0x0050이다.

스캔방향(Scan direction)을 원하는 대로 설정하기 위해서는 CPU 인터페이스와, 드라이버 IC를 설정하여 LCD 패널을 작동시키는 가장 기본적인 레지스터를 설정한다. 본 논문에서 스캔방향을 설정하기 위한 레지스터는 R01 레지스터로 SM과 SS로 이루어져 있어 16진수로 설정하여 SM=0, GS=0으로 LCD 패널 화면에 왼쪽 위에서부터 오른쪽 순으로 내려오는 방식을 선택하였다. 즉, 그림 15와 같이 게이트(gate)가 0, 1, 2, ... 220의 순으로 내려오는 방식으로 R03 레지스터는 AM, I/D, HWM, BRG, DFM, TRI 명령으로 구성되며, 이미지의 좌우는 AM, 상/하는 I/D로 AM 0이면 스캔방향이 좌우 가로 방향이고, 1일 때는 위아래 세로 방향이 된다. I/D는 AM과 함께 사용되는 명령으로 AM과 I/D의 값에 따라 총 8가지 스캔방향을 설정할 수 있다.

그림 16(a)은 SS 레지스터의 1번 값을 0x0100에서 0x0000으로 변경하여 소스(source)의 출력(output)이 기존 S528에서 S1로 진행되는 것이 S1에서 S528로 진행 되는 것을 확인할 수 있다. 그림 16(b)

Direction Setting	I/D1-0 = "00" Horizontal: Decrement Vertical: Decrement	I/D1-0 = "01" Horizontal: Increment Vertical: Decrement	I/D1-0 = "10" Horizontal: Decrement Vertical: Increment	I/D1-0 = "11" Horizontal: Increment Vertical: Increment
AM = "0" Horizontal				
AM = "1" Vertical				

그림 15. 스캔방향 설정시 변환된 레지스터

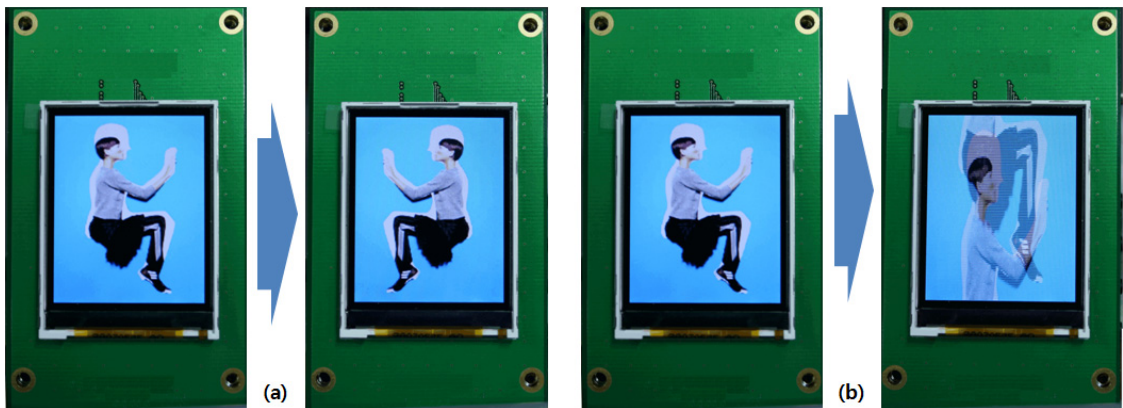


그림 16. SS/SM 레지스터 설정

은 SM 레지스터의 값을 0(0x0100)에서 1(0x0500)로 변경할 경우 화면이 깨지는 현상을 확인할 수 있는데, 이는 화면의 출력 방식이 0~110까지 선행 처리된 후 111~220이 후행 처리 되어 생기는 문제로 패널 설계에서 게이트 라우팅이 어떻게 되어 있느냐에 따라 적절한 구동 방식으로 선택한다. 따라서 9가지 성능평가를 모두 충족하여 이 기종의 CPU 인터페이스 지원과 24bit 동작에서 풀 프레임 지원, 이미지 재생, 이미지 스캔방향 평가와 LCD의 휘도 측정 결과물을 얻을 수 있었다.

V. 결론

본 논문에서는 최근 모바일 단말기에서 데이터

전송 기준으로 하는 MDDI의 표준을 고려하여 최고 3.2Gbps까지 다양한 데이터 전송 속도를 지원하고, 이기종의 CPU 플랫폼을 지원한다. MDDI와 RGM 타이밍을 위해 유연하게 조정할 수 있도록 하드웨어 구성을 하였고, 무엇보다 작은 사이즈와 배터리 장착으로 휴대하여 모듈 검사 및 데모를 할 수 있는 것이 특징이다. 임베디드 기반의 시스템 검사장비에서 지원하지 못한 검사 부분은 클라이언트 소프트웨어에서 지원할 수 있도록 프로그램을 구성하여 거의 모든 모바일 모듈을 검사 할 수 있다. 명멸현상과 휘도 측정 부분에서 30fps에서 60fps로 상향 조정하여 MDDI의 클럭 스피드를 최대 27.5MHz(220Mbps)로 향상시켜 VGA(640x480) 급의 MDDI 모듈을 무리 없이 구동할 수 있게 된 것

이 큰 특징이다. 따라서 모바일 단말기에서 고해상도 사진 및 비디오를 무리 없이 테스트 수 있으며, 이에 따른 명멸현상을 파악 할 수 있다. 기본 인터페이스를 MDDI를 사용함에 따라 줄어든 배선 수와 증대된 신뢰성 및 전원 소비 감소로 인한 모듈 검사 장비의 소형화, 저가격화, 모듈화, 이동성을 보장받는다. 또한 동시에 양방향 데이터 전송이 가능하여 다중 데이터 유형인 스테레오 비디오, 오디오, 컨트롤/상태, 키보드, 포인팅 장치 등을 사용가능하고, 시스템 메모리 버스에 있어서 트래픽 감소로 이어진다. 제시한 실험 결과로 정성적인 분석에 기반으로 하고 있어 레지스터의 설정에 따른 프레임의 변화와 속도의 변화 분석을 위한 방법을 필요로 하다. 또한 현재의 시스템은 스탠드 얼론(Stand Alone) 방식으로 독립적으로 제어하고 테스트 할 수 있지만 향후 수십 대의 시스템을 묶어 상호 통신하면서 테스트할 수 있도록 구성하면 모듈 테스트를 위한 인력 소모를 줄여 생산성의 향상을 가져 올거라 예상된다.

참 고 문 헌

[1] "Flat panel display", *BP사*, 2003
 [2] "FPD international", *BP사*, 2004
 [3] Yasou NAKANE, "TFT-LCD industry outlook", *deutsche bank*, 20004, 6
 [4] G.Oversluizen, T.Dekker, M.F.Fillies, and S.T. de Zwart, "High efficacy PDP", *SID 2003 digest*, pp.28~31.
 [5] M. Uchidoi, "Fourth-Generation PDPs : High image quality and low powder consumption", *SID 04 digest*, pp.202~205.
 [6] 과학기술부, "TFT LCD test system에 관한 연구", 과학기술부, 2000
 [7] 이인석, "LCD 패널 검사 부품제작장치 제어모듈 개발", 한국기술교육대학교, 2006. 8.

[8] 유상현, 김용관, "모폴로지를 이용한 TFT-LCD 셀 검사 알고리즘 연구", *한국조명전기설비학회 논문지* 제21권, 1호, 2007, 1.
 [9] 오삼권, "LCD 에이징 검사 시스템", *반도체 장비 기술 논문집*, Vol2000
 [10] 전재우, 김평진, 오삼권, "LCD 모듈 검사 시스템의 구현", *한국정보처리학회 춘계학술발표 논문집(CD-ROM)* pp.10-11, 1998. 4.
 [11] 김강희, 여운동, 황기웅, "디스플레이산업 FPD 기술 및 시장 비교분석", *한국과학기술정보원*, 2004. 11.

문 승 진 (Seung-jin Moon)

중신회원



1986년 미국 텍사스 주립대학교 컴퓨터학과 학사
 1991년 미국 플로리다 주립대학교 컴퓨터학과 석사,
 1997년 미국 플로리다 주립대학교 컴퓨터학과 박사.
 1997년~현재 수원대학교 IT대학

학장

<관심분야> 센서네트워크 위치추적, 헬스케어, 실시간 센서네트워크 운영체제, 실시간 데이터 베이스

김 흥 규 (Hong-kyu Kim)

정회원



2004년 2월 평택대학교 컴퓨터학과 학사
 2006년 2월 수원대학교 컴퓨터학과 석사
 2006년~현재 수원대학교 컴퓨터학과 박사

<관심분야> 센서네트워크 위치추적, 헬스케어, 실시간 센서네트워크 운영체제, 실시간 데이터 베이스